

2 Editorial

Alexander J.B. Zehnder

4 METAPOLIS

Peter Baccini, Hans Daxbeck,
Emmanuel Glenck, Georg Henseler

6 Genetische Adaptation von Mikroorganismen an Schadstoffe in der Umwelt

Jan Roelof van der Meer,
Johan H.J. Leveau, Christoph Werlen

17 Bildung von Sommersmog

Christopher Rösselet, David Stocker
and J. Alistair Kerr

18 Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung

Forschungsschwerpunkt

20 Weiterbildung

- Praxisorientierte EAWAG-Kurse
- EAWAG-Infotag 1993

22 EAWAG-Intern

- Die Gruppe Humanökologie EAWAG
- SNS Bank Preis 1993
- Die EAWAG hat eine neue Verordnung
- Änderung in der EAWAG-Gliederung
- Die neue Personalvertretung an der EAWAG
- Ein Teil der EAWAG ist umgezogen
- Ilmac 1993
- Vertreter kantonaler Ämter an der EAWAG

EAWAG-Publikationen



zweiten Artikel stellt sich eine neue Arbeitsgruppe der Abteilung Mikrobiologie vor. Sie soll in der Zukunft die molekularbiologischen Aspekte in die Umweltforschung einbringen. An Atmosphärenchemie wird an der EAWAG seit Mitte der achtziger Jahre gearbeitet. Photochemischer Sommersmog ist das Thema des dritten Artikels. Die Herbst-/Winternummer ist dem jährlichen Informationstag gewidmet. Die nächste Ausgabe wird das Thema «Vom Umweltschutz zum Umweltmanagement: Systemorientierte Ansätze in Theorie und Praxis» behandeln. Mehr darüber erfahren Sie auf Seite 31. Beide Nummern enthalten Mitteilungen über Weiterbildung und andere Veranstaltungen an der EAWAG sowie interne Entwicklungen und Neuerungen.

Die EAWAG hat auch ein neues Logo. Sie finden es auf der Frontseite oben links und auf dieser Seite. Unser «neues Zeichen» besteht aus drei Quadraten, welche die drei Umweltbereiche unserer Tätigkeit Wasser, Boden und Atmosphäre darstellen. Gleichzeitig repräsentieren sie unsere Wirkungsbereiche Forschung, Lehre und Beratung. Die dynamische Verknüpfung dieser Bereiche, symbolisiert durch die Mondsicheln, weist auf die angestrebte interdisziplinäre Zusammenarbeit hin. Mit unserem Logo möchten wir einheitlich auftreten und unsere Publikationen einfacher erkenntlich machen.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Lesen dieser **EAWAG news** und hoffe, Sie auch in der Zukunft zu unserer Leserfamilie und Freunden der EAWAG zählen zu können.

Alexander J.B. Zehnder

Liebe Leserinnen und Leser

Die **EAWAG news** haben ein neues Gesicht und eine neue Aufmachung bekommen. Wir möchten Sie damit noch besser ansprechen können. Die Frontseite soll Sie auf einen Blick über den Inhalt informieren. Wir haben uns eingehend über einen neuen Namen der **EAWAG news** Gedanken gemacht. Bei einem internen Wettbewerb hat der Name EAWAG-Impulse gesiegt. Trotzdem sind wir beim alten Namen geblieben, da wir unsere Zeitschrift in der Zukunft zweimal pro Jahr in deutscher, französischer und englischer Sprache unter dem gleichen Titel herausbringen möchten. Eine Konsultation unter unseren französisch- und englischsprachigen MitarbeiterInnen hat ergeben, dass «Impulse» in diesen Sprachen nicht nur für einen positiven, vorwärtsgerichteten Anstoss steht. Auch News ist nicht ideal. Als Wort hat es sich jedoch international in allen Sprachen eingebürgert und wird von jedem in gleicher Weise verstanden.

Die Frühjahrs-/Sommernummer der **EAWAG news** wird Sie über neue Aspekte und Entwicklungen unserer wissenschaftlichen Tätigkeiten informieren. In dieser Ausgabe finden Sie drei solcher Artikel. Der eine behandelt den Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt, ein Thema hoher Aktualität. In einem

EAWAG



Die **EAWAG news** sind das Informationsbulletin der EAWAG

Herausgeberin
Vertrieb und © by: EAWAG, CH-8600 Dübendorf

Redaktion
Diana Hornung, Jürg Sinniger

Copyright
Abdruck, auch auszugsweise, ist unter Benachrichtigung der Herausgeberin und der AutorInnen und mit Quellenangabe «Abdruck aus den EAWAG news 35 D, 1993» gestattet

Erscheinungsweise
zweimal jährlich in deutsch, englisch und französisch

Grafik
Dani Schneider, 8004 Zürich

Layout
Peter Nadler, Küssnacht

Gedruckt
auf Original-Umweltschutzpapier von Widmer-Walzy AG, 4655 Oftringen bei Sigg-Schönenberger AG, 8408 Winterthur

Abonnemente
NeuabonentInnen willkommen! Bestelltalon auf der letzten Seite

Legende zum Titelbild
Urbane Siedlungen sind komplexe anthropogene Bau- und Netzwerke, deren Personen- und Güterverkehr zu einem grossen Teil durch die Privathaushalte geprägt werden. Im Projekt Metapolis werden Güterumsatz und Stoffwechselprozesse der Haushalte der Stadt St. Gallen untersucht.

Peter Baccini, Hans Daxbeck, Emmanuel Glenck, Georg Henseler

METAPOLIS

Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt

Einleitung

Privathaushalte werden meistens als ökonomische, demographische oder bauliche Grössen dargestellt. In der vorliegenden Untersuchung werden sie jedoch auch als bedeutende Stoffwechselprozesse begriffen. Sie sind deshalb wichtig, weil sie sowohl aus quantitativen wie auch aus qualitativen Gründen den Personen- und Güterverkehr urbaner Systeme prägen. Den Ausgangspunkt zu dieser Arbeit bildeten *drei Hauptmotive*:

1. Die *Entsorgungsbetriebe* haben nicht nur die Aufgabe, «Städte zu reinigen», d.h. für Hygiene und Aesthetik zu sorgen, sondern müssen umweltverträgliche Produkte liefern. Eine solche Aufgabe ist nur dann effizient lösbar, wenn ihnen ein Instrument der Früherkennung zur Verfügung steht. Sie müssen rechtzeitig wissen, welche und wieviele Güter sie zu sammeln und zu behandeln haben.
2. Aus Sicht der *Wissenschaft* bestand die *methodische Herausforderung* dieser Arbeit darin, erstmals zu versuchen, Daten der Marktforschung für die Versorgung mit jenen der Entsorgung zu verknüpfen.
3. Die *langfristige Entwicklung urbaner Systeme muss in Richtung einer nachhaltigen Ressourcenwirtschaft* gestaltet werden. Eine solche Entwicklung verlangt nach gesellschaftspolitischen Entscheidungen grundsätzlicher Art. Dazu sind Grundlagen über die aktuelle Ressourcencharakteristik urbaner Systeme unerlässlich.

Das Projekt METAPOLIS wurde im Rahmen des NFP-25 «Stadt und Verkehr» an der Abteilung Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik der EAWAG in Dübendorf bearbeitet in Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung St.Gallen und dem Institut für Marktanalysen AG (IHA), Hergiswil.

1. Das urbane System als anthropogenes Ökosystem

Urbane Systeme sind die komplexesten anthropogenen Bau- und Netzwerke [1]. Sie basieren sowohl in der Versorgung wie auch in der Entsorgung auf grossen, meist regionalen landwirtschaftlichen Nutzflächen, auf einem kontinentalen Umfeld geogener Ökosteme und auf globalen Netzwerken des Güterausstausches. Mit der in den letzten Jahrzehnten erfolgten Verdichtung der Verkehrswege und der stark gewachsenen Mobilität gilt der urbane Charakter nicht nur für Städte mit «historischem Kern» und Bevölkerungsdichten von Tausenden bis Zehntausenden pro km², sondern er gilt auch für dicht besiedelte Regionen mit mehreren Hundert Personen pro km² und hohen Energie- und Materieflüssen pro Kopf.

In der vorliegenden Arbeit wird die Stadt begriffen als biologischer und kultureller Organismus, dessen kleinste Stoffwechseinheiten oder «Zellen» die Privathaushalte sind. Die moderne Marktforschung untersucht mit verschiedenen Methoden ihre Güterversorgung. Auf der Entsorgungsseite liefern Betreiber von Behandlungsanlagen, z.B. Kehrrechtverbrennungsanlagen, Deponien und Abwasserreinigungsanlagen, Informationen über Quantität der angelieferten Güter. Kenntnislücken bestehen hingegen über die stoffliche Zusammensetzung sowohl der Versorgungs- als auch der Entsorgungsgüter und über deren Aufenthaltzeiten im Haushalt.

2. Fragestellungen

Folgende Fragen sollen mit diesem Projekt beantwortet, respektive diskutiert werden:

1. Welches sind die mengenmässig wichtigsten Güter für die Hauptaktivitäten, nämlich «ERNÄHREN», «REINIGEN», «WOHNEN», «TRANSPOR-

TIEREN und KOMMUNIZIEREN», des urbanen Menschen in seinem Privathaushalt?

2. In welchen Gütern werden ressourcen- und umweltrelevante Stoffe in die Entsorgungssysteme transferiert und wie werden die Stoffe auf Luft, Wasser und Boden verteilt, bzw. wieder in die Anthroposphäre zurückgeführt?
3. Wie verändern sich die Stoffwechselprozesse der Privathaushalte in Funktion der Zeit, und von welchen Variablen sind sie in erster Linie abhängig (Lagerbildung und Verweilzeiten der Güter, Gesetzmässigkeiten)?
4. Kann man mit Hilfe eines Stoffwechselmodelles für Privathaushalte den künftigen Bedarf an Entsorgungsanlagen abschätzen und Steuerungsmassnahmen (z.B. Gesetze, marktwirtschaftliche Instrumente, Steuern, Information und Ausbildung) evaluieren (Früherkennung)?

3. Methodik

Auf der Basis dreier Hauptkriterien, nämlich Versorgungsstruktur, Entsorgungsstruktur und politische Rahmenbedingungen, wurde die Stadt St. Gallen als Untersuchungsobjekt ausgewählt. Die Erfassung der Stoffwechselprozesse wurde mit der *Methodik der Stoffflussanalyse* [2] durchgeführt. Es wurden in einem ersten Schritt sechs *Hauptprozesse*, nämlich «Privathaushalt», «Kehrrechtabfuhr», «Separate Sammlung», «Kanalisation», «Kehrrechtverbrennungsanlage (KVA)» und «Abwasserreinigungsanlage (ARA)» ausgewählt. Für jeden Prozess wurden die *Input- und Outputgüter* (jeweils in Oberbegriffen zusammengefasste Gütergemische) bezeichnet und in einem Güterflusssystem *verknüpft* (siehe Fig. 1). Als *Indikatorstoffe* wurden die Nichtmetalle Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel und Chlor, sowie die Metalle Aluminium, Eisen, Kupfer und Zink

ausgewählt. Die Beschränkung auf acht Stoffe ist bedingt durch die ökonomischen und zeitlichen Rahmenbedingungen des Projekts. Die Auswahl berücksichtigt physikalische, chemische, biologische und verfahrenstechnische Kriterien, damit ein genügend breites Spektrum stofflicher Verhaltensmuster erfasst wird.

Für den *privaten Haushalt*, den Schlüsselprozess des ganzen Systems, wurde der *Güterinput* aus drei Datenquellen erhoben:

1. Die Konsumgüterdaten des Instituts für Marktanalysen AG Hergiswil (IHA)
2. Die Energieträgerdaten aus städtischen bzw. gesamtschweizerischen Statistiken
3. Die Wasserversorgungsdaten aus städtischen Statistiken

Die Entsorgungsdaten stammen aus den städtischen Statistiken und den Ergebnissen aus speziell für dieses Programm durchgeführten Messprogrammen, d.h. Stoffflussanalysen der Abwasserreinigungsanlagen und der Kehrichtverbrennungsanlagen inklusive spezieller Sammeltouren für Siedlungsabfälle privater Haushalte.

Für die gesamte *Beschreibung des Systems* «METAPOLIS» waren insge-

samt *43 Prozesse und rund 200 Güter* notwendig, deren Massenflüsse und Stoffkonzentrationen gemessen bzw. geschätzt wurden.

Folgende wesentliche *Einschränkung* ist hervorzuheben: Aus ökonomischen Gründen musste sich diese Untersuchung auf die mobilen Güter des Privathaushaltes beschränken. Es sind dies sämtliche Konsumgüter des täglichen Bedarfs, d.h. Wasser und Luft, die kurz- und mittellebigen Güter des Haushalts, die Energieträger, die privaten Transportmittel (z.B. Automobil, Fahrrad) sowie die gasförmigen, wässerigen und festen Abfallgüter. Nicht berücksichtigt werden jedoch die *bauliche Substanz* inklusive fester Installationen (sanitäre und elektrische) und sämtliche ver- und entsorgenden fest installierten Netze (Strassen und Schienen, Wasser und Abwasser, Energie und Kommunikation).

4. Resultate

4.1. Der Beitrag der Privathaushalte am städtischen Güterfluss

Der gesamte Input in die Privathaushalte beträgt rund *100 Tonnen* pro EinwohnerIn und Jahr (t/E·a), siehe-

Fig.1. Davon sind etwa 80% Leitungswasser und 20% Luft. Die Verbrauchsgüter (kurzlebige Konsumgüter, Lebensdauer ≤ 1 Jahr) und die Energieträger (hauptsächlich Erdölprodukte) liegen bei je 1%. Die Gebrauchsgüter (längerlebige Konsumgüter wie zum Bsp. Automobil, Möbel, Haushaltsgeräte) liegen bei 1‰ oder 100 kg/E·a.

Der *Privathaushalt* ist verantwortlich für etwa *drei Viertel* des stadt-eigenen Güterflusses in die Entsorgungsprozesse (ca. 100 t/E·a), d.h. der Beitrag aus stadt-eigenen Industrie- und Gewerbebetrieben liegt bei rund 30 t/E·a. Der Gesamtumsatz der Stadt St. Gallen (System METAPOLIS) beträgt jedoch rund 270 t/E·a. Diese Verdoppelung ist zu 95% bedingt durch die Zufuhr von Regen- und Fremdwasser in das städtische Kanalisationsnetz. Der Rest ist geprägt durch die Luftzufuhr in die Kehrichtverbrennungsanlage und durch die von Aus-gemeinden zugeführten festen Abfälle in die KVA der Stadt. Der Beitrag der Privathaushalte am Gesamtfluss fester Siedlungsabfälle in die KVA liegt nur bei 20%. Im Gegensatz dazu nehmen die Abwasserreinigungsanlagen praktisch nur stadt-eigene Güter auf.

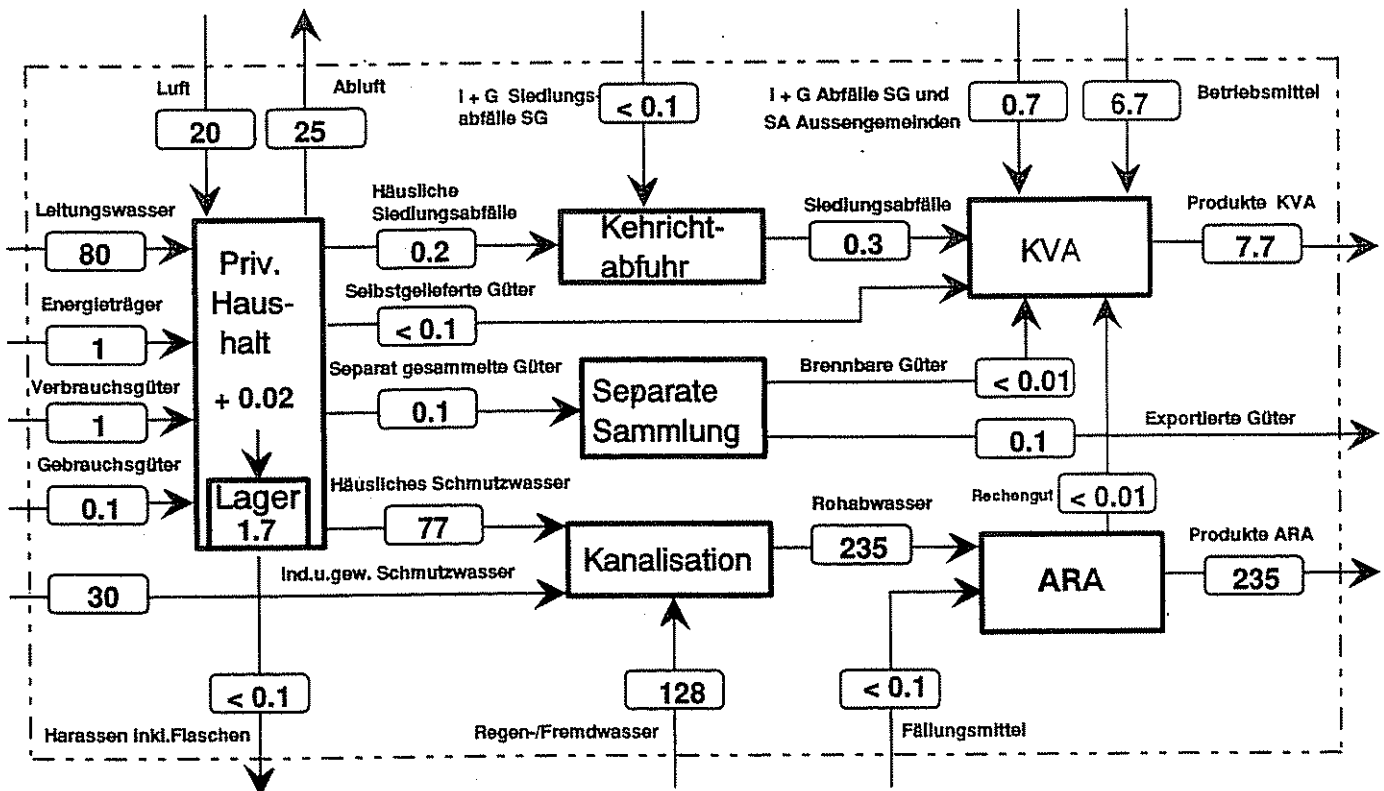
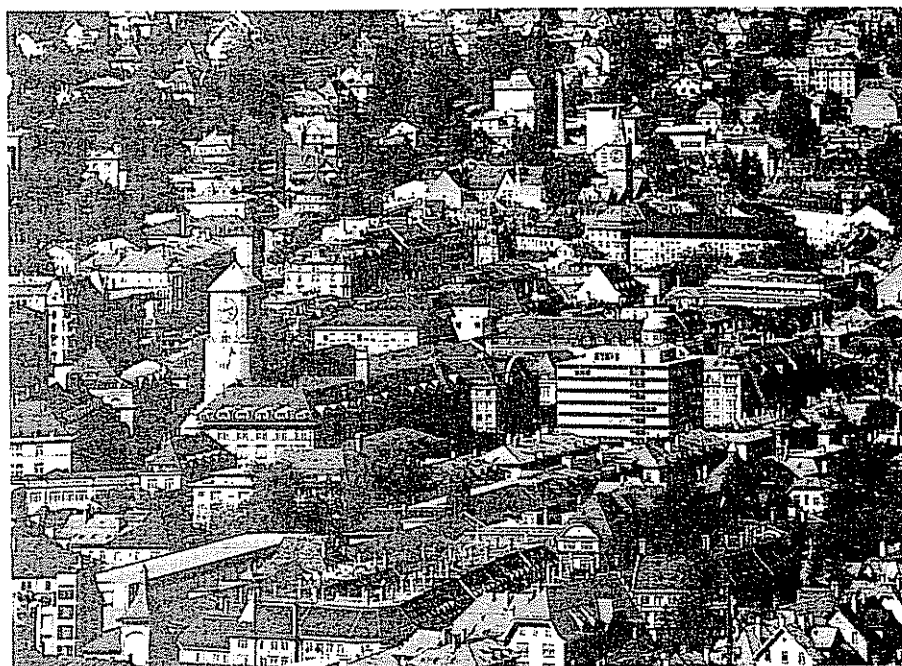


Fig. 1 Der Güterfluss des Systems METAPOLIS in t/Einwohner und Jahr (I+G: Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft und öffentliche Haushalte, SA= Siedlungsabfälle, SG=St. Gallen).



Im Güterumsatz der Stadt St. Gallen sind die Privathaushalte wichtige Akteure

Konsequenterweise ist das mengenmässig bedeutendste Outputgut das *gereinigte Abwasser* mit rund 230 t/E·a, gefolgt von *Abluft* mit 33 t/E·a und festen Rückständen mit 0.7 t/E·a. Davon sind schätzungsweise nur ca. 30% oder 200 kg/E·a, die hauptsächlich stofflich wiederverwertet werden (z.B. Papier, kompostierte Abfälle, Glas, Metalle).

Die einzige Senke im System bilden die Privathaushalte. Das *Lager* an Konsumgütern liegt 1990 bei rund

2 Tonnen pro Person. Es ist für die Beobachtungsperiode 1990/91 ein jährlicher Gesamtzuwachs von rund 1% festzustellen.

4.2. Die relative Bedeutung der Aktivitäten im Privathaushalt

Rund 75% des gesamten Güterflusses durch den Haushalt ist bestimmt durch die Aktivität *REINIGEN*, bedingt durch den Wasserbedarf von rund 75 t/E·a, um aus hygienischen Gründen die relativ kleine Menge von rund 0.6 t/E·a

(also hundertmal weniger) an menschlichen Ausscheidungen und Schmutz in die Schwemmkanalisationen zu transportieren. Der Güterfluss der Aktivität *WOHNEN* mit rund 10 t/E·a, d.h. ca. 10% des Totals, ist geprägt durch die Luft zur Verbrennung von Heizöl, gefolgt von Wasser und der Energieträger. Für die Aktivität *ERNÄHREN* werden ca. 9 t/E·a eingesetzt, davon zwei Drittel Luft für die Veratmung der Nahrungsmittel, der Rest ist Wasser. Im gleichen Bereich (ca. 8 t/E·a) liegt die Aktivität *TRANSPORTIEREN und KOMMUNIZIEREN*, in welcher wiederum die Luft den grössten Anteil stellt, um die Treibstoffe zu oxidieren.

Die nach Aktivitäten gruppierten *Lagerbestände* an Gütern zeigen folgende Charakteristik: Der Personenwagen der Aktivität *TRANSPORTIEREN und KOMMUNIZIEREN* wiegt die Summe der Möbel und Geräte der Aktivität *WOHNEN* auf (ca. 0.5 t/E). Wenn man das ständige Lager an fossilen Energieträgern (0.5 t/E) vernachlässigt, so ist das *Automobil* des Privathaushaltes *das massenmässig bedeutendste Gut mit rund 50% Anteil* am Güterlager.

4.3. Ausgewählte Stofffluxe des Privathaushaltes

In der Studie METAPOLIS wurden acht Indikatorstoffe ausgewählt. Die Ergebnisse ihrer Bilanzierung im Privathaushalt sind in Fig. 2 und in Tab. 1 zusammengestellt.

Daraus sind folgende Stoffwechselcharakteristiken zu entnehmen:

- Der hauptsächlich in fossilen Energieträgern eingeführte *Kohlenstoff* wird zu rund 90% in die Abluft transferiert (als CO₂).
- Der *Schwefel* wird vor allem in den Verbrauchsgütern (Nahrungsmittel, Reinigungsmittel und Energieträger) eingeführt und zur Hauptsache über das Abwasser und die Abluft weggeführt.
- *Phosphor* wird zu 90% über die Nahrungsmittel ein- und zu rund 80% über die Abwässer ausgeführt. Der P-Flux in den häuslichen Abwässern ist also ein repräsentativer Indikator der Aktivität ERNÄHREN.
- *Chlor* wird hauptsächlich in Verbrauchsgütern (chloridhaltige Nah-

	C	S	P	Cl	Al	Fe	Cu	Zn
Input	[kg/E a]							
Gebrauchsgut	30	0.1	0.03	3.1	3.1	38	0.76	0.49
Verbrauchsgut	240	1.7	0.82	5.4	3.5	3.8	0.03	0.25
Energieträger	870	1.3	0.03	0.2	0.1	0.5	<0.1	<0.01
Wasser	<10	0.9	<0.01	1.2	<0.1	<1	<0.1	<0.01
Luft	<10	0.2	<0.01	<0.1	<0.1	<1	<0.1	<0.01
Total	1150	4.2	0.89	10	6.7	42	0.79	0.75
Output	[Verteilung in %]							
Lager	<1	<1	1	10	13	25	29	26
Abluft	90	34	<1	2	<1	<1	<1	<1
Abwasser	2	47	76	45	8	<1	<1	3
Separat ges. Abfälle	3	9	6	25	39	62	56	48
Siedlungsabfall	5	8	17	18	40	13	15	33
Lagerbestand	[kg/E]							
Gebrauchsgüter	400	21.7	0.96	30	33	420	7.4	5
Immobilien	2500	n.b.	n.b.	10	3000	800	10	5

n.b.: nicht bestimmt

Tab. 1

Überblick über die Stoffflüsse in den Inputgütern des Privathaushaltes und die prozentuale Verteilung auf die Outputgüter. Die jeweils wichtigen Anteile sind fettgedruckt; die Verteilung des Outputs bezieht sich auf die berechneten Stoffflüsse.

rungsmittel) und in Gebrauchsgütern (chlorhaltige Polymere wie PVC) eingeführt. Der Output des Chlors geht einerseits über das Abwasser (als Chlorid), andererseits über die separat gesammelten Abfälle und in kleinerem Ausmasse über die Siedlungsabfälle (als PVC).

- Die vier ausgewählten Metalle *Aluminium, Eisen, Kupfer* und *Zink* zeigen auf den ersten Blick grosse Ähnlichkeiten. Sie werden hauptsächlich in den langlebigen Gebrauchsgütern eingeführt, und zwar vor allem im Personenwagen (eine Ausnahme bildet Aluminium, dessen heutiger Anteil in den Verpackungen etwa gleich gross ist). Wichtige Anteile fliessen auch ins Lager der Güter, welche vorerst im Privathaushalt verbleiben. Verlassen diese Metalle den Privathaushalt, so geschieht dies grösstenteils über die Separatsammlung. In den Siedlungsabfällen sind aber vor allem beim Aluminium und beim Zink immer noch gewichtige Anteile zu finden.

Zusammenfassend kann postuliert werden, dass die Separatsammlung bereits der wichtigste Output von relevanten Ressourcen des Privathaushaltes (Metalle, organische Polymere) darstellt. Die Frage stellt sich jedoch, ob die diesbezüglichen Lager in den Immobilien, welche im Projekt METAPOLIS nicht berücksichtigt wurden, doch nicht viel wichtiger sind. In Tabelle 1 sind hierfür auf der letzten

Zeile Vergleichszahlen aufgeführt. Der daraus resultierende Immobilienflux wurde in anderen Untersuchungen [2] abgeschätzt. Bei Eisen zum Beispiel ist das Verhältnis Immobilienflux zu Gebrauchsgüterflux 1:2, bei Zink 1:5, bei Chlor 1:15. Diese Abschätzung unterstreicht die Bedeutung der Gebrauchsgüter im Privathaushalt als Ressourcenträger

Fazit: Die Auswahl von wenigen Indikatorelementen erlaubt eine erste Gewichtung der wichtigsten Ressourcenträger im Stoffwechsel des komplexen Prozesses Privathaushalt. Dabei wird klar erkenntlich, dass die Gebrauchsgüter wesentlich bedeutender sind als die kurzlebigen Verbrauchsgüter, obwohl diese in der täglichen Wahrnehmung eine gewichtigere Rolle spielen. Die wichtigste Transformation der Energieträger erfolgt über die Abluft der Heizungen und der Verbrennungsmotoren. Der häusliche Siedlungsabfall, ein in der umweltpolitischen Diskussion nach wie vor wichtiges Gut, ist gemäss dieser Gesamtbetrachtung der Ressourcenpotentiale von sekundärer Bedeutung.

4.4. Änderungen der Güter- und Stofffluxe in Abhängigkeit der Zeit

Die vorgestellten Güterflüsse und Stoffwechselphänomene stellen eine *Momentaufnahme* dar. Die berechneten Wachstumsraten lassen jedoch keine Schlüsse auf die vergangene und zukünftige Entwicklung zu.

Untersuchungen über den Verbrauch von *Energieträgern* in den achtziger Jahren lassen den Schluss zu, dass sich der Energieverbrauch beim «WOHNEN» trotz erhöhten Raumbedarfs pro Kopf leicht rückläufig verhält, dass hingegen der Verbrauch an Treibstoff stetig (mit jährlichen Wachstumsraten von 3%) zugenommen hat. Da in dieser Studie die Immobilien nicht berücksichtigt wurden, ist eine Überprüfung jener Entwicklung innerhalb des Systems METAPOLIS nicht möglich. Hingegen steht die Beobachtung der wachsenden Güterflüsse in der Aktivität «TRANSPORTIEREN und KOMMUNIZIEREN» in Übereinstimmung mit der gesamtschweizerischen Statistik.

Der in den letzten zehn Jahren stagnierende Wasserkonsum und die gleichbleibende Klärschlammproduktion müsste bedeuten, dass die Konzentration von Stoffen wie Kupfer und Zink im *Klärschlamm* leicht zunehmen. Eine solche Entwicklung ist nicht feststellbar. Es ist jedoch möglich, dass gleichzeitig in Industrie und Gewerbe Reduktionen vorgenommen wurden. Feststellbar ist hingegen eine eindeutige Abnahme der P-Konzentration um ca. 30% ab 1985/86, dem Zeitpunkt des P-Verbots in Textilwaschmitteln, und eine Zunahme der Aluminiumkonzentration zum gleichen Zeitpunkt, bedingt durch den Einsatz von Zeolithen in Textilwaschmitteln.

In den letzten zehn Jahren ist generell ein Wachstum sowohl der *Verbrauchs- wie Gebrauchsgüter* der PHH festzustellen. Diese Entwicklung widerspiegelt sich folgerichtig auch in den Abfällen. Die Menge der häuslichen Siedlungsabfälle stagniert zwar zwischen 1982 bis 1986. Dagegen nehmen die «Separatsammlungen» bis etwa 1987 stark zu bis auf ein neues Niveau, worauf die gemischten Abfälle wieder zunehmen. Das heisst, die Summe der Abfallflüsse steigt ständig.

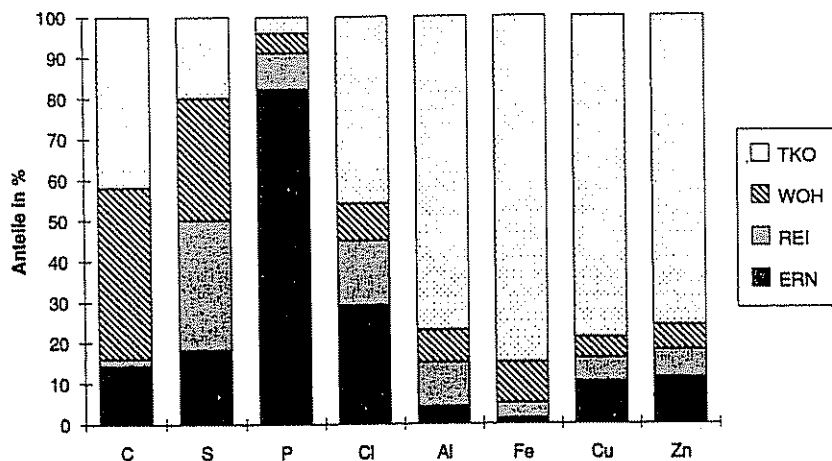


Fig. 2 Relative Beiträge der vier Aktivitäten ERNÄHREN (ERN), REINIGEN (REI), WOHNEN (WOH), und TRANSPORTIEREN-&KOMMUNIZIEREN (TKO) an die acht Stoffflüsse durch den Privathaushalt.

«METAPOLIS»

Bezugsquelle für den vollen Bericht 34 A (120 Seiten) und Technischer Anhang 34B (300 Seiten) zum Selbstkostenpreis:

Nationales Forschungsprogramm «Stadt und Verkehr», Programmleitung, Postfach 4925, 8022 Zürich

5. Folgerungen und Thesen

Die Ergebnisse stützen die fünf folgenden generellen Aussagen bzw. Hypothesen.

«Städte sind Durchflussreaktoren»

Im Güterumsatz urbaner Systeme von Überflusgesellschaften sind private Haushalte dominant. Die aus ökologischer Sicht bedeutendsten Güter in ihrem Metabolismus sind das Wasser, die Luft und die Energieträger.

Urbane Siedlungen von der Art der Stadt St.Gallen, wie sie in der ersten Welt zu Tausenden vorkommen, zeigen aus stofflicher Sicht keine signifikante Kreislaufwirtschaft. Es sind praktisch reine «Durchflussreaktoren». Sie benötigen deshalb nicht nur ein geografisch weit gefasstes Gebiet für die Versorgung, sondern auch eines für die Entsorgung. Die Stadt ist stofflich nicht oder noch nicht im Fließgleichgewicht. Das Wachstum des städtischen Güterlagers beruhte in den letzten 10-20 Jahren auf zunehmenden Güterflüssen pro Kopf und nicht auf dem Zuwachs an EinwohnerInnen.

«Energieträger sind Schlüsselfiguren»

Die aus ökologischer Sicht (Ressourcenbedarf und Umweltbelastung) bedeutendsten Güter im Stoffwechsel der Privathaushalte sind die Energieträger, respektive die Aktivitäten «WOHNEN» und «TRANSPORTIEREN UND KOMMUNIZIEREN». Können die mit diesen Aktivitäten verbundenen Stoffflüsse nicht vermindert werden, sind alle anderen Anstrengungen zur weiteren Ressourcenschonung und zur Reduktion der Umweltbelastung aus den Privathaushalten von sekundärer Bedeutung. Dies gilt vor allem deshalb, weil die aus verbesserten Reinigungstechniken in der Entsorgung stammenden Restemissionen, als Resultate bisheriger notwendiger Massnahmen, nicht mehr an erster Stelle stehen. Vor allem der starke Wachstumsbereich der Aktivität «TRANSPORTIEREN UND KOMMUNIZIEREN» mit dem dominanten Ressourcenträger und -verzehrer Automobil braucht neue Rahmenbedingungen energetischer und struktureller Art. Ohne solche Massnahmen bleiben sämtliche anderen Korrekturen im

Bereich der Kosmetik. Die Entwicklung einer ökologisch orientierten Ressourcenwirtschaft für urbane Systeme muss demnach über eigentliche Strukturveränderungen des urbanen Bauwerkes und dessen Verbindungen führen. Es braucht Entwürfe für kleinere Distanzen zwischen Versorgungs- und Entsorgungsanlagen, für kleinere Distanzen zwischen Wohnort und Arbeitsplatz, für kleinräumigere Ressourcenkreisläufe. Solche Änderungen verlangen neue Strategien des physischen, ökonomischen und sozialen Umbaus urbaner Systeme mit Zeithorizonten von mehreren Jahrzehnten. Bleibt man bei den bisherigen Strukturen oder verstärkt sogar den bisherigen Trend zu noch grossräumigeren Ressourcenkreisläufen, so darf für ein solches Szenario schon heute postuliert werden, dass die durch mehr Recycling geschonten nicht erneuerbaren Ressourcen (z.B. Metallerze, Kunststoffe) durch einen erhöhten Aufwand an nicht erneuerbaren Energieträgern erkauft werden müssen.

«Separatsammlung: ein Ressourcenpotential»

Gesamthaft betrachtet ist für die meisten wichtigen anderen Ressourcen (Metalle und Kunststoffe) die Separatsammlung bereits der wichtigste Entsorgungsweg und muss, da die Privathaushalte in allen untersuchten Fällen (mit Ausnahme des Kohlenstoffs als Indikator der Energieträger, siehe oben) den kleineren Teil am Gesamtfluss liefern, zusammen mit den Entsorgungswegen aus Industrie und Gewerbe untersucht werden. Die Separatsammlung ist aber in ihrer Gesamtwirkung sowohl volkswirtschaftlich wie ökologisch noch unzureichend untersucht. Dazu gehört in besonderem Masse auch der Bereich des Bauwesens, welcher in dieser Studie für die Privathaushalte nicht mitberücksichtigt werden konnte. Es wäre deshalb wichtig, das Schwergewicht in der Entwicklung effizienter Recyclingsprozesse verstärkt auf den Bereich der Separatsammlung zu verlagern, bevor man weitere Anstrengungen unternimmt, die differenzierte Abfalltrennung im Privathaushalt noch weiter zu fördern. Die heute

beobachteten politischen Forderungen im letzteren Bereich sind damit zu erklären, dass sich die Wahrnehmung des Einzelnen auf die kurzlebigen Verbrauchsgüter beschränkt.

«Die heutige Wassernutzung ist grundsätzlich zu überprüfen»

Die urbane Schwemmkanalisation mit nachfolgender Abwasserreinigung ist nur bezüglich Phosphor ein einigermaßen effizienter Konzentrierungsschritt. Für alle anderen Stoffe ist dieser Bereich in der Ressourcengewirtschaftung von untergeordneter Bedeutung. Die urbane Schwemmkanalisation mit anschliessender Abwasserreinigung kann also nur aus Gründen der Hygiene und des Gewässerschutzes begründet werden. Die undifferenzierte Art der Wassernutzung ist jedoch kritisch zu hinterfragen, weil eine mittelfristige Verbesserung der Klärschlammqualitäten und des gereinigten Abwassers ohne Änderung der Siedlungsstruktur (Ver- und Entsorgung, Bau- und Haustechnik) kaum möglich ist.

«Jährliche Energie- und Stoffbuchhaltungen sind unerlässlich»

Die Frage, ob ein Stoffwechselmodell für Privathaushalte für die Früherkennung eines künftigen Bedarfs an Entsorgungsanlagen und notwendigen Steuerungsmassnahmen geeignet ist, kann grundsätzlich positiv beantwortet werden. Voraussetzung dazu sind jedoch regelmässige jährliche Energie- und Stoffbuchhaltungen, die einerseits auf regionsspezifischen Marktforschungserhebungen und andererseits auf entsprechenden Buchhaltungen der Entsorgungsbetriebe basieren. Momentaufnahmen in der Art dieser Studie waren notwendig, um die Methodik zu entwickeln. Sie sind jedoch zu wenig aussagekräftig, um ein mittelfristig und regionspezifisch taugliches Prognosemodell aufzustellen.

- [1] RESUB (1990): Der regionale Stoffhaushalt im unteren Bünztal, P.H. Brunner (Ed.), Die Entwicklung einer Methodik zur Erfassung des regionalen Stoffhaushaltes, Abt. Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt, EAWAG, 8600 Dübendorf
- [2] Baccini P. und Brunner P.H. (1991): Metabolism of the Anthroposphere, Springer-Verlag, Berlin-New York

Jan Roelof van der Meer, Johan H.J. Leveau, Christoph Werlen

Genetische Adaptation von Mikroorganismen an Schadstoffe in der Umwelt

Mikroorganismen sind imstande, eine beträchtliche Anzahl von Umweltschadstoffen abzubauen, meist jedoch erst nach einer längeren Anpassungsphase. Von den Prozessen, die sich während solcher Adaptationsphasen in den Mikroorganismen abspielen, wissen wir allerdings nur sehr wenig. Für das Verständnis mikrobieller Reaktionen in der Umwelt und den erfolgreichen Einsatz von Mikroorganismen in der Umwelttechnologie, ist es aber unerlässlich, diese Anpassungsmechanismen zu kennen. Nur so ist es möglich, das Schicksal von Schadstoffen besser vorauszusagen und die biologischen Reaktionen in natürlichen und technischen Systemen im gewünschten Sinne zu beeinflussen. Im Zentrum der Forschung stehen momentan zwei Fragen: 1) Welche genetischen Mechanismen sind für die Anpassung verantwortlich und 2) Wie beeinflussen die Umgebungsfaktoren die Adaptation?

Solche Fragen sind die zentralen Themen im Bereich «Molekulargenetische Anpassung von Mikroorganismen», mit denen sich unsere neue Forschungsgruppe in der Abteilung Mikrobiologie in Zukunft auseinandersetzen will.

In den letzten 10 Jahren sind die Kenntnisse über Anpassungsmechanismen von Mikroorganismen an veränderte Umweltbedingungen dank den Fortschritten auf dem Gebiet der Molekulargenetik stark gestiegen. Dieses Wissen wird in der Umweltbiotechnologie sinnvollerweise eingesetzt, um die Vorgänge, welche beim Abbau von Schadstoffen durch Mikroorganismen ablaufen, zu analysieren. Die Frage nach den genetischen Regelmechanismen, welche den Mikroorganismen erlauben, unter verschiedenen Umgebungsbedingungen Schadstoffe zu verwerten, bleibt allerdings noch allzu oft unbeantwortet.

Der folgende Artikel soll einen Einblick in die bisher gewonnenen Erkenntnisse bezüglich Anpassungsvermögen der Mikroorganismen geben. Eine kurze Vorstellung einiger zentraler Begriffe, sowie der verschiedenen Techniken und Arbeitsmethoden soll den Leser in das Gebiet der Molekulargenetik einführen.

1. Anpassung von Mikroorganismen an Schadstoffe

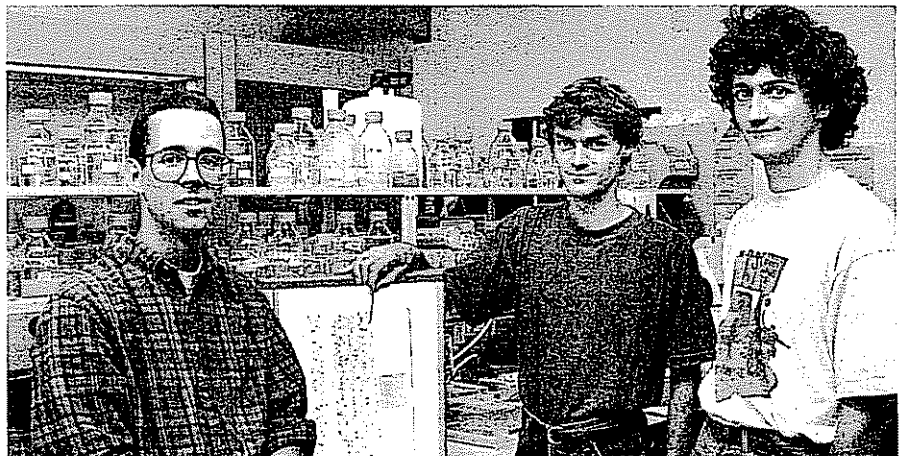
Werden Mikroorganismen in eine Umgebung mit starkem Selektionsdruck eingeführt, entstehen innerhalb kurzer Zeit Mutanten, die sich an diese

speziellen Bedingungen angepasst (adaptiert) haben. Wohlbekannte und zugleich unerfreuliche Beispiele solcher schneller Anpassungen sind die erworbene Widerstandsfähigkeit (Resistenz) pathogener Bakterien gegen Antibiotika oder (auf molekularem Niveau) die sich dauernd ändernden Antigendeterminanten an der Oberfläche bestimmter krankmachender Keime (z.B. Arten von *Borrelia*). Eher weniger bekannt sind diejenigen Anpassungen, die es den Bakterien ermöglichen, neue Arten von Nahrung zu erkennen und zu verdauen. Im allgemeinen besteht die Nahrungspalette der Mikroorganismen besteht aus relativ einfachen Molekülen (wie

z.B. Zucker, Aminosäuren oder Fettsäuren). Während der Evolution haben die Bakterien aber vielfältige Möglichkeiten entwickelt, um die unterschiedlichsten Kohlenstoffverbindungen als Nahrungs- und Energiequelle zu nutzen [1].

Viele mikrobiologischen Studien weisen deutlich darauf hin, dass Mikroorganismen nach einer gewissen Zeit selbst Umweltschadstoffe als Nahrungs- und Energiequellen nutzen können, die vorher biologisch nicht oder nur schwer abbaubar waren [2]. Um ein solches Phänomen erklären zu können, sollten wir uns über die Bedingungen bewusst werden, welche für die Aufnahme und den Verdauungsprozess von Nahrungsmolekülen relevant sind.

- Um in die Zelle hineinzugelangen, müssen die Nahrungsmoleküle entweder durch einen aktiven Mechanismus oder durch einen passiven Diffusionsprozess aufgenommen werden. Manchmal werden grössere Moleküle ausserhalb der Zelle mit Hilfe von Enzymen in kleinere Stücke zerlegt und dann so einverleibt. Über die Aufnahme von Umweltschadstoffen durch die Zelle weiss man bisher leider nur wenig.
- Wenn eine Verbindung von der Zelle aufgenommen worden ist, muss sie von dieser als verdaubare Nah-



Am Ablesen einer DNA-Sequenz (v.l.n.r.): Johan Leveau, Jan Roelof van der Meer, Christoph Werlen

rungsquelle erkannt werden. Diese Aufgabe wird meistens von spezialisierten Sensor- oder Regulatorproteinen wahrgenommen. Diese interagieren mit dem Nahrungsmolekül und stimulieren dann die Exprimierung derjenigen Gene, die für die Enzyme codieren, welche für die Verdauung dieser Nahrung nötig sind. Löst eine Verbindung jedoch nicht eine solche Reaktion der vorhandenen Sensor- und Regulatorproteine aus, wird sie als nicht verwendbare Nahrungsquelle taxiert und kann auch nicht abgebaut werden.

- Bei der Verdauung eines unbekanntes Nahrungsmoleküls kann der Fall auftreten, dass ein Teil der vorhandenen Stoffwechsellzyme nicht geeignet ist, den Abbau zu katalysieren. Weist das unbekanntes Molekül aber genügend Ähnlichkeiten mit einem bekannten, verdaubaren Stoff auf, ist es möglich, dass vor-

handene Enzyme diese Verbindung wenigstens teilweise, wenn auch häufig mit nur sehr niedrigem Wirkungsgrad, abbauen können. Sind überhaupt keine geeigneten Enzyme vorhanden, nicht einmal solche, die für unspezifische Nebenreaktionen zuständig sind, kann die Verbindung vom Organismus nicht genutzt werden.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie Mikroorganismen sich anpassen, wenn sie unbekanntes Schadstoffe in ihrer Umgebung vorfinden. Man spricht von biochemischer Anpassung (Adaptation), falls alle für den Aufnahme- und Verdauungsprozess notwendigen Gene schon vorhanden sind und nur noch exprimiert werden müssen. Wird eine der drei oben beschriebenen Bedingungen, welche für die Aufnahme und Verdauung eines Moleküls notwendig sind, nicht erfüllt, sind zusätzliche oder veränderte genetische Informationen nötig, damit neue

Proteine synthetisiert werden können. Man spricht in diesem Fall von einer genetischen Anpassung.

2. Kurze Einführung in die Molekulargenetik

2.1 Gene und GEMs (GEMMOs)

Bakterien tragen ihre Erbinformation auf einem Chromosom in Form eines ringförmig geschlossenen Desoxyribonukleinsäure-Moleküls (im Folgenden vom englischen «desoxyribonucleid acid» als DNA bezeichnet) (Fig. 1). Das bakterielle chromosomale DNA-Molekül hat einen Umfang von 2 bis 4 Millionen Basenpaaren (Nucleotide). Bei einigen Bakterien wurden zwei verschiedene Chromosomen entdeckt – ein grösseres und ein kleineres sogenanntes Minichromosom.

Die verschiedenen Genabschnitte auf der DNA bilden die Grundelemente der Erbinformation. Sie codieren für die Enzyme, Proteine und ribosomale RNA (Ribonukleinsäure), die für das Funktionieren der Zelle lebensnotwendig sind. Das Ablesen der Erbinformation (Transkription) und die anschließende Synthese der funktionellen Proteine (Translation) beinhaltet eine komplexe Interaktion zwischen der DNA und anderer Proteine, die an das DNA Molekül binden oder dieses modifizieren (Fig. 2). Um solche Prozesse zu regulieren, zu aktivieren oder zu reprimieren, sind verschiedene Sequenzsignale auf der DNA vorhanden. Die einfachsten sind die Start- und die Stoppsignale für die Proteinsynthese.

Funktionelle Genabschnitte können zum Teil nur wenige Basenpaare kurz (z.B. 100) oder mehrere tausend Basenpaare lang sein (z.B. solche, die sehr grosse extrazelluläre Proteasen¹ codieren).

Die meisten Bakterien besitzen neben dem Chromosom zusätzliche DNA-Moleküle. Diese extrachromosomalen Elemente werden Plasmide genannt. Plasmid DNA-Moleküle weisen einen Umfang von 2'000 bis 700'000 Basenpaaren auf. Im letzteren Fall unterscheiden sich Megaplasmid und Minichromosom kaum voneinander.

Welche «natürliche» Funktionen haben Plasmide? Die Erbinformation ei-

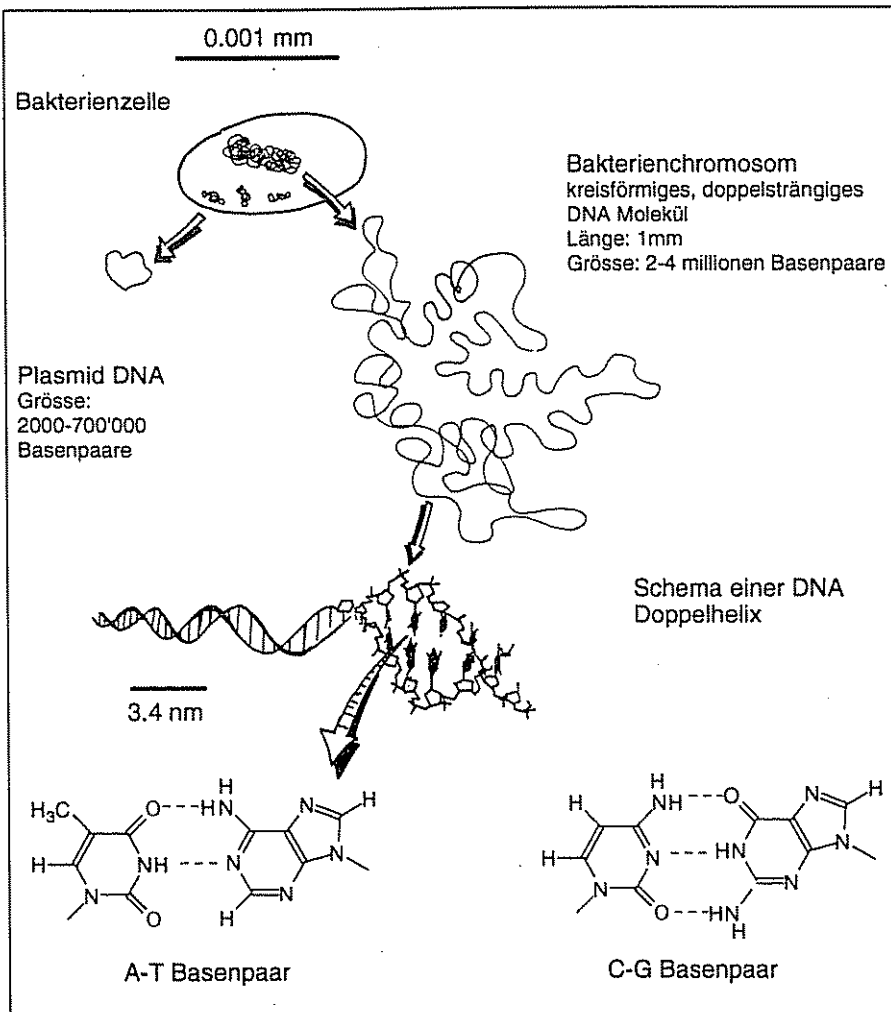


Fig. 1 Schematische Darstellung der Moleküle, aus denen das genetische Material von Bakterien besteht.

¹ Die Endung -ase steht in der Biochemie für die Funktion als Enzym

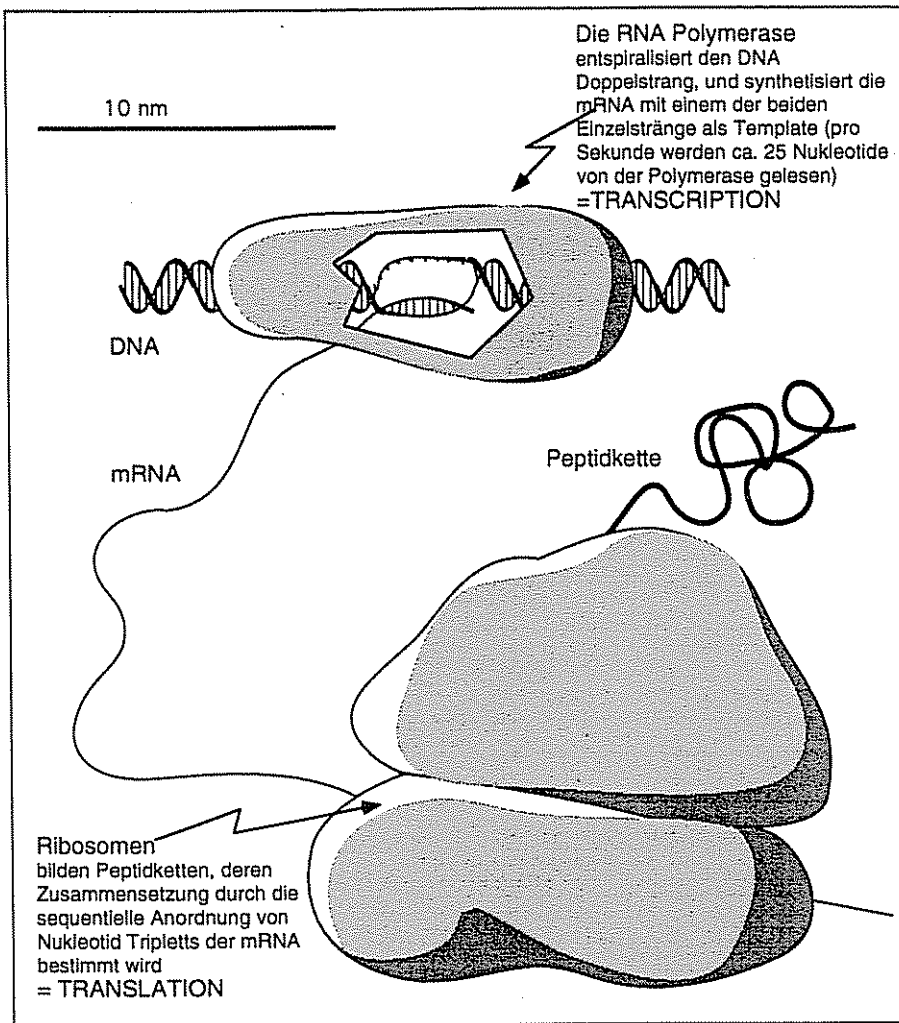


Fig. 2
Die auf dem doppelsträngigen DNA -Molekül gespeicherte genetische Information wird kontinuierlich kopiert und in von der Zelle benötigte Proteine übersetzt.

nes bakteriellen Chromosoms genügt für die Replikation, das Wachstum, die Aktivität und das Überleben der Zelle. Plasmid-DNA-Moleküle enthalten dagegen oft zusätzliche Informationen, die für die normale Funktion der Zelle nicht unbedingt wichtig sind. Diese Informationen codieren z.B. die Resistenz gegen Antibiotika oder Schwermetalle, aber auch spezialisierte Stoffwechseleigenschaften wie z.B. den Abbau von Xylolen und Naphthalenen.

Eine weitere interessante Eigenschaft der Plasmide ist, dass sie oft mehrfach in einer Zelle vorhanden sind (bis zu mehreren 100 Kopien). Zudem können sie sich, aber auch andere Plasmide, von einer Bakterienzelle zur anderen transferieren: dieser Vorgang heisst Konjugation. Weiter unten wird beschrieben, wie wichtig diese Eigenschaften der Plasmide für die Anpassung der Mikroorganismen sein können.

Einmal aus einem Organismus isoliert und sorgfältig gereinigt, kann das DNA-Molekül im Labor charakterisiert und manipuliert werden. Für solchen Arbeiten sind Restriktionsenzyme die wichtigsten Werkzeuge. Sie spalten die DNA an gewünschten, spezifischen Stellen. Um zwei Enden eines DNA-Moleküls wieder zusammenzukleben, werden andere Enzyme (Ligasen) verwendet. Mittels der Restriktionsenzymen können Forscher gezielt kleine Fragmente eines bestimmten DNA-Moleküls, beispielsweise einen codierenden Abschnitt eines Gens, isolieren, und mit Hilfe der Ligase mit einer Plasmid-DNA zusammenkleben und in eine fremde Bakterienzelle einschleusen. Das Plasmid und das fremde DNA-Fragment werden darauf von der Zelle wie ein eigenes DNA-Molekül repliziert und exprimiert. So können die Funktionen beliebiger Gene auf einem isolierten DNA-Fragment studiert werden. Ein Bakterium, dem

ein DNA-Fragment aus einem fremden DNA-Molekül durch in vitro Gentechniken übertragen wurde, wird als "Genetisch Modifizierter Mikroorganismus" bezeichnet (als GEMMO oder GEM abgekürzt).

Die Anwendungen dieser Techniken sind vielfältig. Von der Massenproduktion interessanter Enzyme oder anderer Proteine, bis zur Erschaffung neuartiger Mikroben, die eine grosse Palette von Giftstoffen effizient abbauen sollen [3], ist alles denkbar. Meistens wird die oben beschriebene Technik aber nur angewendet, um die genetische Information eines Organismus zu isolieren und zu charakterisieren.

2.2 Blobs und Flops² - Techniken in der Molekulargenetik.

Genetische Analysen unterscheiden sich von physikalischen, chemischen und sogar biologischen Methoden. Obwohl das Konzept eines genetischen Experimentes oft kompliziert ist und viel Hintergrundinformation verlangt, bestehen die Daten selber meistens nur aus Bandenmuster. Diese Banden («blobs») bestehen aus z.B. DNA-Fragmenten, Proteinen, Proteinen in Interaktion mit DNA oder aus DNA-Fragmenten in Interaktion mit RNA und können durch verschiedene Techniken sichtbar gemacht werden (z.B. Färben oder radioaktive Markierung). Um solche Banden zu erhalten, werden die Protein- oder DNA-Fragmente auf eine Gelmatrix aus beispielsweise Agarose-Gel oder Polyacrylamid aufgetragen und mittels einer elektrischen Spannung, welche an das Gel angelegt wird, aufgetrennt. Diese Trennung kann so fein sein, dass DNA-Fragmente, die sich nur um ein Basenpaar unterscheiden, als bestimmbare diskrete Banden auf einem solchen Gel erscheinen. Eine solch hohe Empfindlichkeit ist z.B. für die Sequenzierung von DNA notwendig.

Zwei Methoden, die häufig in der Molekularbiologie verwendet werden, sind die DNA-DNA-Hybridisierung und die PCR (Polymerase Chain Reaction oder Polymerase Kettenreaktion).

² Manchmal sind die Bänder (Blobs) nur schwierig interpretierbar und leider eher Flops als Erfolge...

Durch Anwendung der DNA-DNA-Hybridisierung kann getestet werden, ob ein unbekanntes DNA-Fragment eine Sequenzhomologie zu einem anderen bekannten DNA-Fragment aufweist. Diese Technik basiert auf der Tatsache, dass zwei DNA-Einzelstränge ein doppelsträngiges Molekül bilden können, wenn die komplementären Nucleotide der beiden Moleküle Basenpaare bilden. Ein solches doppelsträngiges Molekül (ein sog. Hybrid) kann gebildet werden, wenn immer die zwei separaten einzelsträngigen Moleküle genügend komplementäre Nucleotide aufweisen. Es sind aber auch Fehlpaarungen möglich, da die Stabilität des Hybridmoleküls von der Temperatur und der Ionenstärke der Lösung abhängig ist. Bei der Hybridisierung werden die zu testenden Einzelstränge («Target-DNA») an eine Nylon-Membran gebunden und mit einer Lösung der einzelsträngigen Test-DNA («Gensonde»), die zuvor radioaktiv oder chemisch markiert wurde, überschichtet. Nach der Inkubation können die nicht zusammenpassenden Genstücke, welche keine stabilen Doppelstränge zu bilden vermochten, gewaschen werden. Die Stellen, wo gebundenes und markiertes Fragment miteinander reagiert und Hybride gebildet haben, werden dann mit Hilfe von Autoradiographie sichtbar gemacht (Fig. 3).

Die PCR ist eine Enzymreaktion, die angewendet wird, um DNA-Fragmente unter Verwendung einer thermostabilen DNA-Polymerase zu vermehren («amplifizieren»). Diese Polymerasen können zu einem DNA-Einzelstrang («Template-DNA») den komplementären Strang synthetisieren, sofern eine geeignete Startsequenz («Primer») und die notwendigen Nucleotide vorhanden sind. Als Startsequenz wird meistens ein kurzer DNA-Einzelstrang von 18-25 Nucleotiden eingesetzt, welcher auf Grund einer bekannten Sequenz chemisch hergestellt wurde. In der PCR-Technik werden normalerweise zwei solcher Primer eingesetzt, damit nur der Teil der Template-DNA zwischen den beiden Primer kopiert wird. Um eine Vervielfachung des Templates zu erhalten, wird die Reaktion in mehreren Zyklen durchgeführt (Fig. 4).

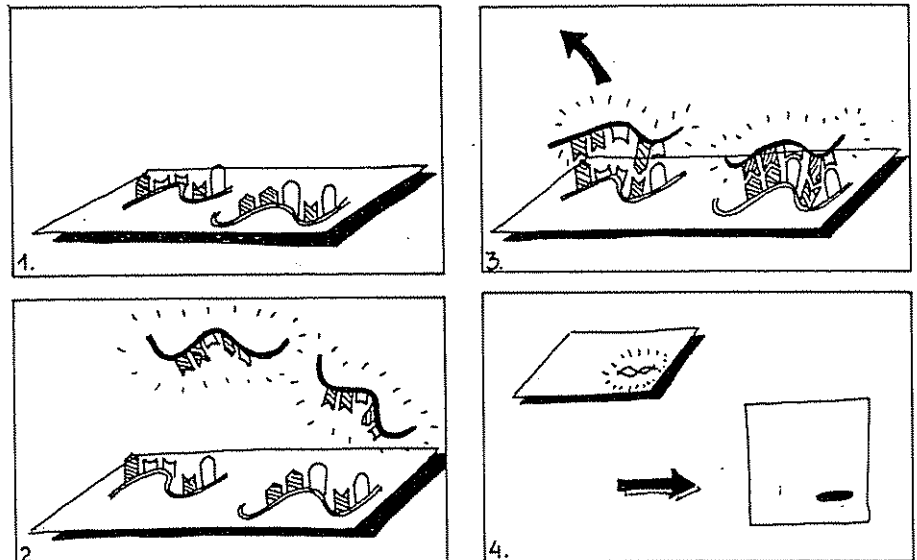


Fig. 3

DNA-DNA -Hybridisierung

- 1) Einzelsträngige DNA-Moleküle sind an eine Nylonmembran gebunden (die geometrische Formen stellen verschiedene Nucleotide dar).
- 2) Das «Test-DNA-Molekül» wurde markiert und wird ebenfalls in einsträngiger Form der Lösung beigegeben.
- 3) Komplementäre Nucleotide der Test-DNA-Moleküle und der zu testenden gebundenen «Target»-Moleküle können gemeinsam Basenpaare bilden. Wenn zu wenige Basenpaare gebildet werden, ist das Hybridmolekül nicht stabil und das Test-DNA-Molekül wird ausgewaschen.
- 4) Die Stellen, an denen stabile Hybride gebildet werden, können sichtbar gemacht werden, da die Test-DNA radioaktiv markiert ist, und auf einem aufgelegten Röntgenfilm schwarze Flecken entstehen (Fig. 8).

Nach ungefähr dreißig Zyklen sind spezifische Sequenzen millionenfach vermehrt worden, was deren Nachweis sehr vereinfacht. Die Spezifität der Primer-Template Bindung beeinflusst natürlich auch die Spezifität der Amplifikationsreaktion. Eine der bemerkenswertesten Eigenschaften der PCR ist, dass sie den Nachweis von kleinsten Mengen einer bestimmten DNA-Sequenz ermöglicht. Dadurch werden die verschiedensten Anwendungsmöglichkeiten eröffnet. So kann z.B. die Sequenz aus einem einzigen kontaminierenden Mikroorganismus in einem Nahrungsmittel, oder aus Blutspuren in Proben der Gerichtsmedizin nachgewiesen werden.

3. Horizontale und vertikale Evolution

3.1. Die Entstehung neuer oder veränderter Enzyme und Proteine

Welche genetischen Mechanismen spielen in der Evolution von Enzimspezifitäten eine Rolle und können somit zur Adaptation der Zelle an neue «Nährstoffe» führen? Voraussetzung für die Produktion neu- oder andersartiger Enzyme sind Veränderungen im

Erbgut. Vorgänge, die zu veränderten DNA-Sequenzen führen, werden *vertikal* evolutionäre Prozesse genannt. Die einfachsten dieser Mutationen betreffen ein einzelnes Basenpaar und können spontan bei der Replikation des DNA-Moleküls erfolgen. Die Häufigkeit solcher spontaner Mutationen ist sehr niedrig, nämlich in der Größenordnung von 10^{-10} pro Nucleotid und Replikationszyklus. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer einzigen spontanen Mutation im gesamten Genom der Bakterienzelle liegt demnach zwischen 0.1 und 1% pro Generation. Die meisten spontanen Mutationen ereignen sich zunächst unbemerkt oder diskret. Erst die Ansammlung solcher Veränderungen führt dazu, dass sich Individuen mit unterschiedlichen Eigenschaften herausselektieren. Dieser Prozess wird Divergenz genannt. Mutationen können aber auch unmittelbar für die Zelle nützlich sein (siehe unten). Andere Mutationen sind nachteilig und, im schlechtesten Fall, sogar tödlich, z.B. dann, wenn sie die Sequenz essentieller Gene unterbrechen. Mutationen können aber auch induziert werden, beispielsweise durch giftige

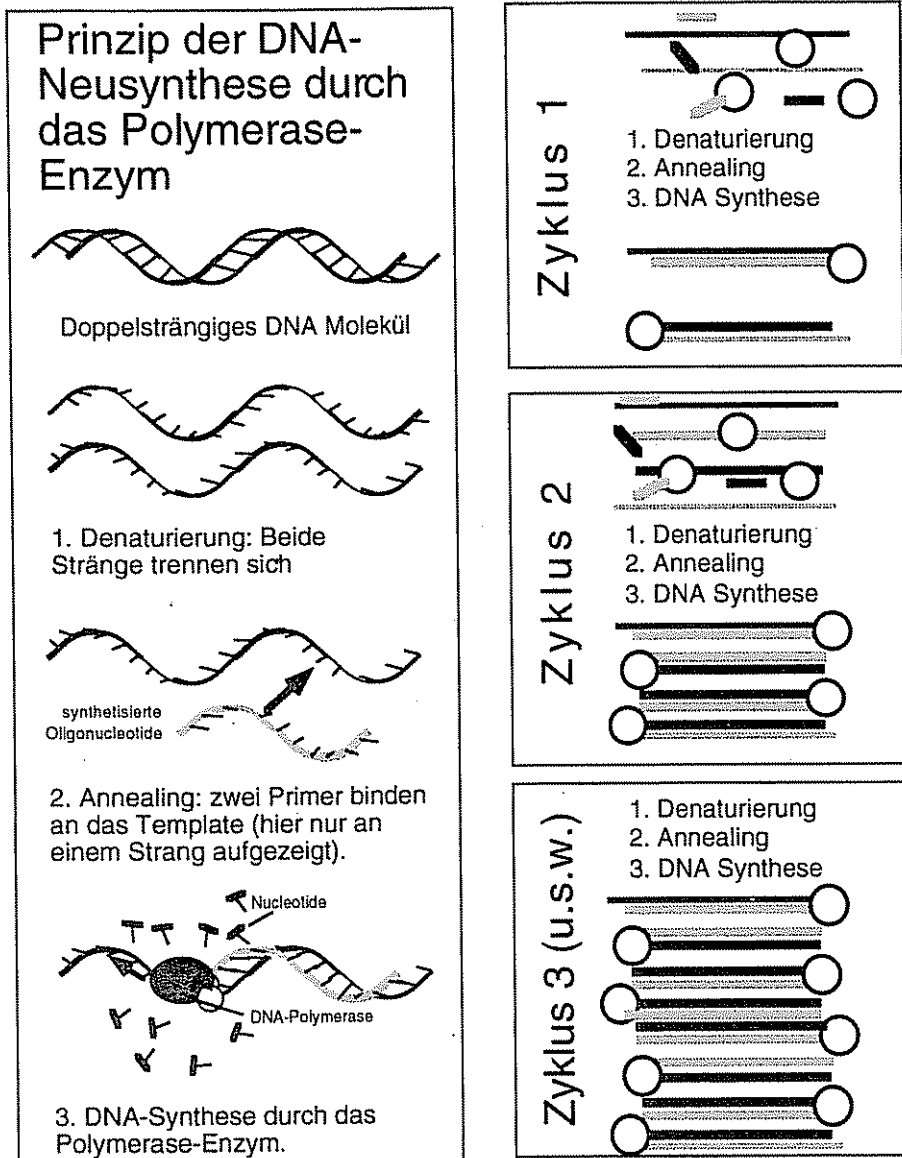


Fig. 4
 Millionenfache Vermehrung einer DNA-Sequenz durch Anwendung eines enzymatischen Prozesses: PCR («Polymerase Chain Reaction» oder Polymerase Kettenreaktion). Links das Prinzip eines Reaktionszyklus, rechts der Stand der DNA-Vermehrung nach drei Zyklen.

Substanzen, die an die DNA binden. Weiterhin kennt man Einwirkungen, wie z.B. UV-Einstrahlung, die die DNA direkt schädigen. Auf diese Weise ausgelöst, treten Mutationen viel häufiger auf, obwohl die Zelle verschiedene Mittel zur Verfügung hat, um die DNA zu reparieren. Veränderungen in der DNA-Sequenz sind nicht auf einzelne Basenpaare beschränkt; es kann nämlich auch geschehen, dass grössere DNA-Sequenzen auf einmal weggeschnitten (deletiert), verdoppelt (dupliziert) oder herausgeschnitten und in umgekehrter Richtung wieder eingesetzt (invertiert) werden.

Können wir nun Beweise dafür finden, dass sich Enzyme mit Substratspezifitäten für xenobiotische Substanzen in Bakterien neu entwick-

kelt haben? Welche Auswirkungen die Veränderung eines Basenpaares haben kann, lässt sich am einfachsten an einem Beispiel, dem des Abbaues von Toluol und Xylol durch das Bakterium *Pseudomonas putida* mt-2, erklären. Dieser Organismus besitzt ein relativ grosses Plasmid, das die Gene für den Abbau methylierter Benzole trägt [4]. Das Plasmid ist selbst-übertragend, d.h. es kann sich auf andere Bakterienzellen (nicht notwendigerweise derselben Art!) transferieren. Bakterien des erwähnten Typs und ihr genetisches Potential bezüglich Toluolabbaues wurden im Labor eingehend untersucht und verändert. Toluol abbauende Mutanten des Stammes, die Enzyme mit veränderter Substratspezifität produzierten, konnten leicht selektioniert

und in Kultur gebracht werden [5]. Ferner wurden Bakterien isoliert, deren Substraterkennung sich von der des ursprünglichen Bakterienstammes unterschied. Diese neuen Eigenschaften erwiesen sich als Folge von Veränderungen im Regulatorprotein XylS. Das XylS-Protein hilft, die Gene für den Toluolabbau zu exprimieren, wenn die «richtigen» Nahrungsmoleküle (Induktoren) in der Zelle vorhanden sind. Bemerkenswert ist, dass mutierte XylS-Proteine gefunden werden konnten, die auf andere Induktore ansprechen oder die die Gene für den Abbau auch ohne einen Induktor anschalten. Ähnliche Beobachtungen bei anderen bakteriellen Enzymen unterstützen die Annahme, dass Veränderungen bei sowohl Abbau-Enzymen als auch bei den für die Erkennung der Nahrung verantwortlichen Proteinen die Verwendung von Schadstoffen als neuartige Nahrungsquellen durch die Bakterien ermöglichen. Es zeigte sich, dass alle veränderten Proteine Produkte von Genen waren, die Mutationen (manchmal nur eines einzigen Basenpaares!) erfahren hatten.

Die Auswirkungen veränderter DNA-Sequenzen können nicht immer direkt beobachtet werden. Ein Teil unserer eigenen Forschung ist momentan auf ein halogen-spezifisches Enzym ausgerichtet: die Chlorcatechol-1,2-Dioxygenase, die zur Familie der Intradioldioxygenasen gehört (Fig. 6). Diese Enzyme sind Produkte einer Gruppe verwandter Gene, in denen sich so viele Veränderungen angesammelt haben, dass ihre Sequenzen nur noch zu 30 bis 60% übereinstimmen. Dies führt zu sehr unterschiedlichen Substratspezifitäten. Chlorcatechol-1,2-Dioxygenase katalysiert z.B. die Umwandlung chlorierter Catechole viel effizienter als die bei aeroben Bakterien häufigere Catechol-1,2-Dioxygenase. Wir untersuchen ferner ein Protein, das für die Expressierung der Gene für den Chlorcatecholabbau benötigt wird. Dieses regulatorische Protein gehört zur Familie der «LysR-Transkriptionsaktivatoren», welche weitgehende Übereinstimmung ihrer Aminosäuresequenzen aufweisen und sich auch in Grösse, Funktion und Wirkungsmuster gleichen. Sie haben sich während

eines langen Evolutionsprozesses jedoch so weit auseinander entwickelt, dass heute jedes eine sehr spezifische Rolle bei der Genaktivierung spielt.

3.2. Gentransfer und die Entstehung von Stoffwechselwegen

Von der vertikalen unterscheidet man die *horizontale* Evolution (Fig. 5). Hierunter versteht man Prozesse, bei denen nicht die Nucleotidsequenz innerhalb eines DNA-Fragmentes verändert wird, sondern das Fragment seine Position verändert, d.h. innerhalb eines DNA-Moleküls verschoben oder auf ein anderes DNA-Molekül übertragen wird. Diese Verschiebung kann innerhalb eines Organismus stattfinden. Wird DNA jedoch von einem Organismus auf einen zweiten übertragen, wird dieser mit der auf dem Fragment vorhandenen genetischen Information ausgestattet. Die Empfängerzelle kann nun Proteine synthetisieren, die sie vorher nicht herstellen konnte. Wie diese Übertragung zur Adaptation von Mikroorganismen an neuartige Substrate führt, wird nun erklärt.

Die Übertragung von DNA-Fragmenten auf andere DNA-Moleküle oder auf eine andere Position desselben Moleküls kann durch Rekombinationsenzyme in der Zelle bewirkt werden. Einige der Gene, die für diese Enzyme codieren, befinden sich auf sogenannten beweglichen Elementen, wie z.B. Transposons oder Insertionssequenzen. Diese Elemente können sich duplizieren und eine Kopie an anderer Stelle einfügen. Man nimmt an, dass zwei Insertions-elemente die zwischen sich befindlichen Gene «einfangen» und mobilisieren können.

Dass ein solches «Einfangen» von Genen bei der Adaptation an neuartige Substrate stattfindet, dafür liefern unsere Untersuchungen deutliche Hinweise (Fig. 7) [6]. Der von uns hauptsächlich analysierte *Pseudomonas*-Stamm baut chlorierte Benzole ab. Ein Teil solcher katabolischen Gene dieses Bakteriums befindet sich auf einem Transposon. Die Gene, die für die Enzyme Chlorbenzoldioxygenase und Benzolglykol-dehydrogenase codieren, sind von Insertionssequenzen flankiert. Es konnte experimentell ge-

zeigt werden, dass das aus Insertionssequenzen und katabolischen Genen bestehende DNA-Element sich in andere DNA-Moleküle integrieren kann und demnach beweglich ist. Interessanterweise befindet sich das mobile «Element» auf einem Plasmid, auf dem an anderen Stellen weitere Gene lokalisiert sind, die ebenfalls eine Rolle beim Abbau von Chlorbenzolen spielen. Entscheidend, weil für den vollständigen Abbau von Chlorbenzole notwendig, ist die Kombination genetischer Informationen auf dem Plasmid und auf dem Transposon. Bisher wissen wir nicht, woher dieses Transposon stammt. Wir vermuten aber, dass die katabolischen Gene aus toluolabbauenden Mikroorganismen stammen könnten. Das erste Enzym des Abbaues von Toluol ist die relativ unspezifische Toluoldioxygenase, die neben Toluol viele andere Substrate oxidiert, darunter eben auch Chlorbenzole. Die zur Zeit durchgeführte Sequenzanalyse der Gene, die für die Chlorbenzoldioxygenase codieren, weist darauf hin, dass diese Gene weitgehend mit den Genen der Toluoldioxygenase übereinstimmen.

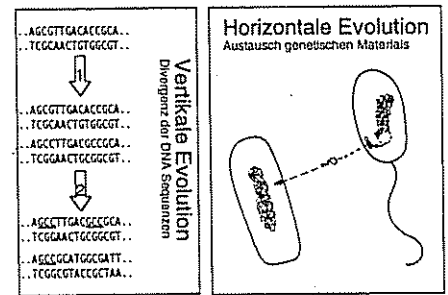


Fig. 5
Horizontale und vertikale Evolution
 Vertikale Evolution ist der Begriff für verschiedene genetische Prozesse, die zu Veränderungen in Basenpaarsequenzen führen. Zum Beispiel können Replikationsfehler zum Austausch einzelner Basenpaare (Pfeil 1) oder zu kleinen Deletionen führen (Pfeil 2).
 Unter horizontaler Evolution versteht man genetische Prozesse, bei denen DNA-Fragmente ihre Position verändern, d.h. innerhalb eines DNA-Moleküls verschoben, oder auf ein anderes DNA-Molekül übertragen werden. Dies kann innerhalb einer Zelle oder auch zwischen Bakterienzellen geschehen.

Genaustauschmechanismen sind nicht auf DNA-Moleküle innerhalb eines Organismus beschränkt. Es gibt viele Elemente, die DNA-Sequenzen auf andere Organismen der gleichen Art, aber auch auf artfremde Organismen übertragen können. Wichtige

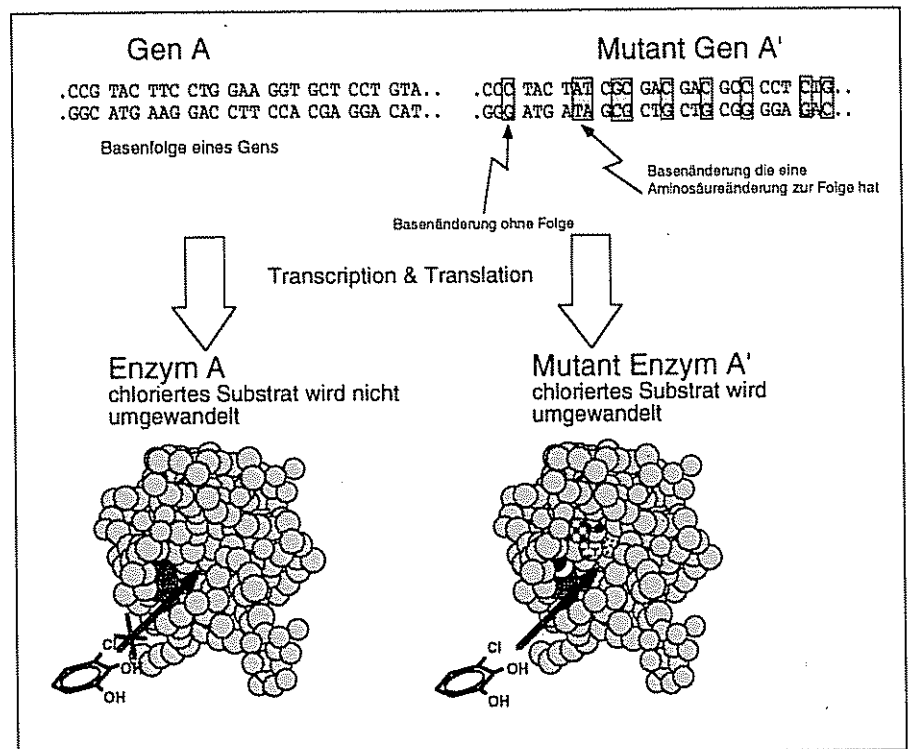


Fig. 6
 Zwei verwandte Enzyme haben durch die Ansammlung von Veränderungen in den DNA-Sequenzen ihrer Gene (*vertikale* Evolution) verschiedene Substratspezifitäten erworben. Die Enzyme sind schematisch als gefaltete Perlenketten gezeichnet (Perlen stellen Aminosäuren der Polypeptide dar). Diejenigen Aminosäuren, die sich als Folge des Basenpaaraustausches in ihrer DNA-Sequenz verändert haben, sind farblich anders dargestellt.

Elemente beim Gentransfer sind die Plasmide, die in vielen Bakterien vorkommen. Aber nicht alle Plasmide sind gleich. Einige (kleine) Plasmide können nicht in andere Zellen transferiert werden, andere hingegen können sich

sogar selber transferieren. Zudem gibt es Plasmide, die zusammen mit einem anderen Plasmid, das sich selber transferieren kann, (co-)transferiert werden können. Einige Plasmide haben die Fähigkeit, einen sogenannten «Retro-

transfer» auszuführen: sie holen Gene aus anderen Bakterien in ihr Wirtsbakterium. Der Gentransfer ist nicht auf Plasmid-DNA beschränkt, sondern geschieht auch mit Hilfe von Transposons und Bakteriophagen (Viren). Viele selbstübertragende Plasmide mit der genetischen Information für den Abbau aromatischer und halogener Verbindungen oder von Pestiziden wurden während der letzten 20 Jahre gefunden. Diese Plasmide sind interessant für unsere Forschung über Adaptationsmechanismen bei Mikroorganismen, weil die genetische Information auf den Plasmiden auf ein breites Spektrum verschiedener Bakterienarten durch Transfer verteilt werden kann. Das oben erwähnte Plasmid für den Chlorbenzolabbau konnte in verschiedenen anderen Bodenbakterien desselben Standortes entdeckt werden. Das deutet auf die Verbreitung des Plasmids innerhalb dieser Mikrobenpopulation hin. Andere Forscher, die nach Plasmiden, die die Information für den Toluolabbau enthalten («TOL»-Plasmiden) in Bodenbakterien gesucht haben [7], konnten diese Plasmide aus verschiedenen Bodenmikroorganismen isolieren. Nicht alle Plasmide waren genau gleich, aber stets waren ähnliche Gene für den Toluolabbau vorhanden. Auf manchen Plasmiden hingegen waren diese Gene entweder in zweifacher Ausführung oder in umgekehrter Orientierung vorhanden. Dies zeigt, dass genetische Vorgänge, die den Austausch von DNA-Sequenzen innerhalb von DNA-Molekülen oder zwischen verschiedenen Bakterienstämmen bewirken, sich auch unter natürlichen Bedingungen abspielen.

Inzwischen häufen sich die Hinweise darauf, dass Stoffwechselwege aus «Genkassetten» unterschiedlicher Herkunft zusammengesetzt wurden [8]. Vergleichende genetische Studien mit verschiedenen aeroben Bakterien führten zum Postulat einer Anzahl vermeintlicher Kassetten, z.B. die Gene für (i) Dioxygenasen aromatischer Ringe sowie je einen (ii) meta-spaltenden und (iii) ortho-spaltenden Abbauweg für Catechole.

Können solche Genkassetten kombiniert werden? Bis jetzt gibt es dafür nur wenige Beweise. Wie bereits er-

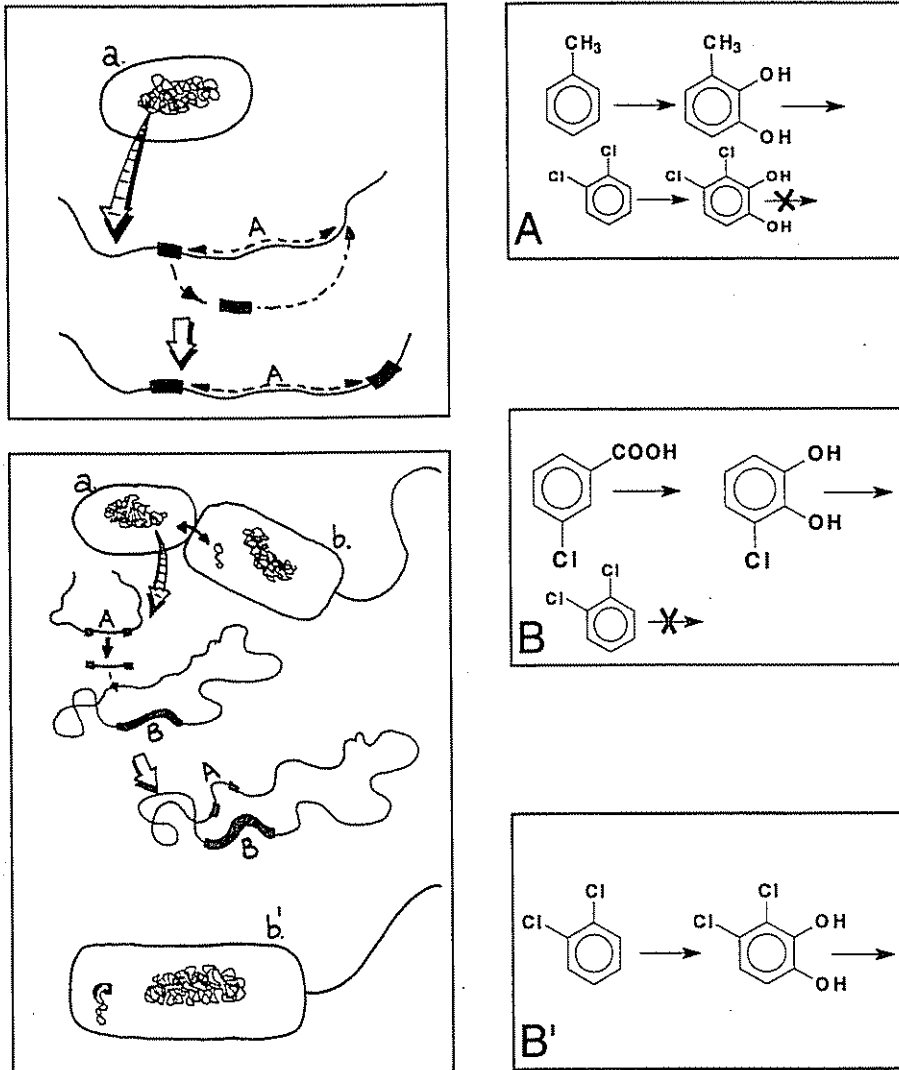


Fig. 7 Mögliche Ereignisse in der Evolution der Stoffwechselwege für den Abbau chlorierter Benzole.

Bakterium «a» (Bild oben links) baut Toluol ab (Abbauweg in Bild A gezeigt). Die Enzyme, die die ersten Schritte auf diesem Weg katalysieren, können auch Dichlorbenzol oxidieren. Das entstehende dichlorierte Zwischenprodukt kann jedoch von diesem Bakterium nicht weiter abgebaut werden.

Bakterium «b» kann die Verbindung 3-Chlorbenzoat abbauen (Bild B). Es entstehen chlorierte Zwischenprodukte bei diesen Stoffwechselreaktionen, die problemlos durch vorhandene Enzyme umgewandelt werden. Dieses Bakterium besitzt jedoch nicht die notwendigen Enzyme, um die Oxidation des Dichlorbenzols durchzuführen.

Die Bilder links zeigen die mögliche horizontale Übertragung genetischer Information von Bakterium «a» auf Bakterium «b».

Die Gene, die für den Toluolstoffwechsel kodieren, sind im Bakterium «a» auf dem Chromosom lokalisiert (als Abschnitt «A» auf dem Chromosom eingezeichnet). Ein Insertionselement (schwarzer Block) repliziert sich spontan und die Kopie fügt sich am anderen Ende der A-Gene in das Chromosom ein. Bakterium «b» trägt ein Plasmid, das sich in ein anderes Bakterium und wieder zurück transferieren kann. Die Gene für den Abbau von Chlorbenzoat (als «B» dargestellt), sind auf diesem Plasmid lokalisiert.

Wenn die beiden Bakterien «a» und «b» miteinander in Kontakt kommen, überträgt sich das Plasmid auf Bakterium «a», die A-Gene werden kopiert und durch die Insertionselemente in das Plasmid eingefügt. Das Plasmid transferiert sich mitsamt einer Kopie der A-Gene wieder zurück in Bakterium «b». Das veränderte Bakterium «b» (b') hat damit die Fähigkeit erworben, chlorierte Benzole vollständig abzubauen (Bild B').

wähnt, glauben wir jedoch, dass das «Einfangen» von Genen und ihre nachfolgende Umlagerung durch mobile genetische Elemente eine Erklärung für das Auftreten neuartiger Kombinationen ist.

3.3. Zeitskalen in der Evolution

Eines der Hauptprobleme in der Evolutionsforschung ist, dass es nicht möglich ist, einen einzelnen Mikroorganismus solange zu beobachten, bis er sich letztlich an die Verwertung vormals xenobiotischer Verbindungen adaptiert hat. Ein grosser Teil unserer Forschung konzentriert sich auf die Beschreibung von Bakterienarten, die aus der Umwelt isoliert wurden und die einen bestimmten Schadstoff abbauen können. Vergleiche solcher Bakterien auf genetischem Niveau sind die Hauptinformationsquelle für deren Verwandtschaft. Kriterium für den Verwandtschaftsgrad ist meistens die Übereinstimmung der Aminosäuresequenzen der bakteriellen Proteine. Man kann daraus jedoch bestenfalls ableiten, dass die Proteine gemeinsame Vorfahren gehabt haben müssen. Über die tatsächlichen Mechanismen, die während der Evolution ablaufen, erhält man nur wenig Information. Der Vorteil von Mikroorganismen für die Evolutionsforschung ist ihre schnelle Fortpflanzung. Mutanten können leicht und schnell durch einfaches «Screening» grosser Populationen selektiert werden. Diese künstliche Selektion mutierter Bakterienstämme mit veränderten Enzymaktivitäten führt zu einer Art «beschleunigter Evolution». Auf ähnliche Weise können Genaustauschexperimente durchgeführt werden, um den Transfer von Plasmiden von einem Stamm auf den anderen zu studieren. Auch kann man prüfen, ob die Neukombination von Genen innerhalb eines Bakteriums zu erweiterten Stoffwechsellleistungen führt.

Die Frage, ob die genetischen Mechanismen, die zur Adaptation der Bakterien führen, rein spontane Prozesse sind oder ob sie der Regulation durch Umweltbedingungen unterliegen, steht gegenwärtig im Mittelpunkt des Interesses auf diesem Gebiet der Molekulargenetik. Kürzlich wurde gezeigt, dass Bakterien, die unter be-

stimmtem Stress (z.B. in der Gegenwart giftiger Substanzen oder unter Nahrungsentzug) leben, eine höhere Mutationsrate aufweisen. Es gibt Hinweise dafür, dass sowohl Mutationen, die eine Veränderung um ein Basenpaar verursachen wie auch die Aktivität von Insertionssequenzen, in gewissem Masse «umweltinduziert» sind [9]. Dies würde auf das Vorhandensein von regulierenden oder sensorischen Systemen hinweisen, welche die Mikroorganismen befähigen, unter schlechten Lebensbedingungen ihre Mutationsrate zu erhöhen. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit einer für die Arterhaltung günstigen Mutation vergrössert. In diesem Zusammenhang wird sogar die Möglichkeit von «Evolutionasen» vorgeschlagen. Das wären Enzyme oder Regulatoren, die Veränderungen in der DNA begünstigen [10].

Eine andere Frage ist, ob an Umweltschadstoffe angepasste Bakterienstämme und deren erweiterte Stoffwechselwege erst selektioniert wurden, nachdem der Eintrag dieser Substanzen in die Natur begann. Ergebnisse aus Untersuchungen mit Mikroorganismen, die chlorierte aromatische Verbindungen wie z.B. Chlorbenzole abbauen, deuten darauf hin, dass sich solche Stämme unter dem Selektionsdruck der Chlorbenzole an diese adaptiert haben könnten. Das «Einfangen» von Genen für die Toluoldioxygenase durch Insertionselemente wie es

oben beschrieben wurde, könnte ein solches kürzlich erfolgtes Evolutionsereignis sein. Andererseits zeigen unsere Untersuchungen, wie auch die anderer Gruppen, dass spezifische Enzyme für den Abbau halogenierter Verbindungen wahrscheinlich schon viel früher in der Evolution entstanden sind. Vielleicht haben sich diese Enzyme als eine Anpassung an natürlich vorkommende chlorierte Verbindungen entwickelt. Die Chlorocatechol-1,2-dioxygenase und das sie regulierende Protein werden auch weiterhin in unserer Gruppe als Modelle benützt, um die genetischen Mechanismen zu studieren, die bei der Entwicklung von spezialisierten Proteinen für den Abbau chlorierter Verbindungen ablaufen können. An ihnen werden wir ferner den Einfluss von Umweltstress auf die Adaptation von Schlüsselproteinen beim biologischen Abbau untersuchen.

4. Die Suche nach Mikroorganismen in der Umwelt

Der grösste Teil an Informationen über das Abbaupotential der Mikroorganismen stammt bis jetzt aus Studien mit Bakterienstämmen, die aus Umweltproben angereichert wurden. Mit dem Zugriff auf immer grössere Mengen genetischer Daten wird die Suche nach bestimmten Bakterien in Umweltproben und ihre Isolierung zunehmend einfacher. So entsteht ein neues Gebiet

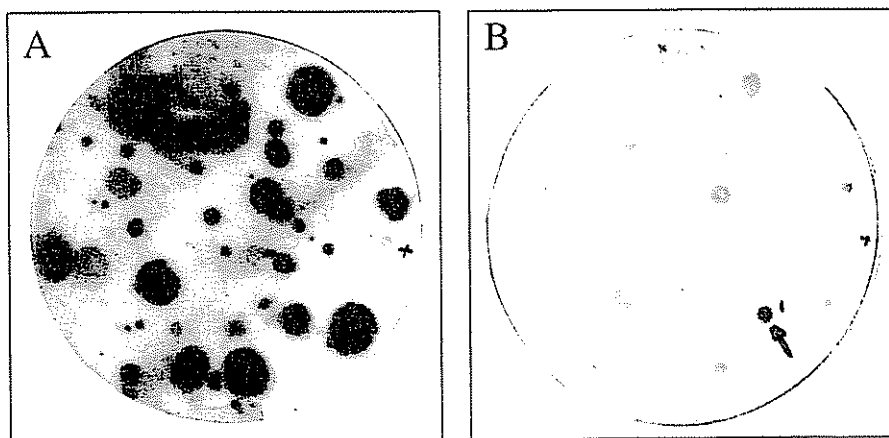


Fig. 8
Nachweis einer bestimmten Bakterienkolonie unter verschiedenen anderen Kolonientypen durch DNA-DNA-Hybridisierung.
Bild A zeigt eine Autoradiographie von Bakterienkolonien, die aus einer Umweltprobe stammen und auf einer Agarplatte gezüchtet wurden.
Bild B zeigt nur solche Kolonien, die mit einer Test-DNA für Chlorocatechol-Dioxygenase-Gene hybridisieren. Unspezifische Hybridisierungen, in Bild A noch sichtbar, wurden durch Auswaschen entfernt (siehe Fig. 3).

innerhalb der mikrobiellen Ökologie, nämlich das Studium der Populationsgenetik und der genetischen Variabilität. Es ist heute möglich, Bakterienstämme nicht nur unter Nutzung ihrer phänotypischen (äusserlichen) Merkmale, sondern auch mit Hilfe ihrer genetischen Eigenschaften aus der «Umwelt» zu isolieren.

Wie werden diese Studien durchgeführt? In einer Anzahl Labors, einschliesslich unseres eigenen, wurden «Screening»-Techniken getestet und unter Anwendung von DNA-DNA-Hybridisierung und PCR (siehe oben) [11, 12] optimiert. Unser Hauptinteresse gilt zur Zeit Bakterien, die Gene für den Abbau chlorierter aromatischer Verbindungen tragen. Wir versuchen deshalb, Bakterien aus Lebensräumen zu isolieren, die hauptsächlich mit diesen Verbindungen kontaminiert sind (Fig. 8). Dazu haben wir Gene für Schlüsselenzyme des Abbaus aromatischer Verbindungen isoliert, z.B. Gene für Chlorbenzol- und Toluoldioxygenasen sowie für (Chlor-)Catecholdioxygenasen. Diese DNA-Fragmente werden mit DNA aus Kolonien der Neuisolate hybridisiert. Die positiv reagierenden Bakterien werden anschliessend für weitere Untersuchungen verwendet. Auch wurden Oligonucleotide auf der Basis der DNA-Sequenzen dieser Fragmente entwickelt und synthetisiert. Diese Oligonucleotide können als Primer in PCR-Experimenten eingesetzt werden, die dazu dienen, ähnliche katabole Sequenzen in Umweltproben zu entdecken und zu quantifizieren. Die Häufigkeit dieser Sequenzen kann auf Korrelation mit dem Verschmutzungsgrad der Probe untersucht werden. Wir erhoffen uns dadurch weitere Hinweise darauf, dass Schadstoffstress in der Natur die Selektion von neuartigen Bakterientypen beeinflusst.

5. Ausblicke – die autoregenerativen Fähigkeiten verschmutzter Standorte

Welche Rolle spielt die genetische Adaptation von Bakterien beim Abbau von Umweltschadstoffen und wie gross ist ihre Bedeutung? Einerseits ist es klar, dass die in der Umwelt vorhandenen Bakterien nur begrenzte

Möglichkeiten zum Abbau von Umweltschadstoffen haben, wenn ihnen die nötige genetische Information fehlt. Andererseits werden Schadstoffe nicht notwendigerweise mit optimaler Geschwindigkeit abgebaut, wenn die geeigneten Bakterien vorhanden sind. Die Aktivität von Mikroorganismen hängt nämlich in der Natur (*in situ*) von vielen physikalisch-chemischen Faktoren ab (z.B. von Substratkonzentration, Temperatur, usw.) [13]. Angesichts steigender Beträge, die für die konventionelle Sanierung von Sondermülldeponien ausgegeben werden müssen, lohnt es sich, praktischere und akzeptablere Lösungen zu suchen. Die Vorteile der Verwendung von Mikroorganismen liegen auf der Hand. Es stehen verschiedene Möglichkeiten des Einsatzes von Mikroorganismen bei der «Bioremediation» solcher Standorte zur Auswahl. Die mikrobielle Aktivität kann *in situ* durch die Zugabe von Nährstoffen stimuliert werden. Schadstoffe können extrahiert werden und mit Mikroorganismen in Reaktoren behandelt werden. Ferner können spezialisierte Mikroben im verschmutzten Gelände ausgebracht und so der biologische Abbau verbessert werden. Um den Evolutionsprozess zu beschleunigen, wird hierbei auch die gentechnologische Herstellung neuartiger Mikroorganismen erwogen. Diese Bakterien sollten zum Abbau einer Anzahl verschiedener schwerabbaubarer Umweltschadstoffe in der Lage sein. Die Anwendung solcher Bakterien jedoch bleibt nicht ohne technische, politische oder ethische Probleme. Eine weitere, jedoch zeitaufwendige Lösung wäre es, den Eintrag von Schadstoffen in die Umwelt zu beenden und den spontanen biologischen Abbau durch Mikroorganismen *in situ* abzuwarten. Dieses setzt eine genaue Kenntnis der Selbstreinigungskräfte des jeweiligen Standortes voraus. Die Untersuchung der Vielfältigkeit katabolischer Gene in Populationen von Mikroorganismen sowie der adaptiven Prozesse unter Umweltbedingungen sind bei der Beurteilung solcher Lösungsstrategien von herausragender Bedeutung.

Danksagung

Die Autoren danken Barbara Bumann und Hauke Harms für die kritische Bearbeitung der deutschen Fassung.

- [1] Margulis, L. (1993) Symbiosis in cell evolution. Freeman Co., New York.
- [2] Barkay, T. and Pritchard, H. (1988) Adaptation of aquatic microbial communities to pollutant stress. *Microbiol. Sci.* 5, 165-169.
- [3] Rojo, F., Pieper, D.H., Engesser, K.-H., Knackmuss, H.-J. and Timmis, K.N. (1987) Assemblage of ortho cleavage route for simultaneous degradation of chloro- and methylaromatics. *Science* 238, 1395-1398.
- [4] Burlage, R.S., Hooper, S.W. and Sayler, G.S. (1989) The TOL (pWW0) catabolic plasmid. *Appl. Environ. Microbiol.* 55, 1323-1328.
- [5] Ramos, J.L. and Timmis, K.N. (1987) Experimental evolution of catabolic pathways of bacteria. *Microbiol. Sci.* 4, 228-237.
- [6] van der Meer, J.R., Zehnder, A.J.B. and de Vos, W.M. (1991) Identification of a novel composite transposable element, Tn5280, carrying chlorobenzene dioxygenase genes of *Pseudomonas* sp. strain P51. *J. Bacteriol.* 173, 7077-7083.
- [7] Williams, P.A., Assinder, S.J., De Marco, P., O'Donnell, K.J., Poh, C.L., Shaw, L.E. and Winson, M.K. (1992) Catabolic gene duplications in TOL plasmids. In: *Pseudomonas: Molecular biology and biotechnology* (Galli, E., Silver, S. and Witholt, B., Eds.), pp. 341-353. American Society for Microbiology, Washington, DC.
- [8] van der Meer, J.R., de Vos, W.M., Harayama, S. and Zehnder, A.J.B. (1992) Molecular mechanisms of genetic adaptation to xenobiotic compounds. *Microbiol. Rev.* 56, 677-694.
- [9] Cairns, J., Overbaugh, J. and Miller, S. (1988) The origin of mutants. *Nature (London)* 335, 142-145.
- [10] Harayama, S. and Timmis, K.N. (1992) Aerobic biodegradation of aromatic hydrocarbons by bacteria. In: *Degradation of environmental pollutants by microorganisms and their metalloenzymes* (Sigel, H. and Sigel, A., Eds.), pp. 99-157. Marcel Dekker, Inc., New York.
- [11] Steffan, R.J. and Atlas, R.M. (1991) Polymerase chain reaction: applications in environmental microbiology. *Annu. Rev. Microbiol.* 45, 137-161.
- [12] Sayler, G.S. and Layton, A.C. (1990) Environmental application of nucleic acid hybridization. *Annu. Rev. Microbiol.* 44, 625-648.
- [13] van der Meer, J.R., Bosma, T.N.P., de Bruin, W.P., Harms, H., Holliger, C., Rijnaarts, H.H.M., Tros, M.E., Schraa, G. and Zehnder, A.J.B. (1993) Versatility of soil-column experiments to study biodegradation of halogenated compounds under environmental conditions. *Biodegradation* 3, 265-284.

Christopher Rösselet¹, David Stocker and J. Alistair Kerr

Bildung von Sommersmog

Numerisch-mathematische Beschreibung der Bildung von Ozon, PAN und Wasserstoffperoxid über dem schweizerischen Mittelland mit Computermodellen.

Photochemischer Sommersmog

Der photochemische Smog bildet sich, wenn Stickoxide (NO_x) und flüchtige Kohlenwasserstoff-Verbindungen (VOC) unter Einfluss von Sonnenlicht miteinander reagieren. Hohe Konzentrationen an Ozon (O_3), Peroxyacetylnitrat (PAN), Wasserstoffperoxid (H_2O_2) und eine verminderte Sichtweite sind die Folge. Die erhöhten Photooxidantienkonzentrationen können die menschliche Atemfunktion als auch die Vegetation schädigen [1,2]. Zudem ist bekannt, dass PAN Augenreizungen hervorrufen kann, H_2O_2 spielt eine wichtige Rolle bei der Bildung von saurem Regen. Die wichtigsten Prozesse zur Bildung und zum Abbau der genannten Photooxidantien sind schematisch in Fig. 1 dargestellt.

Die Bildung von photochemischen Sommersmogs wird durch die Emission und Häufigkeit der primären Schadstoffe, die meteorologischen Bedingungen und durch die chemischen Vorgänge in der Atmosphäre bestimmt. Umfassende meteorologische und atmosphärenchemische Messungen im schweizerischen Mittelland sind im Rahmen von POLLUMET (Pollution and Meteorology in Switzerland) und vom Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) erhoben worden [3]. Die Feldmessungen im Rahmen von POLLUMET dienen dem Studium des Transports und der chemischen Umsetzung von Schadstoffen in der Atmosphäre während Sommersmogbedingungen. Das automatische Messnetz NABEL wurde ein gerichtet zur Beobachtung der Luftqualität und zur Untersuchung der Bildung von Luftschadstoffen in der Schweiz. NABEL wird von der EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt) im Auf-

trag des BUVWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) betrieben. NABEL besteht aus 16 Stationen (10 Stationen waren 1990 in Betrieb) welche sich an für schweizerische Verhältnisse repräsentativen Standorten befinden.

Die Photooxidantien sind sekundäre Komponenten der Luft. Sie werden während des Transports durch photochemische Prozesse aus den primär emittierten Vorläufersubstanzen gebildet. Automobile, Transport, Lagerung und Verwendung von Lösungsmitteln sind Quellen der Primärschadstoffe. Zusätzliche Emissionen stammen von der stationären Verbrennung von Brennstoffen, von industriellen Produktionsprozessen und aus natürlichen Quellen. Sommerliche Hochdrucklagen vermindern die vertikale Durchmischung und Verdünnung der nahe dem Boden emittierten Primärschadgase. Die hohe Sonneneinstrahlung an diesen wolkenfreien Sommertagen führt dann zur Bildung des

Sommersmogs. Das Ozonbildungspotential eines organischen Stoffes hängt einerseits ab von der Geschwindigkeit mit welcher der Stoff oxidiert wird, andererseits vom Vorhandensein von Stickoxiden aber auch von dem Eigenschaften der durch die Oxidation gebildeten Produkte.

Die Zusammenhänge zwischen der Bildung von Smog und den Emissionsraten der Vorläuferschadstoffe sind nicht linear. Um diese Zusammenhänge studieren zu können, ist man auf den Einsatz geeigneter Modelle angewiesen, welche die Meteorologie und die Chemie von Luftpaketen verbinden. In Euler'schen Modellen werden die Schadstoffkonzentrationen an ganz bestimmten geographischen Punkten im Raum (Gitter) berechnet und können gewissen lokalen und kleinräumigen Gegebenheiten zugeordnet werden. Die Entwicklung und Bedienung Euler'scher Modelle sind aufwendig und teuer. Hingegen werden in Lagrange'schen Modellen die

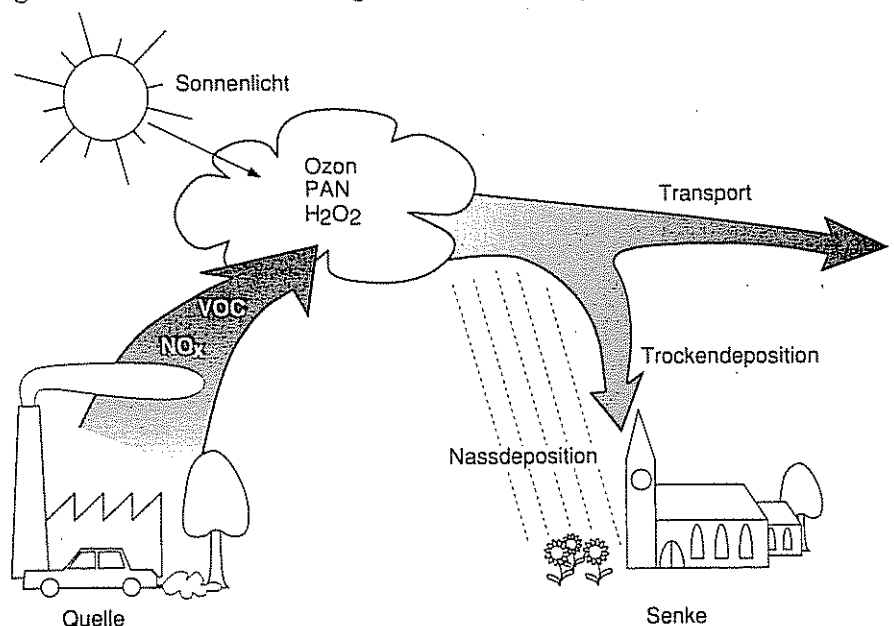


Fig. 1

Schematische Darstellung der Bildung des photochemischen Sommersmogs. Primärschadstoffe stammen sowohl aus anthropogenen als auch natürlichen Quellen. Die trockene und feuchte Deposition sind die Senken. Die Trockendeposition ist mit dem Transport und der Ablagerung gasförmiger Stoffe und Partikel an Oberflächen gleichzusetzen (kein Regen).

¹Paul Scherrer Institut, CH-5232 Villigen.

Schadstoffkonzentrationen in einer Säule oder einer sogenannten «moving box» gerechnet, wobei die Säule oder die Box entlang einer Flugbahn (im folgenden als Trajektorie bezeichnet) in Hauptwindrichtung gezogen wird. Vergleiche mit gemessenen Schadstoffkonzentrationen sind nur dann vernünftig, falls die Säule oder Box über den Messstandorten zu liegen kommt. Beide Arten von Modellen können zur Vorhersage der Veränderungen in der Bildung von Photooxidantien aufgrund von verschiedenen Emissionsreduktions-Szenarien verwendet werden. Die Anforderungen an solche Modelle, Einschränkungen und Anwendungen werden in Bezug auf die Entwicklung eines Lagrange Modell zur Simulation der Photooxidantien-Bildung über dem Schweizer Mittelland diskutiert. Das beschriebene 2D-Modell wird als Teilbasis für die Entwicklung von umfassenderen 3D-Modellen gebraucht. In diesem Sinne werden vorläufige Resultate gezeigt. Eine ausführliche Beschreibung des Modells findet man in [4] und Rösselet und Kerr (in Bearbeitung).

Modell

Das verwendete Modell beschreibt die photochemische Bildung von Sekundärschadgasen in einem Luftpaket der planetaren Grenzschicht und wurde zur Simulation der Photooxidantien-Bildung über Süd-England entwickelt [5]. Das Modell wurde den typischerweise während Sommersmog-Episoden in der Schweiz herrschenden Bedingungen angepasst. Hoch- und Flachdrucklagen über Europa sind die Voraussetzung für das Aufkommen von schwachen Nordostwinden (Bise) entlang des Jurasüdfusses. Das Luftpaket startete am 25. Juli 1990 um 18 Uhr mitteleuropäischer Zeit (MESZ) 15 km nordöstlich von Ravensburg und zog mit einer Geschwindigkeit von 7.2 km Std^{-1} entlang einer Trajektorie vom Bodensee, vorbei an Zürich und Bern, in Richtung Genfer See über das schweizerische Mittelland (Fig. 2). Während des Transports entlang der Trajektorie gelangen die morgendlichen Emissionsspitzen von NO_x und VOC in der Agglomeration Zürichs ins Luftpaket. Die täglichen Schwankun-

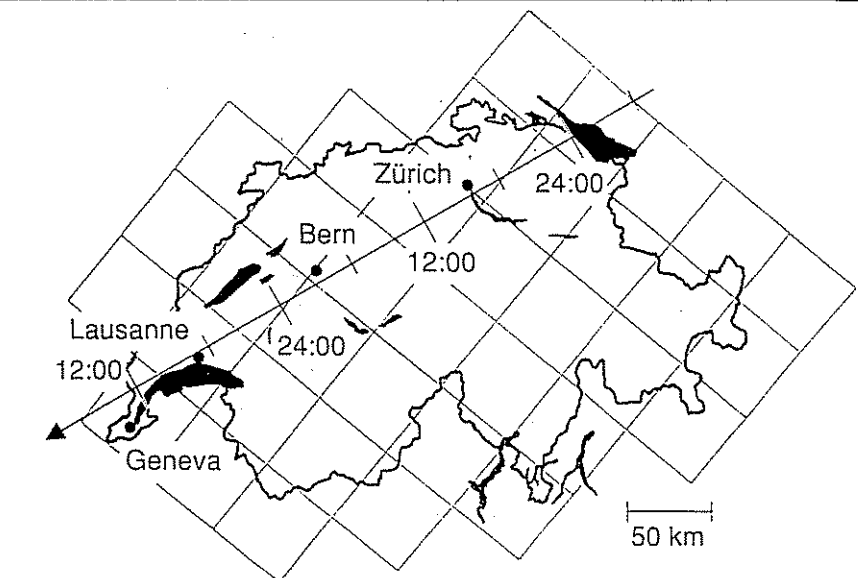


Fig. 2 Karte der Schweiz: Die Trajektorie des Luftpaketes startet um 18 Uhr des 25. Juni 1990 im Raum Bodensee und endet um 16 Uhr des 27. Juni 1990 im Raum Genf. Das Gitter des OECD Emissionskatasters ist eingezeichnet.

gen der Lufttemperatur, der Luftfeuchtigkeit und der Einstrahlung sind im Modell berücksichtigt.

Das Luftpaket ist vertikal in zwei Schichten aufgegliedert. Die horizontale Ausdehnung des Luftpaketes beträgt $50 \times 50 \text{ km}$. Die Durchmischung der Luft in den beiden Schichten findet im Moment, vollständig und homogen statt. Bei Sonnenaufgang setzt die turbulente Durchmischung der Luft in der unteren Schicht ein. Aus der nächtlichen, stabilen Inversionsschicht am Boden mit einer maximalen Schichthöhe von 300 m entsteht die Mischungsschicht.

Die darüberliegende Schicht mit einer Mächtigkeit von 1000 m ist ein Reservoir der Schadgase, die isoliert vom Boden über der nächtlichen Inversion verblieben. Im Verlaufe des Morgens lässt die Konvektion die Mischungsschicht bis auf eine maximale Schichtdicke von 1300 m am frühen Nachmittag ansteigen und gleichzeitig strömt die Luft aus der Reservoirschicht in die Mischungsschicht ein. Bei Sonnenuntergang fällt die Mischungsschicht auf 300 m zusammen und die darüberliegende Luft wird erneut in einer Reservoirschicht weg vom Boden isoliert. Die dünne stabil geschichtete Luft am Boden bleibt bis am folgenden Morgen bestehen und der beschriebene Prozess wiederholt sich an den folgenden Tagen. Die totale Höhe des Luftpaketes (1300 m) bleibt durchgehend bestehen.

Die Wahl der Anfangskonzentrationen der verschiedenen Komponenten ist sehr wichtig, weil dies die chemischen Vorgänge beeinflussen könnte. Sie wurden mit Hilfe einer Vorlaufrechnung über Süddeutschland abgeschätzt.

Emissionen

Für das Modell werden Emissionsraten für NO_x sowie für 68 verschiedene VOC benötigt. Basierend auf dem OECD-Gitter mit einer Auflösung von $50 \times 50 \text{ km}$ wurde von P. Filliger und R. Ballaman (BUWAL, private Mitteilung) ein Emissionsinventar für NO_x und VOC während einer Sommersmog-Situation im Jahre 1990 bereitgestellt. Für die Berechnung der Emissionsraten der einzelnen VOC wurden die Emissionen im Emissions-Inventar in Kategorien von 8 verschiedenen Quellen eingeteilt und zwar anhand der geschätzten totalen Emissionen jeder

Quellen	VOC	NO_x
Benzinmotoren (Verbrennung)	115.4	211.2
Benzinmotoren (Verdunstung)	62.93	
Dieselmotoren (Verbrennung)	38.2	118.3
Stationäre Verbrennung	57.6	113.6
Industrie	23.8	23.1
Lösungsmittel	493.3	
Gas (Verlust)	9.92	

Tab. 1 Emissionen in kt pro Tag über dem schweizerischen Mittelland während einer Sommersmog-Situation 1990.

Kategorie für die gesamte Schweiz (Filliger P., und R. Ballaman, BUWAL, private Mitteilung). Tabelle 1 zeigt die totalen Emissionen jeder Quelle für das Schweizer Mittelland. Die Emissionen jeder Kategorie wurden dann nach Derwent und Jenkin [6] massebezogen auf die einzelnen Komponenten aufgesplittet. Die NO_x und VOC-Emissionen über Süddeutschland, die für die Vorlaufrechnung benötigt wurden, entstammen dem Kataster der OECD (OECD-MAP) [7]. Die Emissionen werden in die bodennahe Modellschicht freigesetzt. Entsprechend der Art der Quelle wird ein spezifischer Tagesgang der Emissionen (Verkehr und Industrie) angenommen. Emissionen von CO sind stark korreliert mit NO_x -Emissionen [8]. In der vorliegenden Arbeit wurden die CO-Konzentrationen im festen Verhältnis aus den NO_x Konzentrationen berechnet. Die natürlichen Emissionen wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt, da diese nur sehr ungenau bekannt sind. Der Anteil der natürlichen Quellen beträgt ca. 10% der totalen VOC-Emissionen [7].

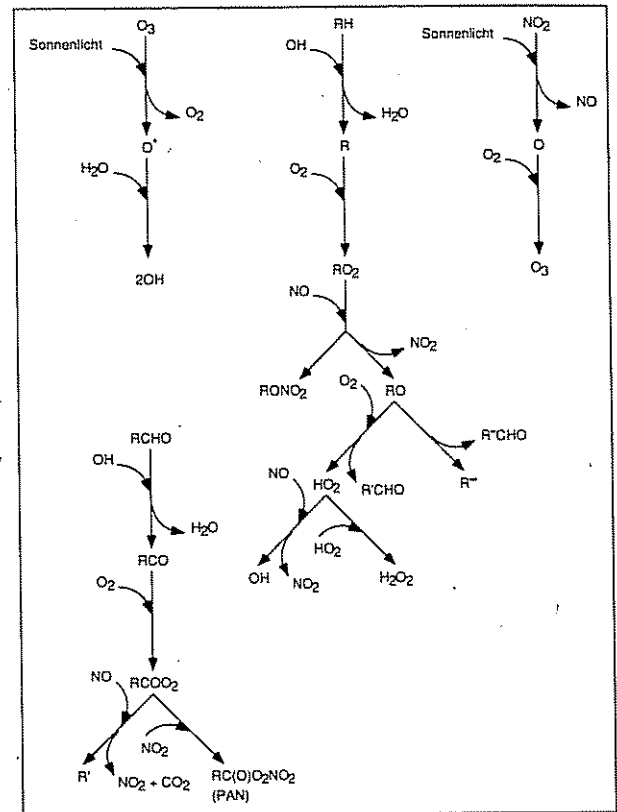
Der photochemische Mechanismus

Der photochemische Abbau der flüchtigen Kohlenwasserstoffe verläuft entweder über die Reaktion mit Hydroxylradikalen (OH) oder durch Photodissoziation. Hydroxylradikale werden bei der Reaktion von Wasserdampf in der Atmosphäre mit angeregten Sauerstoffatomen, die ein Produkt der Photolyse des Ozons sind, gebildet. In beiden Fällen wird eine Kettenreaktion eingeleitet, in welcher reaktive, radikalische Zwischenprodukte auftreten und Stickstoffmonoxid in Stickstoffdioxid umgewandelt wird. Die Photolyse von Stickstoffdioxid ist die einzige bekannte Quelle der Ozonbildung in der unteren Atmosphäre. Der chemische Reaktionsmechanismus der Oxidation von organischen Stoffen ist in Fig. 3 dargestellt. An mehreren Stellen im Reaktionsschema sind verschiedene Reaktionspfade möglich. Der Anteil der einzelnen Reaktionswege beeinflusst die Produktverteilung und damit die Ozonbildung. Durch die Oxidation des

Fig. 3
Schematische Darstellung der photochemischen Oxidation einer beliebigen flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindung (RH), der Bildung reaktiver Zwischenprodukte und der Oxidation von Stickstoffmonoxid (NO) zu Stickstoffdioxid (NO_2).

Hydroxyl-radikale (OH) werden regeneriert, sodass der Reaktionszyklus wiederholt werden kann. Weitere Produkte sind Wasser (H_2O), Kohlendioxid (CO_2), Aldehyde (RCHO), organische Nitrate (RONO_2), Peroxyacetylnitrate ($\text{RC(O)O}_2\text{NO}_2$) und Wasserstoffperoxid (H_2O_2).

Zwischenprodukte sind auch Sauerstoffatome (O), Alkyl- (RO), Alkylperoxy- (RO_2), Alkoxyradikale (RO), Wasserstoffperoxyradikale (HO_2), Acyl- (RCO) und Peroxyacylradikale (RCOO_2).



organischen Stoffes entstehen sekundäre Carbonyl-Verbindungen; deren Photooxidation führt zur Bildung von Peroxyacetylnitraten. Wasserstoffperoxid entsteht bei der Reaktion von zwei HO_2 -Radikalen. Dieser Prozess steht in Konkurrenz zur Reaktionen von HO_2 Radikalen mit NO.

Das Modell berücksichtigt 384 chemischen Substanzen, eingeschlossen der reaktiven radikalischen Zwischenprodukte, sowie 684 Reaktionen. Die Reaktionsgeschwindigkeiten sind einer Evaluation [9] von unter simulierten, atmosphärischen Bedingungen gemessenen Laboraten entnommen. Die Photodissoziationsgeschwindigkeiten sind eine Funktion des Zenitwinkels der Sonnenposition.

Die Senke von chemischen Substanzen in Wassertröpfchen ist nicht berücksichtigt, da sich die Simulation auf eine wolkenlose Situation bezieht. Hingegen wird die Trockendeposition an der Erdoberfläche durch eine mittlere tägliche Geschwindigkeitsangabe abgeschätzt.

Anwendungen und Einschränkungen der Modelle

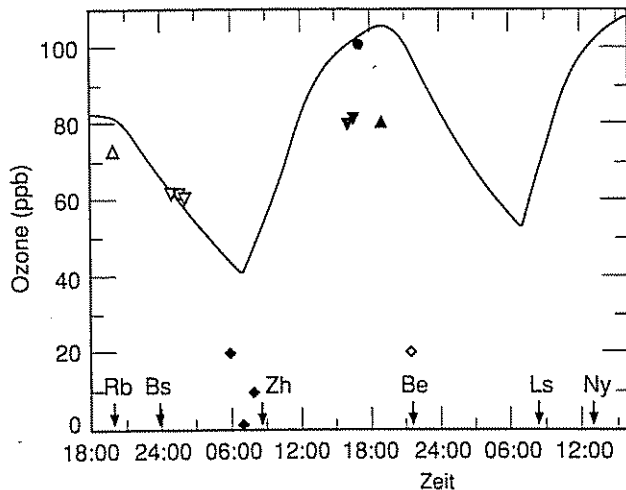
Eine Vielzahl atmosphärenphysikalischer und chemischer Prozesse beeinflusst die Bildung des Sommersmogs.

Diese Prozesse sind miteinander vernetzt und können in ihrer Gesamtheit, auch bedingt durch die limitierte Leistung von Computern, numerisch-mathematisch heute nicht modelliert werden. Die Modelle enthalten deshalb Vereinfachungen. Sie benötigen viele wichtige Eingabedaten über die meteorologischen Bedingungen und den Emissionen im Untersuchungsgebiet. Unsicherheiten in den Anfangs- und Randbedingungen und die Vereinfachungen und Annahmen im Modell können zu grossen Ungenauigkeiten der Resultate führen. Trotz dieser Einschränkungen können die Modelle hilfreiche Mittel zur Interpretation von Feldmessungen sein oder auch zur qualitativen Vorhersage der Konzentrationen von Photooxidantien als Folge von verschiedenen VOC und NO_x Emissionsszenarien beitragen. Die mathematische Formulierung des Transports von chemischen Substanzen in dieser Modellstudie ist ein einfaches physikalisches Modell der planetaren Grenzschicht für ganz spezifische Bedingungen. Die Abweichungen von aktuellen Bedingungen können vor allem bei Sonnenaufgang und -untergang gross sein, wenn die nächtliche Bodenschicht aufbricht bzw. sich wieder bildet.

Fig. 4
Ozonkonzentrationen aus Modellrechnungen und Messungen (POLLUMET) entlang der Trajektorie des Luftpakets.

Messstandorte:

- △ Friedrichshafen, [D. Ahrens, Baden-Württemberg, D, private communication],
- ▽ Bichelsee, [B. Buchmann, EMPA Dübendorf, private communication],
- ◆ Dübendorf [11],
- ▼ Langenthal [12],
- Günsberg, [R. Stampfli, Solothurn, private communication],
- ▲ Grenchen [R. Stampfli, Solothurn, private communication] und
- ◇ Bern [12].



1 ppb Ozon entspricht $1.96 \mu\text{g m}^{-3}$ bei 25°C und 1 Atmosphäre Druck.
Kürzel: Rb, Ravensburg; Bs, Bodensee; Zh, Zürich; Be, Bern; Ls, Lausanne; Ny, Nyon.

Die Modellresultate sind mittlere Konzentrationen an Schadgasen in der Mischungsschicht, welche als vollständig durchmischt angenommen wird. Die Luftqualität in Städten und ihrer unmittelbarer Umgebung und um Punktquellen können im Modell nicht berechnet werden, da dort signifikante horizontale und vertikale Konzentrationsgradienten auftreten können. Über homogenen Agglomerationen und ländlichen Regionen scheint die Annahme homogener Durchmischung der schadstoff-belasteten Luft gerechtfertigt. Obwohl die natürlichen Emissionen nur einen sehr kleinen

Anteil zu den gesamten VOC-Emissionen beitragen, kann ihre Vernachlässigung wegen des Vorhandenseins sehr reaktiver Kohlenwasserstoffe wie Isopren zu ungenauen Resultaten führen.

Es ist nicht möglich, den vollständigen chemischen Reaktionsmechanismus im Modell einzubauen. Viele der wichtigsten Reaktionsgeschwindigkeiten wurden gemessen. Für eine grosse Zahl von Reaktionen sind aber keine experimentellen Daten vorhanden. Die Fehlergrenzen der gemessenen Reaktionskonstanten liegen zudem mindestens bei 20-30%. Desweiteren wurden die kinetischen Daten

unter simulierten, atmosphärischen Bedingungen in Laborexperimenten erhoben. Wegen analytischen Einschränkungen werden in diesen Experimenten Konzentrationen der Vorläuferstoffe verwendet, welche im Vergleich zu Konzentrationen in der Aussenluft bis zu tausendfach grösser sein können. Systematische Fehler können daher nicht ausgeschlossen werden. Die realen Geschwindigkeiten der Trockendeposition haben einen deutlichen Tagesgang mit tagsüber maximalen Werten. Die für das Modell notwendige Mittelung über 24 Stunden bewirkt, dass die nächtliche trockene Deposition zu hoch und diejenige tagsüber zu niedrig ausfällt. Die Trockendepositionsgeschwindigkeiten wurden auch über den Weg des Luftpaketes gemittelt, zudem läuft die Trockendeposition an verschiedenen Oberflächen unterschiedlich schnell ab [10], was im Modell ebenfalls nicht berücksichtigt ist. Alle diese Modellannahmen schränken die Verwendbarkeit des Modells ein. Die Modelle sind vor allem geeignet, um relative Veränderungen der Photooxidantienkonzentrationen bei veränderten hypothetischen Emissionsraten vorherzusagen. Die Bedeutung der Modellresultate in dieser Studie sind qualitativer Art und bleiben auf Modelltrajektorien während Sommersmogepisoden beschränkt.

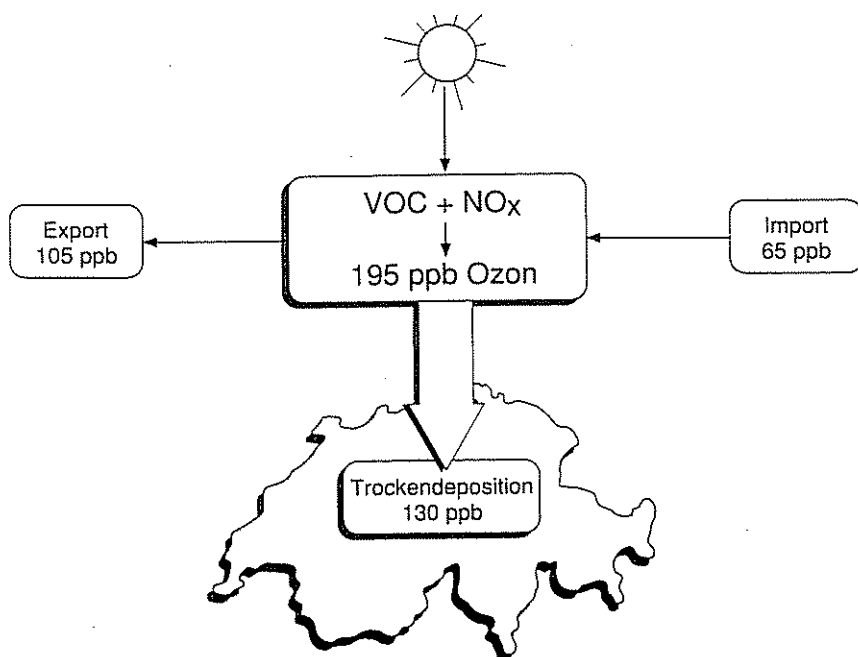


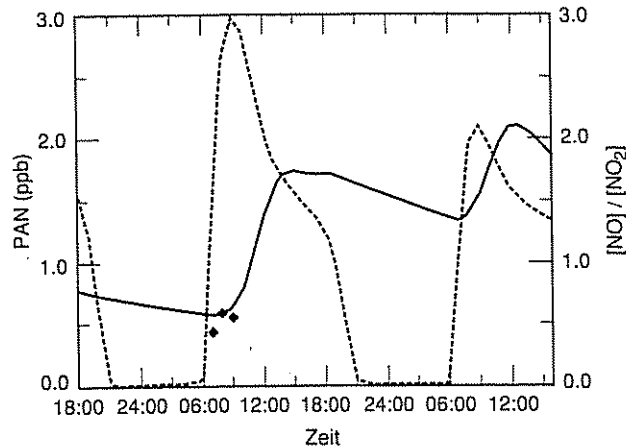
Fig. 5
Berechnete Ozonbilanz für das schweizerische Mittelland mit den Anteilen aus Immission, Produktion, Deposition und Export. Das im Modell berechnete Ozonbudget ist über der Schweiz innerhalb der Fehlergrenzen, mindestens $\pm 10\%$ ausgeglichen.

Ergebnisse der Modellrechnungen

Ozon

Die Ozonbildung entlang der Modelltrajektorie über dem schweizerischen Mittelland ist in Fig. 4 beschrieben. Die errechnete Ozonkonzentration im Luftpaket um Mitternacht zu Beginn der Modellrechnung wenn das Luftpaket die Schweiz erreicht, beträgt ca. 65 ppb (parts per billion bezogen auf das Volumen). Sie nimmt im Verlauf der Nacht aufgrund der Reaktionen von Ozon mit Stickoxiden und Olefinen und der Trockendeposition bis unmittelbar vor Sonnenaufgang des nächsten Morgen auf 40 ppb ab. In den Morgenstunden nimmt die Höhe der Mischungsschicht sowie die Ozonkonzentration in ihr zu. Das über der nächtlichen Inversionsgrenze verblie-

Fig. 6
 — Berechneter PAN-Konzentrationsverlauf und
 --- NO/NO₂ Verhältnis
 Messung der PAN-Konzentration bei Dübendorf (◆) aus der POLLUMET Messkampagne IOP'90 ist ebenfalls eingezeichnet [11].
 1 ppb PAN entspricht 5.0 µg m⁻³ bei 25°C und 1 Atmosphäre Druck.



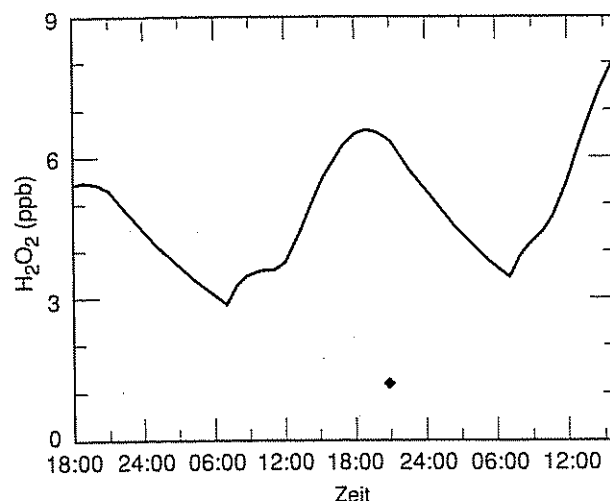
bene Ozon wird bei der morgendlichen Expansion der unteren Schicht in diese hineingemischt. Zusätzlich initiiert die Sonnenstrahlung photochemische Reaktionen welche zur Ozonbildung führen. Der Tageshöchstwert des Ozons von 106 ppb wird abends um 1900 Uhr in der Umgebung von Burgdorf (BE) erreicht. Die Ozonkonzentration nimmt ab, wenn die Sonnenstrahlung abnimmt und die nächtliche Bodenschicht wieder aufgebaut wird.

Die Modellrechnungen ergeben eine *Nettoproduktion* von Ozon entlang der Modelltrajektorie über dem schweizerischen Mittelland (Fig. 5). Nachdem der grösste Teil des photochemisch gebildeten Ozons entlang der Trajektorie trocken deponiert worden ist, enthält das exportierte Luftpaket im Vergleich zum importierten eine um ca. 60% erhöhte Ozonkonzentration.

Der Vergleich der Ozonkonzentrationen im Modell mit den Messergebnissen aus der intensiven Beobachtungsphase 1990 in POLLUMET und des NABEL Messnetzes zeigen eine

gute Übereinstimmung. Gegenüber den Modellberechnungen sind die Messwerte in der Nähe von Städten etwas kleiner, wahrscheinlich wegen der Reaktionen von Ozon mit NO. Die berechneten Ozonkonzentrationen sind Mittelwerte über die gesamte Mischungsschicht. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen sind die Bodenmessungen der Ozonkonzentration stark von den benachbarten NO-Quellen am Boden beeinflusst; wie dies am Beispiel von Bern und Dübendorf deutlich wird. Der Verlauf der Ozonkonzentration bei Bern ist zusätzlich durch aufkommende Bewölkung beeinflusst, welche im Modell nicht berücksichtigt wird. Wegen Wetteränderung im weiteren Verlauf der Trajektorie sind Vergleiche von Modellresultaten mit Messungen nicht mehr möglich. Die Übereinstimmung zwischen den Mess- und Modellergebnissen lässt nicht auf die Richtigkeit des Modells schliessen. Sie zeigt aber, dass das Modell unter bestimmten Bedingungen atmosphärische Bedingungen zu simulieren vermag.

Fig. 7
 Berechneter H₂O₂-Konzentrationsverlauf entlang der Trajektorie des Luftpaketes. Die H₂O₂-Konzentrationsmessungen bei Schüpbühl (◆) ist ebenfalls eingezeichnet [14].
 Das Maximum des Tagesmittels für H₂O₂ an der Rigi wurde um ca. 15 Uhr beobachtet und betrug ca. 2.5 ppb.
 1 ppb H₂O₂ entspricht 1.4 µg m⁻³ bei 25°C und 1 Atmosphäre Druck.



Peroxyacetylnitrat (PAN)

Die PAN-Konzentrationen entlang der Modelltrajektorie zeigen einen deutlichen Tagesverlauf (Fig. 6). Am Nachmittag treten die höchsten Tageswerte auf. Gegen den Abend hin und nachts nimmt die PAN-Konzentration langsam ab, bis das Minimum kurz vor Sonnenaufgang erreicht ist. Das absolute Maximum wird am Nachmittag des zweiten Tages erreicht. Wenn die Strahlungsintensität des Sonnenlichts am grössten ist, erreichen die Konzentrationen der Peroxyacetylradikale ihr Maximum. Die Reaktion von Peroxyacetylradikalen mit NO₂ führt zur Bildung von PAN und konkurrenziert die Reaktion von Peroxyacetylradikalen mit NO, in welcher NO₂, CO₂ und ein Alkylradikal gebildet werden (Fig. 3). Die Bildung von PAN hängt demnach nicht nur von der Konzentration der Peroxyacetylradikale sondern auch vom Konzentrationsverhältnis von NO:NO₂ ab. Das im Modell berechnete NO:NO₂ Konzentrationsverhältnis ist deshalb in Fig. 6 festgehalten. In der Region Zürich nahm das Luftpaket die morgendlichen NO-Emissionsspitzen auf. Dies bewirkt möglicherweise die Verschiebung der Tageshöchstwerte des PANs auf den Nachmittag am 16. Juli.

Der Vergleich mit Messergebnissen der PAN-Konzentrationen entlang der Trajektorie im Rahmen von POLLUMET [11] zeigt gute Übereinstimmungen mit den Messergebnissen in Dübendorf. Die PAN-Messungen auf der Lägern und bei Dübendorf während den Monaten Juli, August und September in den Jahren 1987/88 [13] wiesen Monatsmittelwerte zwischen 0.28-0.45 ppb und maximale Werte zwischen 1.43-4.40 ppb auf. Die Modellergebnisse sind mit diesen Beobachtungen konsistent.

Wasserstoffperoxid (H₂O₂)

Fig. 7 zeigt die Bildung von H₂O₂. Das breite Konzentrationsmaximum taucht am späten Nachmittag auf und dauert bis in die frühen Abendstunden an. Die Wasserstoffperoxidkonzentrationen am 27. Juli sind grösser als am 26. Juli, weil die morgendliche NO_x-Emissionsspitze im Raum Zürich wahrscheinlich die Bildung der Höchstkonzentrationen unterdrückt

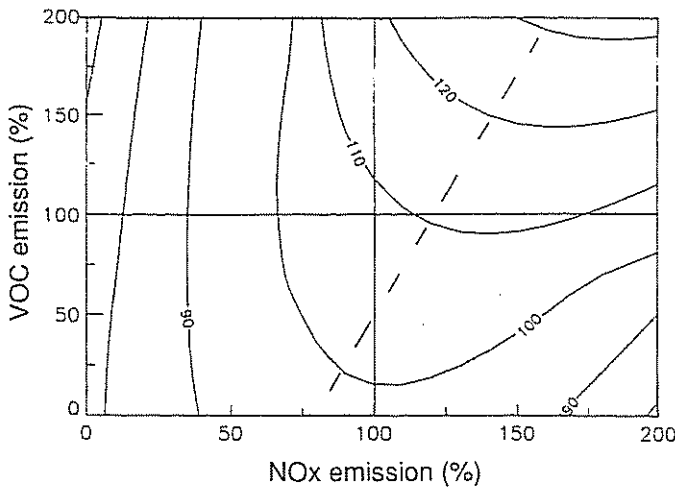


Fig. 8. Isoplethendarstellung der Tagesspitzen der Ozonkonzentration (ppb) in Abhängigkeit der VOC- und NO_x-Emissionen um 19 Uhr des 26. Juni 1990.

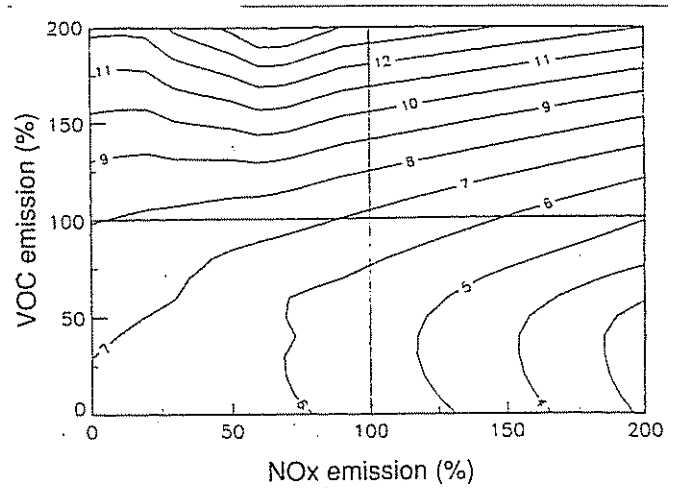


Fig. 10 Isoplethendarstellung der Tagesspitzen für die H₂O₂-Konzentration in Abhängigkeit der VOC- und NO_x-Emissionen um 19 Uhr des 26. Juni 1990.

und verzögert hat. Die Wasserstoffperoxidbildung nimmt mit abnehmender Sonnenstrahlung ab.

Die Wasserstoffperoxidkonzentrationen im Modell haben denselben Tagesgang aber sind höher als die im Rahmen von POLLUMET bei Schüpb-berg nordwestlich von Bern gemessenen bodennahen Konzentrationen [14]. Die gemessenen Konzentrations-spitzen am späten Nachmittag liegen bei 1-2 ppb. Nachts fällt die Konzentration gegen Null. Vertikale Wasserstoffperoxidmessungen in der Mischungsschicht zeigen eine Konzentrationszunahme mit zunehmender Höhe [15]. Die bodennah gemessenen Wasserstoffperoxidkonzentrationen sind wie die gemessenen Ozonkonzentrationen starker von lokalen bodennahen NO-Quellen und Trockendeposition

beeinflusst als die berechneten Modellkonzentrationen.

Hypothetische Emissionsreduktions-Szenarien

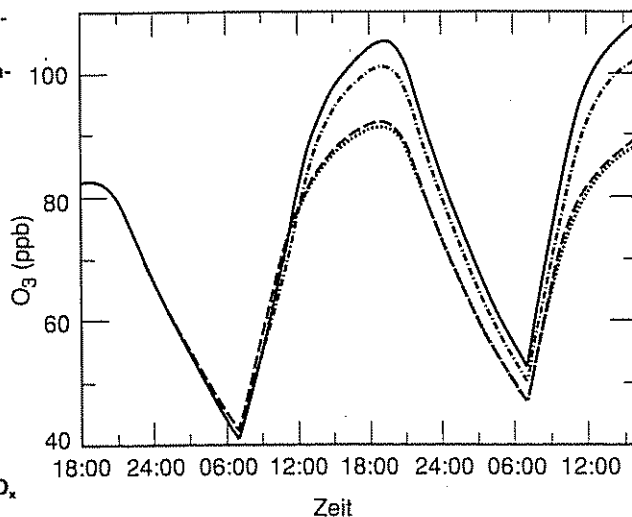
Die Bildung von Ozon und Wasserstoffperoxid hängt von den absoluten Emissionen von VOC und NO_x und dem Verhältnis VOC:NO_x ab. Die Bildung von PAN hängt zusätzlich von NO₂:NO Verhältnis ab. Zusammenhänge lassen sich anhand von Isoplethen-Diagrammen illustrieren. Die Interpretation solcher Diagramme kann für die Beurteilung der Emissionsreduktionsmassnahmen über dem schweizerischen Mittelland herangezogen werden. In den Reduktionsszenarien werden die totalen VOC-Emissionen reduziert. Nicht berücksichtigt werden

datei die unter Umständen verschiedenen Bildungspotentiale für Photooxidantien der einzelnen organischen Stoffe und zudem wird das NO_x:CO Verhältnis konstant gehalten. Wären die Isoplethen in drei Dimensionen dargestellt, so würde entlang der diagonalen Geraden in der Figur ein Kamm beobachtet.

Die Isoplethendarstellung der Ozon-Tageshöchstwerte (Fig. 8) über dem schweizerischen Mittelland weist einen Kamm entlang der eingezeichneten diagonalen Geraden auf. Bei gleichzeitiger Verringerung der NO_x- und VOC-Emissionen entlang dieser Geraden nimmt die Ozonkonzentration ab. Oberhalb der Geraden—d.h. mit grösser werdender Verhältniszahl VOC:NO_x— wie es in diese Studie der Fall ist, verringern die VOC-Emissionsreduktionen geringfügig die Tagesspitzen der Ozonkonzentration. Die Emissionsreduktion an NO_x hingegen bewirkt im Modell eine deutliche Reduktion der Ozon-Tageshöchstwerte. Liegt das Verhältnis von VOC:NO_x der Emissionen unter der eingezeichneten Geraden, so nehmen die Ozon-Tageshöchstwerte bei verminderten VOC-Emissionen und erhöhten NO_x-Emissionen ab. In Fig. 9 sind die berechneten Auswirkungen verschiedener Emissionsreduktionsmassnahmen auf die Ozonkonzentration entlang der Modelltrajektorie dargestellt.

Wie bereits oben erwähnt, ist die Bildung von PAN unterdrückt, falls die Verhältniszahl der NO/NO₂-Konzentrationen zunimmt. Wegen der zykli-

Fig. 9 Hypothetische Emissionsreduktionsmassnahmen bei den flüchtigen Kohlenwasserstoffen (VOC) und den Stickoxiden (NO_x) und die Auswirkungen auf den Konzentrationsverlauf für Ozon entlang der Trajektorie über dem schweizerischen Mittelland.
 — 100% VOC und 100% NO_x Emissionen
 --- 50% VOC und 100% NO_x Emissionen
 - - - 100% VOC und 50% NO_x Emissionen
 ... 50% VOC und 50% NO_x Emissionen



schen Natur der atmosphärischen Reaktionsmechanismen (Fig. 3), ist es nicht ratsam, die PAN-Bildung durch Verändern des NO/NO₂-Verhältnisses zu steuern. Die PAN-Konzentrationen nehmen im Modell zudem mit verminderten VOC- und NO_x-Emissionen ab.

Das Auftreten der Spitzen der Wasserstoffperoxidkonzentrationen ist mit hohen VOC- und niedrigen NO_x-Emissionen verknüpft (Fig. 10). Dies ist bedingt durch die Tatsache, dass höhere VOC-Emissionen die HO₂-Bildung erhöhen und weil die Reaktion von zwei HO₂-Radikalen, welche zur Bildung von H₂O₂ führt, mit der Reaktion von HO₂ mit NO konkurriert (siehe Fig. 3). Die Modellergebnisse zeigen, dass die Wasserstoffperoxidreduktion am effektivsten über eine Emissionsreduktion bei VOC erreicht wird.

Die Emissionsreduktionsmassnahmen haben in den Modellrechnungen nur geringe Auswirkungen auf die Photooxidantienkonzentrationen. Eine Halbierung der VOC- und NO_x-Emissionen zum Beispiel bewirkt, dass der Ozon-Tageshöchstwert lediglich 13% tiefer liegt und die Tagesspitze der Wasserstoffperoxidkonzentration nahezu unverändert bleibt. Falls über dem schweizerischen Mittelland keine VOC- und NO_x-Emissionen entstünden, fiel die Ozonkonzentration nicht unter 70-80 ppb. *Die Modellergebnisse zeigen deutlich auf, dass die Reduktion der Emission von Vorläufersubstanzen der Photooxidantienbildung europaweit abgestimmt sein müssen.*

Die Aussagen in dieser Modellstudie gelten nur für Sommersmogepisoden über dem schweizerischen Mittelland. Bei anderen Wetterlagen können die Luftmassen andere Zusammensetzungen an flüchtigen Schadstoffen einführen. Bei Föhnlagen zum Beispiel könnten Schadstoffe aus Norditalien zum schweizerischen Mittelland transportiert werden.

Schlussfolgerungen

Die Modellresultate der Photooxidantienkonzentrationen stimmen zufriedenstellend mit den Messungen während der POLLUMET Intensivmesskampagne 1990 überein. Das Modell kann den Tagesverlauf bei den Pho-

tooxidantienkonzentration relativ genau nachzeichnen, währenddem die jeweiligen Konzentrationen im Modell und im Experiment weniger genau übereinstimmen. Die Rechnungen der hypothetischen Emissionsszenarien zeigen deutlich, dass die Reduktion der Ozon-, PAN- und Wasserstoffperoxidspitzen nur durch koordinierte Emissionsreduktionsmassnahmen bei den VOC und NO_x in ganz Europa gelingen kann.

Es ist festzuhalten, dass die obenerwähnten Resultate und Schlussfolgerungen lediglich für Smog-Episoden bei sommerlichen Hoch- und Flachdrucklagen mit schwachen Nordostwinden (Bise) über dem schweizerischen Mittelland gelten.

Im Modell nimmt die Ozonkonzentration mit verminderten NO_x-Emissionen ab und die Konzentration des Wasserstoffperoxids zu. Zur Verbesserung der Luftqualität im Sommer müssen deshalb sowohl die NO_x als auch die VOC-Emissionen reduziert werden.

Die Modellvorhersagen gelten nur für ländliche Gebiete. Der Einfluss von Emissionsreduktionen auf die Konzentration von Photooxidantien kann mit diesem Modell für städtische Gebiete nicht vorhergesagt werden, da dort der Gehalt an Vorläufersubstanzen in der Luft signifikant verschieden sein könnte. Wenn die wirkungsvollste Massnahme zur Bekämpfung des Sommersmogs gesucht wird, muss die Bildung aller photochemischen Schadstoffe im Auge behalten werden, da die Reduktion einer Komponente unter Umständen mit der Erhöhung einer zweiten Komponente einhergeht.

Dank

Danken möchten wir P. Filliger, R. Ballmann, D. Ahrens, B. Buchmann, and R. Stampfli für die Daten, J. Dommen und J. Hoigné für hilfreiche Gespräche und J. Beer für das kritische Durchlesen dieses Papiers.

Dieses Projekt wurde teilweise vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft unterstützt (FE/BUWAL/310.90.82).

- 1 BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), Ozon in der Schweiz, Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 101, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 1989.
- 2 Sakugawa, H., I. R. Kaplan, W. Tsai, and Y. Cohen, Atmospheric hydrogen peroxide, *Environ. Sci. Technol.*, 1452-1462, 1990.
- 3 BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), Luftbelastung 1989, Messresultate des nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL), Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 122, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 1990.
- 4 Rosselet C. M., and J. A. Kerr, Photochemical modelling of photo-oxidant levels over the Swiss Plateau and emission reduction scenarios, PSI Report No. 93-03, Paul Scherrer Institute, CH-5232 Villigen.
- 5 Hough A. M., and R. G. Derwent, Computer-modelling studies of the distribution of photochemical ozone production between different hydrocarbons, *Atmos. Environ.*, 21, 2015-2033, 1987.
- 6 Derwent R. G., and M. E. Jenkin, Hydrocarbon involvement in photochemical ozone formation in Europe, AERE-Report R-13736, H. M. Stationary Office, London, 1990.
- 7 Lübkert B., and S. de Tilly, The OECD-MAP inventory for SO₂, NO_x and VOC in western Europe, *Atmos. Environ.*, 23, 3-15, 1989.
- 8 Buhr M. P., M. Trainer, D. D. Parrish, R. E. Sievers, and F. C. Fehsenfeld, Assessment of pollutant emission inventories by principal component analysis of ambient air measurements, *Geophys. Res. Lett.*, 19, 1009-1012, 1992.
- 9 Atkinson R., D. L. Baulch, R. A. Cox, R. F. Hampson Jr., J. A. Kerr, and J. Troe, Evaluated kinetic and photochemical data for atmospheric chemistry. Supplement IV, *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 21, 1125-1568, 1992.
- 10 Davidson C. I., and Y.-L. Wu, Dry deposition of particles and vapors. in *Acidic Deposition, volume 3: Sources, Deposition, and Canopy Interactions*, edited by S. E. Lindberg, A. L. Page, and S. A. Norton, pp 103-216, Springer Verlag, New York, 1990.
- 11 Buchmann, B., and P. Filliger, Das nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL), presented at 1. Pollumet-Kolloquium, Zürich, 19 April 1991.
- 12 Neu, U., H. Wanner, T. Künzle, T. Brunner, B. Steisslinger, G. Baumbach, K. Baumann, A. Nefel, B. Lehmann, M. Lehmann, A. Sigg, H. Mathys, and G. Nejedly, Berner Querschnitt: zur Meteorologie und Luftchemie der IOP 90, presented at 1. Pollumet-Kolloquium, Zürich, 19 April 1991.
- 13 Wunderli S., and R. Gehrig, Influence of temperature on formation and stability of surface PAN and ozone. A two year field study in Switzerland, *Atmos. Environ.*, 25A, 1599-1608, 1991.
- 14 Sigg A., A. Nefel, B. Lehmann, and M. Lehmann, Peroxide als Tracer für Luftchemie und Transportvorgänge, presented at 1. Pollumet-Kolloquium, Zürich, 19 April 1991.
- 15 Sigg A., A. Nefel, B. Lehmann, W. Graber, W. Portmann, H. J. Fröhlin, and B. Neisinger, Gasballon-Fahrten, presented at 1. Pollumet-Kolloquium, Zürich, 19 April 1991.

Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung

– am Beispiel Gewässer und anthropogene Sedimente

Ausgangslage

In den industrialisierten Ländern setzt man sich etwa seit Mitte des letzten Jahrhunderts zunehmend mit Umweltproblemen auseinander. Dabei standen lange Zeit spezifische, räumlich begrenzte Probleme wie die Siedlungshygiene, Gewässerverschmutzung oder lokale Belastungen der Luft im Vordergrund. Es wurden technische Abhilfemassnahmen entwickelt, die teilweise sehr erfolgreich waren. Durch die unerhörte Dynamik der wirtschaftlichen und technischen Entwicklung ergaben sich aber andauernd neue und unvorhergesehene Umweltbelastungen.

In jüngster Zeit traten die sphärenübergreifenden und räumlich-zeitlich oft weitreichenden Dimensionen der Umweltprobleme immer deutlicher zutage. Man hat erkannt, dass die Entwicklung der vergangenen Jahrzehnte weitgehend auf Kosten der natürlichen Ressourcen geschehen ist. Verschiedene Regionen der Welt leiden schon heute unter katastrophalen Umweltverhältnissen und Hunger. Darüber hinaus ist die Menschheit von den Konsequenzen globaler Umweltveränderungen bedroht. Die Bevölkerungsexplosion und ihre wirtschaftlichen Auswirkungen werden den Druck auf die Umwelt noch gewaltig erhöhen. Es muss in weiteren Regionen und global mit katastrophalen Einbrüchen gerechnet werden, wenn es nicht gelingt, die Entwicklung in andere Bahnen zu lenken.

Die Erkenntnis, dass umfassende Strategien des Umweltschutzes und langfristig tragfähige (nachhaltige) Entwicklungen absolut unumgänglich sind, scheint heute allgemein anerkannt. Trotzdem sind im Umweltschutz noch immer sektorielle, auf Einzelbedrohungen ausgerichtete An-

sätze vorherrschend. Insbesondere mangelt es an konkreten Vorstellungen bezüglich des Wesens einer nachhaltigen Entwicklung und damit über die Wege, die zu beschreiten sind, um die Grundbedürfnisse der Menschen und der anderen Lebewesen kurz- und langfristig erfüllen zu können. Es ist offensichtlich, dass neuartige Ansätze nötig sind, um allen wesentlichen Belangen der natürlichen Umwelt, der Ressourcen und der Gesellschaft in ihren gegenseitigen Verknüpfungen Rechnung zu tragen.

Für den Ansatz der Nachhaltigkeit wurden schon verschiedene Prinzipien postuliert, so zum Beispiel aus dem Blickwinkel der Ressourcennutzung und der Umweltbelastung (Herman Daly):

- Die Nutzungsrate sich erneuernder Ressourcen darf deren Regenerationsrate nicht überschreiten.
- Die Nutzungsrate sich erschöpfender Rohstoffe darf die Rate des Aufbaus sich regenerierender Rohstoffquellen nicht übersteigen.
- Die Rate der Schadstoffemissionen darf die Kapazität der Umwelt zur Schadstoffadsorption nicht übersteigen.

Motivation und Zielsetzung

Das Postulat und die Prinzipien der Nachhaltigkeit gelten global, aber auch national und regional. Den Regionen kommt eine besondere Bedeutung zu: Hier leben und orientieren sich die Menschen, hier findet ihre unmittelbare und aktive Auseinandersetzung mit der Umwelt statt. Konkrete Ansätze für eine nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung lassen sich deshalb eher im Rahmen von Regionen als global entwickeln. Ist Nachhaltigkeit in einer Region nicht gegeben, dann wirkt sich das auch auf andere Regio-

EAWAG-Forschungsschwerpunkt 1993-1997

Mit dem neuen Forschungsschwerpunkt will die EAWAG Beiträge zur Lösung dringlicher Umweltprobleme und zur Konkretisierung des Konzeptes einer nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung leisten.

Die vorgesehenen Arbeiten sind im Tätigkeitsbereich der EAWAG angesiedelt, beanspruchen aber auch weit darüber hinausgehende fachliche Kompetenzen. Eine starke Beteiligung externer Partner aus Forschungsstellen, Ämtern und der Privatwirtschaft wird deshalb angestrebt. Diese Zusammenarbeit erscheint uns unumgänglich, um neue, tragfähige Ansätze für den Schutz und die Nutzung von Umweltressourcen entwickeln zu können.

Angesichts der Komplexität des Vorhabens ist die hier aufgeführte Umschreibung lediglich als ein „Abstecken des Rahmens“ zu verstehen. Konkretisierungen und Klärungen haben im nun anlaufenden Prozess zu erfolgen: Die Untersuchungen sollen in intensiver Wechselwirkung zwischen Projektleitung und Projektbearbeiterinnen konzipiert, durchgeführt und gegenseitig vernetzt werden. Diese Idee eines Prozesses ist für die Abwicklung des Vorhabens zentral.

Ueli Bundi

nen aus; bewegen sich viele Regionen jenseits der Nachhaltigkeit, dann hat dies Konsequenzen im nationalen, internationalen, globalen Gefüge.

Mit Nachhaltiger Entwicklung ist eine Problematik höchster Komplexität, eine Grundfrage der Zivilisation, angesprochen. Sie mit handhabbaren Inhalten zu füllen, stellt heute für Gesellschaft und Wissenschaft eine zentrale Herausforderung dar. Die EAWAG möchte mit ihrem Forschungs-

¹ Die Umschreibung des Forschungsschwerpunktes wurde erarbeitet von: Ueli Bundi (Federführung), Peter Baccini, Markus Boller, Roland Schertenleib, Wolfgang Schilling, René Schwarzenbach und Alexander Zehnder

schwerpunkt dazu einen Beitrag leisten. Dabei geht sie von ihrem Kompetenzbereich aus, der durch Zusammenarbeit mit anderen Institutionen und Gruppen erweitert werden soll. Die Untersuchungen konzentrieren sich auf fassbare territoriale Einheiten, nämlich Regionen lokaler Dimension (Dutzende bis Hunderte von Quadratkilometern). Den Dimensionen der Nachhaltigkeit entsprechend werden in den Untersuchungen natur-, ingenieur-, sozial- und geisteswissenschaftliche Belange bearbeitet.

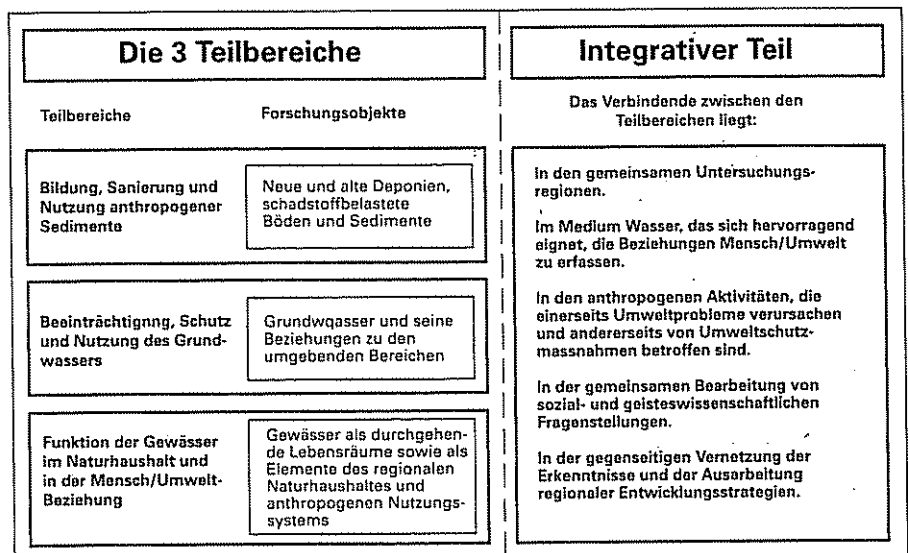
EAWAG-Forschungsschwerpunkt: Aus dem breiten Spektrum von Faktoren, die für die Nachhaltige Entwicklung einer Region massgebend sind, sollen spezifisch die Umweltprobleme und Bewirtschaftungskonzepte bezüglich der Abfalldeponien, schadstoffbelasteten Böden und Sedimente, des Grundwassers und der Gewässersysteme untersucht werden. Die allgemeinen Ziele dieser Untersuchungen sind:

- Entwicklung direkt anwendbarer Massnahmen und generalisierbarer Ansätze zur Lösung und Vermeidung von Umweltproblemen sowie zur nachhaltigen regionalen Ressourcenbewirtschaftung.
- Gewinnung von Ansätzen und Impulsen für insgesamt nachhaltige Regionalentwicklungen.

Inhalt und Gliederung der Untersuchungen

Als *Forschungsobjekt* dient eine schweizerische Region. Mit Trägern analoger Untersuchungen im In- und Ausland soll ein intensiver wissenschaftlicher Austausch gepflegt werden. An die Untersuchungsregion werden die folgenden Anforderungen gestellt:

- Vorkommen von naturnahen und intensiv genutzten Subregionen
- Vorkommen von typischen Altlast- und Grundwasserproblemen sowie Auftreten von gewässerbezogenen Nutzungskonflikten
- Geringe Beeinflussung durch Nachbarregionen
- Vorhandensein guter Datengrundlagen über die anthropogenen Aktivitäten und natürlichen Ressourcen sowie über deren historische Entwicklung



Tab.1

Gliederung des Forschungsschwerpunktes «Nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung – am Beispiel Gewässer und anthropogene Sedimente» in drei Teilbereiche und einen Integrativen Teil.

- Interesse der regionalen Behörden und der kantonalen Stellen
- Möglichkeit der Beteiligung von Amtsstellen und von regional wichtigen Unternehmen

Weitere Regionen sollen soweit mit einbezogen werden, als dies zur Klärung der allgemeinen Anwendbarkeit der Untersuchungsergebnisse erforderlich ist.

Die Untersuchungen werden in *drei Teilbereiche* und einen *Integrativen Teil* gemäss Tabelle 1 gegliedert.

Integrativer Teil

Im «Integrativen Teil» wird die Gesamtprojekt-Leitung und -Koordination wahrgenommen. In sachlicher Hinsicht werden die allgemeinen konzeptionellen Grundlagen erarbeitet, die Erhebungen zur gesamthaften Erfassung der Untersuchungsregion durchgeführt sowie die Erkenntnisse und Ansätze aus den Teilbereichen mit Blick auf gesamtheitliche Strategien der nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung und Regionalentwicklung vernetzt. Dabei handelt es sich insbesondere um die folgenden Untersuchungen und Vernetzungen:

- Herleitung gemeinsamer Prinzipien für die nachhaltige Ressourcennutzung
- Analyse historischer und aktueller Beispiele von nicht-nachhaltigen Ressourcennutzungen und Regionalentwicklungen

- Systemanalyse der Untersuchungsregion — Beschreibung und Quantifizierung der Entwicklung der anthropogenen Aktivitäten, der natürlichen Ressourcen und ihrer Nutzung sowie der Wasser- und Stoffkreisläufe
- Gesamthafte Darlegung der regionalen Wechselwirkungen zwischen den menschlichen Aktivitäten und Bedürfnissen, dem Zustand der natürlichen Ressourcen sowie den Wasser- und Stoffkreisläufen
- Vernetzung der Erkenntnisse aus den Teilbereichen zu einem gesamtheitlichen Verständnis der nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung
- Erarbeitung gesamtheitlicher regionaler Entwicklungsoptionen und -strategien

Teilbereich «Bildung, Sanierung und Nutzung anthropogener Sedimente»

Motivation und Ziele

In sämtlichen Industriegesellschaften sind in den letzten Jahrzehnten Abfall-Deponien und verunreinigte Böden entstanden, die durch ihr stoffliches Emissionspotential eine akute oder latente Gefahr für die lokale und regionale Biosphäre und die Ressource Wasser darstellen. Grobe erste Abschätzungen führen zum Schluss, dass in den neunziger Jahren je nach Region zwischen 1000 bis 10000 sFr./Kopf für die Sanierung von Altlasten

aufgewendet werden müssen. Gegenwärtig wird zur Lösung dieser Aufgabe ein breites Spektrum unterschiedlicher verfahrens- und bautechnischer Lösungen auf dem Markt angeboten. Es fehlen jedoch umweltwissenschaftlich genügend abgestützte Konzepte und Kriterien, um die Tauglichkeit und Effizienz der einzelnen technischen Verfahren und deren Kombinationen beurteilen zu können.

In vielen Ländern werden laufend neue potentielle «Altlasten» geschaffen, da die Abfallbehandlungsverfahren noch keine Rückstände erzeugen, welche «Endlagerqualität» besitzen. Es besteht somit die Gefahr, dass die Altlastensanierung zu einer «Daueraufgabe» wird, die im Umfang noch exponentiell wächst, da die Mittel einseitig auf die Lösung der akuten Probleme verwendet (z.B. Superfundprogramm in den USA) und die mittel- und langfristigen Probleme unterschätzt werden. Ein weiteres wichtiges und bis jetzt in der Forschung unterschätztes Problem ist die Sozialverträglichkeit von Sanierungsprojekten und neu zu schaffenden Deponien.

In den Untersuchungen sollen umweltwissenschaftlich begründete Grundlagen und Ansätze erarbeitet werden, namentlich

- Kriterien für die Deponierung von Materialien in einem gegebenen Umfeld und für die Beurteilung technischer Verfahren zur Sanierung von Altlasten.
- Methoden und Strategien für die Neugestaltung umweltverträglicher Deponien, deren Inhalte auch als Ressourcen wieder genutzt werden können, und für die Sanierung von Altlasten.

Vorgehen

Als Forschungsobjekte dienen ausgewählte Altlasten bzw. neu zu schaffende Deponien, an denen Forschungsgruppen der Hochschulen, Entwicklungs- und Realisierungsgruppen der Privatwirtschaft und die «Bauherrschaft» (in den meisten Fällen die öffentliche Hand) beteiligt sind. Es geht darum, über mehrere Jahre in einem iterativen Verfahren zwischen Feldbeobachtungen, laborgestützten und verfahrenstechnischen Erkenntnissen sowie Prozessmodellierungen

die gesteckten Ziele zu erreichen. Dabei wird angestrebt, Synergien zwischen den heute noch völlig getrennt operierenden Gruppen «Sanierung» und «Neue Deponien» zu schaffen und zu nutzen.

Erwartete Resultate und Wirkungen

- Unterlagen für die künftige Sanierung von Altlasten und Erstellung neuer Deponien aufgrund tragfähiger natur-, ingenieur- und sozialwissenschaftlicher Kriterien und Methoden.
- Die bearbeiteten Objekte dienen als exemplarische Fallstudien, Ausbildungsstätten und Vorbilder.

Teilbereich «Beeinträchtigung, Schutz und Nutzung des Grundwassers»

Motivation und Ziele

Grundwasser wird durch natürliche und künstliche Versickerung von Niederschlägen und Oberflächenwasser gebildet. Es stellt vielerorts die einzige Quelle für die Trinkwasserversorgung dar. Die vermehrte Belastung von Atmosphäre, Boden und Oberflächenwasser mit anthropogenen anorganischen und organischen Stoffen hat zu einer zunehmenden Beeinträchtigung der Grundwasserqualität geführt. Daneben besteht vielerorts eine mengenmässige Beeinträchtigung, weil die Grundwasser-Neubildung durch Versiegelung von Infiltrationsflächen (Siedlungen, Strassen, kolmatierte Flusshöhlen) vermindert wird.

Die Auswirkungen des anthropogenen Stoffeintrags auf die Grundwasserqualität hängen von vielen, sich gegenseitig beeinflussenden physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen ab. Die für eine Beurteilung des Gefahrenpotentials verschiedener Verschmutzungsquellen notwendigen Kenntnisse dieser Prozesse sind immer noch ungenügend.

Mit den Untersuchungen sollen Unterlagen und Methoden zur Beurteilung anthropogener Belastungen und zum Schutz des Grundwassers gewonnen werden, namentlich

- bessere Kenntnisse über die Mechanismen und das Zusammenwirken der für das Verhalten von Schadstof-

fen im Untergrund massgebenden Prozesse,

- Methoden zur Beurteilung der Auswirkungen verschiedenartiger Verunreinigungsarten und -quellen auf das Grundwasser,
- Kriterien für die Grundwasserverträglichkeit von Bodennutzungen und Bodenbelastungen unter verschiedenartigen natürlichen Bedingungen sowie
- Massnahmen zum Schutz des Grundwassers und zur Sanierung beeinträchtigter Grundwasserleiter.

Forschungsthemen

- Chemische und biologische Prozesse an Grenzflächen: Sorptionsprozesse, Auflösungs- und Fällungsprozesse, abiotische und biologische Transformationsprozesse.
- Geologische, geochemische und hydrodynamische Charakterisierung von Grundwasserleitern und von Infiltrationszonen (in gesättigten und in ungesättigten Systemen).
- Einflüsse der Bodennutzung und -belastung auf die physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse in Infiltrationszonen.
- Einflüsse der Bodennutzung auf die Neubildung von Grundwasser.
- Entwicklung von Modellen für die Beschreibung von chemischen und biologischen Prozessen im Untergrund; Kopplung dieser Modelle mit physikalischen Transportmodellen.

Praktische Anwendungen

- Bereitstellen von Entscheidungsgrundlagen für die künstliche Versickerung von Meteorwasser.
- Beratungen bei der Beurteilung und bei Risikoanalysen von Verschmutzungssituationen für Grundwasser (Unfälle, Deponien, belastete Oberflächengewässer) sowie bei der Planung von Grundwasserschutzmassnahmen und bei der Durchführung von Grundwassersanierungen.
- Identifikation der Anforderungen an die grundwasserverträgliche Bodenbewirtschaftung unter verschiedenartigen Bedingungen.

Teilbereich «Funktionen der Gewässer im Naturhaushalt und in der Mensch/Umwelt-Beziehung»

Motivation und Ziele

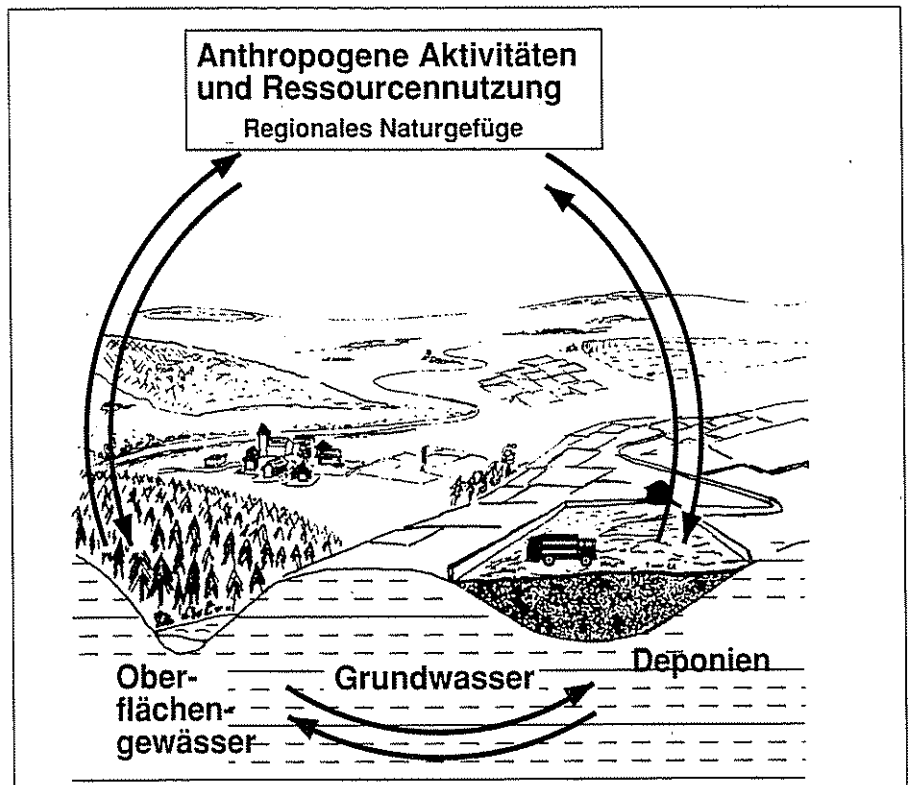
Das Wasser und die Gewässer spielen im Naturhaushalt, für die Wirtschaft und für das Wohlergehen der Menschen eine essentielle Rolle. Durch die menschlichen Aktivitäten sind Wasserhaushalt, Wasserqualität und die Netzwerke der Gewässer im Verlaufe der Zeit einschneidend verändert worden. Der Gewässerschutz hat sich bis anhin auf das Mildern und Abwenden lokaler Probleme konzentriert; über die Funktionen und die Ausgestaltung der Wasserkreisläufe und Gewässersysteme im Blick auf eine nachhaltige Regionalentwicklung bestehen kaum Kenntnisse.

In den Untersuchungen sollen

- die Beziehungen zwischen anthropogenen Aktivitäten, dem Wasserhaushalt, dem Zustand und den Funktionen der Gewässer in Regionen mit verschiedenartigen geographischen, wirtschaftlichen und sozio-kulturellen Gegebenheiten analysiert,
- die Anforderungen an eine nachhaltige Gewässernutzung und -entwicklung identifiziert,
- sowie Methoden für den integralen Schutz und die umweltverträgliche Nutzung der Gewässer entwickelt werden.

Forschungsthemen

- Bedeutung der Gewässer als durchgehende, vernetzte Lebensräume und für den Naturhaushalt von Regionen. Rolle der Gewässer für Wirtschaft und Wohlergehen des Menschen. Ökologisch und ethisch motivierte Anforderungen an die Gewässer und die Gewässersysteme.
- Direkte und indirekte Auswirkungen der Gewässernutzungen und der anthropogenen Aktivitäten auf den regionalen Wasserhaushalt, auf den Zustand und die Funktionen der Gewässer; Bedeutung der Gewässerveränderungen für die Ausgestaltung der anthropogenen Aktivitäten und für das menschliche Wohlergehen.



Die drei Teilbereiche des Forschungsschwerpunktes und ihre gegenseitige Vernetzung

- Ökonomische und sozio-kulturelle Implikationen der Ansätze für eine nachhaltige Gewässernutzung und -entwicklung.
- Optionen für nachhaltige Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft und Gewässern.

Die Untersuchungen werden vorerst in einer schweizerischen Region aufgenommen. Analoge Studien sollen in ausländischen Regionen (z.B. Osteuropa, Entwicklungsland) initiiert und unterstützt werden.

Erwartete Resultate und Wirkungen

- Konkretisierung der Wesensmerkmale und des Interpretationsspektrums nachhaltiger regionaler Gewässernutzungen; Kriterien für die Beurteilung der regionalen Umweltverträglichkeit von Gewässernutzungen.
- Konzepte für die Ausgestaltung regionaler ökologischer Netzwerke.
- Impulse für die Initiierung nachhaltiger regionaler Strategien für den Gewässerschutz und die Gewässernutzung.

Ablauf, Zeitplan und Mitteleinsatz

1993 Bildung der Leitungsgremien. Wahl der Untersuchungsregion und -objekte. Publikation des Forschungsprogrammes. Begutachtung und Bewilligung von Projektgesuchen. Bildung von Projektteams inklusive externer Beteiligungen. Gesuche zur Finanzierung mit Drittmitteln. Aufnahme der Projektarbeiten (Vor- und Hauptprojekte) im integrativen Teil und in den drei Teilbereichen.

1994-1996 Durchführung der Hauptprojekte. Parallel zu den Untersuchungen in den Teilbereichen wird im integrativen Teil deren gegenseitige Vernetzung fortentwickelt.

1997 Abschliessende Synthesen, das heisst, formulieren von gesamtheitlichen Konzepten/Strategien zur nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung und Regionalentwicklung.

Die EAWAG beabsichtigt, jährlich etwa 1-2 Millionen Franken (10-15 Personenjahre pro Jahr plus Sachausgaben) für den Forschungsschwerpunkt einzusetzen. Zusätzlich sollen Projektmitel im Umfang von 0,3-0,5 Millionen

Franken/Jahr bei Institutionen zur Forschungsförderung sowie bei interessierten amtlichen und privatwirtschaftlichen Stellen beantragt werden. In denjenigen Untersuchungsteilen, die ausserhalb des Kompetenzbereiches der EAWAG liegen, wird eine aktive Forschungsbeteiligung externer Gruppen aus Forschungsinstitutionen, Ämtern und der Privatwirtschaft angestrebt. Es wird davon ausgegangen, dass die Beiträge der externen Partner als Eigenleistung erbracht werden.

Leitung

Teilbereiche

Jeder Teilbereich wird von einer Person geleitet. Die Leitungsaufgaben werden in Absprache mit den ProjektbearbeiterInnen wahrgenommen und umfassen:

- Die detaillierte Umschreibung der Forschungsinhalte und -themen
- Die Kontaktnahme und Pflege von Verbindungen zu externen Partnern
- Die Beurteilung von Projektgesuchen zuhanden der Gesamtprojektleitung
- Die Koordination der Projekte, insbesondere durch Förderung des Informationsaustausches zwischen den verschiedenen Projektteams
- Die fachliche Beurteilung und Bewertung der Resultate der Projekte

Integrativer Teil/Gesamtprojekt

Die Gesamtprojektleitung besteht aus den Delegierten der Teilbereichsleitungen sowie 1-3 weiteren Personen. Ihre Aufgaben und Kompetenzen umfassen:

- Die Bewilligung von Forschungsgesuchen (unter Einbezug der «EAWAG-Konferenz»²)
- Die Koordination der externen Projektfinanzierungen
- Die Koordination der Teilbereiche, insbesondere die Förderung des gegenseitigen Informationsaustausches
- Die Konzeption und Begleitung der integrativen Projekte und Arbeiten
- Die Vergabe von Aufträgen zur Bearbeitung spezifischer Teilaspekte des Gesamtprojektes (unter Einbezug der «EAWAG-Konferenz»)

Die Gesamtprojektleitung wird durch eine Person, die Animations-, Koordinations-, Integrations- und Öffentlichkeitsaufgaben erfüllt und Verbindungen zu externen Stellen pflegt, unterstützt.

Beratendes Gremium

Der Gesamtprojektleitung steht ein beratendes Gremium, bestehend aus

ca. 5 erfahrenen Wissenschaftern und Wissenschaftlerinnen, zur Seite.

Zusammenarbeit und Beteiligungen

Die Untersuchungen werden durch die EAWAG initiiert. Ihre Facheinheiten beteiligen sich alle an mindestens einem der Teilbereiche.

Eine Beteiligung weiterer Stellen ist unerlässlich. In Frage kommen in- und ausländische Hochschulinstitute, Forschungsanstalten, behördliche Stellen und privatwirtschaftliche Unternehmen. Zu den Trägern analoger Untersuchungen in ausländischen Regionen werden wissenschaftliche Kontakte geknüpft.

Die externen Partner beteiligen sich mit eigenen Mitteln an den Untersuchungen. Sie sollen in den Leitungsfunktionen der Teilbereiche und des Gesamtprojektes vertreten sein.

² Die «EAWAG-Konferenz» ist dasjenige Gremium, welches über alle wichtigen Belange der EAWAG entscheidet. Es besteht aus den Mitgliedern der Direktion und des Direktionsstabes, den Leitern und Leiterinnen der Facheinheiten sowie einer Personalvertretung.

Weiterbildung



Nachdiplomstudium in Siedlungswasserbau und Gewässerschutz 1992/1993.

Die 13 TeilnehmerInnen von links nach rechts:

Erste Reihe : Younes Hassib, Martin Häfliger, Max Maurer, Michael Nay, Jianhua Lei, Ivana Vancarkova

Zweite Reihe: Peter Hunziker, Ines Conrad, Christa Hayoz, Monika Kriens, Hans Lamp, Andreas Hurni, Agostini Clericetti

Praxisorientierte EAWAG-Kurse

Das EAWAG-Weiterbildungsprogramm für Fachleute aus der Praxis

Als Bindeglied zwischen Forschung und Praxis bietet die EAWAG – teilweise zusammen mit den ETH – ab September 1993 eine Reihe von Weiterbildungsveranstaltungen für Fachleute aus Wirtschaft und Verwaltung an. Die angebotenen Kurse bauen auf eigenen Forschungsarbeiten und Erfahrungen auf und widerspiegeln daher die jeweils aktuellen Arbeitsgebiete. Ihr Zweck ist es, Kenntnisse und Handwerkszeug für die praktische Tätigkeit zu vermitteln. Der gesamtheitliche Umweltschutz und die dazu notwendige Zusammenarbeit über die Grenzen von Disziplinen und Institutionen hinweg soll gefördert werden.

Zielpublikum: Die PEAK sind auf die Bedürfnisse von Umweltfachleuten in Verwaltungen, in Beratungs- und Ingenieurbüros und von Lehrkräften an Fachhochschulen ausgerichtet.

Ziele und Inhalte: Die Ziele der PEAK sind die Förderung des Wissens und der Fähigkeiten für die praktische Tätigkeit im Blick auf einen gesamtheitlichen Umweltschutz und damit eine Zusammenarbeit über die Grenzen von Disziplinen und Institutionen hinweg. Ihre Inhalte widerspiegeln die EAWAG-Arbeitsgebiete; die Lehre baut auf eigenen Forschungsarbeiten und Erfahrungen auf.

Beteiligung und Bestätigung: Die Teilnehmer sollen aktiv mitwirken können und die Kurse sollen auch ein Forum für den Meinungsaustausch sein. In jedem Kurs wird die Möglichkeit geboten, einen Leistungsnachweis zu erbringen, der bei Erfüllung mit Kreditenheiten nach internationaler Norm bestätigt wird (1 Kreditenheit pro ca. 10 h Unterricht).

Organisation: Jeder Kurs bildet eine Einheit und kann unabhängig von anderen absolviert werden, falls die kursspezifischen Voraussetzungen erfüllt sind. Zu allen Kursen werden Unterlagen abgegeben. Im Rahmen der PEAK sind drei Kursarten geplant: Basiskurse, Vertiefungskurse und Anwendungskurse.

Übersicht über die Kursarten

Basiskurse

Dauer und Form: 1-3 Tage. Die Kursform ist vorwiegend Frontalunterricht mit einer Abendveranstaltung zur Förderung der Kommunikation zwischen den Teilnehmern.

Ziel: In diesen Veranstaltungen sollen die Grundlagen zum Verständnis von Umweltproblemen sowie von Strukturen und Prozessen in natürlichen und künstlichen Systemen vermittelt werden. Der Inhalt entspricht zum Teil dem gerafften Stoff von Vorlesungen in modernen Umweltstudiengängen.

Zielpublikum: Fachleute verschiedener Disziplinen, die einen aktualisierten Überblick im Gebiet der Umweltwissenschaften anstreben.

Vertiefungskurse

Dauer und Form: Die Kurse dauern 2-5 Tage. Zusätzlich wird einer beschränkten Zahl von Teilnehmern die Möglichkeit geboten, eine zusätzliche Woche mit praktischer Arbeit zu absolvieren. Es gibt Vorlesungen, Gruppen- und Einzelarbeiten sowie je nach Möglichkeit Exkursionen.

Ziel: Anhand konkreter Beispiele und Fallstudien soll eine gesamtheitliche Sicht von Umweltproblemen vermittelt werden. Dabei geht es vom Erkennen und Verstehen einer Beeinflussung bis hin zu technischen und ursachenbezogenen Abhilfemassnahmen.

Zielpublikum: Umweltschutzfachleute aus der Praxis, die an den jeweiligen konkreten Problemen und am Studium vernetzter Zusammenhänge interessiert sind.

Anwendungskurse

Dauer und Form: 1-2 Wochen. Vorlesungen und praktische Arbeiten. Die Teilnehmerzahl ist auf ca. 20 Personen beschränkt.

Ziel: Den Teilnehmern soll praktisches Können zur Erfassung, Verhinderung oder Verminderung von Umweltproblemen beigebracht werden. Dazu werden die nötigen Grundlagen vermittelt und deren Anwendung an konkreten Beispielen geübt.

Zielpublikum: Die jeweiligen Kursthemen sind auf einen engen Kreis von Fachleuten ausgerichtet, welche das vermittelte Wissen und Können in ihrer täglichen Arbeit direkt anwenden.

Themenbereiche

Folgende Themenbereiche sind Inhalte des Kursprogramms. Jährlich werden 2-4 Kurse aus diesen Bereichen angeboten. Nach Bedarf werden einzelne Kurse wiederholt. Während 1993/94 vorwiegend naturwissenschaftliche Themen im Vordergrund stehen, kommen ab 1995 auch die Ingenieurwissenschaften zum Zuge.

1. *Strukturen und Prozesse in natürlichen Systemen und deren anthropogene Beeinflussung*
Naturwissenschaftliche Grundlagen zum Verständnis aquatischer und anderer Ökosysteme.
2. *Probleme, Ziele und Strategien des Umweltschutzes*
Fallstudien, Vollzug, Qualitätsziele, Gesetzgebung, Erfolgskontrolle, Öffentlichkeitsarbeit, Marktwirtschaftliche Instrumente.

P raxisorientierte **EA_{WAG}-Kurse:** Programm 1993/94

- | | |
|--|---|
| 13.-17. Sept. 1993
Anwendungskurs A1/93 | Die Bedeutung von Gewässermorphologie und -typus für Wasserorganismen
In Vorlesungen und praktischer Feldarbeit wird die Bedeutung der Flussmorphologie und ihrer Verzahnung mit der Umwelt für die biotische Besiedlung dargestellt. Am Beispiel der Fische wird aufgezeigt, wie Seen in Abhängigkeit vom Seetypus und Trophiegrad unterschiedlich besiedelt werden.
Kursleitung: Tom Gonser, Rudolf Müller, Armin Peter |
| 14.-16. Sept. 1993
Vertiefungskurs V1/93 | Entwicklung und Umsetzung neuer Qualitätsanforderungen in der Abfallwirtschaft
Vermittlung des neuesten Stand des Wissens über Endlager-Qualität am Beispiel der Kehrrechtschlacke.
Kursleitung: Peter Baccini |
| 21. Sept. 1993
Infotag 1993 | Vom Umweltschutz zum Umweltmanagement: Systemorientierte Ansätze in Theorie und Praxis
Leitung: Theresa Büsser, Peter Huggenberger |
| 16./17. Nov. 1993
Basiskurs B1/93 | Strukturen und Prozesse in aquatischen Systemen
In diesem Kurs sollen die wichtigsten chemischen, physikalischen, mikrobiologischen und biologischen «Lehrbuch-Kenntnisse» aufgefrischt und aktualisiert werden.
Kursleitung: Elisabeth Meyer, Alfred Wüest |
| 23.-25. März 1994
Anwendungskurs A2/94 | Chemische Umweltanalytik: Konzepte und Methoden
Vermittlung von Kenntnissen über moderne Konzepte und Fortschritte der chemischen Analytik von Wasser, Boden und Luft; von der Probenahme bis zur Dateninterpretation.
Kursleitung: Walter Giger |
| 12.-14. April 1994
Vertiefungskurs V2/94 | Metalle in der aquatischen Umwelt
Grundlagen zur Chemie und Oekotoxikologie von Metallen in aquatischen Systemen. Verhalten von Schwermetallen in Gewässern und Deponien sowie Beurteilung von Belastungen.
Kursleitung: Renata Behra, Annette Johnson, Laura Sigg |
| 15./16. Juni 1994
Basiskurs B2/94 | Integrierter Umweltschutz: Grundlagen, Unsicherheiten und Handlungsansätze
Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden mit Ansätzen der Sozialwissenschaften und den Erfahrungen des Gewässerschutzes im Hinblick auf neue Umweltschutz-Konzepte verknüpft.
Kursleitung: Ueli Bundi, Giulio P. Genoni, Bernhard Truffer |
| Sept. 1994
Infotag 1994 | Thema noch nicht festgelegt |
| 6.-8. Sept. 1994
Vertiefungskurs V3/94 | Organische Schadstoffe in der Umwelt
Anhand ausgewählter organischer Chemikalien werden Transport- und Umwandlungsprozesse in Gewässersystemen illustriert. Neben der mathematischen Modellierung wird auch auf photochemische und mikrobielle Transformationsprozesse eingegangen. Die ökotoxikologischen Grundlagen zu den Effekten der Chemikalien auf Populationen und Ökosysteme werden vermittelt.
Kursleitung: Werner Angst, Hanspeter Kohler |

3. Basiswissen Umweltschutz

Aquatische Chemie, ~Physik, ~Biologie, ~Mikrobiologie, Modellierung, Statistik, Ökologie, Ökotoxikologie, Bau- und Kulturingenieurwesen, Verfahrenstechnik.

4. Analyse- und Auswertemethoden für Gewässer und Wasser

Chemische, biologische und mikrobiologische Probenahme, ~Analytik, ~Auswertung, Stoff- und Energiebilanzen, physikalische Messungen, Interpretationen bezüglich Ziele.

5. Umwelt-Technologien

Siedlungsentwässerung, Abfallentsorgungstechnik, Abwasserreinigung, Trinkwasser-Aufbereitung.

6. Aktuelle Probleme des Umwelt-/Gewässerschutzes

Unfälle und Katastrophen (wiss. Aufarbeitung), Gesetzesrevisionen, Aktualitäten aus Gesellschaft und Politik, Konzepte und Lösungen für konkrete Probleme.

Informationen

Die Kurse werden im Juli 1993 öffentlich ausgeschrieben werden. Es ist geplant, das Angebot auch via agora, dem Weiterbildungsangebot aller Schweizer Hochschulen und Ingenieurschulen HTL auf «Videotex» (*6622# oder *agora#) und «ezinfo» der ETHZ verfügbar zu machen.

Weitere Auskünfte und Aufnahme in Adresskartei:

Leitung: Herbert Güttinger
Tel. 01/823 50 23

Sekretariat: Heidi Gruber
Tel. 01/823 53 93
Fax 01/823 53 98

Adresse: EAWAG
Sekretariat PEAK
Überlandstr. 133
8600 Dübendorf

EAWAG-Infotag 1993:**„Vom Umweltschutz zum Umweltmanagement: Systemorientierte Ansätze in Theorie und Praxis“**

Auch dieses Jahr führt die Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz EAWAG einen sogenannten «Infotag» durch. Dabei zeigen EAWAG-Referentinnen und Referenten aktuelle Entwicklungen in Umweltwissenschaften und Umweltschutz auf. Die EAWAG, in ihrer Rolle als Bindeglied zwischen Forschung und Praxis, möchte mit dieser Veranstaltung ihre Erfahrungen und Projekte einem praktisch tätigen Publikum und Interessierten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik darlegen.

Die Entwicklung von Umwelt und Gesellschaft verlangt neue Ansätze im Umgang mit natürlichen Ressourcen und zur Umweltgestaltung. Lange Zeit standen isolierte Einzelprobleme im Vor-

dergrund, heute verlagert sich die Sichtweise auf Verknüpfungen in Gesamtsystemen, über die Grenzen von Disziplinen und Institutionen hinaus. Erste wissenschaftliche Ansätze zu einer umfassenden Strategie in Richtung Nachhaltigkeit bilden den Inhalt der Tagung. Sie werden illustriert an Beispielen der EAWAG-Forschung.

- Der EAWAG-Infotag findet am **21. September 1993** an der ETH Zürich im Auditorium maximum statt (9.30-16.40 Uhr).
- **Tagungskosten:** Fr. 120.-, inkl. Tagungsunterlagen, Mittagessen und Pausenerfrischung
- **Zusammenfassungen der Referate** werden in der Novembernummer der EAWAG news publiziert und den Tagungsteilnehmenden zugestellt.

Programm und ReferentInnen Infotag 1993**Thesen zur Umweltentwicklung**

Alexander J.B. Zehnder

Risikokommunikation: Das Beispiel von Klimaveränderungen

Claudia Pahl, Carlo Jäger

Wieviel Stress ertragen Lebewesen und Ökosysteme? Ökotoxikologische Betrachtungen

Herbert Güttinger

Bedeutung der physiographischen Faktoren für die Fließgewässer-Ökosysteme

Tom Gonser

Erste Schritte zu einer nachhaltigen regionalen Ressourcenbewirtschaftung

Peter Baccini

Festlegung von Qualitätszielen für Metalle in Fließgewässern

Renata Behra, Gulio P. Genoni, Laura Sigg

Möglichkeiten und Grenzen biotechnischer Umweltsanierungen

Jan Roelof van der Meer

Wasch- und Reinigungsmittel: Vom reaktiven zum präventiven Umweltschutz

Walter Giger, Alfredo Alder

Umweltschutz in Entwicklungsländern: Eine Überlebensfrage

Roland Schertenleib

Einsicht fordert zum Handeln – Folgerungen für die EAWAG

Ueli Bundi

Die Gruppe Humanökologie EAWAG

Es war einmal eine naturwissenschaftliche Forschungsgruppe tief im Eis der Antarktis. Diese tapferen Männer und Frauen beschäftigten sich mit der Erforschung der Atmosphäre. Eines Tages entdeckten sie das Ozonloch. Als sie diese Entdeckung publizierten, löste dies allenthalben grosse Besorgnis aus. Sogleich wurden überall auf der Welt weitere Forschungsgruppen eingesetzt, um die Ursachen und möglichen Auswirkungen dieses Ozonlochs zu untersuchen. Die Forscherinnen und Forscher fanden heraus, dass das Ozonloch von Fluorchlorkohlenwasserstoffen verursacht wurde und dass es schwere Gesundheitsschäden bewirkte. Deshalb kamen alle einflussreichen Leute der Welt in einer grossen Konferenz zusammen und beschlossen ein sofortiges Verbot der FCKWs auf der ganzen Welt. Aufgrund dieser raschen Massnahmen schloss sich das Ozonloch allmählich wieder und alle lebten (und forschten) glücklich und zufrieden weiter.

Wir alle wissen genau, dass es so nicht funktioniert. Viel weniger klar ist allerdings, wie es wirklich funktioniert. Konkret geht es darum, welche Ursachen zu der globalen Umweltzerstörung führen und wie ein Übergang zu einer umweltfreundlichen Wirtschafts- und Lebensform zustande kommen kann. Natürlich haben die meisten Leute ab und zu den Eindruck, auf jeden Fall seien andere an der Misere schuld. WissenschaftlerInnen vermuten, dass ihre Forschungsergebnisse von den PolitikerInnen nicht richtig aufgenommen und umgesetzt werden. PolitikerInnen bemängeln, dass die soziale Akzeptanz für die von WissenschaftlerInnen vorgeschlagenen Problemlösungen fehlt. Die Öffentlichkeit fühlt sich vom Fachchinesisch und von den sich widersprechenden Aus-

sagen der Wissenschaft überfordert. So dreht sich das Karussell im Kreise. Niemand fühlt sich verantwortlich und alle machen weiter wie gehabt, wenn auch mit wachsender Besorgnis. Ab und zu führt eine punktuelle Anstrengung dazu, dass ein bestimmtes Umweltproblem einer Lösung näher gebracht wird, aber gleichzeitig tauchen andernorts zwei neue auf.

Humanökologische Fragestellungen

Es liegt deshalb nahe, Umweltprobleme nicht nur auf der Seite der sogenannten Umwelt zu untersuchen, sondern auch auf der Seite der Menschen, die Probleme empfinden, verursachen und vielleicht lösen können.

Hier möchte unsere Gruppe Humanökologie einsetzen. Wir untersuchen Fragen wie: «Wann und von wem wird ein Phänomen als Umweltproblem wahrgenommen?», «Wie wird umweltrelevante Information aufgenommen?», «Wodurch wird umweltrelevantes Handeln ausgelöst?», «Unter welchen Bedingungen werden umweltrelevante Innovationsprozesse initiiert?» Diese Fragen beziehen sich auf humanökologische Systeme. Darunter verstehen wir Systeme, welche Menschen, soziale Strukturen und kulturelle Regeln einschliessen, die in einen spezifischen Bereich der materiellen Realität eingebettet sind und also eine dynamische Vielfalt von Mensch-Umwelt-Beziehungen umfassen.

Solche Systeme lassen sich am besten anhand konkreter Umweltprobleme studieren. Zur Zeit untersuchen wir gesellschaftliche Aspekte drohender Klimaveränderungen, weil hier einige speziell interessante Themen auftreten: z.B. Handeln unter Unsicherheit, Umgang mit globalen Risiken, innovative Prozesse zur Vermeidung

von Umweltproblemen. Mit unseren Arbeiten zu gesellschaftlichen Aspekten klimatischer Risiken wollen wir dazu beitragen, dass die EAWAG in der Debatte um Global Change mit tragfähigen Beiträgen präsent ist und dadurch im Rahmen des Möglichen zur Lösung der entsprechenden Probleme beiträgt. Wir sind uns darüber im klaren, dass eine kleine sozialwissenschaftliche Gruppe an einem starken naturwissenschaftlichen Forschungsinstitut durchaus in Gefahr ist, eine unproduktive Alibirole zu spielen, ohne eigenständige Beiträge hervorzu- bringen. Dieser Gefahr soll die Konzentration auf das Problem klimatischer Risiken entgegenwirken.

Wir gehen davon aus, dass die drohenden Klimaveränderungen zwar ein globales Problem sind, dass reale Problemlösungen jedoch nur zum Teil durch globale Entscheidungsprozesse zustande kommen können. Das liegt unter anderem daran, dass die Lösung der heutigen Umweltprobleme einen Übergang zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise verlangt, der nicht einfach am Reissbrett oder am Bildschirm entworfen werden kann. Vielmehr gilt es, vielfältige Lösungsansätze auszuprobieren und in einem evolutionären Prozess tragfähigen Konzepten zum Durchbruch zu verhelfen. Zu entsprechenden Initiativen sind aber oft einzelne Nationen und auch Regionen eher in der Lage als das, was man gerne die «Weltgemeinschaft» nennen möchte.

Der regionale Ansatz passt gut zum EAWAG-Schwerpunktprogramm, über das sich deshalb auch Kooperationen mit verschiedenen Abteilungen der EAWAG entwickeln lassen könnten. Eine erste Zusammenarbeit in der Erforschung klimatischer Risiken besteht schon mit der Abteilung

Umweltphysik. Auch gibt es wohl eine gewisse Wahlverwandtschaft mit dem IRCWD, mit dem wir im Chriesbach-Gebäude den C-Stock teilen. Denn auch für das IRCWD sind Umweltprobleme eng mit dem Schicksal der betroffenen Menschen verknüpft.

Laufende Forschungsprojekte

Im Rahmen der Gruppe Humanökologie sind zur Zeit zwei konkrete Forschungsprojekte zu klimatischen Risiken angelaufen: Das erste untersucht im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms 31, «Klimaveränderungen und Naturkatastrophen», die Wahrnehmung klimatischer Risiken im Nordtessin und in der Surselva. Im Rahmen dieses Projekts werden private Haushalte, Unternehmen und politische Institutionen in einer Befragung untersucht. Dabei geht es um die Frage, inwieweit diese drei Bereiche unterschiedliche Milieus bilden, die sich in der Verarbeitung von Umweltrisiken systematisch unterscheiden, und auf welchem Weg allenfalls Prozesse der Risikokommunikation entstehen, in denen Politik, Wirtschaft und Privatleben an gemeinsamen Problemlösungen mitwirken können.

In einem weiteren Projekt werden an den Beispielen «Elektroauto» und «Dezentrale Arbeitsplätze» Innovationsprozesse untersucht, welche im Hinblick auf eine Verringerung von CO₂-Emissionen von Bedeutung sind. Auch dieses Projekt verfolgt einen regionalen Ansatz. Es ist Teil des Projektpakets «CLEAR - Climate and Environment in Alpine Regions», mit dem im Rahmen des Moduls 1 des Schwerpunktprogramms Umwelt Fragen der Klimaveränderung untersucht werden. Dabei arbeiten ForscherInnen aus den Bereichen der Atmosphärenphysik und Klimatologie, der Biologie und Systemökologie, der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften an EAWAG, ETH und kantonalen Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen zusammen. Die Gruppe

Humanökologie EAWAG hat die Koordinationsaufgabe für das Gesamtmodul übernommen.

Die Mitglieder der Gruppe Humanökologie

Die Gruppe Humanökologie ist selbst interdisziplinär zusammengesetzt. Dabei wollen wir nicht ein Sammelsurium von Kenntnissen anhäufen, sondern gezielt das Know-how aufbauen, welches unseres Erachtens zur Untersuchung humanökologischer Systeme erforderlich ist. Unser Team besteht derzeit aus neun Leuten, vier Frauen und fünf Männern, die wir in aller Kürze wie folgt vorstellen wollen:

Carlo Jäger, Leiter der Gruppe Humanökologie, ist Soziologe, hat in Ökonomie promoviert und in Humanökologie habilitiert. Er hat sich in mehreren Forschungsprojekten mit den sozialen Aspekten neuer Informationstechnologien

befasst und interessiert sich seit langem für Fragen der Gesellschaftstheorie. An der ETH ist er im Rahmen der Abteilung Umwelt-naturwissenschaften als Leiter der Unterrichtskommission und als Mitglied der Abteilungsleitung engagiert. Er ist verheiratet und Vater zweier Kinder. Sowohl beruflich wie privat hat er gerne mit netten Leuten zu tun.

Gregor Dürrenberger ist für die operative Leitung der Forschung in der Gruppe Humanökologie zuständig. Er ist Geograph mit naturwissenschaftlichem Studium an der ETH. Nach seiner Dissertation über Territorialität verbrachte er ein «Post-doc»-Jahr an der University of Newcastle upon Tyne (UK). Sein Forschungsschwerpunkt sind regionale Aspekte globaler Klimaprobleme. In den letzten Jahren beschäftigte er sich mit Fragen der Stadtentwicklung und der kulturellen Evolution. Er ist Dozent an der Abteilung XB der



Die Damen (von links nach rechts): Lisbeth Bieri, Silvia Rothen, Joan Davis, Marina Hubbuch

Die Herren (v.l.n.r.): Bernhard Truffer, Gregor Dürrenberger, Urs Dahinden, Matthias Wächter, Carlo Jäger

ETH. In seiner Freizeit studiert er die praktischen Aspekte der Önologie.

Marina Hubbuck betreut in der Gruppe Humanökologie das Sekretariat. Das schliesst eine Reihe organisatorischer Aufgaben ein, insbesondere ist sie für die Ablaufkontrolle der verschiedenen Aktivitäten zuständig. Sie hat die Handelsschule besucht und arbeitete anschliessend in verschiedenen Sekretariatsstellen, vorwiegend im medizinischen Bereich. Nach einem dreijährigen Unterbruch als Hausfrau und Mutter arbeitet sie seit Ende 92 in der Gruppe Humanökologie.

Bernhard Truffer ist Geograph und war Assistent am Geographischen Institut der Universität Freiburg (CH). Seine eben abgeschlossene Doktorarbeit untersucht die theoretische Bestimmung von Bodenpreisen und deren Bedeutung für die Entwicklung heutiger Städte. Wirtschaftliche, technologische und gesellschaftliche Wandlungspotentiale, die zu einer nachhaltigen Regionalentwicklung führen können, stehen im Zentrum seines wissenschaftlichen Interesses. Seine aktuellen Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf Veränderungspotentiale der individuellen Mobilität im Zusammenhang mit klimatischen Risiken.

Urs Dahinden ist Soziologe und Koordinator des CLEAR-Projektes. Er hat eine Lizentiatsarbeit über

die Computerisierung des Büros geschrieben, die demnächst unter dem Titel «Chamäleon Computer» als Buch erscheint. Zur Zeit arbeitet er an seiner Dissertation über soziale Aspekte des Treibhauseffektes. Seine Hobbys sind Velofahren und Gleitschirmfliegen.

Silvia Rothén ist Ökonomin. Nach dem Abschluss des Lizentiats war sie ein Jahr lang im Bundesamt für Konjunkturfragen an der Konzeption des Impulsprogrammes Mikroelektronik mitbeteiligt. In den letzten dreieinhalb Jahren hatte sie eine Assistenzstelle bei Prof. Gunter Stephan am Institut für angewandte Mikroökonomie in Bern. Dort sammelte sie Forschungs- und Lehrerfahrungen auf dem Gebiet der Umweltökonomie. Ihre soeben erschienene Dissertation analysiert die Möglichkeiten der Schweiz, ihren CO₂-Ausstoss langfristig zu senken.

Lisbeth Bieri ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe Humanökologie. Gegenwärtig arbeitet sie an einem Nationalfondsprojekt über Klimaänderung und Regionalentwicklung in Berggebieten. Bereits seit vielen Jahren engagiert sie sich in der Surselva für die Berggebietsentwicklung. In diesem Zusammenhang hat sie sich vor allem mit Chancen der Telematik für ländliche Gebiete befasst. Dabei ist u.a. das Satellitenbüro Sumvitg entstanden. Weitere Forschungsinteressen betref-

fen qualitative und quantitative Methoden in der Sozialforschung. Lisbeth Bieri liebt Nikotin und Koffein und hasst Asphaltprüfanlagen vor dem Bürofenster.

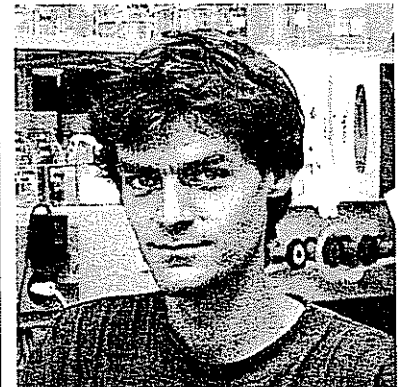
Joan Davis kam nach ihrem Chemiestudium in den USA für ein «Post-doc» in die Schweiz. Anschliessend begann sie an der EAWAG ihre Arbeit über Fließgewässerchemie. Um vermehrt auch die Ursachen chemischer Belastung zu ergründen und diese Erkenntnisse anderen zu vermitteln, wechselte sie dieses Jahr zur Gruppe Humanökologie. Neben der Forschung hält sie Vorlesungen über die Gewässerproblematik und über Umweltsysteme an der ETH und an der Universität Zürich.

Matthias Wächter ist Chemiker und schrieb an der ETH eine Diplomarbeit über Interpretationsfragen der Quantenmechanik bei Hans Primas. Ihm verdankt er viele Hinweise auf Schwächen und Stärken, vor allem Grenzen der neuzeitlichen Naturwissenschaften, auf ihren Mythos und ihre Mitverantwortung an den heutigen ökologischen Problemen. Mit diesen und verwandten Themen wird sich auch seine Doktorarbeit auseinandersetzen. Ansonsten geniesst er das Leben in einer bunten Mischung aus Geselligkeit und Literatur, Bergen und Seen.

SNS Bank Preis 1993 an EAWAG-Mitarbeiter

Herrn Dr. Jan Roelof van der Meer wird am 9. September 1993 in Wageningen (Niederlande) der SNS Bank Preis 1993 verliehen. Auf Empfehlung der Landwirtschaftlichen Universität Wageningen zeichnet die SNS Bank jedes Jahr DoktorandInnen aus, die am Anfang ihrer wissenschaftlichen Karriere stehen und im Rahmen ihrer Doktorarbeit Hervorragendes geleistet haben. Dr. J.R. van

der Meer, der seit dem August 1992 in der Abteilung Mikrobiologie der EAWAG arbeitet, untersuchte in seiner Dissertation die genetische Anpassung von Bakterien an Umweltschadstoffe. Im Zusammenhang mit den Feierlichkeiten der Preisverleihung wird ausserdem ein halbtägiges Symposium zum Thema Mikrobiologie und Umwelt organisiert.



Die EAWAG hat eine neue Verordnung

Am 4. Oktober 1991 haben die Eidgenössischen Räte ein neues Gesetz über die ETH erlassen. Das Gesetz ist am 1. Februar 1993 in Kraft getreten. In der Zwischenzeit musste zuerst die Referendumsfrist respektiert werden, und dann das Vollzugsrecht des Bundesrates über den ETH-Bereich revidiert bzw. an das neue Gesetz angepasst werden.

In diesem Zusammenhang wurden folgende Verordnungen ausgearbeitet:

- Verordnung über den Bereich der Eidg. Technischen Hochschulen (Verordnung ETH-Bereich)
- Verordnung über die Eidg. Technischen Hochschulen (ETH-Verordnung)
- Verordnung über die Dozenten der Eidg. Technischen Hochschulen (Dozenten-Verordnung)
- Verordnung über die Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA-Verordnung)
- Verordnung über die Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL-Verordnung)
- Verordnung über das Paul Scherrer-Institut (PSI-Verordnung)

- Verordnung über die Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG-Verordnung)

Die EAWAG-Verordnung (publiziert in der Amtlichen Sammlung des Bundesrechtes, Nr. 8, 2. März 1993; SR 414.162) ist auf den folgenden Seiten im Originaltext wiedergegeben. Ueber die Eingliederung der EAWAG in den ETH-Bereich und die Verwaltungsorganisationen des Bundes orientiert die untenstehende Graphik.

Erläuterungen zur neuen EAWAG-Verordnung

Das Vollzugsrecht des Bundesrates zum ETH-Gesetz ist reines Organisationsrecht. Es legt den organisatorischen Rahmen fest, innerhalb dessen die EAWAG ihre Aufgaben unter optimalen Bedingungen erfüllen kann. Die EAWAG-Verordnung regelt keine wissenschaftlichen Belange, diese liegen in der Zuständigkeit des ETH-Rates. Das Parlament hat sich beim Erlass des ETH-Gesetzes grosse gesetzgeberische Zurückhaltung auferlegt. Diesem Willen wurde auch in den Vollzugsverordnungen entsprochen: Die Vollzugsverordnungen erlauben die

Realisierung der Autonomie an der Front (EAWAG); sie enthalten demzufolge nichts, was im Gesetz bereits abschliessend geregelt ist, und sie enthalten nur das, was der Bundesrat gemäss Gesetz regeln muss. Dort, wo das Gesetz eine Kompetenzdelegation des Bundesrates an den ETH-Rat vorsieht, wurde davon Gebrauch gemacht.

Artikel 1 Rechtliche Stellung

Die EAWAG besitzt, wie die beiden Schulen und die andern drei Forschungsanstalten, die Rechtspersönlichkeit.

Artikel 2 Aufgaben

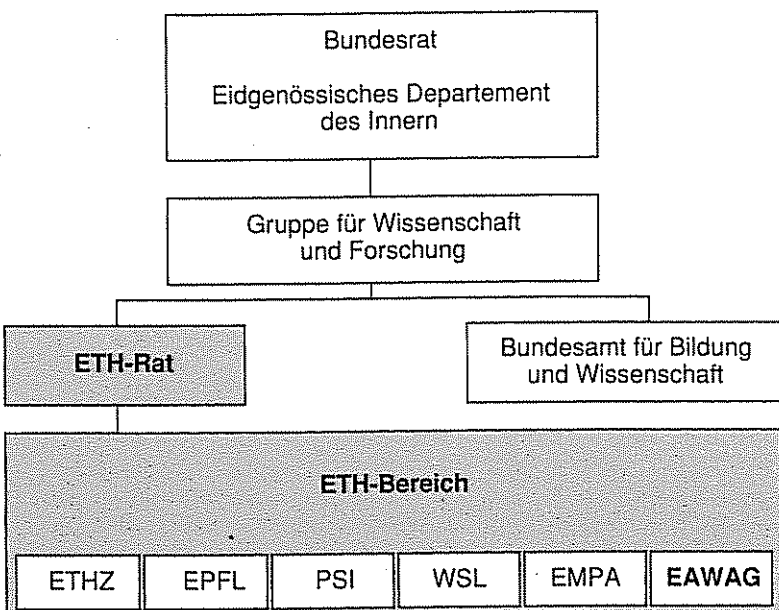
Absatz 1 umschreibt die Forschungsbereiche der EAWAG. Die verwendeten Begriffe sind relativ weit gefasst. Die Absätze 2 bis 4 schreiben vor, dass die EAWAG die Hochschulen und andere Lehranstalten in Lehre und Forschung unterstützt, Kurse zur Aus- und Weiterbildung durchführt und in ihrem Fachgebiet Dienstleistungen erbringt.

Artikel 3 Zusammenarbeit mit den Hochschulen

In diesem Artikel wird der Grundsatz der Zusammenarbeit zwischen Forschungsanstalten und Hochschulen verankert.

Artikel 4 Zusammenarbeit mit öffentlichen Verwaltungen und der Wirtschaft

Absatz 1 statuiert den Grundsatz der Zusammenarbeit der EAWAG mit öffentlichen Verwaltungen und der Wirtschaft im Rahmen von Forschungsprojekten. Mit Absatz 2 wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die EAWAG in erster Linie einen Forschungs- und Lehrauftrag hat und nicht zur Annahme jedes Auftrages verpflichtet werden kann. Dies betrifft insbesondere Aufträge, die von andern öffentlichen oder privaten Orga-



Eingliederung der EAWAG in den ETH-Bereich und die Verwaltungsorganisationen des Bundes

nen übernommen werden könnten.

Artikel 5 Internationale Zusammenarbeit

Die EAWAG-Forschung soll auf international hohem Niveau sein.

Artikel 6 Wissens- und Technologietransfer, Verbreitung von Forschungsergebnissen

In Absatz 1 wird die Rolle der EAWAG als Förderband zwischen Forschung und Praxis verankert. Die Einschränkung im Absatz impliziert keine Zensurierung oder Einschränkung der Freiheit in Lehre und Forschung; die Einschränkung bezieht sich auf Belange des geistigen Eigentums.

Artikel 7 Aus- und Weiterbildung

Diese Bestimmung umschreibt, in welcher Form die EAWAG ihre Aufgaben gemäss Artikel 2 Absatz 2 erfüllen soll.

Artikel 8 Gliederung

Der Bundesrat bestimmt nur noch die Grundsätze der Gliederung und delegiert die Festlegung der Details dem ETH-Rat. Diese Kompetenzdelegation entspricht dem ETH-Gesetz.

Artikel 9 Direktion

Diese Bestimmung ist ebenfalls nicht EAWAG-spezifisch. Sie entspricht den für die übrigen For-

schungsanstalten und die Schulleitungen vorgesehenen Regelungen.

Artikel 10 Beratende Kommission

Die EAWAG hat, wie die übrigen Forschungsanstalten, eine Beratende Kommission. Neu wird die Zahl der Mitglieder von bisher 15 auf maximal 9 beschränkt.

Artikel 11 Mitwirkung

Die Mitwirkungsrechte sind im ETH-Gesetz verankert. Für die Schulen sind die Gruppen der Hochschulangehörigen (Dozenten und Dozentinnen, Assistenten und Assistentinnen, Studierende, adm. und technisches Personal) bereits im Gesetz definiert. Für die

Verordnung über die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG-Verordnung)

vom 13. Januar 1993

Der Schweizerische Bundesrat,

gestützt auf Artikel 39 Absatz 2 des Bundesgesetzes vom 4. Oktober 1991¹ über die Eidgenössischen Technischen Hochschulen (ETH-Gesetz),
verordnet:

Art. 1 Rechtliche Stellung

¹ Die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) ist eine autonome öffentlichrechtliche Forschungsanstalt des Bundes mit Rechtspersönlichkeit.

² Sie untersteht dem ETH-Rat.

Art. 2 Aufgaben

¹ Die EAWAG ist eine nationale, multidisziplinäre Forschungsstätte für Umweltwissenschaften, insbesondere für Gewässerökologie, Wassertechnologie und die Beziehungen zwischen Gewässer, Boden, Luft, Bio- und Anthroposphäre.

² Sie unterstützt die Hochschulen und andere Lehranstalten in Lehre und Forschung.

³ Sie führt in ihren Fachgebieten Kurse zur Aus- und Weiterbildung durch.

⁴ Sie erbringt in ihren Fachgebieten wissenschaftliche Dienstleistungen.

Art. 3 Zusammenarbeit mit den Hochschulen

¹ Die EAWAG arbeitet mit den eidgenössischen und kantonalen Hochschulen zusammen.

² Sie kann mit den zuständigen Behörden vereinbaren, dass sie Einrichtungen gemeinsam mit Hochschulen betreibt.

Art. 4 Zusammenarbeit mit öffentlichen Verwaltungen und der Wirtschaft

¹ Die EAWAG kann gemeinsam mit öffentlichen Verwaltungen und der Wirtschaft Forschungsprojekte durchführen.

SR 414.162

¹ SR 414.110; AS 1993 210

1993-16

Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung und Gewässerschutz

² Sie übernimmt Aufträge für wissenschaftliche Mittel zur Verfügung stehen.

Art. 5 Internationale Zusammenarbeit
Die EAWAG arbeitet mit der internationalen Gemeinschaft zusammen, insbesondere im Rahmen von Forschungsprogrammen.

Art. 6 Wissens- und Technologietransfer, Verbreitung von Forschungsergebnissen

¹ Die EAWAG fördert die Umsetzung von Forschungsergebnissen.

² Sie macht die Ergebnisse der Forschung für die Öffentlichkeit zugänglich, soweit dies nicht überwiegende öffentliche oder wirtschaftliche Gründe entgegenstehen.

Art. 7 Aus- und Weiterbildung

Die EAWAG beteiligt sich an der Ausbildung von Fachkräften, indem sie zusammen mit anderen Lehranstalten, in denen sie arbeitet, mitwirkt.

Art. 8 Gliederung

¹ Die EAWAG ist in Forschungs- und Verwaltungseinheiten gegliedert.

² Der ETH-Rat regelt die Organisation der EAWAG.

Art. 9 Direktion

¹ Die Direktion besteht aus dem Direktor und einem oder mehreren Mitgliedern, die für einzelne Bereiche der EAWAG zuständig sind.

² Der Direktor leitet die EAWAG und ist für die Führung der Anstalt verantwortlich.

³ Der ETH-Rat regelt die Aufgaben der Direktion und wählt die Mitglieder.

Art. 10 Beratende Kommission

¹ Die Beratende Kommission berät die Leitung der EAWAG in allen Angelegenheiten der EAWAG.

² Sie besteht aus fünf bis neun Mitgliedern.

³ Der ETH-Rat wählt den Präsidenten der Kommission für eine Amtszeit von vier Jahren.

1

2

Forschungsanstalten wurde neu die Personalvertretung* geschaffen. Diese ist Partner für die Gespräche/Konsultationen mit der Direktion bzw. dem ETH-Rat. Die Personalaussschüsse könnten, gemäss der Verordnung über die Personalaussschüsse, nur in sehr beschränktem Masse im Rahmen der Mitwirkungsrechte funktionieren.

Artikel 12 Zusammenarbeit mit den Personalverbänden

Mit dieser Bestimmung, komplementär zu Artikel 11, werden in allen sechs Institutionen des ETH-Bereiches gleiche Voraussetzungen für die Zusammenarbeit mit

den Personalverbänden geschaffen.

Artikel 13 Benutzung von Forschungseinrichtungen

Die in Artikel 3 und 4 festgehaltenen Bestimmungen über die Zusammenarbeit werden für den Infrastrukturbereich konkretisiert. Diese Bestimmung regelt die Benützung der Forschungsinfrastruktur der EAWAG durch Forschende anderer Hochschulen und Forschungsintitute sowie im Rahmen von Forschungsprojekten, die gemeinsam mit der Wirtschaft durchgeführt werden.

Artikel 14 Entschädigung für Dienstleistungen

Diese Bestimmung entspricht dem für die anderen Forschungsanstalten geltenden Recht und wahrt den Grundsatz der kostendeckenden Gebühren.

(Hans Wasmer)

* An der EAWAG wurde der Personalaussschuss per 31.1.93 aufgelöst und eine neue Personalvertretung gewählt, welche ihre Aufgabe seit 1.2.93 (Inkrafttreten des ETH-Gesetzes) wahrnimmt.

Wasserreinigung AS 1993

Die Dienstleistungen, soweit die nöti-

in wissenschaftlichen Gemeinschaft insamer Forschungs- und Entwick-

Verbreitung von

orschungsergebnissen für die Praxis. r Öffentlichkeit zugänglich, sofern Interessen entgegenstehen.

Weiterbildung an Hochschulen und anstaltungen, Diplom- und Doktor-

tungsbereiche gegliedert. :EAWAG.

wie weiteren ihm unterstellten Mit-stimmte Geschäftsbereiche verant-

t die Gesamtverantwortung für die seine Geschäftsführung verantwort-

Befugnisse der Direktion und ihrer

(-Rat und die Direktion in allen für agen.

die Mitglieder für eine Amtsdauer

Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz AS 1993

Art. 11 Mitwirkung

¹ Der ETH-Rat und die Direktion konsultieren das Personal über die Personalvertretung vor Entscheiden, die von allgemeinem Interesse für die EAWAG sind, wie die Planung, die Schaffung und Aufhebung von Bereichen sowie Strukturfragen. Der ETH-Rat führt die Konsultationen über die Direktion durch.

² Das Personal wählt seine Personalvertretung.

³ Die Direktion sorgt durch umfassende Information dafür, dass alle Mitarbeiter ihre Mitwirkungsrechte ausüben können.

Art. 12 Zusammenarbeit mit Personalverbänden

Die EAWAG arbeitet in Personalfragen nach den Richtlinien des ETH-Rates mit den Personalverbänden zusammen.

Art. 13 Benützung der Forschungseinrichtungen

¹ Die Benützung der Forschungseinrichtungen der EAWAG ist für Forscher schweizerischer Hochschulen und öffentlicher Forschungsinstitute unentgeltlich.

² Beteiligt sich die Wirtschaft an einem Forschungsprojekt der EAWAG, so leistet sie einen anteilmässigen Beitrag an die Projektkosten.

³ Im übrigen legt der Direktor die Bedingungen für die Benützung der Einrichtungen fest.

Art. 14 Entschädigungen für Dienstleistungen

¹ Für die Dienstleistungen werden kostendeckende Gebühren erhoben.

² Der ETH-Rat erlässt Vorschriften über die zu entrichtenden Gebühren nach Anhören des Eidgenössischen Finanzdepartementes.

Art. 15 Aufhebung bisherigen Rechts

Die Verordnung vom 21. Dezember 1970¹⁾ über die Organisation und den Betrieb der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz wird aufgehoben.

Art. 16 Inkrafttreten

Diese Verordnung tritt am 1. Februar 1993 in Kraft.

13. Januar 1993

Im Namen des Schweizerischen Bundesrates
Der Bundespräsident: Ogi
Der Bundeskanzler: Couchepin

5904

¹⁾ AS 1970 1675

Änderung in der EAWAG-Gliederung

Im letzten Jahr wurden an der EAWAG einige Strukturanpassungen vorgenommen. Ebenfalls wurden die Namen von Abteilungen geändert und die EAWAG ist – wie in der neuen Verordnung festgelegt – neu in *Forschungs-* und *Fachbereiche* gegliedert. Das hier abgebildete Organigramm vermittelt einen Überblick über die neue Gliederung. Die wichtigsten Neuerungen sind im folgenden kurz erläutert.

Die Forschungsgruppen der Abteilungen «Chemie» (inkl. Fachbereich Analytik) und «Multidisziplinäre Limnologische Forschung (MLF)» haben sich neu organisiert. Entsprechend den Objekten ihrer Untersuchungen haben sie sich zu den Forschungsbereichen «Chemie» und «Biogeochemie» zusammengeschlossen.

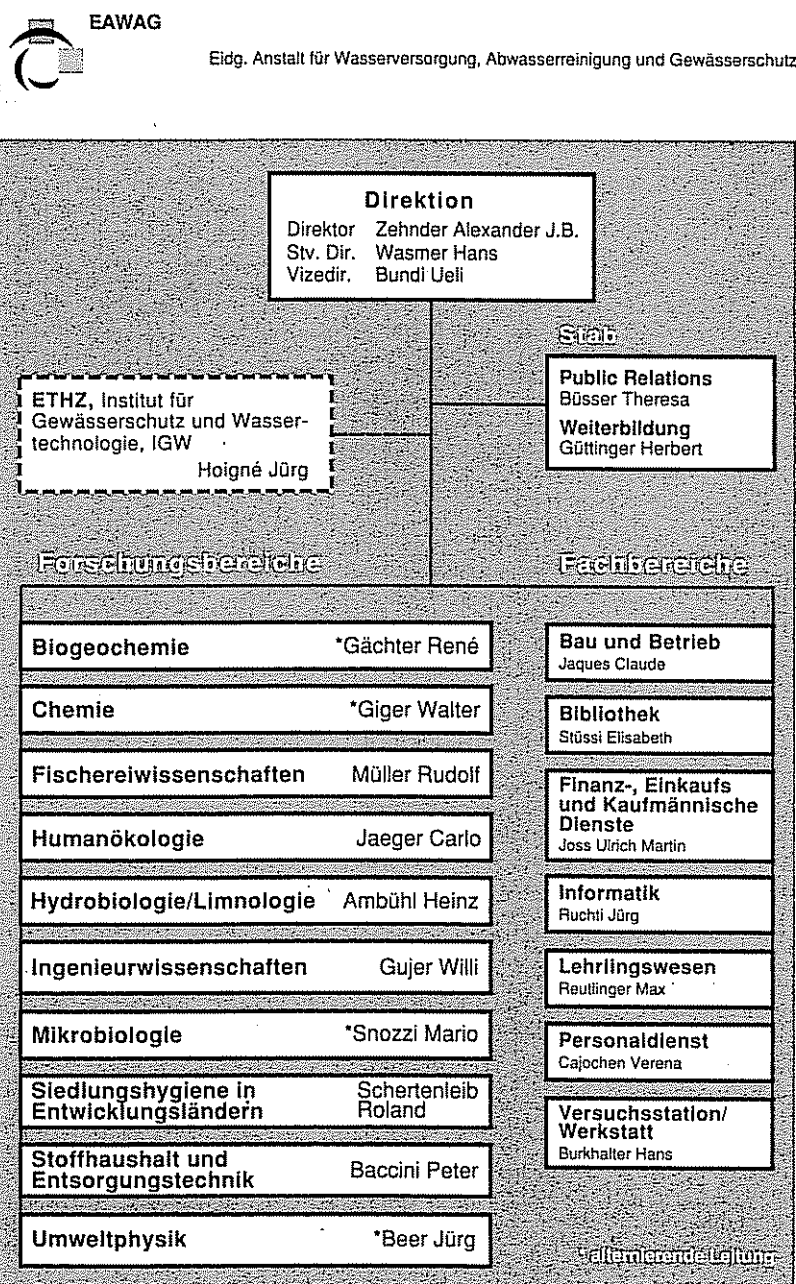
Der Forschungsbereich Chemie widmet sich dem Studium des Umweltverhaltens von hauptsächlich

organischen Chemikalien mittels prozessorientierter Feld- und Laboruntersuchungen. Forschungsschwerpunkte des Bereiches Biogeochemie sind die Stoffkreisläufe und die Kopplung dieser Kreisläufe im Zusammenhang mit natürlichen Gewässern sowie deren Bedeutung für die Gewässerqualität.

Zwei Forschungsbereiche haben ihren Namen geändert: Wie im letzten Heft bereits angekündigt, wurde der Forschungsbereich «Technische Biologie» zu «Mikrobiologie» umbenannt, um dem durch die neue Gruppe Molekularbiologie erweiterten Aufgabebereich Rechnung zu tragen.

Die Abteilung «Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt (AWS)» heisst jetzt neu «Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik (S+E)»; somit besitzt der Forschungsbereich an der EAWAG den gleichen Namen wie der mit ihm verbundene Lehrstuhl an der ETH Zürich.

Und eine Abteilung an der EAWAG ist neu: Die Gruppe Humanökologie, die sich in diesem Heft selber vorstellt, wird sicher viel frischen Wind in die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Human-, Ingenieur- und Naturwissenschaften inner- und ausserhalb der EAWAG bringen.



Das neue Organigramm der EAWAG, Stand Juli 1993



Die neue Personalvertretung an der EAWAG

Die neue Personalvertretung (PV) der EAWAG besteht seit Februar 1993 als Organ für die Mitwirkung des Personals, sowie als Ansprechstelle der Direktion für Anliegen des Personals und löst den Personalausschuss (PA) ab, der mit weniger Rechten ausgestattet war.

Die PV tritt als Mittlerin zwischen einzelnen Mitgliedern des Personals und der Direktion auf. Überdies greift sie Themen auf, die für das gesamte Personal von Interesse sind.

Um diese Aufgaben wahrnehmen zu können, ist ein Mitglied der PV an die EAWAG-Konferenz delegiert. Zur Kommunikation mit dem Personal hat die PV die Möglichkeit, Konsultativabstimmungen durchzuführen, im Vordergrund steht allerdings der persönliche Dialog.

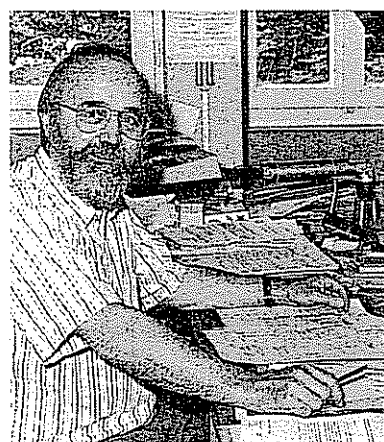
Die Mitglieder der Personalvertretung kommen aus jeder Berufsgruppe (administratives, technisches und wissenschaftliches Personal, sowie Doktoranden) und allen EAWAG-Standorten (Dübendorf, Kastanienbaum und Tüffenwies). Gemäss dem Frauenförderungsprogramm wurde für die nächsten zwei Amtsperioden zusätzlich eine Vertreterin des weiblichen Personals gewählt.

Die Vorsitzende der Personalvertretung ist Vreni Graf (UP),

die Vertreterin des administrativen Personals. Ihre Stellvertreterin ist Beate Escher (Chemie), die das weibliche Personal vertritt. An der EAWAG-Konferenz wird die Personalvertretung repräsentiert durch David Kistler (BGC), Vertreter des Standorts Dübendorf, und stellvertretend durch Alfred Lück (UP), Vertreter des technischen Personals. ProtokollführerInnen sind André Weidenhaupt (Chemie), Doktorandenvertreter, und Ruth Stierli (BGC), die das Seenforschungslaboratorium Kastanienbaum vertritt. Weitere Mitglieder der PV sind Robert Berger für die Werkstatt Tüffenwies und Jürg Zobrist (BGC) für das wissenschaftliche Personal.

Die bisherigen Aktivitäten der noch jungen Personalvertretung bestanden und bestehen unter anderem aus Mitsprache bei der neuen Verordnung zur Personalbewirtschaftung, Mitarbeit bei der neuen Hausordnung für Kastanienbaum, Konsultativabstimmung und Vernehmlassung zur Parkierungsordnung, Ausarbeitung des Vorschlags für den EAWAG-Tag 1993, Initiierung von Englisch-Kursen more to follow!

Wir sehen es als Ziel unserer Arbeit, das Betriebsklima zu verbessern, Schwachpunkte aufzu-

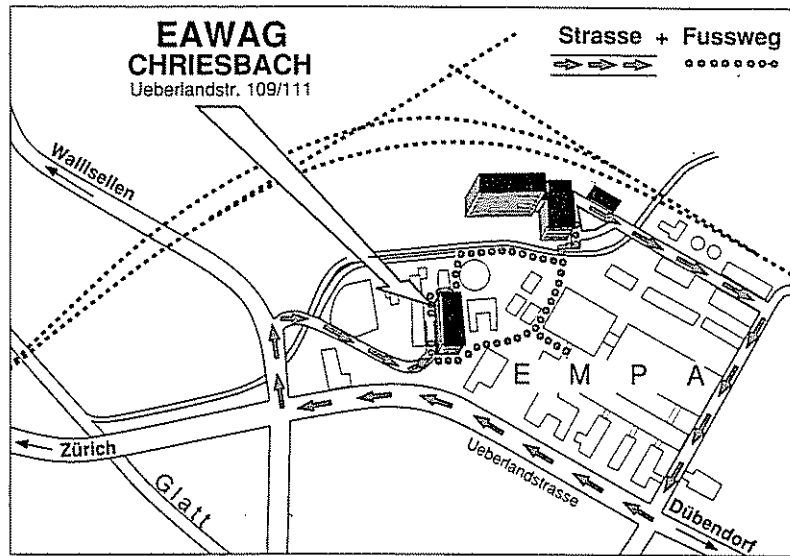


Die Mitglieder der Personalvertretung (breites Bild, von links nach rechts): Alfred Lück, Ruth Stierli, Beate Escher, André Weidenhaupt, Vreni Graf, David Kistler und Robert Berger und (unteres Bild) Jürg Zobrist

zeigen, sowie Lösungsvorschläge einzubringen.

Also, spricht uns an, bringt Nöte, Ideen und Vorschläge – wir werden versuchen, sie aufzunehmen, abzuklären und weiterzuleiten.

Ein Teil der EAWAG ist umgezogen



Im vergangenen März ist ein Teil der Belegschaft der EAWAG ins nahegelegene Gebäude «Chriesbach» umgezogen. Der nebenstehende Situationsplan soll helfen, die neue Lokalität zu finden.

Die folgenden Bereiche haben ihren Einsitz im «Chriesbach» genommen: Direktion; Stab; Finanz-, Einkaufs- und Kaufmännische Dienste; Personaldienst; Informatik; Humanökologie; Ingenieurwissenschaften; Siedlungshygiene in Entwicklungsländern.

Ilmac 1993 vom 19.-22. Oktober in Basel

Die Ilmac ist eine internationale Fachmesse für Chemische Technik, Analytik und Biotechnologie in den Messehallen von Basel. Die nächste Ausstellung, die Ilmac '93, findet vom 19. bis zum 22. Oktober 1993 statt. Die Veranstalter wollen dieses Jahr mit der Sonderpräsentation «Lehre und Forschung» einen wesentlichen Schwerpunkt setzen und haben dazu ca. 160 Hochschul- und Forschungsinstitute aus ganz Europa eingeladen, ihre Studien- und Forschungsziele darzustellen. Die EAWAG wird im Rahmen ihrer Beteiligung an dieser Ausstellung zeigen, dass die Umweltanalytik mit besonderen Fragestellungen und Bedingun-

gen verknüpft ist, und wird einige spezifisch für die Umweltp Praxis entwickelte Probenahmetechniken und Analysemethoden vorstellen. Unsere Adresse an der Ilmac '93: Halle 331, Stand 115.

Während der Ilmac '93 organisiert die Sektion für analytische Chemie der Neuen Schweizerischen Gesellschaft für Chemie im Mustermesse-Kongresszentrum drei Fachtagungen. Das am 21. und 22. Oktober stattfindende Symposium trägt den Titel «*Polar organic pollutants in the aquatic environment: Automated monitoring at the trace level and fate studies*» und basiert zu einem grossen Teil auf Arbeiten, die im sog. *Rhône*

Basin Program durchgeführt werden. Neben Referenten aus Industrielabors, Hochschulen und staatlichen Instituten berichten EAWAG-Mitarbeiter über Ergebnisse ihrer Untersuchungen. Zentrales Thema sind gut wasserlösliche Verunreinigungen, die zum Teil in Wasch- und Reinigungsmitteln eingesetzt werden. Ebenfalls präsentiert werden Entwicklungen in holländischen Laboratorien, die auf eine kontinuierliche Überwachung polarer organischer Wasserverunreinigungen ausgerichtet sind. Ausführlichere Informationen sind erhältlich bei Prof. Walter Giger, EAWAG.

Vertreter kantonaler Ämter an der EAWAG

In der Schweiz obliegt die Durchführung des Umweltschutzes in erster Linie den Kantonen. Es ist deshalb wichtig, dass die Partnerschaft zwischen den verantwortlichen Ämtern der Kantone und der EAWAG gut funktioniert. Zur Festigung der gegenseitigen Beziehungen lud die EAWAG auf den 27. Mai 1993 zu einer Informations- und Aussprachetagung ein. Dieser Anlass stiess auf ein erfreuliches

Interesse; etwa 70 Teilnehmer und Teilnehmerinnen aus fast allen Kantonen nahmen daran teil.

Mit verschiedenen Präsentationen wurde den Teilnehmenden Einblick in Organisation und Ausrichtung sowie in verschiedenen Tätigkeitsbereiche der EAWAG vermittelt. In der gemeinsamen Aussprache ging es vor allem um das gegenseitige Rollenverständnis und die Stärkung der Zusam-

menarbeit. Es scheint unbestritten, dass nachhaltige Fortschritte für eine umweltverträgliche Entwicklung nur im Zusammenwirken von Behörden, Praxis, Wirtschaft und Wissenschaft erzielt werden können.

Separata können bei der Bibliothek EAWAG bezogen werden

EAWAG-Publikationen

- 1671
Drever J.J., Zobrist, J.: Chemical Weathering of Silicate Rocks as a Function of Elevation in the Southern Swiss Alps. *Geochim. Cosmochim. Acta* 56, 3209-3216 (1992)
- 1672
Tilzer, M. M., Bossard P.: Large Lakes and Their Sustainable Development. *Aquatic Sciences* 54, 91-103 (1992)
- 1673
Peeters, F., Wüest, A.: Mess-System zur Erfassung dreidimensionaler Tracerverteilung in Seen. *Gas-Wasser-Abwasser* 72, 456-461 (1992)
- 1674
Dos Santos Afonso, Maria, Stumm, W.: Reductive Dissolution of Iron(III) (Hydroxides) by Hydrogen Sulfide. *Langmuir* 8, 1671-1675 (1992)
- 1675
Stumm, W.: Water, Endangered Ecosystem: Assessment of Chemical Pollution. *J. Environ. Engng.* 118, 466-476 (1992)
- 1676
Stumm, W., Sulzberger, Barbara: The Cycling of Iron in Natural Environments: Consideration Based on Laboratory Studies of Heterogeneous Redox Processes. *Geochim. Cosmochim. Acta* 56, 3233-3257 (1992)
- 1677
Wieland, E., Stumm, W.: Dissolution Kinetics of Kaolinite in Acidic Aqueous Solutions at 25°C. *Geochim. Cosmochim. Acta* 56, 3339-3355 (1992)
- 1678
Grenthe, I., Stumm, W., Laaksuharju, M., Nilsson, A.C., Wikberg, P.: Redox Potentials and Redox Reactions in Deep Groundwater Systems. *Chemical Geology* 98, 131-150 (1992)
- 1679
Holliger, C., Schraa, G., Stupperich, E., Stams, A.J.M., Zehnder, A.J.B.: Evidence for the Involvement of Corrinoids and Factor F₄₃₀ in the Reductive Dechlorination of 1,2-Dichloroethane by *Methanosarcina Barkeri*. *J. Bacteriology* 174, 4427-4434 (1992)
- 1680
Holliger, C., Kengen, S. W.M., Schraa, G., Stams, A. J. M., Zehnder, A.J.B.: Methyl-Coenzyme M Reductase of *Methanobacterium Thermoautotrophicum* Δ H Catalyzes the Reductive Dechlorination of 1,2-Dichloroethane to Ethylene and Chloroethane. *J. Bacteriology* 174, 4435-4443 (1992)
- 1681
Sinke, Anja J.C., Cornelese, A.A., Cappenberg, T.E., Zehnder A.J.B.: Seasonal Variation in Sulfate Reduction and Methanogenesis in Peaty Sediments of Eutrophic Lake Loosdrecht, The Netherlands *Biogeochemistry* 16, 43-61 (1992)
- 1682
Frutiger, A., Gammeter, Sonja: Biologische Aspekte des Gewässerschutzes in urbanisierten Gebieten. *GAIA* 7, 214-225 (1992)
- 1683
Bernegger, J.-C., Bloesch, J.: Der Einfluss der Trockenlegung einer Restwasserstrecke auf die Invertebraten-Besiedlung eines unbelasteten Bergbaches (Muota SZ). *Wasser Energie Luft* 84, 205-211 (1992)
- 1684
von Gunten, U., Hoigné, J.: Factors Controlling the Formation of Bromate During Ozonation of Bromide-Containing Waters. *Aqua* 47, 299-304 (1992)
- 1685
Pollinger, Utsa, Ambühl, H., Bürgi, H.-R.: A New Methods for Processing Clay-Rich Unconsolidated Sediments for Paleoenvironmental Investigations. *J. of Paleolimnology* 7, 95-101 (1992)
- 1686
Genoni, G.: Short-Term Effect of a Toxicant on Scope for Change in Ascendency in a Microcosm Community. *Ecotoxicol. & Environ. Safety* 24, 179-191 (1992)
- 1687
Krebs, P., Vischer, D., Gujer, W.: Improvement of Secondary Clarifiers Efficiency by Porous Walls. *Water Sci. Technol.* 26, 1147-1156 (1992)
- 1688
Häner, A.: «Aerobic Thermophilic Biodegradation of Bacterial Cells: Physiological Aspects»; Diss. ETH Nr. 9885, Zürich, 1992.
- 1689
Ruf, A.: «Reduktive Auflösung von Eisen(hydroxiden) durch Ascorbat und Hydrochinone»; Diss. ETH Nr. 9892, Zürich, 1992.
- 1690
Biber, Madeleine Verena: «Carboxylic Acids on Metal Oxides in Water: An In-Situ FTIR Study»; Diss. ETH Nr. 9918, Zürich, 1992.
- 1691
Edwards, M., Boller, M., Benjamin, M. M.: Effect of Pre-Ozonation on Removal of Organic Matter During Water Treatment Plant Operations. In: «Control of Organic Material by Coagulation and Flocculation Processes». (Eds.) IAWQ/IWSA, Geneva 1992; 17-25.
- 1692
Boller, M.: Removal of Organic Matter by Physico-Chemical Mechanisms in Wastewater Treatment Plants. In: «Control of Organic Material by Coagulation and Flocculation Processes». (Eds.) IAWQ/IWSA, Geneva 1992; 147-163.
- 1693
Lotter, A.F., Eicher, U., Siegenthaler, U., Birks, H.J.B.: Late-Glacial Climatic Oscillations as Recorded in Swiss Lake Sediments. *J. of Quaternary* 7, 187-204 (1992)

- 1694
Mechsner, K., Fleischmann, T.: Vergleichende Untersuchungen zur Wiederverkeimung des Wassers nach Ultraviolettdesinfektion. Gas-Wasser-Abwasser 72, 807-811 (1992)
- 1695
Dunnivant, F.M., Schwarzenbach, R.P., Macalady, D.L.: Reduction of Substituted Nitrobenzenes in Aqueous Solutions Containing Natural Organic Matter. Environ. Sci. Technol. 26, 2133-2141 (1992)
- 1696
Müller, R.: Die Fischfauna im Rhein bei Basel. Verh. Naturforsch. Ges. Basel 102, 343-356 (1992)
- 1697
Trempl J.: «Sources and Fate of Nitrated Phenols in the Atmospheric Environment»; Diss. ETHZ Nr. 9853, Zürich, 1992.
- 1698
Semadeni, M., Stocker, D.W., Kerr, J.A.: Further Studies of the Temperature Dependence of the Rate Coefficients for the Reactions of OH with a Series of Ethers under Simulated Atmospheric Conditions. J. Atmos. Chem. 16, 79-93 (1993)
- 1699
Wüest, A., Aeschbach-Hertig, W., Baur, H., Hofer, M., Kipfer, R., Schurter, M.: Density Structure and Tritium-Helium Age of Deep Hypolimnetic Water in the Northern Basin of Lake Lugano. Aquatic Sciences 54, 205-218 (1992)
- 1700
Müller, R., Meng, H. J.: Past and Present State of the Ichthyofauna of Lake Lugano. Aquatic Sciences 54, 338-350 (1992)
- 1701
Kerr, J.A.: The Heat of Formation of the CF_3CO Radical: a Note of Caution. Chem. Phys. Lett. 201, 391-392 (1993)
- 1702
Müller, R.: Trophic State and Its Implications for Natural Reproduction of Salmonid Fish. Hydrobiologia 243/244, 261-268 (1992)
- 1703
Wüest, A., Brooks, N.H., Imboden D.M.: Bubble Plume Modeling for Lake Restoration. Water Resour. Res. 28, 3235-3250 (1992)
- 1704
von Piechowski, M., Thelen, Marie-Anne, Hoigné, J., Bühler, R. E.: *tert*-Butanol as an OH-Scavenger in the Pulse Radiolysis of Oxygenated Aqueous Systems. Ber. Bunsenges. Phys. Chem. 96, 1448-1454 (1992)
- 1705
Luther III, G.W., Kostka, J.E., Church, T.M., Sulzberger, Barbara, Stumm W.: Seasonal Iron Cycling in the Salt-Marsh Sedimentary Environment: The Importance of Ligand Complexes with Fe(II) and Fe(III) in the Dissolution of Fe(III) Minerals and Pyrite, Respectively. Marine Chemistry 40, 81-103 (1992)
- 1706
Field, Jennifer A., Miller, D.J., Field, T.M., Hawthorne, S.B., Giger, W.: Quantitative Determination of Sulfonated Aliphatic and Aromatic Surfactants in Sewage Sludge by Ion-Pair/Supercritical Fluid Extraction and Derivatization Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Anal. Chem. 64, 3161-3167 (1992)
- 1707
Ahel, M., McEvoy, J., Giger, W.: Bioaccumulation of the Lipophilic Metabolites of Nonionic Surfactants in Freshwater Organisms. Environ. Poll. 79, 243-248 (1993)
- 1708
Egli, T.: Biodegradation of Synthetic Chelating Agents with Special Reference to Nitrotriacetic Acid (NTA). J. Chem. Tech. Biotechnol. 55, 404-406 (1992)
- 1709
Fent, K., Hunn, Judith: Uptake and Elimination of Tributyltin in Fish-Yolk-Sac Larvae. Marine Environ. Res. 35, 65-71 (1993)
- 1710
Behra Renata: In *Vitro* Effects of Cadmium, Zinc and Lead on Calmodulin-Dependent Actions in *Oncorhynchus mykiss*, *Mytilus* sp., and *Chlamydomonas reinhardtii*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 24, 21-27 (1993)
- 1711
Breedveld, M.W., Zevenhuizen, L.P.T.M., Zehnder, A.J.B.: Synthesis of Cyclic β -1,2-Glucans by *Rhizobium leguminosarum* Biovar trifolii TA-1: Factors Influencing Excretion. J. Bacteriol. 174, 6336-6342 (1992)
- 1712
Van Veen, H.W., Abee, T., Kortstee, G.J.J., Konings, W.N., Zehnder, A.J.B.: Characterization of Two Phosphate Transport Systems in *Acinetobacter johnsonii* 210A. J. Bacteriol. 175, 200-206 (1993)
- 1713
Grottker, M.: Qualitative Aspekte der Meteorwasserversickerung. VSA Verbandsbericht Nr. 445, 1-22 (1991)
- 1714
Van der Meer, J.R., De Vos, W.M., Harayama, S., Zehnder A.J.B.: Molecular Mechanics of Genetic Adaptation to Xenobiotic Compounds. Microbiol. Rev. 56, 677-694 (1992)
- 1715
Beer, J., Shen, C., Heller, F., Liu, T., Bonani, G., Dittrich Beate, Suter, M., Kubik, P. W.: ^{10}Be and Magnetic Susceptibility in Chinese Loess. Geophys. Res. Letter 20, 57-60 (1993)
- 1716
Bundi, U.: Umweltverträgliche Landwirtschaft - ein Vorhaben von vielen Wegfahrten. VGL Umwelt-Information 4, 3-4 (1992)
- 1717
Peiffer, S., dos Santos Afonso, Maria, Wehrli, B., Gächter, R.: Kinetics and Mechanism of the Reaction of H_2S with Lepidocrocite. Environ. Sci. Technol. 26, 2408-213 (1992)
- 1718
Furrer, G., Wehrli, B.: Biogeochemical Processes at the Sediment-Water Interface: Measurements and Modeling. Appl. Geochem. Suppl. 2, 117-119 (1993)
- 1719
Fent, K., Stegeman, J. J.: Effects of Tributyltin in Vivo on Hepatic Cytochrome P450 Forms in Marine Fish. Aquatic Toxicology 24, 219-240 (1993)

1720.
Kemmler Judith: «Biochemistry of Nitrotriacetate Degradation in the Facultatively Denitrifying Bacterium TE11»; Diss. ETH Nr. 9983, Zürich, 1992.
- 1721
Sinniger, J.: «Die Inhibition der Auflösung von Eisen(III)(Hydr)-oxiden und ihre Beziehung zur Passivität von Eisen»; Diss. ETH Nr. 9893, Zürich, 1992.
- 1722
Rutishauser-Frei, Ruth Susanna: «The Behaviour of the Various Cytochromes of *Paracoccus denitrificans* During Transitions Between Oxic and Anoxic Growth Conditions». Diss. ETH Nr. 9875, Zürich, 1992.
- 1724
Siegrist, H., Renggli, Dea, Gujer, W.: Mathematical Modelling of Anaerobic Mesophilic Sewage Sludge Treatment. *Water Sci. Technol.* 27, 25-36 (1993)
- 1725
Pahl-Wostl, Claudia, Ulanowicz, R.E.: Quantification of Species as Functional Units Within an Ecological Network. *Ecological Modelling* 66, 65-79 (1993)
- 1726
Pahl-Wostl, Claudia: The Hierarchical Organization of the Aquatic Ecosystem: an Outline how Reductionism and Holism Maybe Reconciled. *Ecological Modelling* 66, 81-100 (1993)
- 1727
Schilling, W.: The Feasibility of Real Time Control of Combined Sewer Overflows. *Civil Engng. Practice* 7, 17-26 (1992)
- 1728
Baccini, P., von Steiger, B.: Die Stoffbilanzierung landwirtschaftlicher Böden – eine Methode zur Früherkennung von Bodenveränderungen. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 156, 45-54 (1993)
- 1729
Schleiniger, R., Baccini, P.: Das Verursacherprinzip: eine Anwendung bei der Siedlungsabfallentsorgung. *GAIA* 2, 42-4 (1993)
- 1730
Wegelin, M., Schertenleib, R.: Die Kiesfiltration in der Wasseraufbereitung. *Gas-Wasser-Abwasser* 73, 161-163 (1993)
- 1731
Boller, M.: Filtrationsmechanismen in Kiesfiltern. *Gas-Wasser-Abwasser* 73, 174-183 (1993)
- 1732
Wegelin, M., Schertenleib, R.: Praktische Erfahrung mit Kiesfiltern. *Gas-Wasser-Abwasser* 73, 184-193 (1993)
- 1733
Haderlein, S.B., Schwarzenbach, R.P.: Adsorption of Substituted Nitrobenzenes and Nitrophenols to Mineral Surfaces. *Environ. Sci. Technol.* 27, 316-326 (1993)
- 1734
Alder, A.C., Hägblom, M.M., Oppenheimer, Stephanie R., Young, L.Y.: Reductive Dechlorination of Polychlorinated Biphenyls in Anaerobic Sediments. *Environ. Sci. Technol.* 27, 530-538 (1993)
- 1735
Benoit, P., Hering, Janet G., Stumm, W.: Comparative Study of the Adsorption of Organic Ligands on Aluminum Oxide by Titration Calorimetry. *Appl. Geochem.* 8, 127-139 (1993)
- 1736
Kappeler, J.: «Populationsdynamik in Belebungsanlagen 'aerober Blähschlamm'»; *Schriftenreihe Umwelt* Nr. 183, 1993.
- 1737
Siegrist, H., Gajcy, D., Sulzer, S., Roeleveld, P., Oswald, R., Frischknecht, H., Pfund, D., Mörgeli, B., Hungerbühler, E.: Nitrogen Elimination from Digester Supernatant with Magnesium-Ammonium-Phosphate Precipitation. In: «Chemical Water and Wastewater Treatment II». R. Klute, H. Hahn. (Eds.) Springer Verlag, Berlin 1992; 457-465.
- 1738
Gächter, R., Meyer, J.S.: The Role of Microorganisms in Mobilization and Fixation of Phosphorus in Sediments. *Hydrobiologia* 253, 103-121 (1993)
- 1739
Bossard, P., Uehlinger, U.: The Effect of Herbivorous Crustacean Zooplankton on Epilimnetic Carbon and Phosphorus Cycling. *Hydrobiologia* 254, 21-34 (1993)
- 1740
Eberhard, J., Semadeni, M., Stocker, D.W., Kerr J.A.: Photo-oxidation of VOCs under Simulated Tropospheric Conditions. In: «Proc. of EUROTRAC Symposium '92». P.M. Borrell et al (Eds.) Academic Publ., The Hague 1993; 367-371.
- 1741
van der Meer, J.R., Bosma, T.N.P., de Bruin, W.P., Harms, H., Holliger, C., Rijnaarts, H.H.M., Tros, Marijke E., Schraa, G., Zehnder, A.J.B.: Versatility of Soil Column Experiments to Study Biodegradation of Halogenated Compounds under Environmental Conditions. *Biodegradation* 3, 265-284 (1992)
- 1742
Münnich, M., Wüest, A., Imboden D.M.: Observations of the Second Vertical Mode of the Internal Seiche in an Alpine Lake. *Limnol. Oceanogr.* 37, 1705-1719 (1992)
- 1743
Boller, M.: Verfahren zur Abwasserfiltration. *ATV Schriftenreihe* Nr. 31, 35-64 (1992)
- 1744
Tschui, M., Boller, M., Gujer, W., Eugster, J., Mäder, Claudia: Tertiary Nitrification in Aerated Biofilter Reactors. In: «Proc. of the European Water Filtration Congress», Vol. 17, Oostende, Belgium, 15-16 March, 1993.
- 1745
Kohler, H.-P.E., Schmid, A., van der Maarel, M.: Metabolism of 2,2'-Dihydroxybiphenyl by *Pseudomonas* sp. Strain HBP1: Production and Consumption of 2,2',3-Trihydroxybiphenyl. *J. Bacteriol.* 175, 1621-1628 (1993)

Bücher in englisch

By René Schwarzenbach, Philip M. Gschwend, and Dieter Imboden, *Environmental Organic Chemistry*, John Wiley and Sons Inc., New York (1993) (ISBN: 0471-83941-8; 681 pp.) Price: 64.95 US\$

Environmental Organic Chemistry

von René P. Schwarzenbach, Philip M. Gschwend und Dieter M. Imboden

Durch den weltweit ständig zunehmenden Verbrauch an Rohstoffen, Energie und Raum wächst auch die Belastung der Umwelt durch anthropogene Substanzen. Die Verschmutzung von Wasser, Boden und Luft mit organischen Verunreinigungen wird daher ein vordringliches Thema des Umweltschutzes bleiben. Für alle, die sich mit den schwierigen und komplexen Fragen des Schicksals und der Verbreitung von organischen Chemikalien in der Umwelt befassen, ist das auf Englisch verfasste Buch 'Environmental Organic Chemistry' sowohl ein einführendes Lehrbuch als auch ein umfassendes Nachschlagewerk.

Als Lehrbuch der organischen Umweltchemie vermittelt dieses Werk Einsicht in die molekularen Wechselwirkungen und makroskopischen Transportphänomene, welche die zeitliche und räumliche Verbreitung von organischen Chemikalien bestimmen. Der Beschreibung der Thermodynamik und Kinetik von Verteilungsprozessen folgt eine Diskussion der chemischen, photochemischen und biologischen Reaktionen von organischen Schadstoffen in der Umwelt. Diese werden im letzten

Kapitel mit umweltrelevanten Transportprozessen kombiniert und in einfachen, aber vom Konzept her instruktiven Modellen zusammengefasst. Das Buch zeigt ausserdem, wie die Kenntnis der Struktur von organischen Molekülen angewandt werden kann, um sowohl die physikalischen Eigenschaften als auch die chemischen Reaktivitäten der jeweiligen Verbindung abschätzen zu können.

Die verschiedenen Kapitel oder Themen sind aufgeteilt in eher elementare und fortgeschrittene Abschnitte. Dadurch wird das Buch auch Leuten zugänglich, für die das Gebiet der organischen Umweltchemie Neuland ist, und bleibt für diejenigen mit mehr Erfahrung dennoch ein nützliches Arbeitsinstrument. Die vielen Literaturhinweise und eine ausführliche Bibliographie erleichtern dem Leser oder der Leserin den Einstieg in ein bestimmtes Gebiet, und umfangreiche Tabellen mit umweltrelevanten Konstanten machen dieses Buch zu einer wertvollen Quelle von Informationen für die Abschätzung von Risiko und Gefahrenpotential künstlich hergestellter Stoffe.

Inhalt:

1. Introduction
 2. An introduction to environmental organic chemicals
 3. Background thermodynamics
 4. Vapor pressure
 5. Aqueous solubility and activity coefficient in water
 6. Air-water partitioning: the Henry's Law constant
 7. Organic solvent/water partitioning: the octanol/water partition constant
 8. Organic acids and bases: Acidity constant and partitioning behavior
 9. Diffusion
 10. The gas-liquid interface: Air-water exchange
 11. Sorption: Solid-aqueous solution exchange
 12. Chemical transformation reactions
 13. Photochemical transformation reactions
 14. Biological transformation reactions
 15. Modeling concepts
- Appendix
Bibliography

John Wiley and Sons Inc., New York
(1993) (ISBN: 0471-83941-8; 681 pp.)
Price: 64.95 US\$

Bestelltalon

Ich wünsche die EAWAG-NEWS in der folgenden Sprache regelmässig zu erhalten

deutsch französisch englisch

Ich gebe eine Adressänderung bekannt

(bisherige Adresse)

Bitte schicken Sie mir die Publikationen (Nr.)

Absender

Bibliothek EAWAG
CH-8600 Dübendorf

Datum und Unterschrift