

Von der Entsorgung zum Stoffhaushalt

Peter Baccini

Die Beziehungen des Menschen zu seiner Umwelt werden in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen, wie z. B. der Ökonomie, Ökologie, Soziologie oder Anthropologie untersucht. Dabei stehen meist die kulturellen Werte im Vordergrund. Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den «Unwerten» ist relativ neu. Erst die durch Abfallprodukte entstehenden Umweltprobleme haben klar gemacht, dass die Untersuchung der Beziehung «Mensch – Umwelt» mit Hilfe der Abfälle nicht nur der Archäologie vorbehalten bleiben darf.

Die EAWAG beschäftigt sich seit bald 30 Jahren mit der Entsorgung fester Abfallstoffe und erfährt dabei, wie die rasante Entwicklung in der Produktion von mehr und neuartigen Produkten neue Massstäbe für die angewandte Forschung setzt. Die Möglichkeiten und die Rolle der EAWAG in diesem Bereich mussten ständig neu überdacht werden. Die Abteilung «Feste Abfallstoffe» erhielt deshalb 1983 einen neuen Auftrag.

1. Von der Praxis zur Forschung: ein Rückblick

Die letzten drei Jahrzehnte der schweizerischen Volkswirtschaft waren geprägt von einem exponentiellen Wachstum der Energie- und Materieflüsse. In diesem Zeitraum stieg auch die Kehrichtmenge pro Kopf und Jahr von ca. 120 kg auf 360 kg. Es mussten rasche und effiziente regionale Lösungen gefunden werden, um die stetig steigenden Abfallfrachten zu entsorgen. Die «Praxis», nämlich *öffentlich-rechtliche Körperschaften* und *private Unternehmer*, haben rechtzeitig Lösungen gefunden und diese erfolgreich durchgesetzt. In dieser Periode lag das Schwergewicht der Forschung auf verfahrenstechnischen Fragen. Schrittmacher in der Abfallbewirtschaftung war jedoch nicht die Forschung, sondern die Praxis.

De la gestion au bilan économique des déchets

Peter Baccini

Nombreuses sont les disciplines scientifiques qui s'occupent d'investiguer les rapports qui lient l'homme à son environnement. Citons comme exemples l'économie, l'écologie, la sociologie et l'anthropologie. Dans ces études, ce sont le plus souvent les valeurs culturelles qui prévalent. La considération de «non-valeurs» est un fait relativement nouveau. Ce n'est que le jour où nos déchets commencèrent à menacer notre environnement qu'il fut admis que la recherche sur les rapports de l'homme avec son environnement ne relève pas de la seule archéologie.

L'EAWAG s'occupe depuis bientôt 30 ans de la gestion des déchets solides. Par là, elle a appris à quel point la croissance explosive de la production de produits plus nombreux et nouveaux impose de nouvelles normes aux recherches appliquées. Les possibilités et le rôle de l'EAWAG dans ce domaine doivent être constamment repensés. C'est pourquoi le Département des Déchets Solides s'est vu attribuer une nouvelle tâche en 1983.

1. De la pratique à la recherche: rétrospective

Les trois dernières décennies de l'économie nationale suisse ont été marquées par une croissance exponentielle du flux d'énergie et de matière. Pendant cette même période, la quantité de déchets par habitant et par année s'est élevée de 120 kg à 360 kg. Il fallut donc trouver des solutions régionales rapides et efficaces pour faire face aux charges croissantes de déchets. La «pratique», à savoir des *personnes morales de droit public* et des *entreprises privées*, trouva des solutions à temps et sur les exploiter. A cette époque, la recherche avait porté son attention sur des problèmes de technique des procédés. Ce n'est donc pas elle qui fit progresser la gestion des déchets, mais bien la pratique.

2. Von der Forschung zur Praxis: Standortbestimmung und Auftrag

Zwischen 1950 und 1980 entwickelte sich die wissenschaftliche Erforschung der Umwelt in eine neue Richtung. Teile unserer Umwelt wie Flüsse und Seen, Wälder und Wiesen werden heute als biologische Systeme begriffen, deren optimales Funktionieren von den eingeführten Energie- und Materieflüssen abhängig sind. Die ökosystemare Forschung führt auch zu Modellen, welche die Belastungsgrenzen bezüglich eines Element- oder Verbindungsflusses abschätzen können.

Wir müssen heute feststellen, dass diese Art der Forschung zur «Späterkennung» von Problemen führt. Die ökologische Beurteilung von Stoffflüssen, welche aus neuen volkswirtschaftlichen Aktivitäten entstehen, wurde nicht umfassend durchgeführt. Die «Späterkennung» von Umweltschäden bedingt aber meist eine neue aufwendige volkswirtschaftliche Leistung, um die belasteten Ökosysteme zu schützen. Oft sind dies Massnahmen, welche aus relativ kurzfristigen ökonomischen Überlegungen nicht an der Quelle, sondern kurz vor der Senke getroffen werden. Beispiele dafür sind der Bau von Kläranlagen für die Abwässer und die verbesserte Rauchgasreinigung bei Kehrlichtverbrennungsanlagen.

Somit drängt sich die Forderung nach einer Forschung auf, welche Methoden für eine «Früherkennung» im Bereich des nationalen Stoffhaushaltes entwickelt. Die Abfallwirtschaft muss als ein Teil der gesamten Volkswirtschaft begriffen werden. Die Abteilung «Feste Abfallstoffe» wird sich deshalb künftig in ihrer Forschung auf die Erarbeitung von *ökologischen* (naturwissenschaftlichen) und *ökonomischen* (volkswirtschaftlichen) Grundlagen zur

- Bewirtschaftung von Abfällen
- Steuerung der Materieflüsse im Raume Schweiz
- Entsorgung (Endlagerung) von Abfällen

konzentrieren.

An der EAWAG herrscht bereits ein Forschungsklima, in dem solche multidisziplinäre Projekte entwickelt werden können.

2. De la recherche à la pratique: où nous en sommes et où nous voulons aller

De 1950 à 1980, la recherche scientifique sur l'environnement prit une nouvelle direction. Une partie de notre environnement, comme les fleuves et les lacs, les forêts et les prairies, furent considérés comme des systèmes biologiques, dont le fonctionnement optimum dépend des flux d'énergie et de matière qui y sont introduits. La recherche sur les écosystèmes conduisit à l'élaboration de modèles pouvant évaluer les limites de charge d'une matière ou d'un composé.

Toutefois, nous devons admettre aujourd'hui que cette façon de procéder conduit à une *connaissance tardive* des problèmes. L'analyse écologique des flux de matière qui apparaissent avec les nouvelles activités de l'économie nationale n'a pas été faite de façon approfondie. La reconnaissance tardive des nuisances causées à l'environnement entraîne souvent un travail coûteux de la part de l'économie nationale pour protéger les écosystèmes surchargés. De plus, il s'agit souvent là de mesures qui, issues d'une réflexion économique à court terme, tendent à limiter les dégâts plutôt qu'à attaquer le mal à sa source. La construction de stations d'épuration pour les eaux usées et l'amélioration apportée à l'épuration des fumées dans les usines d'incinération des ordures en sont des exemples.

D'où la nécessité de développer une recherche axée sur des méthodes de «*détection précoce*» dans le domaine de la gestion des déchets. La politique économique des déchets doit faire partie de la politique économique globale du pays. C'est pourquoi, dorénavant, le Département des Déchets Solides de l'EAWAG concentrera ses efforts sur l'élaboration de principes écologiques et économiques, qui porteront sur les points suivants:

- le contingentement des déchets
 - le contrôle des flux de matière sur le territoire helvétique
 - la gestion des déchets (évacuation et stockage définitif).
- A l'EAWAG, il règne déjà un climat de recherche favorisant de pareils projets multidisciplinaires.

Fig. 1

Die Änderung der Entropie eines Stoffes im Fluss durch die Anthroposphäre

Für jeden Stoff müssten jene Wege gefunden werden, die eine möglichst geringe Entropiezunahme bis zur Rückführung in die Ökosysteme bedingen. Dabei ist zu beachten, dass die Wege nach II und III zusätzliche Energie bedingen, die noch andere Stoffflüsse bewirkt. Ist z. B. Weg nach I der günstigste, so muss der Fluss an der Quelle reduziert werden, falls das Ökosystem I zu stark belastet wird.

- 1) Bsp. Chlorid in der Hydrosphäre
- 2) Bsp. Stickstoff aus organischen Abfällen im Kompost
- 3) Bsp. Eisen in metallischer Form

La variation de l'entropie d'une substance en passant l'anthroposphère

Pour chaque substance il faudrait trouver les chemins qui permettent une augmentation de l'entropie la plus petite que possible jusqu'au retour aux écosystèmes. Les chemins conduisant à II et III demandent de l'énergie supplémentaire qui effectue de nouveaux flux de matière. Par exemple si le chemin conduisant à I était le plus favorable, du point de vue énergétique, il faudrait réduire le flux à la source pour éviter une surcharge éventuelle de l'écosystème I.

- 1) Ex. chlorure dans l'hydrosphère
- 2) Ex. azote des déchets organiques dans le compost
- 3) Ex. fer sous forme métallique

3. Von der Entsorgung zum nationalen Stoffhaushalt: Ausblick und Programm

Die Abteilung strebt eine massgebende Rolle in der Entwicklung von Abfallbewirtschaftungskonzepten an. Ihre Forschung ist praxisorientiert und auf folgenden Grundsätzen aufgebaut:

- I) Die Emissionen in die Ökosysteme sind zu verkleinern.
- II) Die «Entropieproduktion» in der Abfallbewirtschaftung ist zu *vermindern* (Fig. 1).
- III) Die Abfallbewirtschaftung erfolgt nach den Regeln der *freien Marktwirtschaft*.

Die Kombination der Grundsätze I und III schafft einen Zielkonflikt, der mit den gesetzlichen Rahmenbedingungen des neuen Umweltschutzgesetzes gelöst werden muss.

In den kommenden Jahren soll mit Schwergewicht die Abfallbewirtschaftung einer Region untersucht werden. Es soll für diese Region eine *optimale Lösung* bezüglich *Wirtschaftlichkeit*, *Umweltbelastung* und *politischer Realisierbarkeit* entwickelt werden. Die Erkenntnisse aus diesem Projekt sollen laufend eingesetzt werden, um

- a) andere Regionen der Schweiz zu beraten
- b) Wissenslücken in der Abfallbewirtschaftung zu eruieren und weitere anwendungsorientierte Projekte zu initiieren.

Die ersten methodischen Vorarbeiten für dieses Projekt wurden bereits geleistet. Die Zusammenarbeit folgender Disziplinen wird innerhalb der Abteilung und der EAWAG angestrebt: Naturwissenschaften (Chemie, Biologie), Verfahrenstechnik, Informatik und Ökonomie.

3. De la gestion au bilan économique des déchets sur le plan national: perspectives et programme

Le Département s'efforce de jouer un rôle déterminant dans le développement de nouveaux concepts concernant la gestion des déchets. Ses recherches sont orientées vers la pratique, et se basent sur les principes suivants:

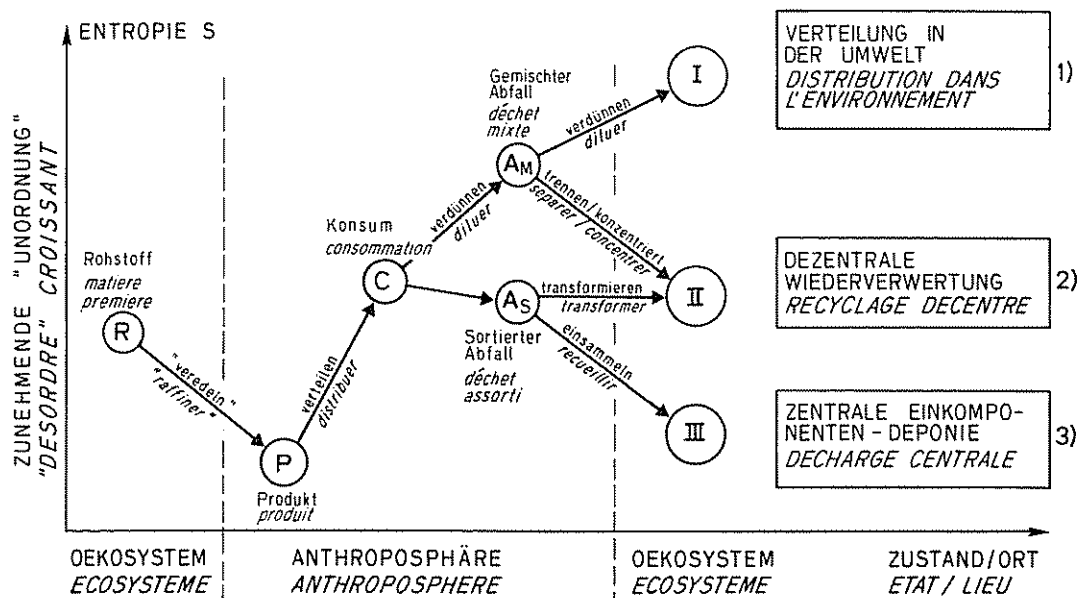
- I. Il faut réduire les *émissions* de matières dans nos écosystèmes
- II. Il faut réduire la «production d'entropie» liée à notre façon de traiter les déchets.
- III. La politique économique des déchets suit les lois de la libre concurrence.

La combinaison des principes I et III crée un conflit qui devrait être résolu par les conditions de base de la nouvelle ordonnance sur la protection de la nature.

Dans les années à venir, il faudra que la recherche se concentre sur l'étude politico-économique d'une région déterminée. Puis il faudra développer une solution optimale qui tienne compte de la rentabilité, de la charge sur l'environnement et des possibilités politiques de réalisation de cette région. Les résultats obtenus au cours de ce projet seront utilisés au fur et à mesure pour:

- a) conseiller d'autres régions de Suisse
- b) tirer au clair les lacunes dans le domaine de la gestion des déchets, et initier de nouveaux projets axés sur la pratique.

Les travaux préliminaires systématiques pour ce projet ont déjà été effectués. Dans le cadre du Département et de l'EAWAG, on aspire à une collaboration entre les disciplines suivantes: sciences naturelles (chimie, biologie), technique des procédés, informatique et économie.



Die Auswirkung von Ozon auf chlor- und bromidhaltiges Wasser

Werner R. Haag und Jürg Hoigné

Viele Trinkwasserwerke, insbesondere der Schweiz und ihrer Nachbarländer, setzten zur Desinfektion oder Verbesserung der chemischen Wasserqualität Ozonungsverfahren ein. Häufig wird dann in vor- oder nachgeschalteten Aufbereitungsstufen noch zusätzlich Chlor angewandt. Interferiert aber Ozon mit Chlor, so wird die Wirkung beider Oxidationsmittel entsprechend geschmälert. Wie rasch reagieren nun solche Oxidationsmittel in der Praxis miteinander? In anderen Fällen wird im Ausland Ozon auch zur Behandlung von Trinkwassern eingesetzt, die Spuren von Bromid enthalten. Es wird selbst diskutiert, inwiefern der Einsatz von Ozon zur Entkeimung von bromidhaltigem Meerwasser, das für Kühlzwecke oder Fischzuchtanlagen eingesetzt wird, vorteilhaft ist. Werden in diesen Fällen Bromidionen nicht einfach zu «Aktivbrom» oxidiert? Wie rasch wird dieses Brom in Bromat überführt? Auch solche Fragen interessieren, denn die Bildung von «Aktivbrom» kann nicht nur die analytische Bestimmung der Ozonkonzentration stören, sondern in Gegenwart organischer Wasserverunreinigungen zur Bildung unerwünschter bromhaltiger Verbindungen, wie zum Beispiel zur Bildung von Bromoform führen. Im folgenden möchten wir aufzeichnen, wie experimentell erarbeitete, reaktionskinetische Grundlagendaten für Vorhersagen des Verhaltens chemischer Oxidationsmittel angewandt werden können.

1. Einwirkung des Ozons auf Chlor

Im Wasser liegt das Chlor in der Form des Hydrolysenproduktes, d. h. als unterchlorige Säure (HOCl) vor. (Für Spezierungen des Chlors s. Figur 1.) Dies ist eine schwache Säure, die bereits im pH-Bereich der Trinkwasser z. T. zum Hypochlorit (OCl⁻) dissoziiert.

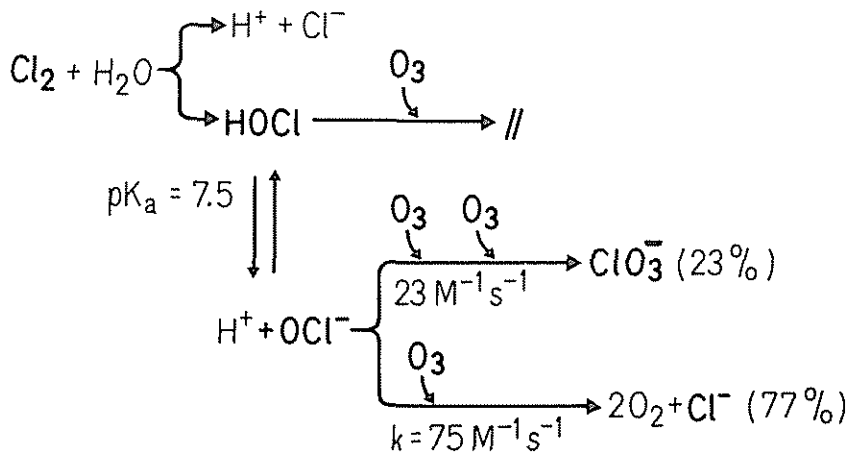


Fig. 1: Reaktionen des in Wasser gelösten Chlors mit Ozon.

Action de l'ozone sur l'eau chlorée ou contenant des traces de bromure

Werner R. Haag et Jürg Hoigné

De nombreuses installations d'eau potable, particulièrement en Suisse et dans ses pays limitrophes, ont été pourvues de procédés d'ozonisation pour désinfecter ou améliorer la qualité chimique de l'eau. Du chlore additionnel est fréquemment ajouté avant ou après cette phase de traitement. Cependant, l'ozone interfère avec le chlore, si bien que l'effet des deux oxydants diminue en conséquence. Avec quelle rapidité de tels oxydants réagissent-ils l'un avec l'autre dans la pratique? A l'étranger par ailleurs l'ozone est appliqué au traitement des eaux potables qui contiennent des traces de bromure. Il est même discuté dans quelle mesure il est avantageux d'utiliser l'ozone pour la désinfection de l'eau de mer contenant du bromure et qui peut être utilisée à des buts de refroidissement ou pour la pisciculture. Est-ce que dans ce cas, les ions bromures ne seront pas facilement oxydés en brome actif? Avec quelle rapidité ce brome se transformera en bromate? De telles questions intéressent vivement, car la formation de «brome actif» peut non seulement déranger le dosage de l'ozone, mais aussi conduire à la formation de composés bromés imprévisibles comme par exemple la formation de bromoforme. Nous voudrions démontrer ci-dessous comment, au niveau de l'expérience, des données de bases de réactions cinétiques élaborées peuvent être utilisées pour des prévisions de comportement de l'oxydant chimique.

1. Action de l'ozone sur le chlore

Dans l'eau, le chlore se présente sous forme de produit hydrolysé, c'est-à-dire comme acide hypochloreux (HOCl) (voir fig. 1). Celui-ci est un acide faible, qui déjà à une valeur de pH de l'eau potable se dissocie en partie en ion hypochlorite (OCl⁻).

Réactions du chlore soluble dans l'eau avec l'ozone.

Unsere reaktionskinetischen Messungen ergaben, dass Ozon mit Chlor nur reagiert, wenn letzteres zum Hypochlorit dissoziiert ist (die unterchlorige Säure ist durch die Protonierung gegenüber dem Ozon geschützt). Die Geschwindigkeit, mit der Ozon mit dem gesamten Chlor reagiert, steigt

Nos mesure de réactions cinétiques ont démontré que l'ozone réagit seulement avec le chlore, quand ce dernier est dissocié en ion hypochlorite. La vitesse, avec laquelle l'ozone réagit avec la totalité du chlore, s'accroît en suivant exactement le degré de dissociation α de l'acide hypochloreux,

demgemäss exakt mit dem Dissoziationsgrad α der unterchlorigen Säure, d. h., bis oberhalb pH 7 mit einem Faktor 10 pro pH-Erhöhung:

$$-\frac{d[O_3]}{dt} = 160 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1} \alpha[\text{HOCl}_{\text{tot}}] [O_3]$$

wobei:

$$\alpha = \frac{1}{1+10^{(7.5-\text{pH})}}$$

Wie Fig. 1 zeigt, reagiert das Hypochlorit mit Ozon über zwei verschiedene Reaktionswege. Nur über den einen, über den etwa 23% des Reaktionsgeschehens führt, bildet sich das unerwünschte Chlorat. Über den Hauptweg (77%) bildet sich lediglich Chlorid.

Unter Berücksichtigung dieser Beziehungen und der gemessenen Geschwindigkeitskonstanten ergeben sich für die Halbwertszeiten des Chlors bzw. des Ozons die in Fig. 2 angegebenen Verhältnisse: Wird im Wasser beispielsweise eine Ozonkonzentration von 1 mg/l aufrechterhalten, was der Grössenordnung der in Wasserwerken üblichen Konzentrationen entspricht, so beträgt die Halbwertszeit des Chlors bei pH 7-8 noch ungefähr 10 Minuten. Vergleichbare Verhältnisse ergeben sich für die Halbwertszeit des Ozons, falls die Chlorkonzentration auf einem etwas höheren Niveau (1,5 mg/l $\text{Cl}_{2,\text{tot}}$) gehalten wird. Dies bedeutet, dass die Reaktion zwischen diesen Oxidationsmitteln relativ langsam ist und mit dem primären Desinfektionsprozess kaum interferiert. Die Reaktion bewirkt jedoch, dass die Langzeitwirkung des Chlors vermindert wird und dies begünstigt u. U. eine Wiederverkeimung im Wasserverteilungsnetz.

Für die Fachleute ist noch anzumerken, dass «gebundenes Chlor», wie es bei der Chlorung ammoniumhaltiger Wasser gebildet wird, mit Ozon langsamer als das Hypochlorit reagiert [1].

c'est-à-dire, jusqu'au-dessus de pH 7 avec un facteur 10 par élévation de pH:

où:

$$\alpha = \frac{1}{1+10^{(7.5-\text{pH})}}$$

Comme la fig. 1 le démontre, l'ion hypochlorite réagit avec l'ozone suivant deux voies différentes de réaction. L'une, à peu près 23% de ce qui se passe dans la réaction, conduit à la formation indésirable de chlorate, l'autre la voie principale (77%) forme seulement le chlorure (Cl⁻).

En tenant compte de ces relations et des constantes de vitesse mesurées, il en résulte les rapports donnés dans la fig. 2 pour les temps de réaction du chlore respectivement de l'ozone. Si par exemple une concentration en ozone de 1 mg/l est maintenue dans l'eau, ce qui correspond à l'ordre de grandeur des concentrations habituelles des usines à eau, le temps de demi-vie du chlore à pH 7-8 se chiffre encore à peu près à 10 minutes.

Des rapports comparables sont obtenus pour le temps de demi-vie de l'ozone, au cas où la concentration en chlore est maintenue à un niveau légèrement supérieur (1,5 mg/l $\text{Cl}_{2,\text{tot}}$). Cela signifie, que la réaction entre ces oxydants est relativement lente, et interfère à peine sur le procédé de désinfection primaire. La réaction a cependant pour effet d'atténuer l'action du chlore à long terme, et ceci favorise, le cas échéant, une recontamination dans le réseau de distribution d'eau.

Pour les spécialistes, il faut encore mentionner que le chlore lié à l'ammoniaque, comme il est formé lors d'une chloration d'eau contenant de l'ammoniaque, réagit plus lentement avec l'ozone que l'ion hypochlorite [1].

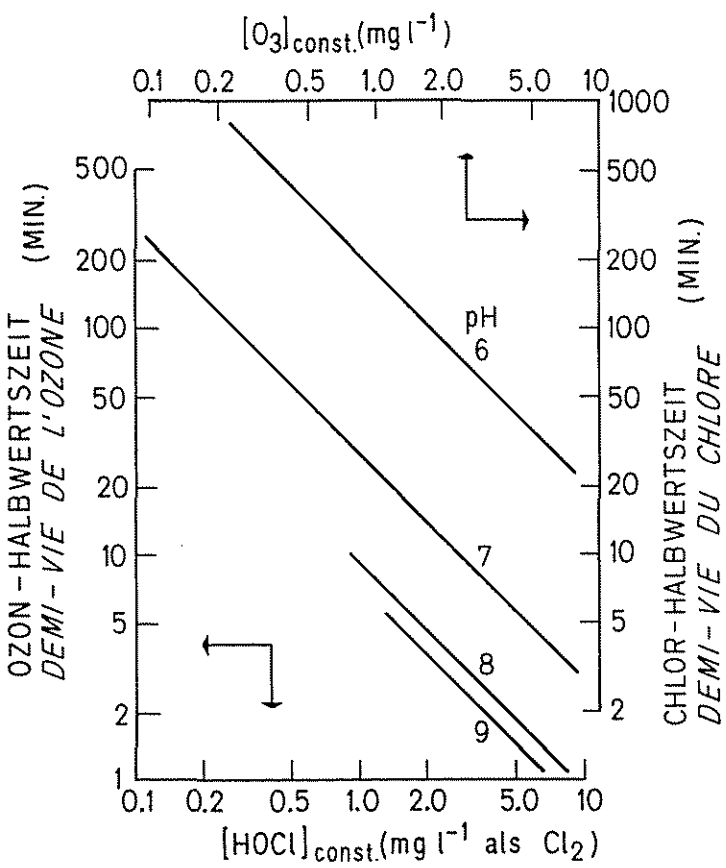


Fig. 2: Stabilität von Ozon und Chlor bei gleichzeitigem Vorhandensein in Wasser. Skalenpaar unten & links: Halbwertszeit des Ozons im Falle, dass die Chlorkonzentration konstant gehalten wird. Skalenpaar oben & rechts: Halbwertszeit des Chlors für den Fall, dass die Ozonkonzentration konstant gehalten wird.

Stabilité de l'ozone et du chlore en présence égale dans l'eau. Echelle en bas à gauche: période de réaction de l'ozone au cas où la concentration en chlore reste constante. Echelle en haut à droite: période de réaction du chlore dans le cas d'une concentration en ozone constante.

Tabelle 1 / Tableau 1: Typische Bromidkonzentrationen verschiedener Wasser [2] / Concentrations typiques de brome de différentes eaux [2]

Gewässer/Eaux	mg/l Br
Meerwasser / Eau de mer	65
Zürichsee / Lac de Zurich	0,006
Rhein (Basel) / Rhin (Bâle)	0,03
Rhein (Karlsruhe) / Rhin (Karlsruhe)	0,2
Niederrhein / Rhin (Pays-Bas)	0,06-0,8
5 grössere Flüsse / 5 grandes rivières (USA)	0,004-0,08
Belgien, Grundwasser / Eau souterraine (Belgique)	0,03-0,3
Belgien, Flüsse / Rivières (Belgique)	0,02-0,2
Diverse Mineralwasser (CH/F/BRD/B) / Diverses eaux minérales	≤ 2,4

2. Die Einwirkung des Ozons auf Bromid

Viele Wasser, die für die Aufbereitung von Trinkwasser, Schwimmbädern oder für Kühlzwecke desinfiziert werden, enthalten mindestens Spuren von Bromid (für Beispiele s. Tabelle 1). Wird ein solches Wasser einer Ozonung unterworfen, so wird das Bromid zu «Aktivbrom», d. h. zu Hypobromit (OBr^-) bzw. unterbromiger Säure (HOBr) aufoxidiert, das als sekundäres Oxidations- und Desinfektionsmittel wirkt. Aufgrund kinetischer Analysen an Modellösungen, die eine Trennung der einzelnen Reaktionswege erlaubten, konnten das gesamte Reaktionsmodell sowie die Geschwindigkeitskonstanten einer Kettenreaktion und der Einzelreaktionen bestimmt werden (siehe Fig. 3) [2]. Es zeigte sich, dass das vorerst gebildete «Aktivbrom» durch eine weitere Ozoneinwirkung weiter oxidiert wird.

Ähnlich wie im Falle der Reaktion des Chlors reagiert nur das Hypobromit und diese Reaktion führt nur z. T. direkt zum Bromation (BrO_3^-), dem Endprodukt der Oxidation. Der hauptsächlichste Reaktionsweg führt über eine Oxiverbindung und Sauerstoffabspaltung zum Halogenidion. Im Unterschied zum Chlorid kann jedoch das gebildete Bromid durch weiteres Ozon wieder zum Hypobromit aufoxidiert werden. Es bildet sich daher eine kleine Kettenreaktion aus, über welche ein Teil des Ozons wirkungslos verbraucht und die Endoxidation zum Bromat stark verzögert wird (siehe Fig. 4).

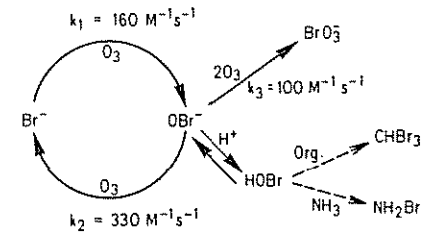
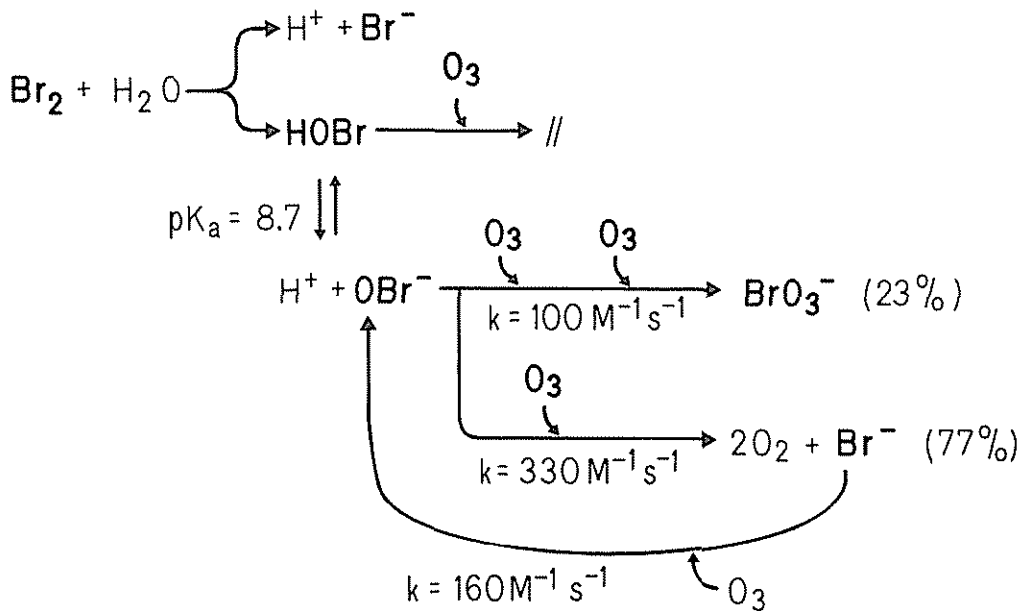


Fig. 3: Reaktionen des in Wasser gelösten Broms und Bromidions mit Ozon.

Réactions du brome en solution dans l'eau et des ions bromures avec l'ozone.

Wesentlich interessiert, welche Konzentration an «Aktivbrom» sich nun während einer Ozonung bromidhaltiger Wasser aufbaut. Aufgrund der kinetischen Daten berechnete und experimentell noch überprüfte Konzentrations-Zeit-Profile sind in Fig. 5 angegeben:

2. L'action de l'ozone sur le bromure

Beaucoup d'eaux qui sont désinfectées pour la préparation d'eau potable, piscines ou à but de refroidissement, contiennent au moins des traces de bromure (voir tableau 1 pour exemples).

Si l'eau d'une ozonisation est soumise à l'examen, le bromure est oxydé en «brome actif», c'est-à-dire en hypobromite (OBr^-), respectivement en acide hypobromeux (HOBr), qui agit comme agent de désinfection et d'oxydation secondaire. Sur la base d'analyses cinétiques de solutions modèles, qui ont permis une séparation des voies individuelles de réaction, on a pu déterminer le modèle de réaction total, ainsi que les constantes de vitesse d'une réaction en chaîne et les réactions individuelles (voir fig. 3) [2]. Il apparut que le «brome actif» formé préalablement était oxydé davantage par action ultérieure de l'ozone. De la même façon que dans le cas de la réaction du chlore seul l'ion hypobromite réagit, et cette réaction conduit seulement en partie, directement à l'ion bromate (BrO_3^-), le produit final de l'oxydation.

La voie de réaction la plus essentielle conduit à l'ion halogénure par l'intermédiaire d'un composé oxy et perte d'oxygène. A la différence avec le chlorure, le bromure formé peut cependant être à nouveau oxydé en hypobromite, par de l'ozone résiduel. Il se forme par conséquent une petite réaction en chaîne, pour laquelle une partie de l'ozone inopérant est consommé et l'oxydation finale en bromate est fortement retardée (voir fig. 4).

Fig. 4: Kettenreaktion der Ozonung bromid- bzw. bromhaltiger Wasser und Folgereaktionen der unterbromigen Säure.

Réaction en chaîne de l'ozonisation d'eau contenant des traces de bromure ou du brome et réactions consécutives de l'acide hypobromeux.

L'intérêt essentiel est de savoir quelle concentration en brome actif se forme alors pendant une ozonisation d'eau contenant des traces de bromure. Sur la base des données cinétiques, des profils temps-concentration calculés et encore expérimentalement contrôlés, sont représentés sur la fig. 5.

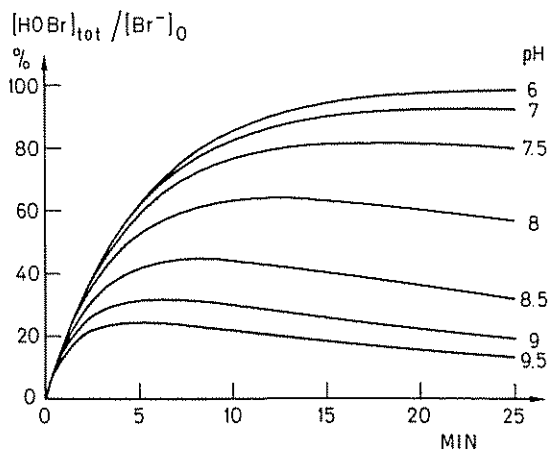


Fig. 5:
Verlauf der Konzentration des «Aktivbroms» während einer kontinuierlichen Ozonung eines bromidhaltigen Wassers. $[O_3] = 1 \text{ mg/l}$.
Evolution de la concentration en «brome actif» pendant une ozonisation continue d'une eau contenant du bromure. $[O_3] = 1 \text{ mg/l}$.

Nach einer Ozoneinwirkung von 1 mg/l während nur einigen Minuten wird ein wesentlicher Anteil des vorliegenden Bromids zu Aktivbrom oxidiert. Da dieses über eine Kettenreaktion in einem kinetischen Gleichgewicht mit Bromid steht, liegt jedoch immer nur ein Anteil des totalen Broms als Aktivbrom vor. Besonders bei erhöhten pH-Werten, bei denen dieses nicht durch die Protonierung zu HOBr vor einer Rückreaktion zum Bromid geschützt wird, wird sein Anteil wesentlich verringert. In für Trink- und Kühlwasser typischen pH-Gebieten (pH = 7–8) ist die Aktivbromkonzentration jedoch über eine längere Ozoneinwirkungszeit relevant.

Bei einer konventionellen analytischen Ozonbestimmung, die auf Oxidationswirkungen beruht, täuscht das gebildete Aktivbrom einen nicht vorhandenen Gehalt an Restozon vor. Insbesondere wird aber dieses Brom organische Wasserinhaltsstoffe bromieren, wenn auch in einem kleineren Ausmass als dies bei Chlorungsprozessen der Fall ist: experimentell liess sich in bromid- und huminsäurehaltigen Wassern nach Ozonzugabe Bromoform direkt nachweisen, siehe Fig. 6. Demgegenüber kann die Bildung von Bromphenolen in phenolhaltigen Wassern jedoch unberücksichtigt bleiben, denn das Ozon reagiert mit solchen Verbindungen, wie aus den von uns ermittelten Katalogen von Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten entnommen werden kann [3], mit über 1000 mal höheren Geschwindigkeiten als mit Bromid. Diese Phenole werden daher vor der Bildung von Aktivbrom oxidiert. Dies ist selbst in Meerwasser der Fall, obwohl hier wegen dem sehr hohen Bromidgehalt (65 mg/l) das eingetragene Ozon innerhalb von nur 6 Sekunden verbraucht wird. In dieser Beziehung ist eine Ozonbehandlung von Meerwasser gegenüber einem Chlorungsprozess vorteilhafter, obwohl in beiden Fällen als Sekundäroxidant das «Aktivbrom» gebildet wird.

Diese Überlegungen zeigen, dass reaktionskinetische Daten wesentliche Vorhersagen betreffend dem Verhalten von Oxidations- und Desinfektionsmitteln in der Wasseraufbereitung selbst im Falle sehr komplexer Zusammenhänge zulassen. Wir werden andernorts zeigen, wie mit Hilfe solcher kinetischer Daten sich auch gewisse Reaktionswege des atmosphärischen Ozons besser quantifizieren lassen.

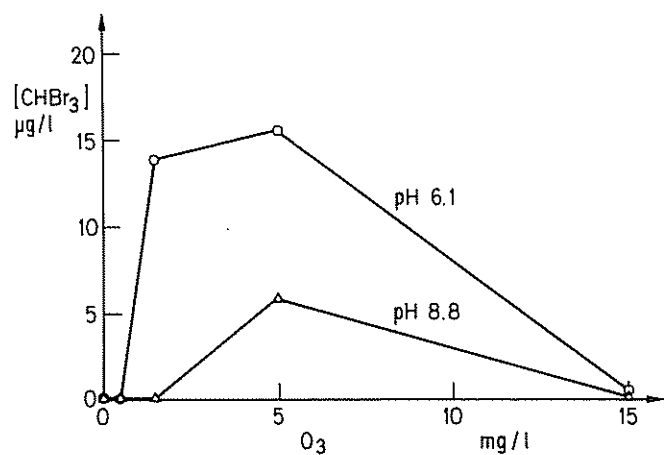


Fig. 6:
Bromoformbildung, 21 Stunden nach Zugabe von Ozon zu bromid- und huminsäurehaltigen Wassern gemessen. $[Br^-]_0 = 1 \text{ mg/l}$; $[Huminsäure]_0 = 2 \text{ mg/l}$; $[HCO_3^-] = 2 \text{ mmol/l}$.

Formation de bromoforme, 21 heures après introduction d'ozone dans de l'eau contenant du bromure et de l'acide humique. $[Br^-]_0 = 1 \text{ mg/l}$; $[acide\ humique]_0 = 2 \text{ mg/l}$; $[HCO_3^-] = 2 \text{ mmol/l}$.

Après action d'ozone, d'une concentration de 1 mg/l pendant seulement quelques minutes, une partie essentielle du bromure présent est oxydée en brome actif. Du fait de l'équilibre cinétique avec du bromure produit par une réaction en chaîne, une partie seulement du brome total se trouve sous forme de brome actif. En particulier dans le cas de valeurs de pH élevées, pour lesquelles ce dernier n'est pas protégé par la protonisation en HOBr de la réaction inverse vers le bromure, sa fraction sera essentiellement amoindrie. Pour des domaines de pH typiques à l'eau potable et de refroidissement (pH = 7–8), la concentration en brome actif est favorisée cependant par un temps d'action de l'ozone plus long. Lors d'un dosage analytique conventionnel d'ozone, qui repose sur des effets d'oxydation, le brome actif formé simule une teneur non présente en ozone résiduel. En plus, ce brome agit sur des matières organiques contenues dans l'eau. Expérimentalement le bromoforme est directement mis en évidence après addition d'ozone dans les eaux contenant des traces de bromure et de matières humiques (voir fig. 6). Par contre la formation de bromophénol dans les eaux contenant de traces de phénol peut rester cependant indétectable, car l'ozone réagit avec de tels composés, comme cela peut être relevé dans les catalogues que nous avons publiés sur les constantes de vitesse de réaction [3], avec des constantes de vitesse 1000 fois plus élevées qu'avec du bromure. Ces phénols sont oxydés par conséquent avant la formation de brome actif. Cela est même le cas dans l'eau de mer, bien qu'ici en présence d'une teneur en bromure très élevée (65 mg/l), l'ozone introduit est consommé dans l'espace de 6 secondes seulement. Ainsi, un traitement de l'eau de mer à l'ozone est plus avantageux qu'un procédé de chloration, bien que dans les deux cas du brome actif se forme comme oxydant secondaire.

Ces réflexions montrent que les données de réactions cinétiques permettent des prévisions essentielles sur le comportement d'agents d'oxydation et de désinfection dans la traitement de l'eau, même dans des cas très complexes. A l'aide de telles données cinétiques, il est même possible de mieux quantifier des voies connues de réaction de l'ozone atmosphérique.

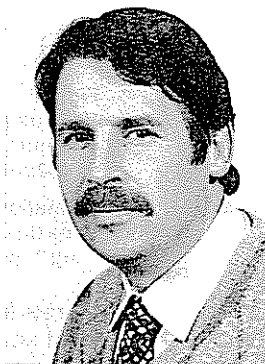
- [1] W.R. Haag & J. Hoigné, «Ozonation of Water Containing Chlorine or Chloramines», *Water Res.* 17, 1397–1402 (1983).
[2] W.R. Haag & J. Hoigné, «Ozonation of Bromide-Containing Waters; Kinetics of Formation of Hypobromous Acid and Bromate», *Environm. Sci. & Techn.* 17, 261–267 (1983); W.R. Haag, J. Hoigné & H. Bader, «Ozonung bromidhalti-

- ger Trinkwasser: Kinetik der Bildung sekundärer Bromverbindungen», *Vom Wasser* 59, 237–267 (1982).
[3] J. Hoigné & H. Bader, «Rate Constants of Reactions of Ozone with Organic and Inorganic Compounds; Part II: Dissociating Organic Compounds», *Water Res.* 17, 185–194 (1983).

Die Autoren

Von der Entsorgung zum Stoffhaushalt

Prof. Dr. sc. nat. Peter Baccini arbeitete nach dem Doktorat in der chemischen Industrie und im Planungsstab der Universität Luzern. Bis Oktober 1983 war er Leiter der Fachabteilung Multidisziplinäre Limnologische Forschung/ Erdwissenschaften am Seenforschungslaboratorium in Kastanienbaum (MLF) zusammen mit Dr. R. Gächter und Dr. D. Imboden, seither leitet er die Abteilung für Abfallstoffe an der EAWAG. Peter Baccini ist Prof. Associé für analytische und Umweltchemie an der Universität Neuchâtel und veröffentlichte zahlreiche Publikationen auf dem Gebiet der Chemie der natürlichen Gewässer, insbesondere Metalle, und über Stoffkreisläufe.



De la gestion au bilan économique des déchets

Après son doctorat, le Professeur Peter Baccini, Dr. es Sciences Nat., a travaillé dans l'industrie chimique et au comité de Planification de l'Université de Lucerne. Jusqu'en octobre 1983, il était membre du groupe dirigeant la division de Recherche Limnologique Multidisciplinaire/Sciences de la Terre au laboratoire de recherche lacustre de Kastanienbaum (MLF) et depuis l'automne dernier chef de la division des déchets solides à l'EAWAG. M. Peter Baccini est Professeur Associé au Département de Chimie analytique de l'Environnement à l'Université de Neuchâtel. On lui doit de nombreuses publications dans le domaine de la chimie des eaux naturelles, plus particulièrement en ce qui concerne les métaux, et sur les cycles naturels de certaines substances.

Die Auswirkung von Ozon auf chlor- und bromhaltiges Wasser

Dr. Werner R. Haag ist seit 1981 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Chemischen Abteilung der EAWAG. Er studierte Chemie am Massachusetts Institute of Technology und dissertierte 1981 an der University of Tennessee auf dem Gebiet reaktionskinetischer Beschreibung der Wasserchlorung.



Effet de l'ozone sur les eaux contenant du chlore et des bromides

Le Docteur Werner R. Haag est collaborateur au Département de Chimie de l'EAWAG depuis 1981. Il fit ses études de chimie au Massachusetts Institute of Technology et passa sa thèse de doctorat en 1981 à l'Université du Tennessee, dans le domaine de la description de la cinétique des réactions de chloration de l'eau.

Dr. sc. nat. Jürg Hoigné, Stellvertreter des Leiter der Chemieabteilung der EAWAG, hat sich nach seinem Doktorat in physikalischer Chemie in den USA und an der ETHZ auf dem Gebiete der Strahlenchemie spezialisiert. Nach 7 Jahren Forschungstätigkeit als Abteilungsleiter in einem Unternehmen für angewandte industrielle Forschung hat er sich im Laufe der letzten Jahre auf dem Gebiet der Ozonchemie und der reaktionskinetischen Beschreibung chemischer Prozesse der Wasseraufbereitung und Umweltchemie profiliert. Als Privatdozent für aquatische Chemie gibt er Vorlesungen in chemischer Verfahrenstechnik in der Wasser- und Abwassertechnologie und in Chemie der Trinkwasserhygiene an der ETHZ.



Jürg Hoigné, Dr. es Sciences Nat., Adjoint du Directeur du Département de Chimie de l'EAWAG s'est spécialisé après son doctorat en chimie physique dans les domaines de la chimie de radiations en USA et à l'EPFZ. Après 7 années de travail auprès une compagnie pour les recherches industrielles il s'est distingué au cours des années écoulées par ses travaux de chimie de l'ozone et de la description cinétique des réactions des processus chimiques du traitement des eaux et de la chimie de l'environnement. En tant que privat-docent en chimie aquatique, il donne des cours de technique des procédés en technologie des eaux et des eaux usées et en chimie de l'eau potable à l'EPFZ.

Neues über die EAWAG und ihre Mitarbeiter

Herr Dr. Kurt Grob, Privatdozent und wissenschaftlicher Adjunkt der EAWAG, wurde vom Bundesrat in Würdigung seiner Verdienste mit dem Professorentitel ausgezeichnet. Prof. Dr. Grob hat grosse Verdienste auf den Gebieten der Didaktik der Mittelschulen und der Entwicklung der Kapillar-Gaschromatographie für die er zwei Ehrendoktoren, von der Uni Bern und der ETHZ Zürich, erhielt. Er erteilt in der ganzen Welt Unterricht und gibt Kurse über Gaschromatographie zur Trennung von Umweltchemikalien. In all diesen Aktivitäten wird er von seiner Frau und zum Teil von seinen Söhnen unterstützt. Diese Zusammenarbeit drückt sich in den zahlreichen Publikationen mit den Autoren Grob, Grob und Grob aus.



Dr. René P. Schwarzenbach hat sich mit der Arbeit «Untersuchungen über das Verhalten und das Schicksal hydrophober Verbindungen in der aquatischen Umwelt – generelle Konzepte und Fallstudien mit besonderer Berücksichtigung der flüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe» (Assessing the behavior and fate of hydrophobic organic compounds in the aquatic environment – general concepts and case studies emphasizing volatile halogenated hydrocarbons) im Lehrgebiet der Umweltwissenschaften (Chemische Richtung) an der ETHZ (Abt. X) habilitiert. Nach dem Doktorat bei Prof. W. Simon (1973) war Dr. Schwarzenbach zwei Jahre wissenschaftlicher Mitarbeiter am Org.-Chem. Institut der ETHZ. Anschliessend verbrachte er zwei Jahre als «Visiting Investigator» am Ozeanographischen Institut in Woods Hole, Mass., USA. 1977 trat er in die Chemische Abteilung der EAWAG ein und im Herbst 1983 wurde er als Mitglied ins Leitergremium der Fachabteilung Multidisziplinäre Limnologische Forschung/Erdwissenschaften (MLF) gewählt.



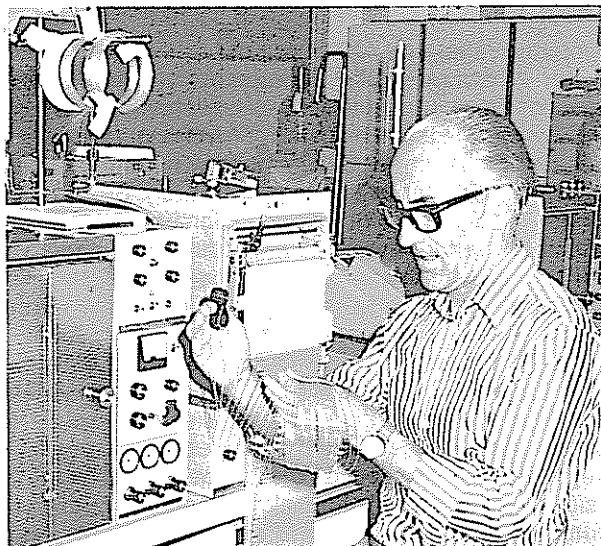
Dr. Andreas Frutiger erhielt am ETH-Tag für seine Dissertationsarbeit «Untersuchungen zur Ökologie der räuberischen Steinfliege *Dinocras cephalotes* Curt (Plectoptera: Perlidae) in einem Fliessgewässer der Schweizerischen Voralpen» den «Otto-Jaag-Gewässerschutzpreis».

Dr. Johannes Stähelin, zurzeit an der Universität von Colorado, USA, vorher Doktorand an der EAWAG, erhielt von der ETH Zürich für seine vorzügliche Doktorarbeit über den «Ozonzerfall in Wasser» die Silbermedaille der ETH. – Wir gratulieren den beiden Preisträgern zu den Auszeichnungen.

Pendant la journée EPF, Andreas Frutiger a reçu pour sa dissertation le prix Otto Jaag.

Johannes Stähelin, actuellement à l'Université du Colorado, USA, et antérieurement candidat au doctorat à l'EAWAG a reçu pour sa dissertation la médaille d'argent de l'EPF. – Nos félicitations aux deux lauréats.

Nouvelles concernant l'EAWAG et ses collaborateurs



Le Docteur Kurt Grob, privat-docent et adjoint scientifique de l'EAWAG, se vit descerner le titre de professeur par le Conseil Fédéral. Le Professeur Grob s'est distingué dans le domaine de la didactique au niveau des moyennes écoles et dans celui du développement de la chromatographie capillaire en phase gazeuse, pour lequel il a reçu deux doctorats honoris causa, l'un de l'Université de Berne, et l'autre de l'EPFZ. Il enseigne dans le monde entier et donne des cours sur les chromatographies en phase gazeuse pour la séparation des composés chimiques de l'environnement. Dans toutes ses activités, il est secondé par sa femme et parfois par ses fils. Cette collaboration se manifeste par les nombreuses publications faites au noms de Grob, Grob et Grob.

Le Docteur René P. Schwarzenbach a été nommé privat-docent pour les sciences de l'environnement (orientation chimie) à l'EPFZ (Département X) grâce à son travail: «Recherche sur le comportement et le sort de composés organiques hydrophobes dans l'environnement aquatique – concepts généraux et cas particuliers, avec accent porté sur les hydrocarbures halogénés volatiles». Après son doctorat chez le Professeur W. Simon, M. Schwarzenbach fut collaborateur scientifique à l'Institut de Chimie Organique du l'EPFZ pendant deux ans, puis deux ans «Visiting Investigator» à l'Institut Océanographique de Woods Hole, Mass., USA. En 1977, il devint collaborateur du Département de Chimie de l'EAWAG et en automne 1983, il fut élu membre du groupe dirigeant la division de Recherche Limnologique Multidisciplinaire/Sciences de la Terre (MLF).



Methoden der Probenahme und Messung atmosphärischer Depositionen

Zur Untersuchung und Abklärung der Auswirkungen atmosphärischer Spurenstoffe auf meteorologische Prozesse und bei der Einwirkung auf Böden, terrestrische und aquatische Ökosysteme ist man auf zuverlässige, quantitative und praktikable Verfahren zur Bestimmung von Art und Ausmass atmosphärischer Depositionen von Säuren, Basen, säurebildenden Anionen, von Schwermetallen und ausgewählten organischen Verbindungen angewiesen. Im Rahmen des mehrjährigen Nationalen Forschungsprogrammes «Luft-haushalt» beteiligt sich auch die EAWAG mit einem Projekt, dessen Ziel es ist, verbesserte Verfahren zur Probenahme und Analytik atmosphärischer Depositionen zu entwickeln. Die erhaltenen Resultate sollen es ermöglichen, die atmosphärischen Reaktionsabläufe und die chemischen und physikalischen Prozesse bei der Säurebildung und bei der Ausregnung und Trockendeposition besser zu verstehen, und sie sollen gestatten, die ökologischen und chemischen Wirkungen der Immissionsstoffe zu interpretieren.

Je nach Element oder Verbindung sind nur einzelne von folgenden Depositionsarten von Bedeutung:

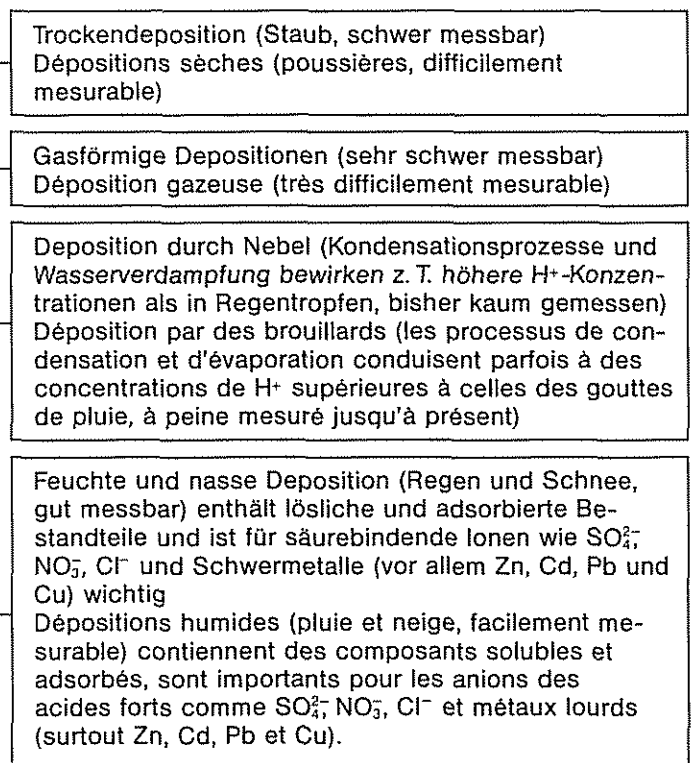
Gesamtniederschlag
(in $\text{mg m}^{-2} \text{Tag}^{-1}$ oder $\text{Mol m}^{-2} \text{Tag}^{-1}$)
(gut messbar für einfache Fälle)
Précipitations totales
(en $\text{mg m}^{-2} \text{jour}^{-1}$ ou $\text{Mol m}^{-2} \text{jour}^{-1}$)
(facilement mesurable dans les cas simples)

Méthodes de collection d'échantillons et de mesure des dépôts atmosphériques

Afin de mieux comprendre et expliquer les effets d'éléments traces contenus dans l'atmosphère sur les processus météorologiques, de même que sur les sols et les écosystèmes terrestres et aquatiques, il faut disposer de méthodes fiables, quantitatives et pratiques pour la détermination qualitative et quantitative des dépôts atmosphériques d'acides, de bases, d'anions formant des acides, de métaux lourds et de composés organiques spécifiques. Dans le cadre du programme national de recherche «Cycle et pollution de l'air en Suisse» qui s'étale sur plusieurs années, l'EAWAG s'occupe aussi d'un projet, dont le but consiste à développer de meilleures méthodes pour la collection d'échantillons et pour l'analyse des dépôts atmosphériques.

Les résultats obtenus devraient permettre de mieux comprendre l'enchaînement des réactions atmosphériques et les processus physico-chimiques lors de la formation d'acides, de précipitations et de dépôts secs. Ils devraient aussi permettre d'interpréter les effets écologiques et chimiques des immissions dues aux précipitations.

Selon l'élément ou le composé considéré, seules certaines des voies de dépôts exposées ci-dessous sont importantes:



EAWAG-Publikationen

Korrekturen und Ergänzungen

937
Haag W.R. Hoigné, J.: Ozonation of Water Containing Chlorine or Chloramines. *Water Research*, 17, 1397–1402 (1983).

943
Jones, D.M., Douglas, A.G., Taylor, J., Giger, W., Schaffner, C.: The Recognition of Biodegraded Petroleumderived Aromatic Hydrocarbons in Recent Marine Sediments. *Marine Poll. Bull.* 14, 103–108 (1983).

947
Grob, K.: An Attempt to Extend Ordinary Capillary Gas Chromatography to Supercritical Fluid Chromatography (SFC). *J. HRC & CC* 6, 178–184 (1983).

950
Stumm, W., Schwarzenbach, R., Sigg, Laura: From Environmental Analytical Chemistry to Ecotoxicology – a Plea for More Concepts and Less Monitoring and Testing. *Angew. Chemie, Int. Ed.*, 22, 380–389 (1983).

953
Bundi, U.: Stand und Perspektiven der Gewässerschutzforschung in der Schweiz. *Schweiz. Ing. & Architekt* 101, 629–632 (1983).

Neue Publikationen

954
Koch, M., Dolfing, J., Wuhrmann, K., Zehnder, A.J.B.: Pathways of Propionate Degradation by Enriched Methanogenic Cultures. *Appl. & Env. Microbiol.* 45, 1411–1414 (1983).

955
Stumm, W., Furrer, G., Kunz, B.: The Role of Surface Coordination in Precipitation (Heterogenous Nucleation) and Dissolution of Mineral Phases. *Croatica Chemica Acta* 56, 593–611 (1983).

956
Ingvorsen, K., Zehnder, A., Jørgensen, B.B.: Kinetics of Sulfate and Acetate Uptake by *Desulfobacter postgatei*. *Appl. Env. Microbiol.* (1984).

957
Imboden, D.M., Lemmin, U., Joller, T., Schurter, M.: Mixing Processes in Lakes; Mechanisms and Ecological Relevance. *Schweiz. Z. Hydrol.* 45, 1, 11–44 (1983).

958
Mechsner, K.: The Influence of the Dissolved Oxygen Concentration on the Physiology and Ecology of *Sphaerotilus natans* Kütz. *Oecologia* 60, 18–20 (1983).

959
Staehelin, J., Hoigné, J.: Reaktionsmechanismus und Kinetik des Ozonzerfalls in Wasser in Gegenwart organischer Stoffe. *Vom Wasser*, 61, 337–348 (1983).

960
Giger, W., Schwarzenbach, R., Hoehn, E., Schellenberg, K., Schneider, J.K., Wasmer, H.R., Westall, J., Zobrist, R.: Das Verhalten organischer Wasserinhaltsstoffe bei der Grundwasserbildung und im Grundwasser. *Gas-Wasser-Abwasser* 63, 517–531 (1983).

961
Leuenberger, Ch., Coney, R., Graydon, J.W., Molnar-Kubica, Eva, Giger, W.: Schwer abbaubare organische Stoffe in Abwässern der Zellstoffherstellung: Auftreten und Verhalten in einer biologischen Kläranlage. *Chimia* 37, 345–354 (1983).

962
Gächter, R., Imboden, D., Bühner, H., Stadelmann, P.: Mögliche Massnahmen zur Restaurierung des Sempachersees. *Schweiz. Z. Hydrol.* 45, 1, 247–266 (1983).

963
Zehnder, A.: 8. Symposium über Fragen der Cyanophyten-taxonomie im Seenforschungs-Institut der ETHZ/EAWAG in Kastanienbaum (Schweiz), 2.–15. August 1979. *Verhandlungsbericht. Schweiz. Z. Hydrol.* 45, 1, 268–310 (1983).

964
Gujer, W., Krejci, V., Fleckseder, H.: Tropfkörper und Tauchtropfkörper bei kleinen Abwasserreinigungsanlagen. *Gas-Wasser-Abwasser* 63, 330–341 (1983).

965
Bundi, U.: Water Protection in Switzerland. *Water Quality Bull.* 8, 213–218 (1983).

966
Sigg, Laura, Sturm, M., Davis, Joan, Stumm, W.: Metal Transfer Mechanisms in Lakes. *Thalassia Jugoslavica* (ca. 1984).

967
Hoehn, E., Zobrist, J., Schwarzenbach, R.: Infiltration von Flusswasser ins Grundwasser – hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen im Glattal. *Gas-Wasser-Abwasser* 63, 401–410 (1983).
%

- 968
Grob, K., Grob, Gertrud: Practical Aspects of the Dependence of Polarity on Temperature. *Chromatographia* 17, 481-485 (1983).
- 969
Furrer, G., Stumm, W.: The Role of Surface Coordination in the Dissolution of δ -Al₂O₃ in Dilute Acids. *Chimia* 37, 338-341 (1983).
- 970
Motschi, H., Rudin M.: ²⁷Al ENDOR Study of VO²⁺ Adsorbed on δ -Alumina: Direct Evidence for Inner Sphere Coordination with Surface Functional Groups. *J. Amer Chem. Soc.* (ca. 1984).
- 971
Kohler, H.P., Ahring, B., Albella, A., Ingvorsen, K., Keweloh, H., Laczko, E., Stupperich, E., Tomei, F.: Bacteriological Studies on the Sulfur Cycle in the Anaerobic Part of the Hypolimnion and in the Surface Sediments of Rotsee in Switzerland. *FEMS Microbiology Letters* (ca. 1984).
- 972
Eichenberger, E., The Effect of the Seasons on the Growth of *Ranunculus fluitans*. *Lam. Proc. Int. Sympos. on Aquatic Macrophytes*, 18-23 Sept. 1983, Nijmegen/NL.
- 973
Brunner, P.H., Zobrist, J.: Die Müllverbrennung als Quelle von Metallen in der Umwelt. *Müll & Abfall* 15, 9, 221-227 (1983).
- 974
Eichenberger, E., Schlatter, A., Weilenmann, H.-U.: The Effect of Different Sources of Dissolved Organic Carbon on the Development of Running Water Microphytic Communities. *Coll. Int. CNRS No. 331, Bactériologie Marine*, Marseille 1982.
- 975
Motschi, H.: Cu(II) Bound to Hydrous Surfaces. *Naturwiss.* 70, 519-520 (1983).
- 976
Boller, M.: Chemical Optimization of Tertiary Contact Filters. *J. Environ. Engng. Div.* (1984).
- 977
Kohler, H.-P., Zehnder, A.J.: Carbon Monoxide Dehydrogenase and Acetate Thiokinase in *Methanotrix soehngenii*. *FEMS Microbiol. Letters* (1984).
- 978
Gilbert, E., Hoigné, J.: Messung von Ozon in Wasserwerken; Vergleich der DPD- und Indigo-Methode. *Gas- und Wasserfach, Wasser/Abwasser* 124, 527-531 (1983).
- 979
Diem, D.: Die Oxydation von Mangan(II) im See. *Diss. ETHZ Nr. 7359*, Zürich 1983.
- 980
Hamer, G.: The Integration of Unit Operations for Bulk Product Manufacture by Continuous-Flow Fermentation Processes - Lessons from SCP Process Development. *Biochem. Engng.* 3, 322-331 (1984).
- 981
Stahelin, J.: Ozonzerfall in Wasser: Kinetik der Initiierung durch OH⁻-Ionen und H₂O₂ sowie der Folgereaktionen der OH⁻- und O₂-Radikale. *Diss. ETHZ Nr. 7342*, Zürich 1983.
- 982
Graydon, J.W., Grob, K., Zürcher, F., Giger, W.: Determination of Highly Volatile Organic Contaminants in Water by the Closed-Loop Gaseous Stripping Technique Followed by the Thermal Desorption of the Activated Carbon Filters. *J. of Chromatogr.* (1984).
- 983
Zobrist, J.: Die Belastung der schweizerischen Gewässer durch Niederschläge. *VDI-Bericht Nr. 500* (1983).
- 984
Davis, J., Keller, H.: Dissolved Loads in Streams and Rivers - Discharge and Seasonally Related Variations. In: «Dissolved Loads of Rivers and Surface Water Quantity/Quality Relationships». *Proc. of the Hamburg Sympos.*, Aug. 1983, IAHS Publ. No. 141, pp. 79-89 (1983).
- 985
Bürgi, H.R.: Neue Netzgarnitur mit Kipp-Schliessmechanismus für quantitative Zooplanktonfänge in Seen. *Schweiz. Z. Hydrol.* 45, (2) (1983).
- 986
Ambühl, H.: Eine transportable Motor-Durchlaufwinde; Grossvolumiger Wasserschöpfer für Zooplankton; Ohne Fallgewicht arbeitender Fernauslöser. *Schweiz. Z. Hydrol.* 45 (2) (1983).
- 987
Matter-Müller, Christina, Stumm, W.: Water (Properties). In: «Kirk-Othmar, Encyclopedia of Chemical Technology», 3rd. ed., 24, 276-294, Wiley-Interscience New York, 1983.

Redaktion / Rédaction: D. Hornung

Bitte teilen Sie uns Adressänderungen rechtzeitig mit. Neuabonnenten willkommen: die zweimal jährlich erscheinenden, kostenlos erhältlichen EAWAG-Mitteilungen erscheinen im Februar und August in deutsch und französisch, und im Juni auf englisch.

Talon pour un abonnement gratuit aux Nouvelles de l'EAWAG ou pour un changement d'adresse:

Name: _____

Nom: _____

Adresse: _____

Adresse: _____

Einsenden an: EAWAG, Bibliothek
CH, 8600 Dübendorf

A renvoyer à: EAWAG, Bibliothek
CH, 8600 Dübendorf