

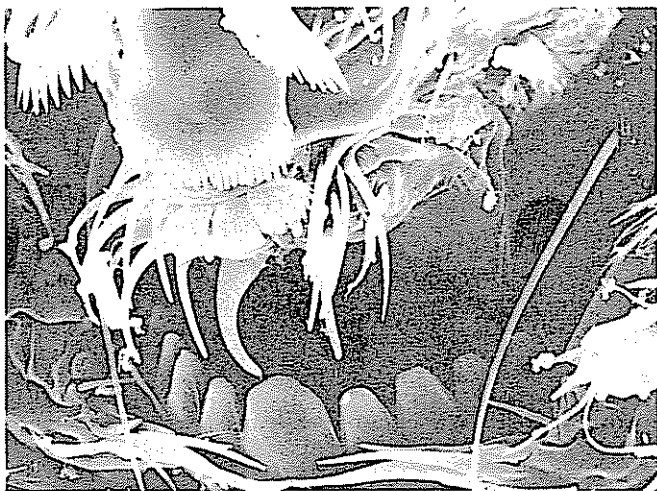
Die Vorflutermodelle der Versuchsstation Tüffenwies der EAWAG

Elie Eichenberger

Schon in einer frühen Phase der schweizerischen Gewässerschutzbestrebungen wurde erkannt, dass ein wirkungsvoller Schutz der Fliessgewässer durch rational geplante Kläranlagen zusätzliches Wissen zu folgenden Fragen benötigt

- welches ist die Wirkung von unbehandeltem Abwasser auf die Lebensgemeinschaften der Fliessgewässer,
- in welcher Art und Weise beeinflussen verschiedene Behandlungsverfahren die Wirkung des Abwassers und
- welche Parameter beschreiben die biologische Wirkung des Abwassers am besten?

Aus verschiedenen Gründen war die Antwort auf diese Fragen durch Untersuchungen an natürlichen Gewässern nur schwer zu finden. Daher wurde im Jahre 1936 die erste Generation von «Vorflutermodellen» oder «Fliesswassermodellen» (vielfach auch nur als «Rinnen» bezeichnet) auf dem Areal der Kläranlage Werdhölzli der Stadt Zürich erstellt [1]. Die Kanäle wurden später in die neu errichtete Versuchsstation Tüffenwies der EAWAG verlegt und anschliessend weiter ausgebaut.



Les canaux artificiels de l'EAWAG à la station d'essais de Tüffenwies

Elie Eichenberger

Dès la phase initiale de développement du contrôle de la pollution en Suisse, il s'est avéré qu'une protection efficace des eaux courantes par des installations d'épuration rationnelles reposait sur l'approfondissement des questions suivantes:

- Quels effets les eaux usées non traitées produisent-elles sur les communautés biotiques des eaux courantes?
- Dans quelle mesure différents traitements peuvent-ils modifier l'action des eaux usées?

Fig. 1
Mundregion einer Mückenlarve der Familie der Orthoclaidiinen (Untergruppe der Chironomiden)
Die der Mundöffnung der Insekten üblicherweise vorgelagerten Mundwerkzeuge bestehen aus Ober- und Unterkiefer sowie Ober- und Unterlippe, wobei diese mehrteilig gebaut und mit Anhängen versehen sind. Die Mundwerkzeuge sind bei den Mückenlarven durch zusätzliche, zum Teil bezahnte Leisten ergänzt. Sie dienen vorwiegend dem Abweiden und Anknabbern von pflanzlichen Zellen und Geweben, zum Teil aber auch einer räuberischen Ernährung. Die sehr kompliziert gebauten Mundanhänge sind arttypisch gebaut und werden daher auch zur Bestimmung dieser äusserst artenreichen Insektengruppe herangezogen, was im allgemeinen Sache von erfahrenen Spezialisten ist. Die Breite der Kopfkapsel beträgt ca. 0,5 mm. (Aufnahme von Heinz Bachmann, mit dem Rasterelektronenmikroskop.)

Région buccale d'une larve de la famille des Orthoclaidiines (sous-groupe des Chironomides)
Les pièces buccales situées habituellement en avant de l'ouverture buccale des insectes consistent en mandibules, maxilles, labre et labium, constitués eux-mêmes de plusieurs parties et munis d'appendices. L'appareil buccal des larves d'orthoclaidiines est complété par des segments supplémentaires en partie dentés, destinés en premier lieu à la consommation de cellules végétales, mais aussi parfois à une alimentation prédatrice. Ces appendices très complexes présentent une structure typique et servent ainsi à la caractérisation de ce groupe d'insectes extrêmement riche en espèces, une tâche réservée au spécialiste confirmé. La largeur de la tête est d'environ 0,5 mm. (Photo de Heinz Bachmann, réalisée à l'aide du microscope électronique à balayage.)

1. Die Vorflutermodelle

Vorflutermodelle oder Fließwassermodelle sollen das Studium gewisser Fragestellungen ermöglichen und müssen daher sowohl besonderen, ausgewählten Anforderungen genügen als auch Vorteile bieten, wie etwa:

- Vereinfachung der Struktur des Fließwasser-Ökosystems,
- Möglichkeit, die chemischen Zustände und gewisse physikalische Bedingungen konstant zu halten und ausgewählte Versuchsparameter gezielt zu manipulieren,
- günstige Messbedingungen und guter Zugang zum Arbeitsraum.

Das vordringliche Ziel beim Bau der Versuchskanäle in Zürich lag nicht in der Nachbildung eines bestimmten Naturgewässers, sondern in der Errichtung eines experimentellen Systems, welches es erlaubt, ausgewählte, als wesentlich erkannte strukturelle und ökologische Aspekte von Fließgewässern, wie sie für das schweizerische Mittelland typisch sind, zu studieren.

Die Vorflutermodelle der Tüffenwies wurden als Freiland-Durchflusssystem konzipiert, d.h. die Kanäle sind vom Stoff- und Energiefluss her gesehen naturnahe Fließgewässer ohne Rezirkulation und sind den jahreszeitlichen Klimaveränderungen zeitlich verschoben unterworfen. Die beiden Flusssysteme, ein kleineres für kurzfristige Experimente (Dauer in der Größenordnung 2–4 Monate) und ein grösseres zum Studium von langfristigen Sukzessionen (Versuchsdauer 1 Jahr oder mehr) (Tab. 1) stehen im Limmattal auf fluvioglazialen Schottern am Rande der Stadt Zürich an einem für Gewässerforschung einzigartigen Standort, der 3 verschiedene Wassersorten in reichlichen Mengen zur Verfügung stellt: a) erstklassiges Grundwasser, das der Stadt Zürich einen wesentlichen Anteil ihres Trinkwassers liefert, b) städtisches Abwasser und c) Flusswasser aus der Limmat, dem Ausfluss des Zürichsees. Mischungen dieser Basiswässer und zusätzliche Dosierung von verschiedenen Stoffen, wie Salzen, Melasse, Zucker und anderen Substanzen erlauben eine weite Palette von chemischen Zuständen. Normalerweise werden die Rinnen mit Grundwasser betrieben, das am Rinnenanfang ein Basiswasser, frei von physikalisch-chemischen Tagesvariationen, liefert.

Jahreszeitliche Fluktuationen der Wassertemperatur und einiger chemischer Parameter sind recht ausgeprägt (Fig. 2). Die Wassertemperatur erreicht ihr Minimum im April mit

- Quels paramètres décrivent le mieux l'action biologique des eaux polluées?

Pour diverses raisons, il était difficile d'obtenir la réponse à ces questions à l'aide d'analyses effectuées sur des eaux naturelles. C'est pourquoi, en 1936, on installa la première génération de «canaux artificiels» ou «modèles d'eaux courantes» dans l'enceinte de la station d'épuration Werdhölzli de la ville de Zurich [1]. Ces canaux furent ultérieurement transférés à la nouvelle station d'essais de Tüffenwies de l'EAWAG et, par la suite, agrandis.

Dans l'article synoptique qui suit, l'auteur explique quelques éléments du puzzle complexe que constituent, d'une part, les interactions entre communautés biotiques animales et végétales, et, d'autre part, les conditions marginales physico-chimiques.

1. Les canaux artificiels

Les canaux artificiels sont conçus pour permettre l'étude de certains problèmes; ils doivent donc à la fois satisfaire à des exigences bien précises et offrir les avantages suivants:

- simplification de la structure de l'écosystème des eaux courantes,
- possibilité de maintenir constants les états chimiques et certaines conditions physiques, ainsi que de manipuler des paramètres de recherche déterminés,
- conditions propices aux mesures et accès facile aux sites de travail.

Lors de la construction des canaux artificiels à Zurich, l'objectif prioritaire n'était pas de reproduire un cours

Der Autor an den grossen Rinnen der Versuchsstation Tüffenwies

Dr. sc. nat. *Elie Eichenberger* ist Biologe und Leiter der fließwasserexperimentellen Gruppe der Abteilung Technische Biologie an der EAWAG.

L'auteur devant les grands canaux de la station d'essais de Tüffenwies

Elie Eichenberger, dr. sc. nat., est biologiste et chef du groupe de travail s'occupant des eaux courantes à la section de génie biologique de l'EAWAG.

Tab. 1
Die Vorflutermodelle der Versuchsstation Tüffenwies der EAWAG
Les canaux artificiels de l'EAWAG à la station d'essais de Tüffenwies

Typ	Anzahl	Länge	Profil	Durchfluss	Anordnungsvarianten ¹⁾
Type	Nombre	Longueur		Débit	Variantes de dispositions ¹⁾
		m	cm	l/s	m
klein petit	9	75		1–2	9 x 75 oder/ ou 1 x 675
gross grand	6	250		<100	1 x 250 und/ 1 x 1250 2 x 250 und/ 2 x 750 250, 500 und/ et 750

¹⁾ dies gibt die Möglichkeit wieder, die Kanäle zu Flüssen zu kombinieren
permettant de combiner les canaux à des rivières

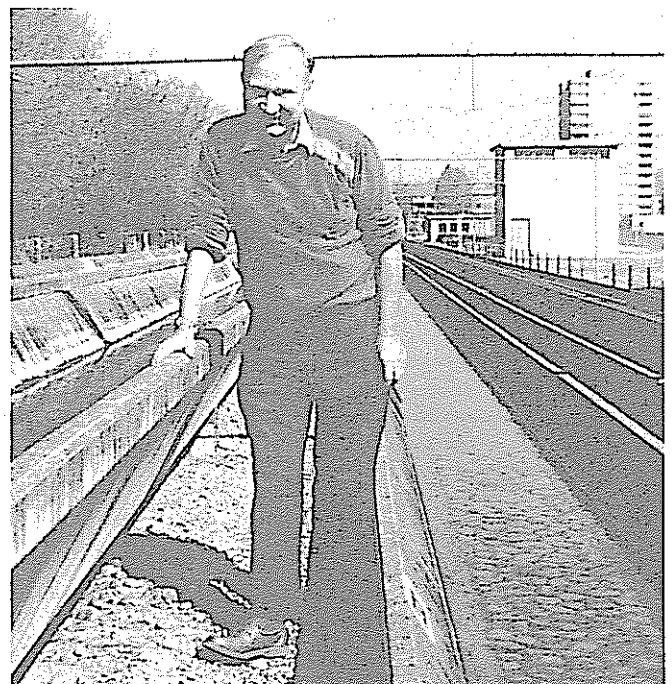
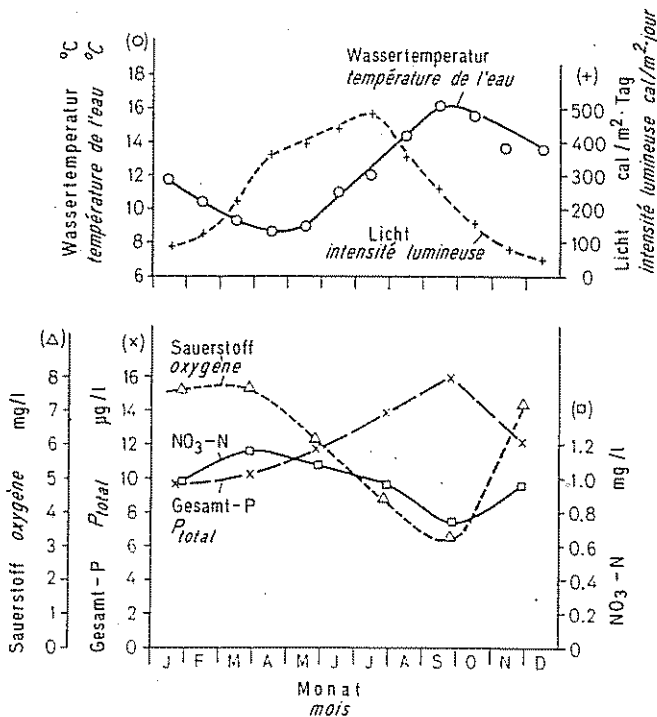


Fig. 2

Die jahreszeitliche Periodizität einiger physikalischer und chemischer Parameter des Grundwassers der Tüffenwies (Mittel der Jahre 1982–84)



etwa 8° C, ihr Maximum mit etwa 17° C im Oktober, was einer Verschiebung der jahreszeitlichen Temperatur-Amplitude gegenüber den benachbarten Oberflächengewässern von etwa 2–3 Monaten entspricht.

2. Eine Auswahl von Versuchsfragestellungen

In Beantwortung praktischer Bedürfnisse des Gewässerschutzes war eines der zentralen Themen der experimentellen Studien an den Modellbächen die Untersuchung der verschiedenen Auswirkungen des Abwassers auf das Benthos der Fließgewässer. Dabei standen vor allem zwei verschiedene Aspekte des Gewässerzustandes im Vordergrund, einerseits die chemischen Eigenschaften des Wassers und andererseits physikalische Gegebenheiten, vor allem das Gewässerklima und die hydraulische Bedingungen. Tabelle 2 zählt einige der behandelten Fragestellungen auf und weist auf zugehörige Publikationen hin. Im folgenden soll auf einige Themen dieser Fließwasseruntersuchungen etwas näher eingegangen werden.

2.1. Die Wahl von Parametern zur Beschreibung der Aktivität von benthischen Gemeinschaften

Die Beschreibung von benthischen Gemeinschaften erfordert eine Schätzung der Zahl der vorhandenen Organismen und ihrer Biomasse, sowie eine Erfassung des Beitrages einzelner charakterischer Organismengruppen, wie etwa der Phototrophen und der Heterotrophen. Anzahl und Biomasse müssen mit Aktivitäten korreliert werden, z.B. mit der Aufnahme von Nährstoffen, der Photosynthese, der Atmung, der Exkretion von Stoffen und spezifischen Abbauraten. Solche Angaben geben die Grundlage für die Abschätzung des Austausches von Nährstoffen zwischen Organismen und dem umgebenden Medium, und erlauben die Bewertung der biologisch bedingten Veränderung der Wasserchemie.

Périodicité saisonnière de certains paramètres physiques et chimiques de l'eau souterraine de Tüffenwies (moyenne des années 1982–84)

d'eau naturel, mais de mettre sur pied un système expérimental permettant d'étudier certains aspects structurels et écologiques des eaux courantes, considérés comme essentiels et typiques du plateau central suisse.

Les canaux artificiels de Tüffenwies ont été conçus comme un système d'écoulement naturel; autrement dit, les canaux représentent, du point de vue du flux de substances et d'énergie, des eaux courantes pratiquement naturelles, non recyclées, et ils sont soumis aux variations climatiques saisonnières (cependant à un écart temporel). Les deux modèles d'écoulement, un petit pour les expériences à court terme (de l'ordre de 2 à 4 mois) et un grand pour l'étude de successions à long terme (1 an ou plus) (tableau 1), se trouvent dans la vallée de la Limmat, sur un lit de cailloutis fluvio-glaciaires, en bordure de la ville de Zurich, à un endroit privilégié pour la recherche hydrographique, puisqu'il offre 3 sortes d'eau en quantités abondantes: a) une eau souterraine de première qualité, qui fournit à la ville de Zurich une grande partie de son eau potable, b) des eaux usées de la ville, et c) l'eau de la Limmat, à la sortie du lac de Zurich. Des mélanges composés de ces eaux de base et d'un dosage additionnel de diverses substances, telles que sels, mélasse, sucre ou autres, permettent d'obtenir une vaste palette d'états chimiques. Normalement, les canaux sont alimentés par de l'eau souterraine, qui fournit, au départ, une eau de base, à l'abri des variations physicochimiques.

Cependant les variations saisonnières de la température de l'eau, ainsi que certains paramètres chimiques sont marquées (fig. 2). La température de l'eau atteint son minimum en avril (8° C) et son maximum en octobre (17° C), ce qui correspond à un écart de 2 à 3 mois de l'amplitude de température saisonnière par rapport aux eaux de surface voisines.

2. Quelques sujets de recherche

En réponse aux besoins pratiques de la protection des eaux, les études expérimentales sur les canaux artificiels ont notamment analysé les diverses actions des eaux usées sur le benthos des eaux courantes. A ce sujet, deux aspects distincts de l'état des eaux se sont vus accorder la priorité: d'une part, les propriétés chimiques de l'eau et, d'autre part, certaines données physiques, surtout le climat des eaux et les conditions hydrauliques. Le tableau 2 présente quelques-uns des problèmes traités et renvoie aux publications correspondantes. La suite de cet article examine de plus près certains sujets de recherche.

2.1. Choix de paramètres permettant de décrire l'activité de communautés benthiques

La description de communautés benthiques exige l'estimation du nombre d'organismes présents et de leur biomasse, ainsi que l'appréciation de la contribution apportée par divers groupes d'organismes caractéristiques, tels que les phototrophes et les hétérotrophes. Le nombre et la biomasse doivent être mis en corrélation avec certaines activités comme, par exemple, l'assimilation de nutriments, la photosynthèse, la respiration, l'excrétion de substances et les taux de décomposition spécifiques. A partir de ces informations, il est possible d'évaluer l'échange de nutriments entre les organismes et le milieu ambiant, de même que les modifications chimiques d'origine biologique observées dans l'eau.

Die Festlegung von Parametern zur Beschreibung einer Lebensgemeinschaft wird von verschiedenen Gegebenheiten bestimmt. Die beschränkte Arbeitskapazität war für uns vielfach entscheidend bei der Wahl des Vorgehens, so etwa bei der Beschreibung der Soziologie des Bewuchses. Um den Aufbau und die Aktivität der Gemeinschaften

Le choix de paramètres permettant de décrire une communauté biotique est fonction de certaines données. La capacité de travail réduite a été déterminante dans le choix de notre démarche, notamment en ce qui concerne la description de la structure sociologique de la couche végétale. L'examen de la constitution et de l'activité des

Tab. 2

Themen, die an den Versuchsbächen behandelt worden sind
Sujets traités sur les canaux artificiels

	Referenzen Références
Wirkung des Abwassers auf das Benthos	
Action des eaux usées sur le benthos	
- Effekt von städtischem Abwasser auf die phototrophen und heterotrophen Komponenten des Benthos	
- <i>Action des eaux usées sur les composants phototrophes et hétérotrophes du benthos</i>	1, 2, 3, 5
- Selbstreinigung in Mikrophytengemeinschaften mit unterschiedlichem Anteil von Heterotrophen und Phototrophen	
- <i>Auto-épuration dans les communautés microphytiques présentant des proportions différentes d'hétérotrophes et de phototrophes</i>	6, 7
- Effekt der fluktuierenden, tagesperiodischen Zugabe von organischen Nährstoffen	
- <i>Effet de l'addition variable et périodique de substances nutritives organiques</i>	8
- Effekt des Lichtes auf das Wachstum von <i>Sphaerotilus natans</i>	
- <i>Effet de la lumière sur la croissance du Sphaerotilus natans</i>	9, 10
Auswirkung der Jahreszeit auf die Entwicklung des Benthos	
Incidence de la saison sur le développement du benthos	
- Effekt der Jahreszeit auf die Auswirkung von unterschiedlichen, aber konstanten Abwasserbelastungen	
- <i>Rôle de la saison dans l'action de diverses charges constantes des eaux usées</i>	4
Eutrophierung	
Eutrophisation	
- Kann eine Zufuhr von N und P die eutrophierende Wirkung des Abwassers simulieren?	
- <i>L'apport de N et de P peut-il simuler l'action eutrophisante des eaux usées?</i>	11
- Wirkung von Schwermetallen auf die Entwicklung des mikrophytischen Benthos	
- <i>Action de métaux lourds sur le développement du benthos microphytique</i>	11
- Photosynthetische Effizienz des Benthos	
- <i>Efficacité photosynthétique du benthos</i>	12
- Wirkung von Abwasser auf das Wachstum des flutenden Hahnenfusses (<i>Ranunculus fluitans</i>)	
- <i>Action des eaux usées sur la croissance de la renoncule flottante (Ranunculus fluitans)</i>	Tab. 3, 16
Effekt der Strömung und der Fließgeschwindigkeit	
Effet du courant et de la vitesse d'écoulement	
- Wechselwirkung zwischen Fließgeschwindigkeit und Abwasserbelastung	
- <i>Interaction entre la vitesse d'écoulement et la charge des eaux usées</i>	13
- Wechselwirkung zwischen Fließgeschwindigkeit und Selbstreinigung	
- <i>Interaction entre la vitesse d'écoulement et l'auto-épuration</i>	7
- Bedeutung des hydraulischen Stresses und der Strömung für die Wechselwirkung zwischen verschiedenen trophischen Stufen	
- <i>Rôle du stress hydraulique et du courant sur l'interaction entre niveaux trophiques</i>	14
Bedeutung der Weider für die Entwicklung von benthischen Gemeinschaften	
Influence des herbivores sur le développement de communautés benthiques	
- Die Mückenlarven (Orthoclaadien) als Beweider des Algenbenthos (Fig. 1)	
- <i>Les larves de moustiques (orthoclaadienes), consommatrices de benthos algal (fig. 1)</i>	15
- Die Wirkung von Insektiziden auf die Entwicklung von Algengemeinschaften und die Wechselwirkung zwischen trophischen Ebenen	
- <i>L'effet d'insecticides sur le développement de communautés algales et l'interaction entre niveaux trophiques</i>	15
- Die Beweidung des flutenden Hahnenfusses (<i>Ranunculus fluitans</i>) durch den Flohkrebs (<i>Gammarus pulex</i>)	
- <i>Consommation de renoncule flottante (Ranunculus fluitans) par le gammare (Gammarus pulex)</i>	16
- Die Rolle der Weider in der langfristigen Sukzession von benthischen Pflanzengemeinschaften	
- <i>Rôle des herbivores dans la succession à long terme de communautés végétales benthiques</i>	17

zu charakterisieren wurden Parametern beigezogen, die vor allem die soziologische Struktur des Bewuchses, die Produktivität und die Nährstoff-Dynamik beschreiben (für Anwendungsbeispiele siehe Fig. 3,4,5 und 6).

2.2. Die Bedeutung des hydraulischen Stresses für die Entwicklung von benthischen Lebensgemeinschaften in Wasser mit geringem Nährstoffgehalt

a) Die Stadien der benthischen Sukzession

Die Ausbildung von benthischen Gemeinschaften in reinem Grundwasser geht in beiden Flusssystemen, dem kleinen und dem grossen, durch ähnliche Entwicklungszyklen. Diese Zyklen sind gekennzeichnet durch einen Vegetationsaufbau, dem als Resultat der Beweidung durch verschiedene wirbellose Tiere ein mehr oder weniger drastischer Abbau der Biomasse folgt. Wenn die Kanäle neu eingefahren werden oder von allem Bewuchs befreit worden sind, siedeln sich zunächst innert kurzer Zeit Lager von flutenden Algen an; dominant sind je nach Jahreszeit grüne Fadenalgen (*Hormidium*, *Tribonema*) oder braune Zotten von fadenbildenden Diatomeen (*Diatoma hiemale*, *Melosira varians*). Nach ein paar wenigen Wochen wird diese Vegetation durch die Larven von Mücken (Orthocladinen) weggefressen. In einem zweiten Kolonisationszyklus siedeln sich Moose und Algen an, die gegenüber den Weidern widerstandsfähiger sind (*Vaucheria*, *Cladophora*, *Spirogyra*). Die kleinen Rinnen werden durch die Pflanzenmassen so sehr verwaschen, dass sie oft vor dem Erreichen dieses zweiten Besiedlungsstadiums gereinigt werden müssen. In den grossen Rinnen bilden sich sehr dichte Algenbewüchse und Moosgemeinschaften aus, die etwa 3-4 Jahre Bestand haben. Allmählich treten aber wirkungsvollere Weider auf, wie Schnecken (*Limnaea peregra*) und Flohkrebse (*Gammarus pulex*), und werden schliesslich so zahlreich, dass sie sowohl die Moose wie auch die flutenden Algen zum Verschwinden bringen. Die Sukzession endet mit einer sehr stabilen epilithischen Kruste, die Steine und Betonwände überzieht und keine Moose oder Fadenalgen übrig lässt (Abb. 3).

In diesem zweiten, mehrere Jahre dauernden Kolonisationszyklus ist die Entwicklungstendenz in «Parallelbächen» (d.h. in gleichzeitig und unter gleichen Bedingun-

gemeinschaften s'est appuyé sur des paramètres qui décrivent surtout la structure sociologique de la couche végétale, la dynamique des nutriments et la productivité (pour les exemples d'application, voir fig. 3, 4, 5 et 6).

2.2. Importance du stress hydraulique pour le développement de communautés benthiques dans des eaux à faible teneur nutritive

a) Les stades de la succession benthique

La formation de communautés benthiques dans l'eau souterraine pure suit des cycles de développement identiques dans les deux systèmes d'écoulement, le petit et le grand. Ces cycles sont caractérisés par une production végétale suivie d'une réduction plus ou moins sensible de la biomasse, résultant de l'action de divers invertébrés herbivores. Lorsque les canaux ont été nettoyés à neuf et libérés de toute végétation, on constate d'abord l'installation rapide de couches d'algues flottantes; selon la saison, les espèces dominantes sont des algues filamenteuses vertes (*Hormidium*, *Tribonema*) ou des diatomées filamenteuses brunes (*Diatoma hiemale*, *Melosira varians*). Au bout de quelques semaines, cette végétation est consommée par les larves de moustiques (*orthocladines*). Lors du deuxième cycle de colonisation, on assiste à l'installation de mousse et d'algues capables de résister aux herbivores (*Vaucheria*, *Cladophora*, *Spirogyra*). Les petits canaux sont envahis par de telles masses végétales qu'il faut bien souvent les nettoyer avant que ce deuxième stade de colonisation ne soit atteint. Dans les grands canaux apparaissent de très denses couches algales et communautés de mousse capables de s'y maintenir pendant 3 à 4 ans. Peu à peu, cependant, des herbivores plus efficaces se manifestent, tels que gastéropodes (*Limnaea peregra*) et gammarus (*Gammarus pulex*), dont le nombre s'accroît tant qu'ils finissent par détruire les mousses et les algues flottantes. La succession s'achève par une incrustation épilithique très stable, exempte de mousses et d'algues filamenteuses, qui recouvre les pierres et les parois en béton (fig. 3).

Bien que ce deuxième cycle de colonisation, d'une durée de plusieurs années, présente une évolution analogue dans des canaux «parallèles», on constate, dans le détail, des écarts sensibles au niveau de la répartition des espèces animales, dans le temps comme dans l'espace [17]. Il semble que l'absence de stress hydraulique, liée à un taux réduit d'immigration, empêche la concurrence naturelle habituelle autour des différents habitats, de sorte que la répartition fortuite des espèces animales et végétales lors de la phase initiale peut se stabiliser. Cette tendance à la répartition mosaïquée d'organismes se révèle problématique lorsqu'il s'agit de comparer des canaux dans différentes conditions d'expérience, tout en sachant que les divers modèles de répartition peuvent être le fruit du hasard.

Fig. 3

Der zeitliche Ablauf der Kolonisation der grossen Rinnen (mittlere Dichte der Vegetation über die gesamte Länge der Rinnen)

Die mittlere Dichte ist das Produkt aus der Deckung eines Vegetationselementes (0-100%), multipliziert mit seiner relativen Bewuchsdichte (0-3), was eine Skala von 0-300 ergibt.

Evolution de la colonisation des grands canaux (densité moyenne de la végétation sur la longueur totale des canaux)

La densité moyenne est le produit de la couverture d'un élément de végétation (0-100%), multiplié par sa densité relative (0-3), ce qui donne une échelle de 0-300.

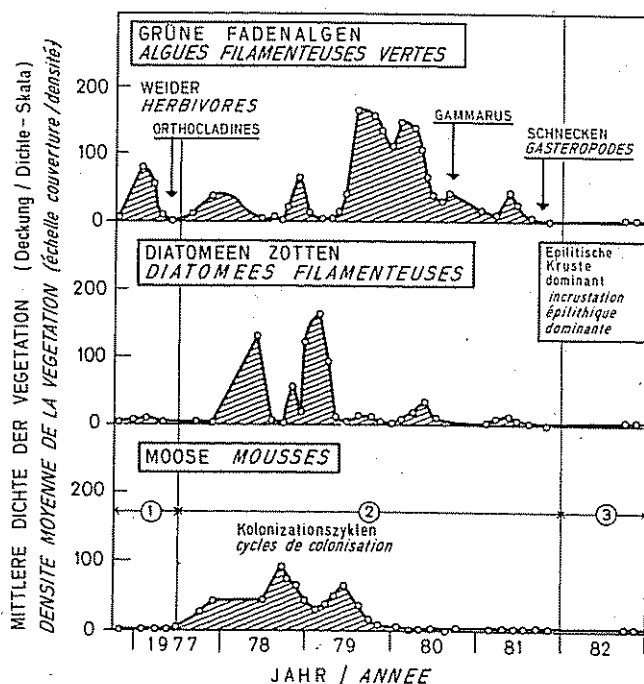


Fig. 4

Entwicklung der benthischen Algen in den kleinen Rinnen nach der Zugabe von essentiellen Schwermetallen
 Konzentrationen der Metalle in µg/l:
 im Grundwasser: Co <2, Cu 2, Zn 3, Fe 10
 nach Zugabe der Metalle: Co 50, Cu 20, Zn 200, Fe (als Fe-EDTA) 300

Développement des algues benthiques dans les petits canaux après addition de métaux lourds essentiels
 Concentration des métaux en µg/l: Co <2, Cu 2, Zn 3, Fe 10
 Après addition des métaux: Co 50, Cu 20, Zn 200, Fe 300

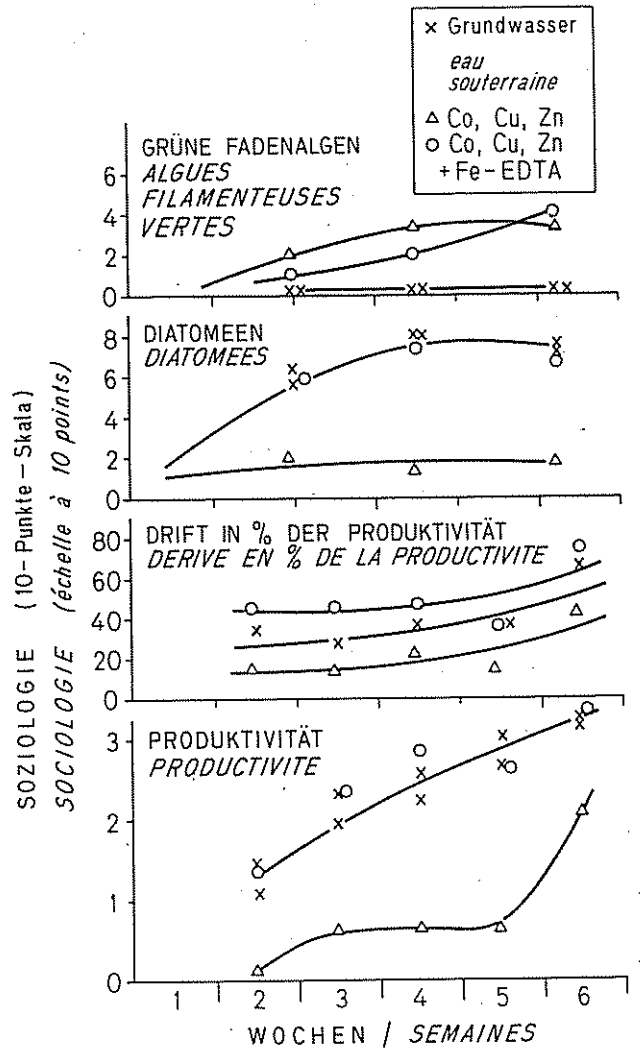
gen betriebenen Modellbächen) ähnlich, doch bestehen im Einzelnen zwischen verschiedenen Rinnen deutliche Unterschiede in der Verteilung der Tiere und Pflanzen sowohl im zeitlichen Ablauf wie auch längs der Kanäle [17]. Es scheint, dass das Fehlen von hydraulischem Stress in Verbindung mit einer geringen Einwanderungsrate den im Freiland üblichen Wettbewerb um die verschiedenen Habitate nicht aufkommen lässt, sodass die zufälligen Verteilungsmuster der Pflanzen und Tiere in der Initialphase des Kolonisationszyklus sich stabilisieren können. Diese Tendenz zur mosaikartigen Verteilung von Organismen wird zu einem Problem, wenn Kanäle unter verschiedenen Versuchsbedingungen miteinander verglichen werden sollen und damit gerechnet werden muss, dass die verschiedenen Verteilungsmuster zum Teil rein zufälliger Natur sein könnten.

b) die Wirkung von wechselnder Wasserführung auf Kolonisation und Sukzession

Unter natürlichen Verhältnissen beeinflusst die Wasserführung die Wechselwirkung zwischen Pflanzen und Tieren auf verschiedene Weisen. Eine Zunahme der Strömung kann durch die Scheuerwirkung der suspendierten Partikeln oder durch die Bewegung des Untergrundes zu einem mechanischen Stress führen. Je nach der Tiefe des Gewässeruntergrundes und dem Angebot an Mikrohabitaten, die strömungsfest sind, ändert sich die Überlebenschance der Makrofauna. Die Ablagerung von Schlamm nach einem Hochwasser kann die Organismen begraben oder den Austausch zwischen Organismen und Umgebung vermindern und so das Verhältnis zwischen den verschiedenen tropischen Stufen, d.h. zwischen Produzenten, Weider und Räubern, verändern.

Die Folgen des mechanischen Stresses auf die Entwicklung der epilithischen Kruste kann in den grossen Rinnen beobachtet werden, wenn durch heftiges Rollen der Steine gegeneinander ein Hochwasser teilsimuliert wird. Fadenalgen können nach kurzer Zeit wieder erscheinen. Der Erfolg solcher Eingriffe ist aber variabel und lässt vermuten, dass der Vorgang der Wiederbesiedlung von verschiedenen biologischen Effekten abhängt, wie zum Beispiel von der Ausscheidung von Hemmstoffen durch das Epilithon oder durch Weidetätigkeit der Mikroinvertebraten in den hauchdünnen Grenzschichten an der Steinoberfläche, wo die Festsetzung von kolonisierenden Algen erfolgen muss.

Die verschiedenen Beobachtungen an den grossen Rinnen zeigen den weiten Bereich der möglichen Zusammensetzung der Biozöosen in einer chemisch klar definierten Situation, d.h. einem relativ nährstoffarmen Grundwasser, und sie unterstreichen die zentrale Bedeutung von rein biologischen Vorgängen in der Ausbildung von benthischen Lebensgemeinschaften.



b) Influence de la variation du régime des eaux sur la colonisation et la succession

Dans des conditions naturelles, le régime des eaux peut affecter de plusieurs manières l'interaction entre les plantes et les animaux. Un accroissement du courant est à même de provoquer un stress mécanique par le frottement des particules en suspension ou les mouvements du substrat. Les chances de survie de la macro-faune varient en fonction de la profondeur du lit et de la présence de micro-habitats résistants au courant. Le dépôt de boue après une crue peut enterrer les organismes ou réduire les échanges entre organismes et milieu ambiant, et ainsi modifier le rapport entre les différents niveaux trophiques, c'est-à-dire entre producteurs, herbivores et prédateurs. Les conséquences du stress mécanique sur le développement de l'incrustation épilithique peuvent être observées dans les grands canaux, lorsque l'on simule partiellement une crue en faisant rouler vigoureusement les pierres les unes contre les autres. Les algues filamenteuses peuvent réapparaître rapidement. Le succès de ces interventions est toutefois variable, ce qui laisse supposer que le processus de recolonisation dépend de divers effets biologiques, comme, par exemple, le dégagement de substances inhibitrices par l'épilithon ou le broutage par les micro-invertébrés herbivores dans les couches limitrophes ultra-fines à la surface des pierres, là où les algues colonisatrices doivent se fixer.

Les différentes observations effectuées sur les grands canaux révèlent le vaste éventail de compositions possibles de la biocénose dans une situation clairement définie sur le plan chimique, à savoir une eau souterraine relative-

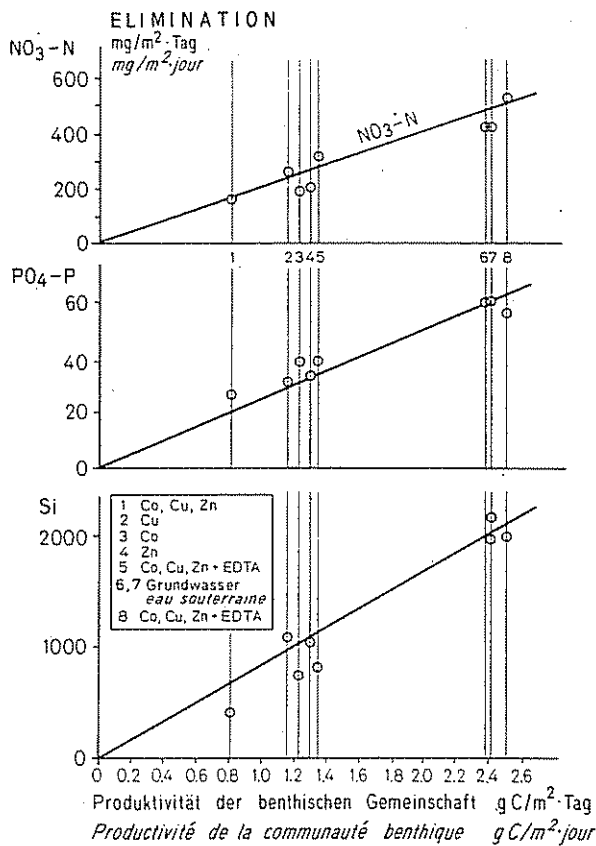


Fig. 5
Elimination von mineralischen Nährstoff-Ionen (Nitrat, Orthophosphat und Silikat) durch die Vegetation, die unter verschiedenen Kombinationen von essentiellen Metallen gewachsen ist.

Elimination de nutriments minéraux (nitrate, orthophosphate et silicate) par la végétation poussée sous l'action de diverses combinaisons de métaux essentiels

ment pauvre en nutriments; elles soulignent en même temps l'importance primordiale de processus purement biologiques dans la genèse de communautés benthiques.

2.3. Rôle de la dérive microphytique dans l'estimation de la productivité du benthos d'une eau courante

L'action mécanique du courant, des herbivores et des fousseurs libère en permanence des parties de végétation, provoquant ainsi une dérive microphytique continue. L'estimation quantitative de l'ampleur de cette dérive constitue un problème technique délicat. Si nous supposons que la dérive, dans les petits canaux d'une surface de 15 m², correspond à une production journalière de 1 g de matière sèche/m² jour, la biomasse en suspension se situerait à 0,2 mg/l de matière sèche, dans le cas d'un débit d'un litre par seconde. La dérive présentant une activité diurne prononcée, les seules mesures fiables supposent des échantillonnages de 24 heures. Cela implique le filtrage de grandes quantités d'eau. Comme la biomasse bouche facilement les filtres, il faut utiliser de grandes surfaces de filtrage. Notre station de captage filtre chaque jour environ 1000 l d'eau par canal, soit à peu près 1% du débit.

La dérive microphytique est faible au début de la colonisation. Elle augmente ensuite rapidement, pour représenter, au bout de quelques semaines, une part essentielle de la productivité totale (fig. 4). La dérive est fortement accrue par la sénescence de la couche végétale et les processus de dégradation qui résultent de la diminution du transport de masse dans la couche microphytique qui s'épaissit. La dérive microphytique n'est visible à l'œil nu qu'à ce stade avancé, lorsque des segments importants de la couche végétale se détachent.

Le benthos microphytique ne connaît donc qu'une durée de séjour limitée à l'endroit de sa formation. S'il échappe aux herbivores, il devient de la biomasse en dérive, ce qui constitue un plancton fluvial d'origine benthique. La part de production demeurant sessile sous forme de biomasse sur pied (standing crop), dépend de divers facteurs, tels que la sociologie, la structure et l'âge de la couche végétale, l'approvisionnement en substances nutritives, ainsi que de facteurs mécaniques eux-mêmes déterminés par le courant et par l'activité de la faune vivant dans la végétation. L'accumulation de bulles de gaz en cas de forte production photosynthétique d'oxygène provoque des variations du poids spécifique des couches algales, ce qui expose les filaments flottants à un courant accru et contribue à une périodicité diurne distincte de la dérive; ce phénomène se reconnaît facilement à la couleur des filtres collecteurs.

La détermination de l'intensité de la dérive microphytique dans des canaux soumis simultanément aux mêmes conditions hydrauliques et chimiques peut être reproduite pendant les phases initiales de colonisation (fig. 4). Cela confirme la répartition régulière des influences externes et internes dans les canaux lors des premières phases de la succession, contrairement à ce qui se passe lors du développement ultérieur, tel qu'il a été décrit pour les grands canaux au paragraphe 2.2.

2.3. Die Rolle der Mikrophytendrift bei der Beurteilung der Produktivität des Fließwasser-Benthos

Die mechanische Einwirkung von Strömung, von weidenden und grabenden Tieren setzt laufend Teile der Vegetation frei und erzeugt auf diese Weise eine kontinuierliche Mikrophytendrift. Die quantitative Schätzung der Grösse dieser Drift stellt ein anspruchsvolles technisches Problem dar. Wenn wir annehmen, dass die Drift in den kleinen Rinnen mit einer Fläche von 15 m² einer Tagesproduktion von 1 g Trockensubstanz/m²·Tag entspricht, dann würde bei einem Durchfluss von 1 l/s die suspendierte Biomasse bei 0,2 mg TS/l liegen. Da die Drift eine ausgesprochene Tagesperiodizität aufweist, kann sie nur durch 24-stündige Probenahmen zuverlässig gemessen werden. Deswegen müssen grosse Wassermengen filtriert werden. Weil die Biomasse die Filter leicht verstopft, sind grosse Filterflächen notwendig. In unserer Abtriebsammelstation werden durch Filterbänke pro Rinne täglich ca. 1000 l Wasser, d.h. ca 1% des Durchflusses, verarbeitet. Die Mikrophytendrift ist gering, wenn die Kolonisation beginnt. Sie nimmt rasch zu und nach wenigen Wochen macht sie einen wesentlichen Anteil der gesamten Produktivität aus (Fig. 4). Der Abgang wird stark gefördert durch die Alterung des Bewuchses und die Zerfallsprozesse, die als Folge des verringerten Massentransportes in den zunehmend dicker werdenden Mikrophytenlager auftreten. Von blossen Auge sichtbar wird die Mikrophytendrift erst in diesem späten Stadium, wenn grössere Teile des Bewuchses abgelöst werden.

Das Mikrophytenbenthos hat daher nur eine begrenzte Verweildauer am Ort seiner Entstehung. Wenn es nicht von Weidern aufgefressen wird, wird es zu losgelöster Biomasse, was ein Flussplankton benthischen Ursprungs darstellt. Der Anteil der Produktion, der als stehende Biomasse fest sitzen bleibt, hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie etwa der Soziologie, der Struktur und dem Alter des Bewuchses, der Nährstoffversorgung und von mechanischen Faktoren, die ihrerseits von der Strömung und

von der Aktivität der im Bewuchs lebenden Tiere bestimmt werden. Veränderungen in Auftrieb von Algenlagern durch Einfangen von Gasblasen bei starker photosynthetischer Sauerstoffproduktion lockern die Zellen und exponieren die flutenden Fäden erhöhter Strömung aus und tragen so ihrerseits zu einer deutlichen Tagesperiodizität der Drift bei, was leicht an der Farbe der Driftsammelfilter festgestellt werden kann.

Die Bestimmung der Intensität der Mikrophytendrift in gleichzeitig unter den gleichen hydraulischen und chemischen Bedingungen stehenden Kanälen ist während der frühen Besiedlung gut reproduzierbar (Fig. 4). Diese Tatsache weist auch darauf hin, dass in den Anfangsphasen der Sukzession äussere und innere Einflüsse in den Kanälen gleichmässig verteilt sind, ganz im Gegensatz zur späteren Entwicklung, wie sie für die grossen Kanäle dargestellt wurde in Kapitel 2.2.

2.4. Die Rolle chemischer Faktoren bei der Eutrophierung

Beobachtungen in unseren Kanälen mit turbulenter Strömung haben gezeigt, dass die Zugabe von wenigen Prozenten häuslichen Abwassers zum Grundwasser, das nur 15 µg Phosphor/l enthält, das Algenwachstum beträchtlich fördert. Die Dosierung von anorganischem Phosphor kann diese Zunahme der Produktivität und die gleichzeitig erfolgende Veränderung in der soziologischen Zusammensetzung der Vegetation nicht simulieren, weder durch Konzentrationen wie sie im Abwasser vorliegen, noch durch höhere Konzentrationen bis zu 300 µg P/l [11]. Hingegen können Mischungen von Spurenmetallen in sehr tiefen Konzentrationen [11], oder Eisengaben (300 µg/l als 5,4 µMol Fe-EDTA) das Wachstum unter bestimmten Bedingungen fördern.

Andererseits erweisen sich die Toleranzkonzentrationen für die essentiellen Metalle Kobalt, Kupfer und Zink, wie sie die schweizerische Gewässerschutz-Verordnung vorschreibt (50, 20, 200 µg/l für Co, Cu und Zn), als hochgiftig für ein Algenbenthos, das aus zottenbildenden Diatomeen besteht (z.B. *Diatoma hiemale*). Die Zugabe von 5,4 µMol Eisen-Aethyldiamintetraessigsäure (Fe-EDTA), aber nicht die entsprechende Konzentration von EDTA allein, hebt diese Hemmung auf.

Die Daten dieser Experimente werden hier vorgestellt, als Beispiel für die Beschreibung der Auswirkung eines chemischen Stresses, gemessen durch verschiedene Parameter, welche die Aktivität einer Mikrophytengemeinschaft charakterisieren (Fig. 4).

Die Mischung der 3 essentiellen Metalle Co, Cu und Zn und jedes dieser Metalle allein hemmt zunächst das Wachstum der Diatomeen, die zur Zeit des Versuches die jahreszeitlich typischen Dominanten des Benthos in einer Grundwasser-Rinne sind. Als Ergebnis bleiben die Rinnen anfänglich unbesiedelt. Später treten grüne fädige Algen auf und etwa einen Monat nach Versuchs-Beginn vermehren sie sich kräftig (Fig. 4).

Die Elimination der Nährstoffe, z.B. des Stickstoffs (vom Nitrat), des Phosphors (vom Orthophosphat) und des Siliziums (von den Silikaten) korreliert deutlich mit der Produktivität. Das resultierende molare Verhältnis der Inkorporation von Kohlenstoff zur Aufnahme dieser Nährelemente aus dem Wasser beträgt für C/N 5,8, für C/P 102,7 und für C/Si 2,8 (Fig. 5).

Dieses Experiment zeigt die recht komplexe Wechselwirkung zwischen Metallen und deutet auch an, wie schwierig eine Voraussage der biologischen Reaktion des Benthos gegenüber Metallverunreinigungen ist.

Der flutende Hahnenfuss (*Ranunculus fluitans*), eine höhere Pflanze, die in manchen europäischen Flüssen als unerwünschtes Unkraut auftritt, reagiert auf häusliches Abwasser durch beträchtliche Wachstumssteigerung.

2.4. Rôle de facteurs chimiques dans l'eutrophisation

Selon des observations effectuées dans nos canaux parcourus d'un courant turbulent, l'addition d'un pourcentage minime d'eau usée domestique à une eau souterraine contenant seulement 15 µg de phosphore par litre favorise sensiblement la croissance de communautés algales. L'addition de phosphore inorganique ne peut simuler cette augmentation de productivité et la modification simultanée de la composition sociologique de la végétation, ni à l'aide de concentrations telles qu'elles se présentent dans les eaux usées, ni à l'aide de concentrations supérieures jusqu'à 300 µg P/l [11]. En revanche, des mélanges de métaux en trace à de très faibles concentrations [11] ou des traces de fer (300 µg/l, soit 5,4 µMol Fe-EDTA) peuvent favoriser la croissance dans certaines conditions.

Par ailleurs, les concentrations de tolérance pour les métaux essentiels cobalt, cuivre et zinc, telles qu'elles sont prescrites par l'ordonnance fédérale sur la protection des eaux, s'avèrent hautement toxiques pour un benthos algal constitué de diatomées (par exemple, *Diatoma hiemale*). L'addition de 5,4 µMol Fe-EDTA annule cette inhibition, mais non pas la concentration correspondante d'EDTA seul.

Les données de ces expériences sont présentées ici à titre d'exemple pour la description de l'incidence d'un stress chimique, mesuré d'après différents paramètres qui caractérisent l'activité d'une communauté microphytique (fig. 4).

La combinaison des 3 métaux essentiels Co, Cu et Zn, ou même un seul de ces métaux, inhibe d'abord la croissance des diatomées, dominantes saisonnières du benthos dans les canaux d'eau souterraine au moment de l'expérience. Ainsi, il en résulte, au début, une absence de colonisation. Par la suite apparaissent des algues filamenteuses vertes, qui prolifèrent en abondance environ un mois après le début de l'expérience (fig. 4).

L'élimination des nutriments, comme l'azote (du nitrate), le phosphore (de l'orthophosphate) et le silicium (des silicates), est en corrélation évidente avec la productivité. Le rapport molaire qui en résulte entre l'incorporation de carbone et l'absorption de ces nutriments provenant de l'eau s'élève à 5,8 pour C/N, à 102,7 pour C/P et à 2,8 pour C/Si (fig. 5).

Cette expérience révèle l'interaction extrêmement complexe entre métaux, ainsi que la difficulté de prédire la réaction biologique du benthos face à la pollution des métaux.

La renoncule flottante (*Ranunculus fluitans*), une plante qui a envahi un nombre de rivières européennes, réagit à l'eau usée domestique par une accélération considérable de sa croissance. Pourtant, tout comme les communautés algales étudiées à Tüffenwies, cette plante n'a qu'un faible besoin en phosphate, et l'augmentation jusqu'à 300 µg P/l de la concentration naturelle de phosphore (17 µg/l) par l'addition de phosphore inorganique n'entraîne pas une accélération sensible de sa croissance (tableau 3).

Sur la base des observations effectuées dans nos canaux artificiels, nous pouvons conclure que le mécanisme d'eutrophisation dans les eaux courantes est encore loin d'être parfaitement compris. Ce processus ne peut être interprété comme la conséquence directe de la présence d'un seul nutriment clé.

2.5. Répression de la croissance benthique par les herbivores et rôle éventuel des herbivores dans l'eutrophisation des eaux courantes

La contribution des herbivores dans la limitation du développement benthique apparaît dans la succession des

Aber wie bei den Algengemeinschaften, die bisher in der Tüffenwies untersucht wurden, liegt der Phosphatbedarf dieser Pflanze recht tief und die Erhöhung der natürlichen Konzentration von 17 µg P/l durch Zudosierung von anorganischem Phosphor auf 300 µg P/l hat das Wachstum nicht eindeutig gefördert (Tab. 3).

Aufgrund der Beobachtungen in unseren Vorflutermodellen kommen wir zum Schluss, dass der Mechanismus der Eutrophierung in Fließgewässern noch weit davon entfernt ist, verstanden zu werden. Der Vorgang kann in Flüssen nicht als direkte Auswirkung der Anwesenheit eines einzigen Schlüssel-Nährstoffes erklärt werden.

Tab. 3

Die Wirkung von Abwasser und Phosphor auf das Wachstum von *Ranunculus fluitans*
Action des eaux usées et du phosphore sur la croissance du *Ranunculus fluitans*

Kanal canal	1	2	3	4	5	6	7	8
Zudosierte Substrat dosage	Grundwasser eau souterraine		PO ₄ -P 300 µg/l	mech. gereinigtes Ab- wasser / eaux usées traitées mécaniquement 1 %	1 % +300 µg/l PO ₄ -P	biol. gereinigtes Abwasser eaux usées traitées biologiquement 5 % 20 % 50 %		
Zusammensetzung des Flusswassers Composition de l'eau courante								
- DOC (mg/l)	0.4	0.3	0.4	1.4	1.2	1.0	1.7	4.4
- PO ₄ -P (µg/l)	17	17	338	62	432	117	582	1643
Wachstum der Pflanzen (g) (Mittel von 16 Pflanzen) Croissance des plantes (g) (moyenne de 16 plantes par canal)								
- Anfangsfrischgewicht poids frais initial	9.0	10.0	9.7	9.6	10.4	10.4	12.5	11.4
- Zunahme des Frischgewichts in einem Monat augmentation du poids frais en un mois	6.5	5.0	8.0	22.2	27.9	32.8	48.0	38.0

2.5. Die Unterdrückung des benthischen Wachstums durch Beweidung und die allfällige Rolle der Weider bei der Eutrophierung der Fließgewässer

Der Beitrag der Weider zur Begrenzung der Entwicklung des Benthos kann ersehen werden aus dem Verlauf der Sukzession der Algengemeinschaften, der charakterisiert ist durch den Übergang von dichten Fadenalgenbeständen zu unscheinbaren epilithischen oder Steinkrustengemeinschaften (wie sie in Kapitel 2.2 beschrieben wurden).

Es überrascht daher nicht, wenn in Bächen, die einem starken Weidedruck ausgesetzt sind, die Einleitung von Insektiziden zu einer schlagartigen Zunahme des Algenwachstums führt [15].

In einer grossen Rinne, die nur noch Krustenbewuchs aufweist, lassen sich die Weider durch eine zweiwöchige Trockenlegung vollkommen ausschalten. Nach der Wiederflutung entwickeln sich unverzüglich Lager mit flutenden Algen und Moosbeständen wie sie vor Jahren durch den allmählich zunehmenden Weidedruck augemerzt worden sind [14]. Das Austrocknen von Flussabschnitten durch extreme Wasserleitungen kann daher das eingespielte Gefüge von Pflanzen und Weidern verändern und zu lokalen Verkräutungen führen.

Diese Befunde lassen vermuten, dass das Verhältnis zwischen Herbivoren und Pflanzen auch in natürlichen Gewässern ein wesentlicher Faktor für die Dynamik von benthischen Lebensgemeinschaften darstellt. Nachteilige Einwirkungen auf die Aktivität oder auf die Populationsdynamik der Weider kann zu einer Vermehrung der Algen- und der Makrophyten-Bestände führen. Abwasser z.B.

communautés algales, caractérisée par le passage d'une végétation composée d'algues filamenteuses à une mince croûte épilithique (cf 2.2.).

Il n'est donc pas surprenant que, dans les ruisseaux exposés à une forte pression herbivore, l'introduction d'insecticides provoque une forte accélération de la croissance algale [15].

Dans un grand canal ne présentant plus qu'une croûte végétale, les herbivores peuvent être éliminés par un assèchement de deux semaines. Après la remise en eau réapparaissent immédiatement des couches d'algues flottantes et de mousses, qui avaient été éliminées des années auparavant par la pression croissante des herbivores [14].

L'assèchement de segments de rivières par de fortes dérivations d'eau peut donc modifier l'équilibre entre végétaux et herbivores, et entraîner par endroits une surproduction de végétaux.

Ces constatations laissent supposer que le rapport entre herbivores et végétaux constitue aussi dans des eaux naturelles un facteur essentiel de l'évolution des communautés benthiques. Toute intervention nuisible à l'activité ou au développement de la population des herbivores peut occasionner un accroissement du peuplement algal et macrophytique. Des eaux usées, par exemple, peuvent représenter un facteur de stress influant sur l'interaction entre les niveaux trophiques. Il est donc tentant de croire que toute réduction de la pression herbivore par l'action d'eaux usées favorise la croissance algale et, ainsi, l'apparition de phénomènes d'eutrophisation.

2.6. Chimiopériodicité dans les eaux courantes

Divers processus observés dans les eaux courantes suivent une périodicité due aux variations naturelles de facteurs physico-chimiques importants, tels que la lumière et la température ou bien résultant d'actions variables de l'environnement, déterminées par des activités humaines cycliques.

La figure 6 illustre l'élimination de P_{total} le long de segments de canal de 250 m et de 500 m, au cours de deux journées différentes de décembre et de juin. Les canaux ont reçu 1% d'eaux usées traitées mécaniquement. La concentration de phosphore montre une périodicité marquée au cours de la journée, s'échelonnant selon la charge d'eau usée entre 80 et 180 µg P/l, le minimum se situant à quatre heures du matin et le maximum, vers midi. Le bilan le long des canaux varie entre une élimination cons-

Tab. 4

Wirkung der Chemoperiodizität auf die Entwicklung von heterotrophen benthischen Biozönosen, die alle dieselbe Zuckerfracht von 86,4 g C/Tag erhalten.

Action de la chimio-périodicité sur le développement de biocénoses benthiques hétérotrophes, contenant toutes la même charge en sucre de 86,4 g C/jour.

Kanal	1	2	3	4	canal
Zuckerfracht (g C/Tag)	86.4	86.4	86.4	86.4	Charge de saccharose (g C/jour)
Dauer der Dosierung (Std/Tag)	24	12	6	3	Durée du dosage (heures/jour)
Konzentration (mg C/l)	1	2	4	8	Concentration (mg C/l)
Produktivität ¹ als:					Productivité ¹ en forme de:
- stehende Biomasse: Zunahme	0.91	0.51	0.51	0.41	- biomasse sur pied: augmentation
- Drift	1.80	0.61	0.29	0.29	- dérive
Total	2.71	1.12	0.80	0.71	Total
in %	100	41	30	26	en %

¹) Produktivität: ausgedrückt als mittlere Tagesproduktion über die Länge der Kanäle (75 m) als g aschenfreie Biomasse/m² Tag, Daten berechnet nach [8]

¹) Productivité: exprimée comme production quotidienne moyenne sur la longueur des canaux (75 m) en g de biomasse sèche exempte de cendres/m² jour, données calculées d'après [8]

kann ein Stressfaktor sein, der die Wechselwirkung zwischen trophischen Ebenen beeinflusst. Die Vermutung ist daher naheliegend, dass eine allfällige Verminderung des Weidedruckes durch Abwassereinwirkung zu einer Förderung des Algenwachstums führt und so Eutrophierungserscheinungen verursacht.

2.6. Chemoperiodizität in Fließgewässern

Verschiedene Prozesse, die in Fließgewässern ablaufen, sind tagesperiodisch als Folge von natürlichen Variationen wichtiger physikalisch-chemischer Faktoren wie Licht und Temperatur oder aber als Resultat von variablen Einwirkungen aus der Umgebung, die durch zyklische menschlichen Aktivitäten bedingt werden.

Fig. 6 zeigt die Elimination von Gesamt-Phosphor längs von Kanalabschnitten von 250 und 500 m Länge an zwei verschiedenen Tagen in den Monaten Dezember und Juni. Die Kanäle erhielten 1% mechanisch geklärtes Abwasser. Die Konzentration der Phosphorzufuhr zeigt eine deutliche tagesperiodische, durch die Abwasserbelastung bedingte Variation in einem Bereich zwischen 80 und 180 µg P/l, mit einem Minimum um 4 Uhr morgens und einem Maximum um die Mittagszeit. Die Phosphorbilanz längs der Kanäle bewegt sich zwischen anhaltender Elimination im Juni und einem Übergang von einer Elimination des Phosphors zu seiner Freisetzung aus dem Benthos ins Wasser im Dezember. Das Verhalten lässt vermuten, dass gleichzeitig verschiedene Prozesse ablaufen, die die P-Bilanz beeinflussen, und dass ihre Aktivität von der Konzentration der P-Zufuhr abhängt. Zusätzlich sind die Prozesse aber durch Tag/Nacht Zyklen beeinflusst, sodass bei einer gegebenen Einlaufkonzentration des Phosphors die Bilanz je nach der Tageszeit verschieden ist. Dieses Beispiel zeigt die gleichzeitige Auswirkung von 2 verschiedenen Ursachen für die Chemoperiodizität, d.h. solche, die ausserhalb und solche, die innerhalb des Gewässers liegen.

Von praktischer Bedeutung ist die Frage, ob die biologische Auswirkung einer gegebenen Abwasserfracht von ihrer tageszeitlichen Verteilung abhängt. Dies wurde in Kanälen untersucht, die alle mit derselben mittleren Zuckerkonzentration von 1 mg Saccharose-C/l belastet wur-

tante du phosphore en juin, et une transition de son élimination à son passage du benthos dans l'eau en décembre. Ce phénomène laisse supposer que divers processus simultanés influencent le bilan du phosphore et que leur activité varie en fonction de la concentration de phosphore. En outre, ces processus sont soumis à des cycles jour/nuit, de sorte que, pour une concentration donnée de phosphore, le bilan est différent selon l'heure. Cet exemple révèle l'effet simultané de deux causes différentes sur la chimio-périodicité, à savoir une cause intérieure et une cause extérieure au cours d'eau.

Sur un plan pratique, il convient de se demander si l'action biologique d'une charge donnée d'eau usée varie en fonction de sa répartition dans le temps. Cet aspect a été étudié dans des canaux alimentés de la même concentration moyenne de 1 mg de saccharose-C/l (c'est-à-dire 86,4 g C/jour), mais dosés sur des périodes plus ou moins lon-

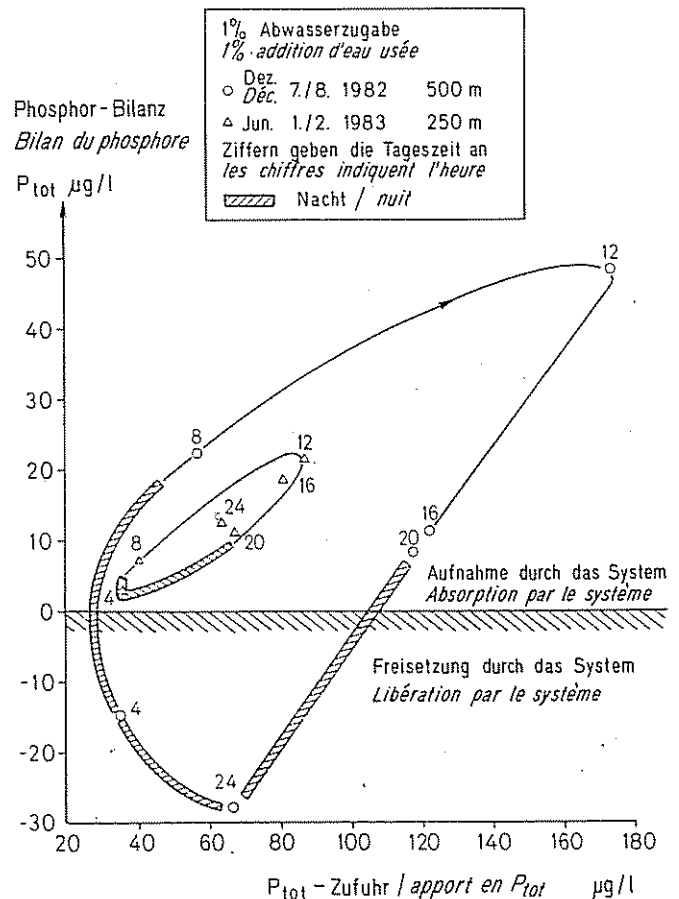


Fig. 6
Die Tagesperiodizität der Elimination von Gesamtphosphor in den grossen Rinnen

Périodicité de l'élimination de phosphore total dans les grands canaux

den (d.h. 86.4 g C/Tag), die aber über verschieden lange Zeiträume (24, 12, 6 und 3 Stunden pro Tag) und damit in verschiedenen Konzentrationen (1, 2, 4 und 8 mg C/l) zudosiert wurden [8]. Wenn die Entwicklung in den ersten 75 m der Bäche beurteilt wird (d.h. die Länge der Kanäle), dann ist das Heterotrophenwachstum geringer, wenn die Zugabe intermittierend war [Tab. 4]. Wahrscheinlich sind die Biomassenverluste während der Hungerphase, wo kein Substrat zudosiert wird, für die geringere Biomassebildung verantwortlich. Das Resultat mag möglicherweise verschieden ausfallen, wenn der gesamte von der Zuckerdosierung beeinflusste Bachabschnitt beobachtet werden könnte. Denn dort, wo weniger Nährstoffe im Oberlauf gebraucht werden, stehen mehr zur Verfügung, um Bakterien im Unterlauf zu ernähren, einem Unterlauf, der aber in den experimentellen Bächen nicht vorhanden ist.

3. Andere Typen von experimentellen Fließgewässern

Die Bauweise von künstlichen Bächen hängt davon ab, welche Subsysteme eines Fließgewässers studiert werden sollen. Beim Bau unserer Fließwassermodelle lag das Interesse vor allem am Verhalten des Benthos von Flüssen mit gutem Lichtklima, wie sie im schweizerischen Mittelland häufig sind. Andere Freilandssysteme untersuchen die Bedeutung und Reaktion der suspendierten Biomasse in Tieflandflüssen (Fließwasserversuchsfeld von Marienfeld in Berlin, [18]) oder aber den kombinierten Beitrag des Benthos und der tiefen Kiessohle des Gewässergrundes, des Subrheals (rezirkulierendes Flussmodell für kalkreiche Gewässer in East Stoke in England, [19]). Da Wasser guter Qualität meist nicht in hinreichenden Mengen zur Verfügung steht, werden künstliche Bäche häufig mit rezirkuliertem Wasser betrieben, wodurch aber eine fundamentale Eigenschaft der Fließgewässer, nämlich der Vektor in der Fließrichtung, nicht mehr simuliert wird. In dieser Beziehung sind die Durchflusskanäle der EAWAG mit einer verfügbaren Wassermenge von 100 l/s einzigartig.

Einige der Grenzen von Freilandssystemen liegen in der geringen Möglichkeit, die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften unter gegebenen chemischen Bedingungen zu manipulieren, und vor allem in der Schwierigkeit, wichtige physikalische Faktoren wie Licht und Temperatur zu kontrollieren. Aus diesem Grund sind Kleinbäche in geschlossenen Räumen aufgebaut und bei Raumtemperatur [20] oder mit Temperaturkontrolle mittels Heizung und Kühlung (Rheodrom der EAWAG, [21]) betrieben worden oder neuerdings in vollklimatisierten Räumen aufgestellt worden (Nationales Institut für Umweltforschung, Tsukuba, Japan).

Der Einsatz von Freilandvorflutermodellen ist besonders lohnend in enger Zusammenarbeit mit einem Team von Mikrobiologen. Das Studium der Lichthemmung von *Sphaerotilus natans* ist in dieser Beziehung ein instruktives Beispiel. In Freilandkanälen, die mit wenig häuslichem Abwasser belastet waren, zog *Sphaerotilus* in der frühen Besiedlungsphase jene Kanalwand vor, die nicht der vollen Mittagsonne ausgesetzt war und damit eine kleinere Lichtdosis erhielt. Direkte Beschattung der Kanäle mit Brettern bestätigten die hemmende Wirkung des Lichtes. Messungen des Wachstums von Reinkulturen von *Sphaerotilus* in vitro, in untergetauchten Gefässen mit Schnorcheln, zeigten, dass Licht das Bakterium direkt beeinflusste, und dass das verringerte Wachstum im Bach nicht auf einem Wettbewerb mit andern Mikrophyten oder auf Beweidung beruht [10]. Im Laboratorium wurde dann der Effekt verschiedener Wellenlängen auf das Wachstum von *Sphaerotilus* untersucht und es wurde nachgewiesen, dass der hemmende Effekt des Lichtes durch die Nähr-

gues (24, 12, 6 et 3 heures par jour) et selon des concentrations différentes (1, 2, 4, et 8 mg C/l) [8]. Évaluée sur les 75 premiers mètres, soit la longueur des canaux, la croissance des hétérotrophes est réduite, si l'addition de sucre a été intermittente [tab. 4]. Selon toute vraisemblance, les pertes en biomasse lors de la phase de privation, où aucun substrat n'est apporté, sont responsables de la production décroissante de biomasse. Il se pourrait que le résultat diffère si l'on pouvait observer l'ensemble du segment de ruisseau influencé par l'addition de sucre. En effet, lorsque le besoin de nutriments se fait moins sentir dans le cours supérieur, les substances nutritives sont plus abondantes pour alimenter les bactéries dans le cours inférieur; celui-ci ne peut cependant pas être étudié dans les canaux artificiels.

3. Autres types d'eaux courantes expérimentales

La construction de ruisseaux artificiels peut varier en fonction des subsystemes du cours d'eau que l'on désire étudier. Dans notre cas, nous nous intéressons en priorité au comportement du benthos de cours d'eau bénéficiant de bonnes conditions lumineuses, telles qu'on les rencontre fréquemment sur le plateau central suisse. D'autres systèmes naturels étudient l'importance et la réaction de la biomasse en suspension dans des cours d'eau de plaine (installations de recherche de Marienfeld à Berlin, [18]) ou encore l'action combinée du benthos et du fond de gravier (subrheal) (canaux à recirculation d'eaux calcaires à East Stoke, Grande-Bretagne, [19]). L'eau de bonne qualité n'étant en général pas disponible en quantités suffisantes, les canaux artificiels sont souvent alimentés par de l'eau recyclée, qui ne permet toutefois pas la simulation d'une propriété fondamentale de l'eau courante, à savoir le vecteur unitaire de la direction du courant. A ce sujet, les canaux à écoulement de l'EAWAG, offrant une quantité d'eau disponible de 100 l/s, présentent un système unique.

Les systèmes artificiels librement exposés à l'environnement naturel ne permettent pas de manipuler avec la même latitude la composition des communautés biotiques dans des conditions chimiques données et de contrôler des facteurs physiques aussi importants que la lumière et la température. C'est pourquoi de petits ruisseaux sont installés dans des espaces clos et soumis à la température ambiante [20] ou à température contrôlée au moyen de systèmes de chauffage et de refroidissement (rhéodrome de l'EAWAG, [21]), ou même aménagés dans des salles totalement climatisées (Institut national de recherche sur l'environnement à Tsukuba, Japon).

Les canaux expérimentaux naturels peuvent être particulièrement mis à profit grâce à l'étroite collaboration entre écologistes et microbiologistes. L'étude de la photo-inhibition du *Sphaerotilus natans* constitue, à ce sujet, un exemple instructif. Dans des canaux chargés d'eau usée domestique, à faible concentration, le *sphaerotilus* préfère, lors de la phase initiale de colonisation, le côté du canal le moins exposé au soleil de midi et donc le moins éclairé. L'obscurcissement des canaux à l'aide de planches a confirmé l'action inhibitrice de la lumière. En mesurant la croissance in vitro de cultures pures de *sphaerotilus*, dans des récipients immergés munis de tubes respiratoires, on a constaté que la lumière exerçait une influence directe sur la bactérie et que la réduction de croissance dans le ruisseau ne reposait pas sur une compétition avec d'autres microphytes, ni sur l'action des herbivores [10]. En laboratoire, on a ensuite analysé l'effet de diverses longueurs d'ondes sur la croissance du *sphaerotilus* et observé que l'effet inhibiteur de la lumière est influencé par l'approvisionnement en nutriments et peut être supprimé par une alimentation appropriée [9].

De même qu'un segment d'eau courante représente un

toffversorgung beeinflusst wird und durch angemessene Ernährung behoben werden kann [9].

So wie ein Abschnitt eines Fließgewässers ein individuelles Habitat darstellt und nicht «das Fließgewässer» representiert, so sind auch verschiedene Versuchsbäche einmalig und verkörpern gewisse Eigenschaften, die in natürlichen Gewässern vorgefunden werden. Die Eigenschaften eines Gewässers, die wir als wesentlich bei der Umschreibung von Forschungsprojekten erachten, sind abhängig vom Fortschritt unseres Wissens und unseren momentanen Zielsetzungen bezüglich Fließgewässer. Künftige Forschung an schweizerischen Fließgewässern wird vielleicht den biologischen Wechselwirkungen mehr Bedeutung zumessen und auch vermehrt die Auswirkung von physikalischen Faktoren wie Wasserführung, Temperatur und Licht und besonders auch kurz- und langfristige Variationen dieser Faktoren untersuchen. Dies könnte nach Experimenten mit einer rigoroseren Kontrolle der Umgebungsfaktoren rufen, und zur Konstruktion einer neuen Generation von Fließwassermodellen führen, die aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen kleinere Ausmasse haben und die Arbeitsmöglichkeiten der bestehenden grossräumigen Systeme ergänzen.

- [1] Blöchliger, G., Husmann, W.: Beitrag zur Kenntnis der Wachstumsbedingungen von Abwasserpilzen in fließenden Gewässern. Z. Hydrol., 8, 55–61, (1939)
- [2] Wuhmann, K.: Über die biologische Prüfung von Abwasserreinigungsanlagen. Gesundheits-Ingenieur 72 (15): 1–9 (1951)
- [3] Wuhmann, K., Eichenberger, E.: Künstliche Bäche als Hilfsmittel der experimentellen Fließwasserökologie. Vom Wasser, Bd. 54: 1–18 (1980)
- [4] Eichenberger, E.: Ökologische Untersuchungen an Modellfließgewässern. I. Jahreszeitliche Verteilung der bestandesbildenden pflanzlichen Organismen bei verschiedener Abwasserbelastung. Schweiz. Z. Hydrol. 29: 1–31, 1967
- [5] Eichenberger, E.: Ökologische Untersuchungen an Modellfließgewässern. III. Die jahreszeitlichen Veränderungen des Verhältnisses von heterotropher zu phototropher Biomasse bei verschiedenen Abwasserbelastungen. Schweiz. Z. Hydrol. 34: 155–172, 1972
- [6] Wuhmann, K., Ruchti, J., Eichenberger E.: Quantitative experiments on self purification with pure organic compounds. Third international conference on water pollution research. Section 1, paper 11, pp. 1–16 (1966)
- [7] Wuhmann, K., Eichenberger, E., Leidner, H.A., Wüest, D.: Über den Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit auf die Selbstreinigung in Fließgewässern. Schweiz. Z. Hydrol. 37: 253–272 (1975)
- [8] Meier, W.: Untersuchungen über die biologische Wirkung periodischer Belastungsschwankungen in Fließgewässern. Diss. ETH, Nr. 6546, Zürich 1980.
- [9] Favre, J.: Inhibition de la respiration et de la croissance de *Sphaerotilus natans* par la lumière visible et UV-proche à forte densité. Diss. ETH No. 5411, Zürich 1975.
- [10] Mechsner, Kl.: The influence of seasonal light variations on the growth of *Sphaerotilus natans*. Hydrobiologia, 120: 193–197 (1985)

Simulationsmodell für den Regenabfluss aus Überlaufbauwerken (mit Schwerpunkt Jahresfrachten)

Walter Munz

Bei der Entwässerung eines Siedlungsgebietes im Mischsystem werden Schmutz- und Regenwasser in den gleichen Kanälen zur Kläranlage geführt. Da die Kläranlage meist nur etwa den doppelten Trockenwetteranfall verarbeiten kann, wird der überschüssige Zufluss an geeigneten Stellen mit einem Überlaufbauwerk dem Vorfluter zugeleitet. Das Ausmass dieser zusätzlichen Vorfluterbel-

habitat individuel, et non pas «le cours d'eau», divers canaux expérimentaux ont un caractère unique et figurent certaines propriétés observées dans des eaux naturelles. Les propriétés d'un cours d'eau que nous considérons comme essentielles lors de l'élaboration de projets de recherche sont fonction du progrès de nos connaissances et de nos objectifs momentanés en matière d'eaux courantes. La recherche effectuée à l'avenir dans les eaux courantes suisses attribuera une importance plus grande aux interactions biologiques et examinera de plus près l'action de facteurs physiques, tels que le régime des eaux, la température et la lumière, et en particulier aussi les variations à court et à long terme de ces facteurs. Cela pourrait donner lieu à des expériences exigeant un contrôle plus rigoureux des facteurs environnants et entraîner la conception d'une nouvelle génération de canaux artificiels, aux dimensions plus réduites pour des raisons pratiques et économiques, qui complèteraient les possibilités de recherche offertes par les grands systèmes existants.

- [11] Wuhmann, K., Eichenberger, E.: Experiments on the effects of inorganic enrichment of rivers on periphyton primary production. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19: 2028–2034 (1975)
- [12] Edelmann, W., Wuhmann, K.: Energy balance of running water systems. Verh. Internat. Verein. Limnol., 20, 1800–1805 (1978)
- [13] Zimmermann, P.: Experimentelle Untersuchungen über die ökologische Wirkung der Strömungsgeschwindigkeit auf die Lebensgemeinschaften des fließenden Wassers. Schweiz. Z. Hydrol. 23, 1–31 (1961)
- [14] Eichenberger, E., Schlatter, F., Weilenmann, H.U.: Die Auswirkung der Trockenlegung eines Fließgewässers auf die Entwicklung von Biozöosen. EAWAG Jahresbericht, S.15–16, (1984)
- [15] Eichenberger, E., Schlatter, F.: Effects of herbivorous insects on the production of benthic algal vegetation in outdoor channels. Verh. Internat. Verein. Limnol. 20 1806–1810. (1978)
- [16] Eichenberger, E., Weilenmann, H.U.: The growth of *Ranunculus fluitans*, Lam. in artificial canals. In "Studies on Aquatic Vascular Plants", ed. J.J. Symoens et al., Royal Bot. Soc. of Belgium, pp. 324–332 (1982)
- [17] Eichenberger, E., Schlatter, F., Weilenmann, H.U.: Grazing pressure as a decisive factor in the long term succession of benthic vegetation in artificial rivers. Verh. Intern. Verein. Limnol. 22, 2332–2336, (1985)
- [18] Anon.: Ausstellung Wasser Berlin '77, 1977. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes.
- [19] Marker, A.F.H., Casey, H.: The population and production dynamics of benthic algae in an artificial recirculation hard-water stream. Phil. Trans. R. Soc. London, B 298: 265–308 (1982)
- [20] McIntire, C.D., Garrison, R.L., Phinney, H.K., Warren, C.E.: Primary production in laboratory streams. Limnol. Oceanogr. 9 (1): 92–102 (1964)
- [21] Ibscher, F., Keller, A.: Das "Rheodrom", eine neue Fließwasserversuchsanlage. Schweiz. Z. Hydrol. 37: 187–192 (1975)

Modèle de simulation d'évacuation des eaux de pluie par des ouvrages de déversement (dominante: calcul des charges annuelles)

Walter Munz

Dans le cas du drainage d'une agglomération équipée du tout-à-l'égout, les eaux polluées et les eaux pluviales sont acheminées par les mêmes égouts jusqu'à la station d'épuration. Celle-ci ne pouvant traiter en général qu'environ la quantité double d'eau amenée par temps sec, l'afflux excédentaire est, en des endroits appropriés, amené au cours d'eau collecteur grâce à des ouvrages de déver-

stung (neben dem Kläranlagenablauf) hängt von der Grösse und Häufigkeit der Regen ab.

Für die Beurteilung vorgesehener Kanalisationsmassnahmen wie die Anordnung und Bemessung solcher Überläufe mit/ohne Regenbecken ist die Berechnung dieser Vorfluterbelastung eine grosse Hilfe. Wegen der unsicheren Annahmen und der örtlichen Vielfalt erwartet man weniger absolute Belastungswerte in m³ überfliessendem Mischwasser oder kg Schmutzstoffe als Vergleichswerte für verschiedene Projektvarianten.

Die Berechnung versucht, die Vorgänge in der Natur vom Auftreffen der Regentropfen bis zum Überfliessen beim Überlauf mathematisch nachzuvollziehen – natürlich mit grossen Vereinfachungen. Solche Simulationsmodelle sind zwar auf dem Markt vorhanden, doch meist auf die Bedürfnisse der Kanalbemessung ausgerichtet, d. h. die qualitativen Aspekte und die Speicher- und Überlauf-Vorgänge werden höchstens rudimentär behandelt. Hingegen benötigen sie meist eine aufwendige Angabe von Kanaldaten – etwas, das für unsere Bedürfnisse eher von untergeordneter Bedeutung ist, das aber die Bildung von Jahresfrachten wegen des grossen Rechenaufwandes unvermeidlich sein kann.

Deshalb haben wir ein Modell entwickelt – auch für Ingenieurbüros ohne Grosscomputer – mit den folgenden Eigenheiten:

- der Regen kann in beliebigen Teilschritten (z. B. 1 min.) eingegeben werden, entweder in der üblichen Art der Dateneingabe (ein Wert pro Intervall) oder als Formel in Abhängigkeit von der Zeit (einige Möglichkeiten sind einprogrammiert).
- für Jahresfrachten wurde eine Regenschär (siehe Fig. 1) geschaffen, die bezüglich Häufigkeit den Verhältnissen im schweiz. Mittelland entspricht (andere Häufigkeiten können eingegeben werden).
- die Gebietseingabe beschränkt sich auf Fläche, grösste Fliesszeit und Art der Besiedlung. In den Kanälen innerhalb des Gebietes wird freier Abfluss vorausgesetzt. Es können mehrere Gebiete hintereinander zur Region geschaltet werden (nicht nur 1 Kette, auch Verästelungen).
- die Herkunft der Schmutzstoffe wird bis zum Endpunkt unterschieden:
 - Strassenabschwemmungen
 - Abschwemmung von Kanalablagerungen, die während Trockenwetter entstanden sind,
 - Stoffe im häuslichen Schmutzwasser.
- für das Überlaufwerk sind verschiedene Möglichkeiten im Haupt- und Nebenschluss und auch Kombinationen mit einem Pumpwerk einprogrammiert.

Ein gebrauchsfertiges Programm ist vorhanden für einen IBM-PC in Basic 1.00. Es umfasst ca. 18 Seiten A4 (46 Kb).

1. Regen

Vorgesehen sind 4 Möglichkeiten für die Eingabe von Einzelregen:

- 1) Blockregen (konstante Intensität), Eingaben: Intensität r und Dauer D
- 2) Grenzregen: jeder herausgegriffene symmetrische Ausschchnitt erfüllt die Hörler/Rhein'sche Intensitätsformel:

$$r_m = \frac{K}{D+B} \quad [l \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}] \quad [1]$$

r_m mittlere Intensität auf Dauer D

K, B Ortskonstanten [2]

ment. L'ampleur de cette charge supplémentaire pour le cours d'eau récepteur (en plus de l'écoulement provenant de la station d'épuration) dépend de l'importance et de la fréquence des pluies.

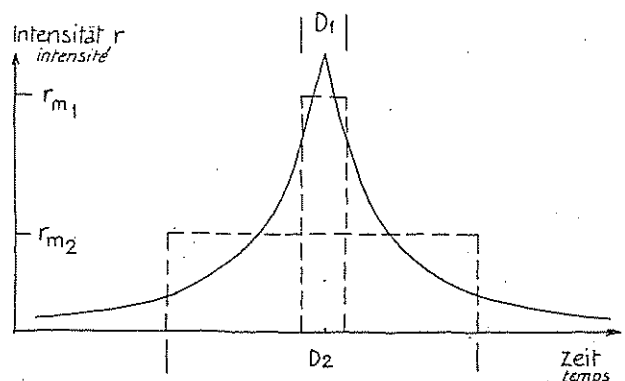
Tant pour l'appréciation des mesures de canalisation envisagées que pour l'aménagement et le dimensionnement de ces déversoirs, avec ou sans bassin d'eaux pluviales, le calcul de la charge du cours d'eau récepteur constitue une aide précieuse. Compte tenu des variations locales et de la précarité de hypothèses, on en attend moins des valeurs absolues en m³ d'eaux mélangées débordantes ou en kg de polluants que des valeurs comparatives permettant l'élaboration de différents projets.

Cette démarche vise à reproduire, en termes mathématiques, les processus naturels, depuis l'apparition des gouttes de pluie jusqu'au déversement – au prix d'importantes simplifications, bien entendu. De tels modèles de simulation existent certes sur le marché, mais ils s'intéressent généralement aux besoins du dimensionnement du canal, les aspects qualitatifs et les processus de retenue et de déversement n'étant traités que de manière rudimentaire. En revanche, ils exigent de volumineuses informations relatives au canal, ce qui, pour nos besoins, revêt une importance secondaire et peut rendre impossible l'établissement de charges annuelles, étant donné le volume des calculs exigés.

Nous avons donc conçu un modèle – également destiné aux bureaux d'études sans gros ordinateur – dont les caractéristiques sont les suivantes:

- La pluie peut être introduite en segments quelconques (1 min., par exemple), soit selon le mode habituel d'entrée des données (une valeur par intervalle), soit en formules, en fonction du temps (quelques possibilités sont programmées).
- Pour les charges annuelles, un ensemble de pluies (voir fig. 1) a été créé, qui correspond, sur le plan des fréquences, aux conditions existantes sur le plateau central suisse (d'autres fréquences peuvent être introduites).
- L'entrée des données concernant le bassin versant se limite à la superficie, au temps d'écoulement maximal et au type d'habitat. On suppose l'écoulement libre dans les canaux du bassin. Plusieurs bassins peuvent s'enchaîner (non seulement 1 chaîne, mais aussi des ramifications).
- L'origine des polluants est différenciée jusqu'au point final:
 - déversements de la rue,
 - dépôts dans les égouts occasionnés par temps sec,
 - substances contenues dans les eaux usées ménagères.
- En ce qui concerne l'ouvrage de déversement, diverses possibilités (en série ou en dérivation) et combinaisons (avec système de pompage) sont programmées.

Un programme prêt à l'usage est disponible pour un IBM-PC en basic 1.00. Il comprend 18 pages de format A4 (46 Kb).



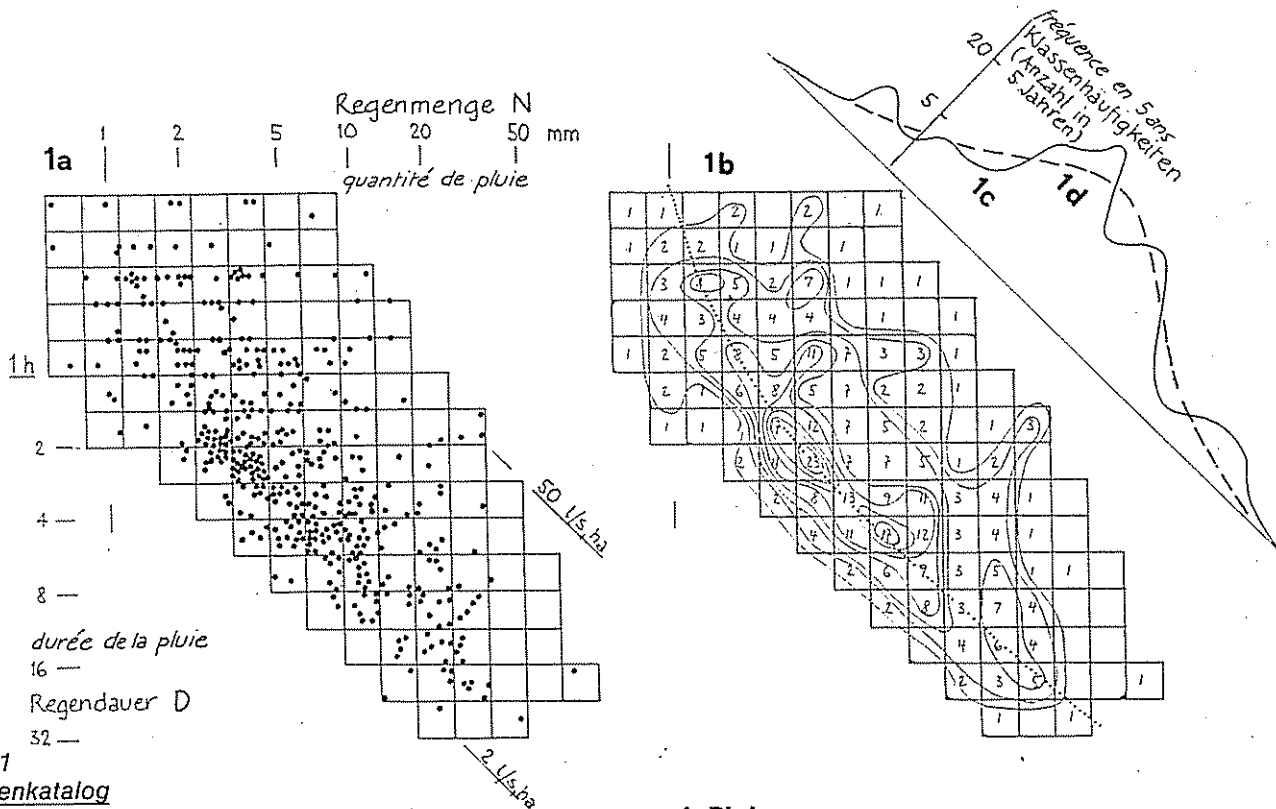


Fig. 1

Regenkatalog

- 1a) Punktediagramm
- 1b) «Regengebirge»
- 1c) Schnitt durch das «Regengebirge»
- 1d) Ausgeglichenen Kurve über der punktierten Grundlinie in 1b (nach Ausgleich des ganzen Gebietes)

Catalogue de pluies

- 1a) diagramme en points
- 1b) «relief des pluies»
- 1c) coupe du relief des pluies
- 1d) Courbe pondérée suivant la ligne en pointillé de fig. 1b après pondération de toute la région

- 3) beliebiger Regen mit intervallweiser Eingabe (Intensität pro Intervall)
- 4) «Katalogregen»: Menge und Dauer gegeben aus dem in Fig. 1a–d beschriebenen Katalog. Der Verlauf wird ähnlich wie im Fall des Grenzregens berechnet, ist aber von der Regendauer abhängig.

Regenschar: Regenkatalog

Die Auswertung der in der Gegend von Uster zwischen 1966 und 70 gefallene Regen ergab ein Punktediagramm (log-log-Massstab). Darüber wurde ein Raster gelegt. Die Klassenhäufigkeiten (Anzahl der in ein Rasterfeld fallenden Regen) werden eingetragen (Fig. 1b). Linien gleicher Häufigkeiten ergeben «Höhenkurven» wie auf einer Landkarte.

Durch das graphische «Ausglätten» der vorliegenden Form dieses «Regengebirges» erhält man mit Werten von wenigen Jahren dasselbe wie mit einer grösseren Datenmenge. Das wieder digitalisierte, ausgeglichene Regengebirge ergibt dann die Häufigkeitszahlen pro Katalogfeld.

Für Jahresfrachten wird jedem Katalogfeld ein Regenverlauf zugeordnet und das Resultat der Simulierung mit der Häufigkeit multipliziert.

2. Gebiet

Mit der Beschränkung auf Fläche und Länge (Fließzeit) des Gebietes werden folgende Annahmen festgelegt:
 – homogenes Einzugsgebiet

1. Pluie

Quatre possibilités sont prévues pour l'entrée des données relatives à chaque pluie:

- 1) pluie en bloc (intensité constante), données introduites: intensité r et durée D
- 2) pluie-limite: chaque coupe symétrique répond à la formule de Hörler/Rhein:

$$r_m = \frac{K}{D + B} \quad [l \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}] \quad [1]$$

r_m intensité moyenne sur une durée D
 K, B constantes locales [2]

- 3) pluie aléatoire introduite par intervalles (intensité par intervalle)
- 4) Pluie cataloguée: quantité et durée indiquée dans le catalogue décrit à la fig. 1a–d. Le processus est calculé comme dans le cas de la pluie-limite, mais dépend de la durée de la pluie.

Ensemble de pluies: catalogue de pluies

L'exploitation des données relatives aux pluies tombées dans la région d'Uster entre 1966 et 1970 a donné un diagramme en points (échelle log-log), sur lequel on a disposé une trame. Les fréquences (nombre de pluies tombées dans une case de la trame) y sont inscrites (fig. 1b). Les lignes reliant des fréquences égales constituent des «courbes de relief», comme sur une carte topographique. Par l'«aplanissement» graphique de ce «relief des pluies», on obtient le même résultat à l'aide de valeurs portant sur un nombre limité d'années qu'à l'aide d'une plus grande quantité de données. A nouveau numérisé et pondéré, le relief des pluies indique alors les fréquences par case de catalogue.

Pour les charges annuelles, un régime de pluie est attribué à chaque case du catalogue et le résultat de la simulation est multiplié par la fréquence.

2. Bassin versant

En limitant les données du bassin versant à la superficie et à la longueur (temps d'écoulement) de la région, on établit les hypothèses suivantes:

- gleichmässige Verteilung der Fläche auf die Länge des Hauptsammelkanals = Rechteckfläche
- Pauschale Eingaben für: Anteile der Oberflächenarten, Einwohnerdichte, Steilheit des Hauptsammlers (die letzten beiden Angaben sind für Trockenwetteranfall und Ablagerungen im Kanal erforderlich)

An *Oberflächenarten* werden unterschieden: Strassen, Steildächer, Kiesklebedächer und unbefestigte, aber abflussliefernde Flächen (Gärten). Zum Regenabfluss kommen noch konstante Abflüsse (häusliche Abwasser, Fremdwasser, usw.).

Für die Fließzeit (wie auch die Anschlusszeit eines «Oberliegers») wird der Füllungsgrad des Sammelkanals berücksichtigt.

Grosse Sorgfalt wird (besonders bei mehreren Gebieten) den Richtung Kläranlage weitergeleiteten Anteilen Q_{an} (mit Aufstau) und Q_v (ohne Aufstau) gewidmet. Sie hängen auch von Q_{an} der Oberlieger ab. Für die Ablaufberechnung wird die Druckhöhe berücksichtigt, nicht aber der Überstau über die Wehrkante des Überlaufs.

- bassin versant homogène
- répartition équilibrée entre superficie et longueur du canal collecteur principal = surface rectangulaire
- données globales en ce qui concerne: les proportions de types de surface, la densité de population et la pente du collecteur principal (les deux dernières données ne servent qu'évaluation de la production par temps sec et des dépôts dans le canal).

On distingue les *types de surface* suivants: routes, toits en pente, toits multicouches et surfaces non stabilisées mais permettant l'écoulement (jardins). A l'écoulement des eaux pluviales s'ajoutent les décharges constantes (eaux usées ménagères, eaux étrangères, etc.). Pour le temps d'écoulement (ainsi que le temps de raccordement, d'un bassin versant en amont), on tient compte du degré de remplissage du canal collecteur.

Une attention toute particulière est apportée (surtout quand plusieurs régions sont considérées) aux quantités Q_{an} (avec refoulement) et Q_v (sans refoulement) dirigées vers la station d'épuration, qui dépendent également de la

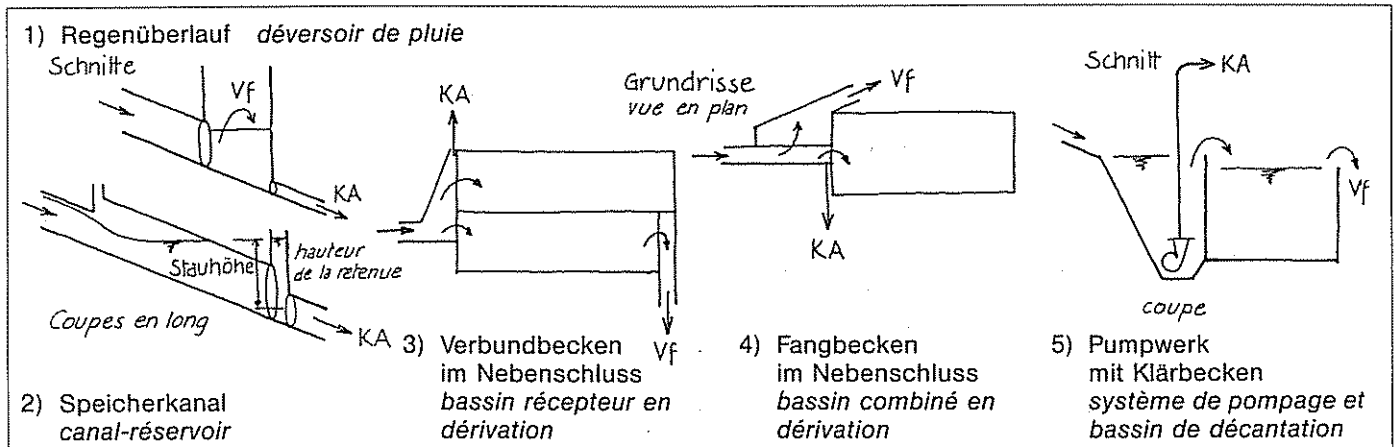


Fig. 2

Einige Typen von Überlaufbauwerken
(KA = Kläranlage, Vf = Vorfluter)

Die Vielfalt der möglichen Überlaufbauwerke wird auf 8 Fälle reduziert, mit denen aber der grösste Teil der in der Schweiz vorliegenden Konstruktionen erfasst sein dürfte (Beispiele siehe Fig. 2).

3. Simulations-Modell

Die Abflussberechnung aus den 4 *Oberflächenarten* erfolgt jeweils in 3-5 Schritten (z. B. Verwehen, Versickern, Muldenverlust, Linearspeicher). Beim Linearspeicher [3] führt auch das Überschreiten einer festgelegten Höhe zu einem Verlust. Bei den Strasseneinläufen ist der Zufluss begrenzt; auf unbefestigten Flächen wird das Versickern berücksichtigt. Mit den jeweiligen Flächenanteilen multipliziert ergibt sich summiert der Oberflächenabfluss.

Es kann auch eine pauschale Berechnung gewählt werden, die auf einem kombinierten Speicher (Linearspeicher nach Muldenspeicher) beruht.

Für die Superposition der Oberflächenabflüsse zum *Kanalnetzabfluss* am Endpunkt des Gebietes wird die Isochronenmethode verwendet. Die dynamischen Vorgänge beim Netzdurchfluss werden wieder mit einem Linearspeicher simuliert.

Diese Superposition stellt eine dreifache Integration dar. Durch die Umlegung der Distanzen auf Fließzeiten können alle 3 Dimensionen über das Zeitintervall abgewickelt werden:

- Regenverlauf
- Sammelvorgang im Gebiet
- Sammelvorgang in der Region

Da die *Region* nicht in gleiche Einzugsgebietsstreifen zerlegt werden kann, kommt hier die Isochronenmethode

Quelques types d'ouvrages de déversement (KA = station d'épuration, Vf = cours d'eau récepteur)

Q_{an} du canal supérieur. Pour le calcul de l'écoulement, on tient compte de la hauteur manométrique, mais non pas de la submersion de la crête du déversoir.

La grande diversité des ouvrages de déversement envisageables a été réduite à huit exemples, largement représentatifs des constructions existant en Suisse (fig. 2).

3. Modèle de simulation

Le calcul de l'écoulement provenant des 4 types de surface s'effectue en 3 à 5 étapes (par exemple, dispersion par le vent, infiltration, pertes synclinales, mémoires linéaires). Dans le cas des mémoires linéaires [3], le dépassement d'une hauteur déterminée entraîne aussi une perte. Au niveau des prises d'eau provenant des routes, l'afflux est limité; sur les surfaces non stabilisées, il faut tenir compte de l'infiltration. En multipliant par les différentes parts de surface, on obtient l'écoulement total de surface. On peut également opter pour un calcul global, basé sur un réservoir combiné (mémoire linéaire et synclinale).

Pour la superposition des écoulements de surface et de l'écoulement du réseau d'égouts à la sortie du bassin versant on utilise la méthode isochrone. Les processus dynamiques du débit sont simulés de nouveau à l'aide d'une mémoire linéaire.

Cette superposition représente une triple intégration. Grâce à la conversion des distances en temps d'écoulement, les 3 dimensions peuvent être évaluées dans l'intervalle de temps:

- déroulement de la pluie
- processus de collecte dans le bassin versant
- processus de collecte dans la région

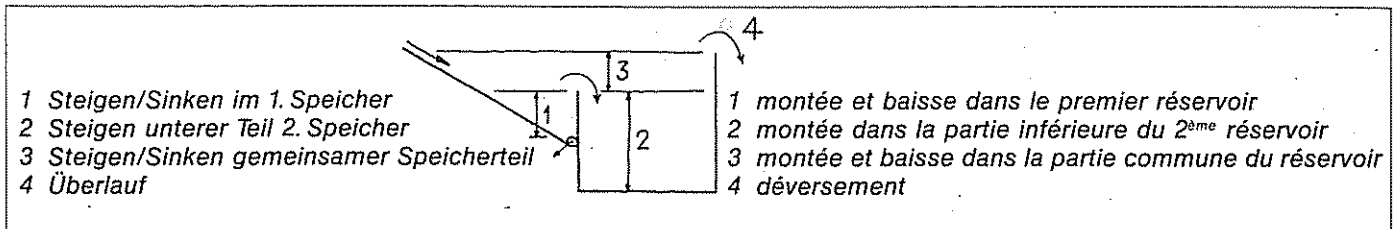


Fig. 3
 Phasen beim Becken im Nebenschluss

nicht in Betracht. Die Speicherung der minütlichen Ablaufresultate aus allen Gebieten kommt bei Jahresfrachten aus Platzgründen nicht in Frage. Wir haben deshalb ein wanderndes Zeitfenster gewählt, so dass nur die momentan benötigten Werte im Rechner bleiben. Es wird deshalb in der folgenden Reihenfolge integriert:

- äußere Schleife: Regenverlauf
- mittlere Schleife: Superposition der Gebiete
- innere Schleife: Integral über ein Gebiet

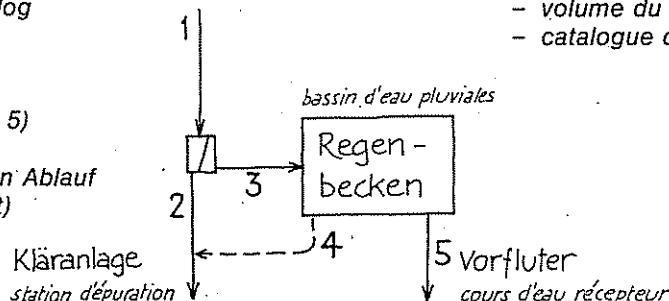
Der Speicher/Überlauf-Vorgang im Überlaufbauwerk wird in einzelne Phasen zerlegt, z. B. in die Phasen 1–4 beim Becken im Nebenschluss (Fig. 3).

Mit dem Wasserdurchfluss wird gleichzeitig der Schmutzstoffdurchfluss direkt als Schwebestoffe (TSS) berechnet. Bei der Gebietseingabe wird das Anfangsdepot auf Strassen und in den Kanälen aus den übrigen Angaben errechnet. Die momentanen Abschwemmungen hängen

Fig. 4
 Mit dem Simulationsmodell berechnete Jahresfrachten für einen Überlauf mit Regenbecken

- Grundlagen:
- Einzugsgebiet 9 ha befestigter Fläche
 - Trockenwetteranfall Spitze 16 l/s
 - Weiterleitung zur Kläranlage max. 50 l/s
 - Inhalt des Regenbeckens 330 m³
 - Regenkatalog

- 1) Zulauf zum Überlauf
- 2) Ablauf zur Kläranlage
- 3) Einlauf ins Becken (Fig. 5)
- 4) Rückhalt im Becken (nach dem Regen in den Ablauf zur Kläranlage gepumpt)
- 5) Überlauf zum Vorfluter



Bei diesem relativ grossen Becken laufen also etwa 15% der zulaufenden Wassermenge, aber nur 3% der Schmutzstoffe, während 36 Stunden (verteilt auf 17 Regenfälle eines Jahres) zum Vorfluter über.



Fig. 5
 Sicht auf Regenbecken mit auf der Wasseroberfläche schwimmenden Schmutzstoffen (im Hintergrund Zulauf).

Variations de niveaux dans le bassin en dérivation

Comme la région ne peut pas être divisée en bandes équivalentes de bassin versant, la méthode isochrone ne peut être prise en considération. L'enregistrement des résultats obtenus minute par minute de tous les bassins ne peut entrer en ligne de compte, pour des raisons de place, dans le cas de charges annuelles. Nous avons donc opté pour une fenêtre de temps variable, de sorte que seules les valeurs momentanément nécessaires demeurent dans le calculateur. L'intégration s'effectue donc dans l'ordre suivant:

- boucle extérieure: déroulement de le pluie.
- boucle médiane: superposition des bassins versants de la région
- boucle intérieure: intégrale sur un bassin versant.

Le processus de retenue/déversement au niveau du déversoir se subdivise en différentes phases, comme, par exemple, les phases 1–4 observées dans le bassin en dérivation (fig. 3).

Charges annuelles d'un déversoir avec bassin d'eaux pluviales, calculées à l'aide du modèle de simulation

- Bases:
- bassin versant de 9 ha de surface stabilisée
 - débit maximal de temps sec: 16 l/s
 - adduction vers la station d'épuration: max. 50 l/s
 - volume du bassin d'eaux pluviales: 330 m³
 - catalogue des pluies

- 1) Arrivée au déversoir
- 2) Sortie vers la station d'épuration
- 3) Entrée dans le bassin
- 4) Retenue dans le bassin (pompée après la pluie vers la station d'épuration)
- 5) Déversement vers le cours d'eau récepteur

	Wasser Eau m ³	Schwebestoffe Particules en suspension (TSS*) kg	Dauer Durée h	Anzahl Fälle Nombre des précipitations
1)	57 500	9 630	260	89
2)	38 000	6 870	260	89
3)	19 500	2 760	117	69
4)	10 100	2 430		69
5)	8 500	330	36	17

* TSS = total suspended solids.

Dans le cas de ce bassin relativement grand, environ 15% de la quantité d'eau affluée, mais seulement 3% des substances polluantes, sont déversés vers le cours d'eau récepteur, au cours d'une période de 36 heures (répartition sur 17 précipitations en une année).

Vue d'un bassin d'eaux pluviales avec objets non-dissolus flottant sur la surface de l'eau (au fond la conduite).

von der Fließgeschwindigkeit, dem noch vorhandenen Depotrest und der Zeit seit Regenbeginn ab. Die Stoffdaten sind aber mit grossen Unsicherheiten behaftet. Trotzdem sind sie zur Beurteilung von verschiedenen Projektvarianten wertvoll. Das Modell wurde schon für Regenbecken am Thunersee verwendet [4], um u. a. die Jahresfrachten im Überlauf des Regenbeckens und im Ablauf zur Kläranlage zu ermitteln (siehe Fig. 4 und 5).

- [1] Munz, W., Gedanken zum Bemessungsregen für Abflussmodelle, Gas-Wasser-Abwasser, 11 (1983).
- [2] Hörler, A., Rhein, H.R.; Die Intensitäten der Starkregen in der Schweiz, SBZ, 32 (1961).
- [3] Neumann, W., Der Oberflächenabfluss in städtischen Einzugsgebieten. Berichte Inst. Wasserwirtschaft TU München, Heft 11 (1976), und Wasserwirtschaft, Heft 4 (1977).
- [4] Munz, W.: Wirkung von Regenbecken, Schriftenreihe BUS Nr. 29 (1984).

En même temps que le débit de l'eau, on calcule l'écoulement des *substances polluantes*, et ce de manière plus directe que les matières en suspension. Lors de l'entrée des données relatives au bassin, on évalue le dépôt initial sur les routes et dans les canaux à partir des autres informations. Les dégorgements momentanés dépendent de la vitesse d'écoulement, du dépôt encore présent et du temps écoulé depuis le début de la pluie. Les données concernant les substances comportent pourtant encore bien des incertitudes. Elles sont néanmoins précieuses pour l'appréciation de différents projets. Le modèle a déjà été employé pour des bassins d'eaux pluviales près du lac de Thoun [4], afin d'évaluer, entre autres, les charges annuelles concernant le déversement du bassin d'eaux pluviales et l'écoulement vers la station d'épuration (fig. 4 et 5).

Neues über die EAWAG und ihre Mitarbeiter

Zum Tode von Professor Karl Wuhrmann 23. 7. 1912–16. 9. 1985

Nur wenige wussten von seiner Krankheit. Er hat sich mit der ihm eigenen Art über die Schwere hinweggesetzt. Umso grösser war die Betroffenheit, als die Todesnachricht eintraf. Er war allen Mitarbeitern der EAWAG noch so vital und unternehmungsfreudig bekannt, obwohl er sich bereits seit fünf Jahren im Ruhestand befand. Unter «Ruhestand» verstand er sowieso nicht ausruhen, sondern dies bedeutete für ihn, in Ruhe weiter wirken. So besuchte er sehr regelmässig die Seminarien und Kolloquien und beteiligte sich stets mit seinen provozierend-treffenden Voten an den Diskussionen.

In die Zeit seines Ruhestandes fällt auch das dreijährige Präsidium der IVL (Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie), einer Gesellschaft von rund zweieinhalbtausend Einzelmitgliedern und zweihundert Kollektivmitgliedern. Dieses Präsidium bildete nun den Abschluss eines äusserst aktiven Lebens im Dienste der Gewässerwissenschaft.

Die wissenschaftliche Tätigkeit begann Karl Wuhrmann als Botaniker. Seine Dissertation an der ETH trägt die Nummer 977, wurde im Jahre 1937 veröffentlicht und handelte über den Einfluss von Neutralsalzen auf das Streckungswachstum der Avena-Koleoptile. 1939 übernahm Karl Wuhrmann in der EMPA St. Gallen die Leitung der Sektion für biologische Probleme der Materialprüfung. Mit seinem Eintritt in die EAWAG im Jahre 1946 stiess Karl Wuhrmann dann zum Wasser. Die Direktion übertrug ihm die Leitung der Abteilung Biologie. Anfänglich widmete er sich auch fisch-toxikologischen Fragen. Seine Untersuchungen über die toxischen Wirkungen von Ammonium und Cyanid auf einheimische Fische bildeten eine wichtige Grundlage für die spätere Revision des Bundesgesetzes über die Fischerei.

Aber auch die biologische Abwasserreinigung nimmt bald einen wichtigen Platz in der Forschung von Karl Wuhrmann ein. Aus dem Botaniker Wuhrmann wurde in kurzer Zeit der Mikrobiologe Wuhrmann. Mit grossem Einsatz betrieb er Untersuchungen über die mikrobiologischen Pro-



Nouvelles concernant l'EAWAG et ses collaborateurs

Décès du Professeur Karl Wuhrmann 23. 7. 1912–16. 9. 1985

Rares étaient les personnes au courant de sa maladie. Il avait su en dédaigner la gravité, à sa façon bien à lui. L'émotion n'en a été que plus vive lorsqu'a été annoncée la nouvelle de son décès. Tous les collaborateurs de l'EAWAG connaissaient sa vitalité et son esprit d'entreprise encore intacts, alors qu'il se trouvait en retraite depuis déjà cinq ans. Pour lui, la retraite n'était pas synonyme d'inactivité, mais plutôt d'activité tranquille. C'est ainsi qu'il participait encore assidûment aux séminaires et aux colloques, et qu'il animait toujours les débats de ses interventions pertinentes et provocatives.

Au cours de sa retraite, il a assuré, trois ans durant, la présidence de l'IVL (Association Internationale de Limnologie théorique et appliquée), association regroupant environ deux mille cinq cents membres et deux cents collectivités. Cette présidence constituait l'aboutissement d'une vie extrêmement active vouée aux sciences aquatiques. Karl Wuhrmann débuta son activité scientifique en qualité de botaniste. Sa thèse présentée à l'EPF et enregistrée sous le numéro 977 fut publiée en 1937; elle portait sur l'influence exercée par les sels neutres sur la croissance du coléoptile Avena. En 1939, il reprit, à l'EMPA de St-Gall, la direction de la section spécialisée dans les problèmes biologiques des essais de matériaux.

L'arrivée de Karl Wuhrmann à l'EAWAG en 1946 marqua son entrée dans le domaine aquatique. On lui confia la responsabilité du département Biologie. Au départ, il se consacra également à des questions pisci-toxicologiques. Ses recherches sur les effets toxiques de l'ammonium et du cyanide sur les poissons locaux constituèrent une base importante pour la révision ultérieure de la loi fédérale sur la pêche.

Très vite pourtant, l'épuration biologique des eaux usées occupa une place importante dans les travaux de recherche de Karl Wuhrmann. Le botaniste qu'il était devint en peu de temps micro-biologiste. Il s'engagea sans relâche dans l'analyse des processus micro-biologiques observés dans l'épuration des eaux usées. Sa démarche, fon-

zesse bei der Abwasserreinigung. Sein biochemisch abgestütztes Vorgehen setzte sich entscheidend von den bisherigen deskriptiven Arbeiten ab.

Als im Jahre 1949 die Planung einer Versuchsstation auf dem Gelände der Tüffenwies begann, setzte sich Wuhrmann für Versuchseinrichtungen über Belebtschlammverfahren und Vorfluterforschung ein. «Seine» Rinnen in der Tüffenwies waren damals eine einzigartige Versuchseinrichtung, welche jährlich von zahllosen Exkursionsgruppen besichtigt wurden. Die von ihm mit seinen Mitarbeitern betriebenen Studien über die Selbstreinigung setzten neue Akzente.

Bald darauf, im Jahre 1958, habilitierte er an der Abteilung für Naturwissenschaften der ETH. 1966 erfolgte seine Ernennung zum ausserordentlichen, und 1972 zum ordentlichen Professor für Mikrobiologie der Wasserversorgung und Abwasserreinigung.

Karl Wuhrmann stellte sein Wissen und seine Schaffenskraft uneigennützig in den Dienst der Öffentlichkeit. Er arbeitete in verschiedenen eidgenössischen Kommissionen mit. Etliche Gesetzeswerke, Verordnungen und Wegleitungen tragen seine Handschrift. Selbst im militärischen Bereich wurden seine Kenntnisse genutzt. Als Angehöriger des Armeestabes fertigte er beinahe im Alleingang den technischen Teil des Reglementes über die Wasserversorgung in der Armee an.

Karl Wuhrmann war ein sehr kritischer Fachkollege. Wer mit ihm seine eigenen Forschungsergebnisse diskutieren wollte, musste seiner Sache sicher sein. Gerade deshalb wurde sein unabhängiges Urteil von vielen Kollegen gesucht. Wer auf seine Frage «was kauf ich mir damit?» nicht vorbereitet war, erfuhr, wo die Schwachstelle seiner Arbeit lag. Diese Frage war typisch Wuhrmann. Seine Suche nach Lösungen war von der Idee getragen, für die Allgemeinheit den besten Weg zu finden. Er schreckte dabei auch nicht zurück, seine Gesprächspartner vor den Kopf zu stossen.

Nun ist seine Stimme verstummt. Karl Wuhrmann wird uns fehlen. Die Mitarbeiter der EAWAG werden noch lange von ihm reden. Wir halten sein Andenken in Ehren.

Peter Perret

dée sur une approche biochimique, se démarquait nettement des travaux descriptifs effectués jusqu'alors.

Lorsque fut mis sur pied, en 1949, le projet de création de la station d'essais de Tüffenwies, Karl Wuhrmann s'engagea en faveur d'installations expérimentales pour la recherche des boues activées et des émissaires. «Ses» canaux de Tüffenwies représentaient à l'époque une installation expérimentale unique en son genre qui attirait chaque année d'innombrables visiteurs. Les recherches sur l'auto-épuration qu'il a effectuées avec l'aide de ses collaborateurs ont valeurs de référence.

Peu après, en 1958, il soutient sa thèse auprès du département de sciences naturelles de l'EPF. En 1966, il fut nommé maître des conférences, avant de se voir confier, en 1972, la chaire de micro-biologie de l'approvisionnement en eau et de l'épuration des eaux usées.

Karl Wuhrmann mit sa science et sa créativité au service du public avec un entier désintéressement. Il prit part aux travaux de diverses commissions fédérales, ainsi qu'à l'élaboration de plusieurs textes de loi, ordonnances et directives. Ses connaissances furent même utilisées dans le domaine militaire. Membre de l'état-major, il conçut pratiquement à lui seul la partie technique du règlement relatif à l'approvisionnement en eau de l'armée.

Karl Wuhrmann était un collègue compétent et très critique. Il fallait être sûr de son affaire, pour songer à discuter avec lui des résultats de ses recherches. C'est justement pour cette raison que son jugement objectif était apprécié de nombreux collègues. Celui à qui il demandait: «A quoi cela nous avance-t-il?», savait où était le point faible de son travail. Cette question était typique de Wuhrmann. Sa quête de solutions était toujours guidée par le souci de satisfaire au mieux le plus grand nombre. Et il ne craignait pas, le cas échéant, d'offenser son interlocuteur.

Sa voix s'est maintenant tue. Karl Wuhrmann nous manquera. Ses collaborateurs de l'EAWAG parleront encore longtemps de lui. Nous honorons sa mémoire.

Peter Perret

Alfons Zehnder †

Am 10. November 1985 ist Dr. Alfons Zehnder im Alter von 65 Jahren unerwartet gestorben. Alfons Zehnder war durch seine algologischen Arbeiten und die Pflege der Algenkulturen mit der EAWAG verbunden. Seit Jahren unterbrach er seine Arbeit als Mittelschullehrer am Seminar Wettingen pro Woche während eines Tages, um in der Algothek der EAWAG wissenschaftlich tätig zu sein. Seine Spezialität war die Isolierung und die Aufzucht von Blaualgenreinkulturen. Er widmete sich speziell den langsam wachsenden, schwierig zu kultivierenden Faden-Blaualgen. Als Präsident der International Association for Cyanophyte Research hatte er weltweiten Kontakt mit Fachkollegen und organisierte Fach-Symposien. Das letzte dieser im Jahre 1960 von Professor Jaag ins Leben gerufene Symposien fand vor 2 Jahren im Seenforschungslaboratorium Kastanienbaum und an der EAWAG in Dübendorf statt.

Alfons Zehnder war ein stiller, aber unerkannt vielseitiger Mensch. Längere Forschungs- und Arbeitsaufenthalte in Kanada, Kamerun, Nepal und Indien öffneten seinen Blick für das Wesentliche des menschlichen Daseins in einer bedrohten Umwelt. Sein Talent, einerseits als Naturforscher im mikroskopischen Bereich Neues zu entdecken und zu beschreiben und andererseits in der Umwelt ökologische Zusammenhänge zu suchen, bewirkte bei man-



Alfons Zehnder †

Le dr *Alfons Zehnder* est subitement décédé le 10 novembre 1985, à l'âge de 65 ans. Il était lié à l'EAWAG par ses travaux en algologie et son intérêt pour les cultures d'algues. Depuis des années, il interrompait son activité d'enseignant au Séminaire de Wettingen pendant une journée par semaine, pour se consacrer à des tâches scientifiques à l'algothèque de l'EAWAG. Il s'était spécialisé dans l'isolation et la culture pure d'algues bleues, et notamment des algues

bleues filamenteuses, lentes à croître et difficiles à cultiver. En qualité de président de l'International Association for Cyanophyte Research, il entretenait des contacts avec des confrères du monde entier et il organisait des symposiums. Le dernier de ces symposiums créés en 1960 par le Professeur Jaag eut lieu il y a deux ans au laboratoire de limnologie de Kastanienbaum et à l'EAWAG à Dübendorf.

Alfons Zehnder était un homme discret aux multiples aspects méconnus. Des séjours de recherche prolongés au Canada, au Cameroun, au Népal et en Inde l'avaient sensibilisé aux problèmes de l'existence humaine dans un environnement menacé. Le talent dont il faisait preuve en tant que naturaliste, d'une part pour découvrir et décrire de nouveaux phénomènes microscopiques, d'autre part pour rechercher des corrélations écologiques dans l'en-

chem seiner Schüler den entscheidenden Impuls zu einer offenen Einstellung Natur und Umwelt gegenüber. Den Mitarbeitern der EAWAG, vor allem seinen Kollegen in der Abteilung Hydrobiologie/Limnologie, war er ein väterlicher Freund. Leider war es ihm nicht vergönnt, entlastet vom Schuldienst, im Ruhestand seine Studien an den Blaualgen weiter zu führen. Wir danken Alfons Zehnder für seine Arbeit und seine Kollegialität. *Peter Perret*

Zur Pensionierung von Walter Munz (31. 10. 1985)

Nach seinem Diplom als Bauingenieur 1946 an der ETHZ und mit praktischer Erfahrung aus mehreren Ingenieurbüros trat *Walter Munz* 1961 in die «Technische Abteilung» der EAWAG ein. Seine Arbeiten kommen in mehreren Publikationen zum Ausdruck, zwei generelle Themen standen für ihn im Vordergrund:

1. Finanzielle Aspekte des technischen Gewässerschutzes, insbesondere Kostenverteiler in Kläranlagen-zweckverbänden, Reinigungsgebühren und Wirtschaftlichkeitsüberlegungen bei der Variantenwahl.
2. Die Wirkung von Gewässerschutzmassnahmen auf den Vorfluter, wobei er speziell die Belastung der Gewässer als Folge von Regenereignissen analysierte und Empfehlungen zur situationsgerechten Dimensionierung und Gestaltung von Entlastungs- und Überlaufbauwerken von Kanalisationssystemen erarbeitete.

Vor allem das zweite Thema hat ihn bekannt gemacht. Er hat hier mit seinen Arbeiten einen Teil der schweizerischen Gewässerschutzpraxis mitgeprägt.

Walter Munz hat gezeigt, wie aktuelle Ingenieur-Probleme mit modernen Mitteln bearbeitet werden können. In den 60-er Jahren standen noch graphische Dimensionierungsnomogramme im Vordergrund. In den 70-er Jahren setzte er mehr und mehr Rechenanlagen für seine Modellberechnungen ein. Als seine letzte Arbeit stellt er in dieser Ausgabe der Mitteilungen der EAWAG ein grösseres Rechenprogramm vor, das aktuellste Probleme des Gewässerschutzes mit Hilfe eines Arbeitsplatzrechners angeht.

Er hat auch 14 Jahre an der Ingenieurschule Zürich die Abwassertechnik unterrichtet. Das Lehr- und Handbuch, das aus dieser Tätigkeit stammt, gehört auch heute zu den wichtigsten Unterlagen für die Kanalisationspraxis in der Schweiz.

Mehr als 24 Jahre arbeitete Walter Munz an der EAWAG. Zu Beginn in der «Technischen Abteilung» unter der Leitung von Prof. A. Hörler und später Prof. R. Heierli.

Für mehr als zwei Jahre leitete er dann diese Abteilung *ad interim*. Später, in der Abteilung für Ingenieurwissenschaften, musste er sich noch einmal an zwei neue Vorgesetzte gewöhnen: Dr. P. Roberts und Dr. W. Gujer. Alle, die mit ihm während dieser Zeit zusammengearbeitet haben, schätzten ihn als ruhigen, loyalen und korrekten Kollegen sehr.

Als Direktor der EAWAG danke ich Herrn Walter Munz für seinen Einsatz und seine zuverlässige Arbeit für den Gewässerschutz. Persönlich wünsche ich Ihm weiterhin alles Gute und bin überzeugt, dass sich noch einige Gelegenheiten für persönliche und fachliche Kontakte bilden werden.

Werner Stumm



vironnement, détermina bon nombre de ses élèves à adopter une attitude ouverte à l'égard de la nature et de l'environnement.

Vis-à-vis de ses collègues de l'EAWAG et surtout de ses collaborateurs du département Hydrobiologie/Limnologie, il était un père autant qu'un ami. Il ne lui a malheureusement pas été donné, déchargé de ses tâches scolaires, de poursuivre, pendant sa retraite, ses études sur les algues bleues. Nous remercions Alfons Zehnder de son travail et de sa confraternité. *Peter Perret*

Départ en retraite de Monsieur Walter Munz (31. 10. 85)

A l'issue de sa formation d'ingénieur civil à l'EPFZ en 1946, *Walter Munz* acquit une expérience pratique auprès de plusieurs bureaux d'études avant d'entrer en 1961 dans le département technique de l'EAWAG. Ses travaux, publiés dans diverses revues, portaient principalement sur deux sujets généraux:

1. Aspects financiers de la protection technique des eaux, notamment répartition des coûts dans les associations ayant pour but la gestion de stations d'épuration, taxes de nettoyage et évaluations de rentabilité.
2. Incidence des mesures de protection des eaux sur le cours d'eau récepteur (notamment analyse de la pollution des eaux résultant de précipitations et élaboration de recommandations quant à un dimensionnement et un aménagement appropriés d'ouvrages de déversement de systèmes de canalisation).

C'est surtout ce second thème qui l'a fait connu. Dans le domaine de la protection des eaux en Suisse, ses travaux ont valeur de référence.

W. Munz a montré comment les problèmes de l'ingénieur pouvaient aujourd'hui être traités à l'aide de moyens modernes. Dans les années 60, on employait encore surtout des nomogrammes de dimensionnement graphiques. Au cours des années 70, il fit de plus en plus appel à l'ordinateur pour la conception de ses modèles. La présente édition des Nouvelles de l'EAWAG contient son dernier travail, un vaste programme de calcul qui se propose de résoudre des problèmes tout à fait actuels de la protection des eaux à l'aide d'un ordinateur.

Durant 14 années, il a aussi enseigné la technologie des eaux usées à l'École d'ingénieurs de Zurich. Le manuel qui résulte de cette activité figure encore aujourd'hui parmi les documents les plus importants dans le domaine des canalisations en Suisse.

W. Munz a travaillé plus de 24 ans à l'EAWAG, et tout d'abord dans le département technique, sous la direction du

Professeur A. Hörler puis du Professeur R. Heierli. Il assumait ensuite la direction intérimaire de ce service pendant plus de 2 ans. Par la suite, il connut deux nouveaux directeurs dans le département des Sciences de l'ingénieur: Messieurs P. Roberts et W. Gujer. Tous ceux qui ont travaillé avec lui au cours de ces 24 ans ont apprécié son calme, sa loyauté et sa correction.

En qualité de directeur de l'EAWAG, je remercie Monsieur W. Munz de son engagement et de son excellent travail dans le domaine de la protection des eaux. En mon nom personnel, je lui adresse tous mes vœux et je suis convaincu que les occasions de contact personnel et professionnel ne manqueront de se présenter encore à l'avenir.

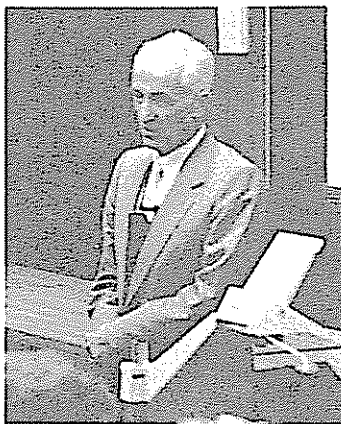
Werner Stumm

Abschieds-Symposium für Prof. Grob

Als Ehrung des in den Ruhestand tretenden *Prof. Dr. Kurt Grob* wurde an der EAWAG am 30. August 1985 ein eintägiges Symposium durchgeführt. Mehr als 60 Wissenschaftler aus der Schweiz und dem benachbarten Ausland nahmen an dieser Veranstaltung teil. In seinem Einführungsreferat erläuterte der Direktor der EAWAG, *Werner Stumm*, die Bedeutung der spezifischen chemischen Analytik für die Umweltforschung. In den folgenden acht Vorträgen wurde einerseits Rückblick gehalten auf die Beiträge von Kurt Grob zur Entwicklung und Anwendung der hochauflösenden Gaschromatographie. Andererseits wurden neueste Ergebnisse vorgestellt. Die apparativen Entwicklungen im Laufe der letzten 25 Jahre wurden von *Bruno Brechbühler* (Firma Brechbühler AG) geschildert. *Wolfgang Blum* (Ciba-Geigy) erläuterte kürzlich erarbeitete Fortschritte in der Herstellung mittelpolarer Trennkapillaren. *Franz Etzweiler* (Givaudan) gab einen Überblick über die Anwendung der Glaskapillaren in der Riechstoffindustrie. Kurt Grobs langjähriges Engagement für die Tabakforschung wurde von *Franz Heinzer* (Burrus & Cie) gewürdigt. *Walter Giger* (EAWAG) berichtete über die Anwendung Grob'scher Analysenverfahren in der Umweltanalytik und demonstrierte anhand einiger Beispiele deren Aussagekraft. *Kurt Grob jr.* (Kantonales Laboratorium, Zürich) betiteltete seinen Vortrag mit «Feine Ideen zur Einspritzung in der Kapillar-Gaschromatographie». *Axel Habich* (Kantonsschule Zürich) widmete seine Ausführungen über «Grobe Tatsachen» einerseits dem Wirken von Kurt Grob als Mittelschullehrer und als Initiant der Chemielehrerfortbildung in der Schweiz. Andererseits würdigte er auch das Wirken von *Frau Gertrud Grob* in verdientem Masse. *Pierre Albrecht* (Universität von Strassburg) zeigte auf, welchen Einfluss die Kapillar-Gaschromatographie auf die moderne organische Geochemie ausübte.

In den Vortragspausen entwickelten sich lebhaft Diskussionen zwischen den anwesenden Gaschromatographie-Experten und den Anwendern dieser analytischen Methode. Das Symposium war eine gelungene Ehrung von Kurt Grob als hervorragendem Wissenschaftler, begeisterndem Lehrer und als verständnisvollem Menschen.

Prof. Kurt Grob bei seinen Schlussworten anlässlich des Abschiedssymposiums vom 30. August 1985



Prof. Kurt Grob lors de son discours de clôture au symposium d'adieux du 30 août 1985

Symposium d'adieux pour le Professeur Grob

A l'occasion de la retraite du professeur *Kurt Grob*, un symposium d'une journée fut organisé à l'EAWAG le 30 août 1985. Plus de 60 chercheurs venus de Suisse et de l'étranger prirent part à cette réunion. Dans son discours d'introduction, le directeur de l'EAWAG, *Werner Stumm* souligna l'importance de l'analytique spécifiquement chimique pour la recherche sur la protection de l'environnement. Les huit discours qui suivirent, donnèrent d'une part une rétrospective des contributions de Kurt Grob au développement et à l'application de la chromatographie en phase gazeuse à haute résolution. D'autre part, les résultats les plus récents furent présentés. Le développement des appareils au cours des 25 dernières années fut décrit par *Bruno Brechbühler* (compagnie Brechbühler SA) et *Wolfgang Blum* (Ciba-Geigy) commenta les progrès récemment obtenus dans la fabrication de colonnes capillaires de séparation à polarité moyenne. *Franz Etzweiler* (Givaudan) donna un aperçu de l'utilisation des colonnes capillaires en verre dans l'industrie de la parfumerie. *Franz Heinzer* (Burrus & Cie) fit hommage à l'engagement de Kurt Grob pendant de longues années au bénéfice de la recherche sur le tabac. *Walter Giger* (EAWAG) informa sur l'utilisation des procédés analytiques d'après Grob dans l'analytique de l'environnement et démontra par quelques exemples leur efficacité. *Kurt Grob jr.* (Laboratoire Cantonal de Zurich) intitula son discours «Fines idées d'injection pour la chromatographie capillaire en phase gazeuse». *Axel Habich* (Ecole Cantonale de Zurich) dédia son exposé d'une part aux activités de Kurt Grob en tant que professeur de l'enseignement secondaire et en tant qu'initiateur des cours de perfectionnement pour professeurs de chimie en Suisse. D'autre part, il honora aussi à juste titre la précieuse collaboration de *Mme Gertrud Grob*. *Pierre Albrecht* (Université de Strasbourg) décrit l'influence qu'exerça la chromatographie capillaire en phase gazeuse sur la géochimie organique moderne. Entre les différents discours, il y eut des discussions animées entre les experts en chromatographie en phase gazeuse présents et les utilisateurs de cette méthode analytique. Le symposium fut un hommage réussi à Kurt Grob en tant que chercheur éminent, professeur passionné et homme ayant fait preuve de beaucoup de compréhension.

4. Konferenz der Direktoren von Wasserforschungs-Organisationen 18.-25. September 1985 in Dübendorf und Engelberg

Die jedes zweite Jahr durchgeführten Direktorenkonferenzen dienen als informelles Forum für den Meinungsaustausch und die Identifikation von Kooperationsmöglichkeiten.

Der diesjährige, von der EAWAG organisierte Anlass vereinigte 20 Teilnehmer von 12 wichtigen Forschungsinstituten aus Europa. Diese Institute sind schwergewichtig in den Gebieten der Wasserversorgung und des Gewässerschutzes tätig, bearbeiten aber zunehmend auch Probleme der Boden- und Luftverunreinigung.

4^{ème} Conférence des directeurs d'établissements de science de l'eau, Dübendorf et Engelberg, 18-20 septembre 1985

Les conférences de directeurs se déroulent tous les deux ans; elles constituent un forum informel permettant d'échanger des idées et de définir les possibilités de coopération.

Organisée cette année par l'EAWAG, cette manifestation a réuni 20 participants provenant de 12 instituts de recherche européens importants. Ces instituts s'intéressent essentiellement à l'approvisionnement en eau et à la protection des eaux, mais ils se préoccupent aussi de plus en plus de la pollution du sol et de l'air.

Eines der beiden Hauptthemen betraf die künftige Entwicklung der Umweltprobleme und die daraus sich ergebenden Anforderungen an die Forschung. Die Eingriffe des Menschen in die Umwelt haben ein derart grosses Ausmass erreicht, dass die Umweltsysteme nicht nur direkt, sondern via Störung der natürlichen Wechselwirkungen zwischen Wasser, Boden und Luft auch indirekt stark gefährdet werden. Als weiterhin bedrohlich ist die grosse Belastung der Umwelt mit synthetischen Chemikalien und Metallen zu beurteilen. Neue Entwicklungen, wie z. B. jene des «genetical engineering», sind aufmerksam zu verfolgen. Es resultiert die Herausforderung, physikalisches, chemisches und biologisches Forschungspotential für Umweltfragen zu mobilisieren, gegenseitig zu verknüpfen und neue Forschungsgebiete wie die Ökotoxikologie energisch zu fördern.

Im zweiten Hauptthema standen Fragen der Beziehungen zwischen Forschung und Politik zur Diskussion. Unterschiedliche Eigenheiten und Randbedingungen dieser beiden Bereiche, wie etwa bezüglich der Handlungslogik, der Arbeitsinstrumente, der Zeithorizonte usw., führen zu Verständnisproblemen und Konflikten, die ein fruchtbares Zusammenwirken behindern können. Es darf nun nicht darum gehen, Konflikten auszuweichen, sondern darum, diese zu explizieren und auszutragen. Dabei müssen Forschung und Politik ihre eigene Identität bewahren und gleichzeitig bereit sein, den jeweils anderen Bereich kennenzulernen. Konfliktbewusstsein und Verstehen des anderen Bereiches eröffnen die Chance, die angesichts schwerwiegender Umweltprobleme dringliche Steigerung der gemeinsamen Problemlösungskapazität zu realisieren.

Wie die Erfahrung lehrt, ist es sehr schwierig, eine erfolgreiche Kooperation mehrerer Institute mittels eng verflochtener Projekte zu realisieren. Es scheint erfolgversprechender, eine Arbeitsteilung, das heisst eine institutweise Konzentration der Kräfte auf ausgewählte Gebiete oder Fragestellungen anzustreben. Ein Arbeitstreffen von Wissenschaftlern zu einer klar abgegrenzter ökotoxikologischen Problemstellung soll nun einen Nukleus für die gemeinsame Ausrichtung von Forschungsanstrengungen bilden.

Die nächste Direktorenkonferenz wird 1987 stattfinden.

Ueli Bundi

L'un des deux thèmes principaux concernait le développement futur des problèmes auxquels l'environnement est confronté et les exigences qui en résultent pour la recherche. Les interventions de l'homme dans l'environnement ont atteint une telle ampleur que les systèmes environnants sont exposés à une forte menace non seulement directe, mais aussi indirecte, par la perturbation des interactions naturelles entre l'eau, le sol et l'air. Quant à la pollution occasionnée par les produits chimiques synthétiques et les métaux il ne faut pas mésestimer le danger permanent qu'elle constitue. Il convient, en outre, de suivre avec attention de récents développements tels que le «genetical engineering». Ces constatations contraignent à mobiliser le potentiel de recherche physique, chimique et biologique pour les questions d'environnement, à favoriser la concertation et à promouvoir énergiquement de nouveaux domaines de recherche comme l'écotoxicologie.

Le second volet de cette conférence portait sur les relations entre recherche et politique. Les spécificités et les conditions différentes de fonctionnement de ces deux domaines, en ce qui concerne par exemple la logique de la démarche, les instruments de travail, les échéances, etc., entraînent des problèmes de compréhension et des conflits susceptibles de nuire à la qualité de la collaboration. Il ne s'agit pas tant d'éviter les conflits que de les exprimer et de les régler. Ce faisant, la recherche et la politique doivent sauvegarder leur propre identité et, en même temps, être disposées à mieux se connaître mutuellement. La conscience du conflit et la compréhension réciproque permettront peut-être de réaliser l'accroissement urgent de la capacité commune de résoudre les graves problèmes qui se posent à l'environnement.

On connaît par expérience la difficulté d'aboutir à la coopération fructueuse de plusieurs instituts au moyen de projets étroitement liés. Il semble plus prometteur de tendre à une répartition du travail, c'est-à-dire à une concentration des efforts de chaque institut sur des problèmes ou des domaines particuliers. Une rencontre de scientifique à propos d'un problème écotoxicologique bien défini constituera un noyau autour duquel se conjugueront les efforts de recherche.

La prochaine conférence de directeurs aura lieu en 1987.

Ueli Bundi

Albert Einstein World Award of Science für Professor Stumm

The World Cultural Council hat dieses Jahr den Albert Einstein-Preis für Wissenschaften *Professor Stumm* für seine Verdienste bei der interdisziplinären umweltwissenschaftlichen Forschung verliehen. Die Preisverleihung erfolgte in Stockholm am 21. November 1985. Dabei gab Prof. Stumm am Royal Institute of Technology einen Vortrag über «Man and the Hydrogeochemical Cycles; an Ecological Perspective». Diese Ehrung ist auch eine Auszeichnung für die EAWAG und ihre Mitarbeiter.



Le Albert Einstein World Award of Science a été décerné au Professeur Stumm

Le World Cultural Council a décerné cette année le prix scientifique Albert Einstein au *Professeur Werner Stumm* pour ses mérites en recherche dans les sciences de l'environnement. La remise du prix a eu lieu à Stockholm le 21 novembre 1985. A cette occasion, le Professeur Stumm a prononcé, au Royal Institute of Technology, un discours intitulé «L'homme et les cycles hydrogéo-chimiques – Une perspective écologique». Cette distinction honore également l'EAWAG et ses collaborateurs.



«Chemodynamik von Schwermetallen und organischen Verbindungen in natürlichen Gewässern»

Aus der Sicht des Kursteilnehmers *Dr. U. Klemm*,
Kantonales Laboratorium Aargau

Vom 1. bis zum 3. Oktober 1985 hat an der EAWAG der erste Teil des Kurses «Chemodynamik von Schwermetallen und organischen Verbindungen in natürlichen Gewässern» stattgefunden. Das Thema stiess sichtlich auf grosses Interesse, fanden sich doch anderthalb mal so viele Teilnehmer ein, wie ursprünglich vorgesehen.

In seinem Einführungsreferat zeigte *Professor W. Stumm* die anthropogenen Faktoren auf, die seit der Industrialisierung in zunehmendem Masse auf natürliche Kreisläufe einwirken. Energieverbrauch, erhöhte Oxidations- und Produktionsfrachten sowie die damit verbundene erhöhte Mobilisierung der Stoffreservoirs drohen Gleichgewichte irreversibel zu stören, welche sich während Jahrmillionen eingespielt haben. Damit nicht die ganze Ökosphäre zum menschlichen Experimentierfeld wird, müssten Dosis und Intensitätsfaktoren der ökotoxikologischen Komponenten einzeln erfasst und kontrolliert werden. Ziel des Kurses war es dann auch, Anleitung zu deren quantitativer Erfassung in tiefsten Bereichen und sachlicher Beurteilung der Ergebnisse zu bieten. Dabei kann nicht die menschliche Gesundheit Mass aller Dinge sein, ebenso wichtig ist langfristig die Gesundheit des Ökosystems. Zielkonflikte, die sich aus diesen beiden Forderungen ergeben, müssen erkannt und bewusst angegangen werden. In der Folge wurden verschiedene Einflussfaktoren und Mechanismen abgehandelt.

Professor J. Hoigné erläuterte Grundlagen der Kinetik umweltrelevanter abiotischer Prozesse. Ein immer genaueres Wissen über diese Vorgänge sollte es ermöglichen, Risiken der täglich neu auftauchenden chemischen Produkte anhand verschiedener Kenndaten abzuschätzen. Die dazu notwendigen Grundlagen der Reaktionskinetik wurden kurz gestreift. Entscheidend bei der Anwendung ist nicht nur die Identifikation beteiligter Umweltfaktoren sondern auch die Erfassung der Einzelsubstanzen und deren Spezifizierung. Anderenfalls sind Fehlinterpretationen von Messergebnissen unvermeidlich. Verschiedene Reaktionstypen (Volatilisation, Adsorption, Adsorption und Hydrolyse) und deren Einflussfaktoren wurden erörtert. Besonderes Interesse widmete der Referent den photochemischen Prozessen, zu deren Beurteilung Quantenausbeute und Adsorption der beteiligten Substanzen zu kombinieren sind. Dass diese beiden Grössen allein nicht genügen, um die Bedeutung photochemischer Reaktionen abzuschätzen, zeigten Betrachtungen über die Bedeutung der Singlett-Triplett-Übergänge und Energietransferprozesse. Diese machen es oftmals nötig, scheinbar unbeteiligte Substanzen in die Betrachtungen einzubeziehen, was am Beispiel der Aktivierung von Singlett-sauerstoff durch Huminsäuren ersichtlich ist. Kurz ange-tönt wurde schliesslich noch die Bedeutung des Ozon-austausches zwischen Luft und Wasser.

Professor P.L. McCarty referierte über Untersuchungen über das Verhalten organischer Verunreinigungen in einem Grundwasserversuchsfeld. Ein solches System vermittelt nicht nur wichtige Erkenntnisse über physikalisch-chemische Vorgänge im Boden, sondern auch über mikrobiologische Abbauprozesse. Diese konnten in der Folge im Labor untersucht werden. Wie diese Versuche zeigten, vermögen unter methanogenen Bedingungen gewisse Mikroorganismen sogar leicht flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe zu transformieren. Dabei ent-

«Dynamique chimique des métaux lourds et des composés organiques dans les eaux naturelles»

Vu par un participant, *M. U. Klemm*,
du Laboratoire cantonal d'Argovie

Du 1^{er} au 3 octobre 1985 s'est déroulé à l'EAWAG la première partie du cours «Dynamique chimique des métaux lourds et des composés organiques dans les eaux naturelles». De toute évidence, ce sujet a suscité un vif intérêt, puisque le nombre des participants était une fois et demie supérieur à l'affluence initialement prévue.

Dans son exposé d'introduction le Prof. *W. Stumm* a mis en relief les facteurs anthropogènes qui, depuis l'industrialisation, agissent dans une mesure croissante sur les cycles naturels. La consommation énergétique, l'augmentation des composés oxydés, la production et la mobilisation ainsi accrue des réserves naturelles risquent de détruire de façon irréversible des équilibres établis depuis des millions d'années. Pour éviter que l'écosphère entière ne devienne un champ d'expérimentation humaine, il importe de déterminer et de contrôler la dose et les facteurs d'intensité de chacun des composés d'importance écotoxicologique. Ce cours avait également pour objectif de donner des instructions quant à la détermination quantitative de traces de ces substances et à l'évaluation objective des résultats. A cet égard, la santé de l'homme ne peut être la mesure de toute chose; à long terme, la santé de l'écosystème est tout aussi capitale. Les conflits d'intérêt qui résultent de cette double exigence doivent être reconnus et abordés en connaissance de cause. Par la suite, divers mécanismes et facteurs d'influence ont été traités.

Le Prof. *J. Hoigné* a expliqué les fondements de la cinétique de processus abiotiques relatifs à l'environnement. L'approfondissement de la connaissance de ces processus doit permettre d'évaluer, sur la base de diverses données, les risques provoqués par l'apparition quotidienne de nouveaux produits chimiques. Les bases indispensables de la théorie cinétique des réactions ont été brièvement survolées. Sur le plan de l'application, il convient non seulement d'identifier les facteurs environnementaux concernés, mais aussi de déterminer et de différencier la spécification des substances. Sinon, des résultats de mesures feront l'objet d'erreurs d'interprétation inévitables. Divers types de réaction (volatilisation, adsorption, adsorption et hydrolyse) et leurs facteurs d'influence ont été expliqués. Le conférencier s'est tout particulièrement consacré aux processus photochimiques, à l'évaluation desquels il faut combiner le rendement quantique et l'adsorption des substances concernées. Ces deux dernières données ne suffisent pourtant pas à évaluer l'importance des réactions photochimiques, ainsi que l'ont montré des considérations sur le rôle des transitions singulet-triplet et des processus de transfert d'énergie. Ceux-ci exigent souvent d'englober dans les observations des substances apparemment non concernées, comme, par exemple, dans le cas de l'activation d'oxygène à l'état singulet par des acides humiques. Enfin, l'exposé a brièvement mentionné l'importance des échanges d'ozone entre l'air et l'eau.

L'exposé du Prof. *P.L. McCarty* portait sur des études systématiques du comportement de polluants organiques dans une parcelle expérimentale d'eaux souterraines. Un tel système fournit des informations importantes non seulement sur les processus physico-chimiques dans le sol, mais aussi sur les phénomènes de décomposition micro-biologique. Ces informations pourraient ensuite être

steht allerdings als Zwischenprodukt unter anderem das verhältnismässig langlebige und toxische Vinylchlorid. Weitere Abklärungen und ein Versuch im Pilotmassstab sind im Gange.

Über das Schicksal der Metalle in Gewässern berichtete Frau Dr. L. Sigg. Ein Vergleich der parallelen Zunahmen von Schwermetallen in der Weltproduktion und in Fluss- und Seesedimenten wiesen auf die Aktualität dieser Probleme hin. Anthropogene Emissionsquellen sind häufig grösser als die natürlichen. Dies äussert sich auch darin, dass durch Luftverfrachtungen die Konzentration anorganischer Verbindungen in Regenwasser häufig höher ist, als im Flusswasser desselben Gebietes. Das Ausmass des Eintritts der Metallionen in die Ernährungspyramide ist stark von der physikalisch-chemischen Form der Ionen im Wasser abhängig. Daher verdienen Komplexbildungsreaktionen sowie Adsorptions- und Fällungsreaktionen Beachtung. Anlässlich einer Übungsstunde konnten sich die Teilnehmer davon überzeugen, dass entsprechende Abschätzungen mit Verteilungskoeffizienten und Gleichgewichtskonstanten zwar möglich sind, bei umfangreicheren Systemen aber am besten mit Hilfe eines Computers vorgenommen werden. Redoxprozesse und Methylierungsreaktionen wurden kurz gestreift.

Über die Chemie der Waschmittelinhaltstoffe referierte Dr. W. Giger. Diesen Produkten kommt insofern besondere Bedeutung zu, als dass allein in der Schweiz jährlich insgesamt respektable 145 000 Tonnen Seifen, Wasch- und Reinigungsmittel verbraucht werden. Diese Publikumsprodukte enthalten Tenside, Builder, Bleichmittel, Schaumregulatoren, Korrosionshemmer und Hilfsstoffe verschiedenster Art. Je nach Art der Verbindungen unterscheiden sich die ökologischen Belastungen erheblich voneinander. Als Alternative zu den synthetischen Waschmitteln treten heute wieder Seifen im ursprünglichen Sinne in Erscheinung. Sollten diese zunehmend an Bedeutung gewinnen, wären allerdings synthetisch gewonnene Fettsäuren den natürlichen vorzuziehen, um den Verlust von Nahrungsgrundstoffen zu vermeiden. Ebenfalls umweltschonend könnte sich die vermehrte Beachtung der Devise «Waschen – nur so oft und so sauber wie nötig» auswirken.

analysées en laboratoire. Comme l'ont révélé ces expériences, certains micro-organismes sont capables, dans des conditions méthanogènes, de transformer des hydrocarbures halogénés volatils. On assiste en fait à l'apparition de produits intermédiaires, tels que le chlorure vinylique relativement résistant et toxique. D'autres études et un essai-pilote sont en cours.

M^{me} L. Sigg s'est penchée sur le sort des métaux dans les eaux. Une comparaison des augmentations parallèles de métaux lourds par la production mondiale et dans les sédiments fluviaux et lacustres a révélé l'actualité de ce problème. Les sources d'émission anthropogènes sont fréquemment plus importantes que les naturelles. Cela se constate aussi dans le fait que, de par les substances transportées dans l'air, la concentration de composés inorganiques est souvent plus élevée dans les eaux de pluie que dans les eaux courantes de la même région. La quantité d'ions métalliques entrant dans la pyramide alimentaire est fortement tributaire de la forme physico-chimique des ions dans l'eau. C'est pourquoi il ne faut pas négliger les réactions de complexation, d'adsorption et de précipitation. A l'occasion d'un exercice, les participants ont pu se convaincre que les évaluations étaient certes possibles au moyen de coefficients de répartition et de constantes d'équilibre, mais qu'elles exigeaient l'aide de l'ordinateur dans le cas de systèmes plus complexes. Les processus d'oxydo-réduction et les réactions de méthylation ont été brièvement abordées.

L'exposé de M. W. Giger était consacré à la chimie des constituants de détergents. Ces produits revêtent une importance d'autant plus grande que, chaque année, en Suisse, un total respectable de 145 000 tonnes de savons, produits de lavage et de nettoyage sont consommés. Ces produits destinés au public contiennent des tensio-actifs, des adjuvants, des décolorants, des régulateurs de mousse, des inhibiteurs de corrosion et d'autres matières auxiliaires de toutes sortes. Selon le type des composés, les effets écologiques varient considérablement. Comme alternative aux détergents synthétiques réapparaissent aujourd'hui des savons, au sens premier du terme. Au cas où ceux-ci gagneraient en importance, il faudrait en fait privilégier les acides gras synthétiques, afin d'éviter la



Fig. 1
Anlässlich der Labordemonstrationen zur organisch-chemischen Einzelstoffanalytik führten Dr. Christian Leuenberger das Regen-Probenahme-Gerät der EAWAG zur Erfassung der organischen Inhaltsstoffe vor (linkes Bild). Marijan Ahel und Dr. Antonio Marcomini demonstrierten die Geräte für die Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLS). Christian Schaffner (rechtes Bild) zeigte, wie die Anreicherung im einzelnen vor sich geht, und Dr. James McEvoy und Dr. Walter Giger erläuterten die Kopplung von Gaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS).

A l'occasion des démonstrations en laboratoire d'analyses de substances organiques isolées, M. Christian Leuenberger a présenté l'échantillonneur des eaux pluviales de l'EAWAG utilisé pour mesurer les micropolluants organiques (photo à gauche). MM. Marijan Ahel et Antonio Marcomini ont démontré les instruments de chromatographie en phase liquide à haute pression (HPLC); M. Christian Schaffner (photo droite) a expliqué en détail le processus d'enrichissement et MM. James McEvoy et Walter Giger le couplage de la chromatographie en phase gazeuse avec la spectrométrie de masse (GC/MS).

Allseitiges Interesse erweckte die Laborbesichtigung, welche Einblick in eine Reihe ausgefeilter Probenaufarbeitungs- und Nachweisverfahren bot.

In einem weiteren Referat erläuterte *Dr. Walter Giger* die Bedeutung der dank GC/MS und HPLC möglichen Einzelstoffanalysen. Die kurz vorgestellten einzelnen Anreicherungsmethoden (Extraktion und Ausblasverfahren) sowie die verschiedenen ausgewählten Analysenschemen für umweltrelevante Verbindungen stellen ein wirkungsvolles Instrumentarium dar. Es erlaubt – selbst im Spure- und Ultraspurenbereich – das Studium ausgewählter, sich in der Umwelt abspielender Transformations- und Transportprozesse. Verschiedene Vertreter aus der Praxis bezweifelten indessen, dass sich der damit verbundene Aufwand bei der riesigen Probenzahl, die bei den Kontrollorganen anfällt, wirtschaftlich vertreten lasse. Als Folgerung setzte sich dann schliesslich die alte Erkenntnis durch, dass ein Analysenverfahren so zu wählen ist, dass es auf eine gegebene Fragestellung auf wirtschaftlichste Weise die Antwort liefert. Die den verschiedenen Verfahren anhaftenden Aussagegrenzen müssen dabei bewusst eingerechnet und respektiert werden.

Den physikalisch-chemischen Steckbrief organischer Verbindungen präsentierte *Dr. R. Schwarzenbach*. Es wurde aufgezeigt, welche intermolekularen Kräfte (Van der Waals- und Dipol-Dipol-Wechselwirkungen, Wasserstoffbrückenbindungen) die Stoffeigenschaften einer Verbindung bestimmen. Insbesondere Dampfdruck, Wasserlöslichkeit, Luft/Wasser (Henry-) und Oktanol/Wasser-Verteilungskonstanten ermöglichen Rückschlüsse auf das Umweltverhalten einer Substanz. Fehlen experimentelle Daten, so können gewisse Grössen zumindest abgeschätzt werden. Für die Beurteilung gelöster Stoffe verdient dabei der hypothetische Zustand der unterkühlten Flüssigkeit besondere Beachtung, da die darauf basierenden Abschätzungen oft zutreffender sind als die anhand von Festkörper ermittelten Grössen.

Welch komplexes System eine Abfalldeponie darstellt, illustrierte ein Vortrag von *Professor M. Reinhard*. Die im Grundwasser nachweisbaren Substanzspuren werfen zahlreiche Fragen auf bezüglich physikalischen, physikalisch-chemischen und mikrobiologischen Prozessen, die noch genauerer Abklärung harren.

Über die Fortschritte der hochauflösenden Gaschromatographie referierte *Professor K. Grob*. Er zeigte auf, mit welchen Problemen die Herstellung eines gleichmässig auf der Säulenoberfläche haftenden Trennfilms verbunden ist. Grundsätzlich kann dieser auf einer inerten oder einer aktiven Oberfläche erzwungen werden. Beide Verfahren liefern Säulentypen, die sich in ihren Eigenschaften ergänzen. Demgegenüber verläuft die kommerzielle Entwicklung eingleisig auf dem Sektor der Inert-Säulen, welche zahlreiche in sie gesetzte Erwartungen (höhere Lebensdauer und gute Regenerierbarkeit dank «gebundenen Phasen») nur sehr beschränkt erfüllen. Echte Fortschritte lassen sich also nicht erzielen, indem derartige Säulen mit grösserem Durchmesser zum Einsatz kommen. Vielmehr gilt es, für Trennprobleme die am besten geeigneten Phasen und Säulentypen zu evaluieren. Dies ist aber sehr schwierig für die Anwender, welche Säulen nicht selber belegen, sondern auf das enge und teure kommerzielle Angebot angewiesen sind.

Einen detaillierten Vergleich zwischen Ionenchromatographie mit chemischer oder elektronischer Kompensation lieferte *F. Zürcher*. Durch gezielte Steuerung der Leitfähigkeitsdifferenzen zwischen Eluent und Probe bzw. durch Aufkonzentration erreichen heute praktisch beide Verfahren dieselbe Empfindlichkeit. Unterschiede bestehen dagegen in der Auswahl der Eluenten und damit der Trennmöglichkeiten verschiedenster Ionen. Auch bei diesen Analysenverfahren ergänzen sich die Methoden.

perte de substances alimentaires de base. De même, la considération augmentée de la devise «laver, oui, mais sans excès» pourrait se révéler favorable à l'environnement.

Le rôle des analyses de substances isolées, rendues possibles grâce à GC/MS et HPCL, ont fait l'objet d'un autre exposé de *M. Walter Giger*. Les diverses procédés d'enrichissement brièvement présentées (extraction et méthode de stripping), ainsi que les différentes méthodes d'analyse pour des composés importants pour l'environnement, constituent des instruments efficaces. Ils permettent l'étude de certains processus de transport et de transformation des substances observés dans l'environnement, et ce même au niveau des traces. Certains praticiens ont toutefois émis des doutes quant à la rentabilité de ces analyses, étant donné les dépenses liées au très grand nombre d'échantillons incombant aux organes de contrôle. En fin de compte, la conclusion s'est imposée selon laquelle une méthode d'analyse doit être choisie de telle sorte qu'elle apporte la réponse à un problème donné de la manière la plus économique possible. Les limites imposées aux différentes méthodes doivent donc être prises en considération et respectées en connaissance de cause.

M. R. Schwarzenbach a expliqué le signalement physico-chimique de composés organiques. Les forces intermoléculaires (forces de Van der Waals, interactions dipole-dipole, liaisons hydrogènes) déterminant les propriétés d'un composé ont été discutées. Il est en particulier possible de tirer des conclusions quant au comportement environnemental d'un composé organique à partir de propriétés mesurables telles que la pression de vapeur, solubilité dans l'eau, constantes de répartition air/eau (constante de Henry) et constantes de répartition eau/octanol. Certaines propriétés peuvent être évaluées même en l'absence de données expérimentales. Pour évaluer le comportement des substances en solution l'état hypothétique d'un liquide hypotherme joue un rôle prépondérant, vu que les évaluations déduites la-dessus coïncident souvent mieux que les données dérivées de dates de la phase solide.

Un exposé du Prof. *M. Reinhard* a illustré le système complexe que représente une décharge d'ordures. Les traces de substances décelées dans les eaux souterraines soulèvent de nombreuses questions à propos de processus physiques, physico-chimiques et microbiologiques, dont l'explication plus précise fait encore défaut.

Le Prof. *K. Grob* a consacré son exposé aux progrès de la chromatographie en phase gazeuse à haute résolution. Il a montré à quels problèmes était liée l'obtention d'un film de séparation adhérent de façon homogène à la surface de la colonne. En principe, ce film peut être obtenu sur une surface inerte ou active. Les deux méthodes donnent des types de colonnes dont les propriétés se complètent. Par contre, le développement commercial s'effectue uniquement dans le secteur des colonnes inertes, lesquelles ne répondent qu'imparfaitement aux nombreux espoirs placés en elles (durée de vie supérieure et bonne capacité de régénération grâce aux «phases liées»). Les véritables progrès ne peuvent donc pas être réalisés en employant des colonnes de ce type au diamètre supérieur. Il s'agit avant tout d'évaluer les phases et les types de colonnes les mieux appropriés aux problèmes de séparation, ce qui s'avère néanmoins difficile pour l'utilisateur qui ne fabrique pas lui-même les colonnes, mais dépend de l'offre commerciale limitée et coûteuse.

M. F. Zürcher a établi une comparaison détaillée des chromatographies ioniques à compensation chimique ou électronique. Grâce à un contrôle précis des différences de conductibilité entre éluant et substance à analyser et grâce à la préconcentration, ces deux méthodes offrent

Im Anschluss an die Referate wie auch beim gemeinsamen Nachtessen im Restaurant Rossweid (Gockhausen) wurden die zahlreich vermittelten Denkanstösse rege weiterdiskutiert. Die Teilnehmer sehen schon heute dem zweiten Kursteil mit grossem Interesse entgegen, welcher anhand von Fallbeispielen zeigen wird, wie die im ersten Teil präsentierten Grundlagen und Instrumentarien praktisch eingesetzt werden können.

WaBoLu

Im Spätsommer 1985 startete das Forschungsprojekt Wasser-Boden-Luft (WaBoLu). Ausgehend von der Notwendigkeit des interdisziplinären Dialogs in umweltrelevanten Fragen, wird in diesem Forschungsprojekt versucht, das Wissen und die Forschungsarbeit an verschiedenen Instituten der ETH in dem umrissenen Themenkreis zusammenzuführen. Allgemeines Ziel ist, einige der vielseitigen Wechselwirkungen zwischen der Belastung der Atmosphäre und der Einwirkung atmosphärischer Schadstoffe auf Wald und Boden zu untersuchen. Als Grundlage werden an den verschiedenen Instituten konkrete Forschungsprojekte bearbeitet. Involviert in das Gesamtprojekt ist das Labor für Atmosphärenphysik, das in einem umfangreichen Messprogramm die Auswaschung von Schwebeteilchen durch Niederschlag (scavenging) zeitlich aufgelöst untersucht.

Am Institut für Festkörperphysik wird ein neues Messsystem für *in situ* Messungen von atmosphärischen Schwebeteilchen erprobt. Der Nachweis polyaromatischer Kohlenwasserstoffe steht im Vordergrund.

Im Laboratorium für Bodenkunde wird das Adsorptions- und Desorptionsverhalten von Schwermetallen an Bodenbestandteilen, besonders im Hinblick auf kontaminierte Niederschläge (saurer Regen) eingehend untersucht.

Der Fachbereich Bodenphysik am Institut für Wald- und Holzforschung befasst sich mit dem Eintrag gasförmiger Schadstoffe aus der Atmosphäre in den Boden. Die Bemühungen des Instituts für Gewässerschutz und Wassertechnologie (IGW) an der EAWAG zielen zum einen auf die Untersuchung der Beeinflussung atmosphärischer Depositionen auf die Mobilisation von Aluminium und Eisen im Boden (Podsolierung), und zum anderen auf die Erprobung artefakt-freier Messmethoden für organische Schadstoffe im Regen und auf die Darstellung ihres Schicksals in der Atmosphäre.

Am Institut für Wald- und Holzforschung soll der «Kippmoment» eines Ökosystems (Fichten-, Tannen-, Buchen-, Lärchenbestände im Zürcher Lehrwald) durch Beobachtung des Vitalitätszustandes erfasst werden.

Eine besondere Rolle fällt im Rahmen des Gesamtprojektes dem IGW zu. Ihm obliegt die Aufgabe der Projektführung mit Prof. W. Stumm als Gesamtprojektleiter.

Es wäre zu wünschen, dass mit diesem Vorhaben ein breiter Interessentenkreis angesprochen wird, dessen Anregungen und Fragen an die EAWAG gerichtet werden können. Diesbezüglich fungiert Dieter Raab, Geologe an der EAWAG, als Kontaktperson.

Es ist zu hoffen, dass neben Erkenntnissen zu dem aktuellen Problemkreis, Anregungen für Möglichkeiten der Zusammenarbeit an den verschiedenen Fachbereichen der ETH gewonnen werden.

aujourd'hui pratiquement la même sensibilité. Des différences subsistent en revanche au niveau du choix des éluants et ainsi des possibilités de séparation des divers ions. Sur le plan de ces procédés analytiques, les méthodes se complètent également.

A l'issue des exposés, ainsi qu'à l'occasion du dîner pris en commun au restaurant Rossweid (Gockhausen), les nombreuses suggestions ont fait l'objet de discussions animées. Les participants attendent déjà avec impatience la deuxième partie du cours, prévue en avril, qui montrera, à l'aide d'exemples concrets, comment utiliser dans la pratique les bases et les méthodes présentées dans la première partie.

WaBoLu

A la fin de l'été 1985 a eu lieu le lancement du projet de recherche Wa-Bo-Lu (= syllabes initiales des mots «eau», «sol» et «air»). Partant de la nécessité d'un dialogue interdisciplinaire sur les questions relatives à l'environnement, ce projet de recherche vise à coordonner les connaissances acquises et les travaux de recherche menés dans ce domaine par différents instituts de l'EPF.

Son objectif général est d'analyser les diverses interactions entre la pollution atmosphérique et l'influence des polluants atmosphériques sur le sol et la forêt. Des projets de recherche concrets menés par les différents instituts en constituent la base. Au projet global participe le Laboratoire de physique atmosphérique, qui, dans le cadre d'un vaste programme de mesure, analyse dans le temps l'action des précipitation sur les particules en suspension (scavenging).

L'Institut de physique des solides met au point un système de mesures *in situ* des particules en suspension dans l'atmosphère. La priorité est accordée à la mise en évidence d'hydrocarbures polyaromatiques.

Le Laboratoire des sciences du sol analyse, quant à lui, les phénomènes d'adsorption et de désorption de métaux lourds au niveau des constituants du sol, notamment dans le contexte des précipitations contaminées (pluies acides).

La physique des sols à l'Institut pour la recherche sur la forêt et le bois l'apport se penche sur l'apport des substances toxiques gazeuses provenant de l'atmosphère dans le sol. Les efforts de l'Institut pour la protection et la technologie des eaux (IGW) à l'EAWAG portent, d'une part, sur l'analyse de l'influence de dépôts atmosphériques sur la mobilisation d'aluminium et de fer dans le sol (podzolisation), et, d'autre part, sur la mise au point de méthodes de mesure exemptes d'artefacts et réservées aux polluants organiques contenus dans les eaux de pluie, ainsi que sur la description de leur évolution dans l'atmosphère. L'Institut pour la recherche sur la forêt et le bois s'efforce de déterminer le «point de non-retour» d'un écosystème (peuplement en épicéas, sapins, hêtres et mélèzes de la forêt expérimentale de Zurich) par l'observation de son état de vitalité.

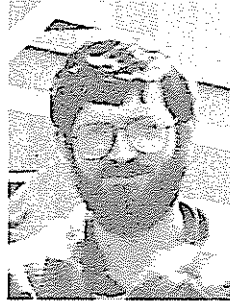
L'IGW joue un rôle particulier dans le cadre du projet global. C'est à lui, et plus spécialement au Professeur W. Stumm, que revient la direction du projet.

Comme il serait souhaitable d'élargir le public concerné par ce projet, toutes les personnes intéressées sont priées d'adresser leurs suggestions et leurs questions à Monsieur Dieter Raab, géologue à l'EAWAG.

Il reste à espérer que, outre l'acquisition de connaissances sur ce problème, ce projet apportera des idées de collaboration dans les différents domaines techniques de l'EPF.

Otto Jaag Preis 1985

Anlässlich des ETH-Tages wurde der Otto Jaag Preis 1985 Herrn Dr. *Hansruedi Siegrist* verliehen, in Würdigung seiner hervorragenden Dissertation «Stofftransportprozesse in festsitzender Biomasse», mit der es ihm gelang, die Eigenschaften von Biofilmen und das Zusammenspiel von Transportvorgängen und mikrobiologischen Prozessen zu charakterisieren. Aufgrund seiner Ergebnisse lässt sich das Verhalten von Biofilmen in natürlichen Gewässern und in Abwasserreinigungsanlagen besser erfassen.



Prix Otto Jaag 1985

A l'occasion de la journée de l'EPFZ, le Prix Otto Jaag 1985 a été remis à *M. Hansruedi Siegrist*, en hommage à son excellente dissertation «Processus de transport de matière dans la biomasse fixée», par laquelle il est parvenu à caractériser les propriétés des biofilms et la combinaison des processus microbiologiques et des phénomènes de transport. Ses conclusions facilitent la compréhension du comportement des biofilms dans les eaux naturelles et dans les installations d'épuration.

7. internationaler Kurs über Grundwasserqualität

Vom 3. bis 7. März 1986 findet der 7. internationale Kurs über Grundwasserqualität (in englischer Sprache) an der ETHZ-Hönggerberg, mit den Dozenten *Prof. T. Dracos*, *Prof. W. Stumm*, *Dr. R. Schwarzenbach* (alle Zürich) und *Prof. J. Cherry* (Kanada), statt. (Anmeldungen an das Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.)

Informelle EAWAG-Seminarreihe: «Meeresforschung als Partner von Seen- und Umweltforschung»

In der Umweltforschung stellen Seen je nach Blickwinkel «Mikro-Ozeane» oder «Makro-Reagenzgläser» dar. In einem Fall führten Methodik und Forschungsergebnisse aus der Meeresforschung zu grundlegenden Impulsen bei der Erforschung der Seen und des Klimas der Erde. Im anderen Fall erlaubten es die in den vielfältigen aber überschaubaren Seesystemen gewonnenen Erkenntnisse, die in den Ozeanen ablaufenden Prozesse gezielter zu untersuchen und zu interpretieren.

Die seit dem Sommersemester 1985 laufende Seminarreihe informiert über Gemeinsamkeiten der Seenwissenschaften und der Meeresforschung. Sie soll dazu anregen, die Untersuchungen der umweltgestaltenden Prozesse fachüberschreitend und nicht kompartementalisiert durchzuführen. Die Auswahl der Themen wird bewusst breit gehalten, um der Komplexität der Ökosysteme «See» oder «Ozean» gerecht zu werden. (Jeweils am Donnerstag im Semester, um 13.15 Uhr.)

- Arsenic cycling near the sediment/water interface of coastal marine and of lake environments. (*M. Peterson*, Univ. of Washington, z. Zt. EIR, 6.2.86).
- Die Lagerung hochradioaktiver Abfälle unter dem Meeresboden: unverantwortlich, realistisch oder utopisch? (*PD Dr. Peter Santschi*, und *Dr. Michael Sturm*, EAWAG/ETH, 27.2.86).

Fünfzig Jahre EAWAG

Am 1. Januar 1936 nahm die «Beratungsstelle der ETH für Abwasserreinigung und Trinkwasserversorgung», aus welcher im Jahre 1946 die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) wurde, ihren Betrieb auf. An dieses fünfzigjährige Bestehen unserer Institution wird im August 1986 mit einem kleinen Festakt aufmerksam gemacht. Die Mitarbeiter der EAWAG werden zusammen mit eingeladenen Gästen an die Entwicklung des Gewässerschutzes in der Schweiz erinnern und eine Standortbestimmung für die Bewältigung der zukünftigen Probleme vornehmen. Der Vorsteher des Eidgenössischen Departementes des Innern wird uns mit seiner Anwesenheit und mit einer Ansprache beehren.

Index der Beiträge seit 1973

Der nach Erstautor alphabetisch geordnete Index umfasst alle Beiträge der EAWAG-Mitteilungen Nr. 1-20 (1973-1985) ausser den Texten, die in den ausschliesslich

7^{ème} cours international sur la qualité des eaux souterraines

Du 3 au 7 mars 1986 aura lieu le 7^{ème} cours international sur la qualité des eaux souterraines (en anglais) à l'EPF de Zurich-Hönggerberg; il sera animé par les *Professeurs T. Dracos*, *W. Stumm* et *M. R. Schwarzenbach* (tous de Zurich) ainsi que par le *Prof. J. Cherry* (Canada). S'inscrire auprès de l'Institut d'hydromécanique et d'aménagement des eaux, ETH Hönggerberg, 8093 Zurich.

Cycle de séminaires informels «L'océanographie, partenaire de la recherche lacustre et environnementale»

En matière de recherche environnementale, les lacs représentent, selon le point de vue, des «micro-océans» ou des «macro-éprouvettes». Dans le premier cas, les méthodes et les enseignements de l'océanographie ont donné des impulsions fondamentales à l'étude des lacs et du climat de la terre. Dans le second cas, les connaissances acquises dans les multiples, mais nombrables, systèmes lacustres ont permis d'analyser et d'interpréter avec une plus grande précision les processus observés dans les océans.

Ce cycle de séminaires, en cours depuis le semestre d'été 1985, fournit des informations sur les similitudes entre les sciences lacustres et l'océanographie. Son but est de promouvoir une analyse globale et non sectorisée des processus qui déterminent l'environnement. Le choix des sujets est volontairement vaste, afin de refléter la complexité des écosystèmes «lac» et «océan». Pendant le semestre chaque jeudi à 13 h 15.

L'EAWAG a cinquante ans

Le 1^{er} janvier 1936, le «centre d'information de l'EPF pour l'épuration des eaux usées et l'approvisionnement en eau potable» commença son activité; il devint par la suite, en 1946, l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (EAWAG). A l'occasion de ce cinquantième anniversaire de notre institution, une petite manifestation sera organisée au mois d'août 1986. Les collaborateurs de l'EAWAG et des personnalités invitées pourront évoquer le développement de la protection des eaux en Suisse et faire le point quant au traitement des problèmes à venir. Le chef du département fédéral de l'Intérieur nous honorera de sa présence et prononcera une allocution à cette occasion.

Index

L'index comprend les articles des Nouvelles de l'EAWAG depuis 1973 (N° 1-20), cités par ordre alphabétique des auteurs. Les textes qui ont seulement apparu dans les

für das Ausland bestimmten, englischen Ausgaben erschienen sind. Der Index ist auf Anfrage bei der Bibliothek der EAWAG erhältlich.

Seminare

Im Wintersemester 1985/86 finden jeweils am Freitag von 15.15 bis ca. 16.30 Uhr noch folgende Seminare im Hörsaal der EAWAG statt. Gäste sind stets willkommen. Gerne schicken wir Ihnen das Programm und die Ankündigungen für die künftigen Seminare (bitte Talon auf Seite 28 benutzen).

EAWAG-Publikationen

Solange Vorrat sind Separata auf Anfrage bei der EAWAG-Bibliothek erhältlich.

1061

Stumm, W.: Deposition of Atmospheric and Metal Pollutants and Their Impact on the Freshwater Environment: Case Studies in Switzerland. In: «Environmental Inorganic Chemistry», K.J. Irgolic & A.E. Martell (Eds.). VCH Publ. Inc., Deerfield Beach, Florida, USA 1985, pp. 401-417.

1062

Ahel, M., Giger, W.: Identifikacija specifičnih organskih zagadivala u rijeci Savi kromatografskim metodama visokog razlučivanja i spektrometrijom masa opremljenom računalom. Kem. Ind. 34, (5), 295-309 (1985).

1063

Hoigné, J., Bader, H., Haag, W.R., Staehelin, J.: Rate Constants of Reactions of Ozone with Organic and Inorganic Compounds in Water - III: Inorganic Compounds and Radicals. Water Res. 19, (8), 993-1004 (1985).

1064

Stöckli, A.: The Role of Bacteria and Algae in Phosphorus Regeneration Using Linked Continuous Cultures. Verh. Int. Verein. Limnol. 22, 2773-2779 (1985).

1065

Stumm, W.: Interpretation and Measurement of Redox Intensity in Natural Waters. A. Comment to T. Frevert's Paper «Can the Redox Conditions in Natural Waters be Predicted by a Single Parameter?» Schweiz. Z. Hydrol. 46/2, 291-296 (1984).

1066

Bürgi, H.R., Egli, Beatrix: Crustaceen-Plankton des Vierwaldstättersees. Grössenfraktionierung und Abundanzdynamik in den Jahren 1976 bis 1979. Schweiz. Z. Hydrol. 46/2, 247-268 (1984).

1067

Motschi, H.: Cu(II) EPR: a Complementary Method for the Thermodynamic Description of Surface Complexation. Adsorption Sci. & Technol. 2, 39-45 (1985).

1068

Hamer, G.: The Impact of Government Legislation on Industrial Effluent Treatment. Conservation & Recycling 8, No. 1/2, 25-43 (1985).

1069

Bryers, J.D., Berger, J., Hamer, G.: Interpretation of Thermophilic Anaerobic Digestion Experiments Using a Dynamic Structured Model. Conservation & Recycling 8, No. 1/2, 251-266 (1985).

éditions anglaises, destinées à l'étranger, n'y sont pas mentionnés. L'index peut être obtenu sur demande auprès de la bibliothèque de l'EAWAG.

Séminaires

Au cours du semestre, des séminaires ont lieu le vendredi de 15 h 15 à env. 16 h 30, à l'amphithéâtre de l'EAWAG. Des auditeurs intéressés sont les bienvenus. Nous serions heureux de vous faire parvenir le programme et les annonces pour les séminaires à venir (prière de se servir du talon à la page 28).

Publications de l'EAWAG

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

1070

Hamer, G., Bryers, J.D.: Aerobic Thermophilic Sludge Treatment. Some Biotechnological Concepts. Conservation & Recycling 8, No. 1/2, 267-284 (1985).

1071

Bryers, J.D.: Structured Modeling of the Anaerobic Digestion of Biomass Particulates. Biotechnol. & Bioengng. 27, 638-649 (1985).

1072

Ahel, Marijan, Giger, W.: Determination of Alkylphenols and Alkylphenol Mono- and Diethoxylates in Environmental Samples by High-Performance Liquid Chromatography. Anal. Chem. 57, 1577-1583 (1985). (Vgl. auch Publ. Nr. 1097)

1073

Davis, Joan S., Fahrni, H.-P., Liechti, P., Spreafico, M., Stadler, K., Zobrist, J.: Das nationale Programm für die analytische Daueruntersuchung der schweizerischen Fließgewässer - eine Standortbestimmung. Gas-Wasser-Abwasser 65, 123-135 (1985).

1074

Boller, M., Böni, H.: Versickerung von Dachwasser. Gas-Wasser-Abwasser 65, 393-402 (1985).

1075

Baccini, P., Brunner, P.H.: Behandlung und Endlagerung von Reststoffen aus Kehrlichtverbrennungsanlagen. Gas-Wasser-Abwasser 65, 403-409 (1985).

1076

Imboden, D.M., Schwarzenbach, R.P.: Spatial and Temporal Distribution of Chemical Substances in Lakes: Modeling Concepts. In: «Chemical Processes in Lakes», ed. by W. Stumm. J. Wiley & Sons, New York 1985, pp. 1-30.

1077

Baccini, P.: Phosphate Interactions at the Sediment-Water Interface. In: «Chemical Processes in Lakes», ed. by W. Stumm. J. Wiley & Sons, New York 1985, pp. 189-205.

1078

Sigg, Laura: Metal Transfer Mechanisms in Lakes; the Role of Settling Particles. In «Chemical Processes in Lakes», ed. by W. Stumm, J. Wiley & Sons, New York 1985, pp. 283-310.

Impressum:

Die Mitteilungen der EAWAG sind das Informationsbulletin der EAWAG. Sie erscheinen zweimal jährlich in Deutsch und Französisch und einmal jährlich in Englisch.

Redaktion: D. Hornung

Copyright: Abdruck, auch auszugsweise, ist unter Benachrichtigung des Herausgebers und der Autoren und mit der Quellenangabe «Abdruck aus den Mitt. EAWAG, 21 (1986)» gestattet.

Druck auf Original-Umweltschutzpapier aus 100% Altpapier - hergestellt ohne Gewässerbelastung, Bleichung und Färbung.

Bitte Adressänderung mitteilen an: EAWAG, Bibliothek.

Impressum:

Les Nouvelles de l'EAWAG sont le bulletin d'information de l'EAWAG. Elles paraissent deux fois par an en allemand et français et une fois par année en anglais.

Rédaction: D. Hornung

Copyright: La reproduction des articles est autorisée à condition de mentionner expressément «tiré des Nouvelles de l'EAWAG 21 (1986)» et d'informer l'auteur/les auteurs et la rédaction en avance.

Imprimé sur du papier recyclé original 100% - fabriqué sans pollution des eaux, sans blanchiment et sans coloration.

Faites-nous parvenir votre changement d'adresse à la Bibliothèque de l'EAWAG.

1079

Schnoor, J.L., Stumm, W.: Acidification of Aquatic and Terrestrial Systems. In: «Chemical Processes in Lakes», ed. by W. Stumm, J. Wiley & Sons, New York 1985, pp. 311-338.

1080

Gächter, R., Imboden, D.M.: Lake Restoration. In: «Chemical Processes in Lakes», ed. By W. Stumm. John Wiley & Sons New York 1985, pp. 365-388.

1081

Santschi, P.H.: The MERL Mesocosm Approach for Studying Sediment-Water Interactions and Ecotoxicology. *Env. Technol. Let.* 6, 335-350 (1985).

1082

Karl, D.M., Bossard, P.: Measurement and Significance of ATP and Adenine Nucleotide Pool Turnover in Microbial Cells and Environmental Samples. *J. Microbiol. Meth.* 3, 125-139 (1985).

1083

Gräzer-Lampart, Suzanne Dorothea: Chemostatstudie über die Regulation der ammoniumassimilierenden Enzyme in *Hyphomicrobium* ZV 620. Diss. ETHZ Nr. 7790, Zürich 1985.

1084

Sollfrank, U., Gujer, W.: Kontinuierliche Messung der Respiration im Belebungsverfahren. *Das Gas- und Wasserfach* 126, 397-406 (1985).

1085

Zürcher, F.: Ausblasbare Organohalogen-Verbindungen - POX, eine bewährte Messmethode zur Beurteilung der Wasserqualität. Vortrag «Haus der Technik», Essen, 21. Febr. 1985, 20 S.

1086

Frutiger, A.: The Production Quotient PQ: A New Approach for Quality Determination of Slightly to Moderately Polluted Running Waters. *Arch. Hydrobiol.* 104, 513-526 (1985).

1087

Frutiger, A.: A Versatile Flow Channel for Laboratory Experiments with Running Water Macroinvertebrates. *Schweiz. Z. Hydrol.* 46/2, 301-305 (1984).

1088

Frutiger, A.: Gefährdete Mikrofauna der Fließgewässer - Limnologische Aspekte des Gewässerschutzes. *Neue Zürcher Ztg. Beil. «Forschung & Technik»*, Nr. 169, 24. Juli 1985, S. 41.

1089

Hamer, G.: Chemical Engineering and Biotechnology. In: «Biotechnology - Principles and Applications», I.J. Higgins, D.J. Best, J. Jones (Eds.). Blackwell Scientific Publ. Ltd. London 1985, pp. 346-414.

1090

Furrer, G.: Die oberflächenkontrollierte Auflösung von Metalloxiden: Ein koordinationschemischer Ansatz zur Verwitterungskinetik. Diss. ETHZ Nr. 7737, Zürich 1985.

1091

McEvoy, J., Giger, W.: Accumulation of Linear Alkylbenzenesulphate Surfactants in Sewage Sludges. *Naturwiss.* 72, 429-431 (1985).

1092

Giger, W., Conrad, T.: Phosphatersatzstoffe in Waschmitteln und ihre aquatische Umweltverträglichkeit. In: «Wasser Berlin '85». Wissenschaftsverlag Spiess, Berlin 1985, S. 362-377.

1093

Uehlinger, U.: An in situ Pulse Light Fluorometer for Chlorophyll Determination as a Monitor for Vertical and Horizontal Phytoplankton Distribution in Lakes. *J. Plankton Res.* 7, 605-615 (1985).

1094

Zinder, Bettina, Stumm, W.: Die Auflösung von Eisen(III)-oxiden; ihre Bedeutung im See und im Boden. *Chimia* 39, 280-288 (1985).

1095

Siegrist, H., Gujer, W.: Mass Transfer Mechanisms in a Heterotrophic Biofilm. *Water Res.* 19, 1369-1378 (1985).

1096

Haag, W.H., Hoigné, J.: Degradation of Compounds in Water by Singlet Oxygen. In: «Water Chlorination - Chemistry, Environmental Impact and Health Effects», Vol. 5 (R.L. Jolley et al.). Lewis Publ. Inc., Chelsea, Mich. 1985, Chapter 79, pp. 1011-1020.

1097

Ahel, Marijan, Giger, W.: Determination of Nonionic Surfactants of the Alkylphenol Polyethoxylate Type by High-Performance Liquid Chromatography. *Anal. Chem.* 57, 2584-2590 (1985).

1098

Hamer, G.: The Adequacy and Effectiveness of Government Regulations for Aqueous Industrial Effluents. In: «Biotechnology and Bioprocess Engineering», T.K. Ghose, Ed. Indian Inst. of Technology 1985, pp. 573-586.

1099

Erten, H.N., Von Gunten, H.R., Rössler, E., Sturm, M.: Dating of Sediments from Lake Zurich (Switzerland) with ²¹⁰Pb and ¹³⁷Cs. *Schweiz. Z. Hydrol.* 47, H. 1, 5-11 (1985).

1100

Gächter, R., Bloesch, J.: Seasonal and Vertical Variation in the C:P Ratio of Suspended and Settling Seston of Lakes. *Hydrobiologia* 128, 193-200 (1985).

1101

Karl, D.M., Bossard, P.: Measurement of Microbial Nucleic Acid Synthesis and Specific Growth Rate by ³²PO₄ and [³H]Adenine: Field Comparison. *Appl. & Environ. Microbiol.* 50, 706-709 (1985).

1102

Lemmin, U., Schurter, M., Imboden, D.M., Joller, T.: An Instrument for Measuring Small Bottom Currents in Lakes. *Limnol. Oceanogr.* 30, 1116-1122 (1985).

1103

Boller, M.: Full-Scale Experience with Tertiary Contact Filters. In: «Chemical Water and Wastewater Treatment», Schrr. Verein Wasser, Boden- und Lufthygiene 62. G. Fischer Verlag Stuttgart u. New York, S. 152-166.

1104

Hoigné, J.: Organic Micropollutants and Treatment Processes: Kinetics and Final Effects of Ozone and Chlorine Dioxide. *The Sci. of the Total Environ.* 47, 169-185 (1985).

Anmeldetalon für ein Abonnement:

Neuabonnenten willkommen: zweimal jährlich erscheinen die Mitteilungen der EAWAG in deutsch und französisch, und einmal jährlich auf englisch.

Adressänderung.

Bitte senden Sie mir

- die «Mitteilungen der EAWAG»
- das Programm der Seminare
- das Index

regelmässig an folgende Adresse:

Name/Nom: _____

Firma, Institut/Entreprise, Institut: _____

Adresse: _____

Talon pour un abonnement:

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

changement d'adresse.

Veuillez m'envoyer régulièrement

- les «Nouvelles de l'EAWAG»
- Programme des séminaires
- l'Index

à l'adresse suivante: _____

* Bevorzugte Ausgabe/Edition préférée: deutsch/français english