

Methoden zur fischereibiologischen Erforschung von Seen

Wolfgang Geiger, Hans-Jürg Meng und Rudolf Müller

1. Einleitung

Der fischereiliche Ertrag eines Gewässers ist das, was der Mensch ohne nachteilige Folgen für den Fischbestand von dessen Produktion abschöpfen kann. Wer sich mit der fischereilichen Bewirtschaftung von Seen befasst, ist deshalb zwangsläufig mit der Frage nach dem Umfang und der Zusammensetzung der Fischpopulationen konfrontiert. Die Bestandesgrösse wird bestimmt durch die Lebensbedingungen und das Nahrungsangebot. Als bestandserhaltende und regulierende Faktoren wirken natürliche Fortpflanzung und natürliche Sterblichkeit. Die Fischerei greift als zusätzlicher Sterblichkeitsfaktor in das natürliche Geschehen ein. In der Regel kennt der Bewirtschafter nur die Befischungintensität und den damit erzielten Fangertrag. Aus der steigenden oder fallenden Ertragskurve versucht er, Rückschlüsse auf die Bestandesentwicklung zu ziehen und, wenn es ihm nötig erscheint, mit Hilfe von fördernden oder restriktiven Massnahmen korrigierend einzugreifen. Infolge der Trägheit des Systems kommen solche Massnahmen im allgemeinen nur mit entsprechender Verzögerung zum Tragen. Dank modernen Forschungsmethoden ist der Fischereibiologe in der Lage, direkten Einblick in die Populationsdynamik der Fische zu nehmen und die gewonnenen Ergebnisse als Entscheidungsgrundlagen für wirtschaftliche Massnahmen zur Verfügung zu stellen.

1980 nahm der Fachbereich Fischereiwissenschaften der EAWAG ein 6jähriges Forschungsprojekt in Angriff, das grundlegende Untersuchungen über den Fischbestand des Sarnersees zum Gegenstand hat. Es sollen dabei gerade die eingangs erwähnten Probleme einer Lösung näher gebracht werden. Im folgenden wird über eine kleine Auswahl der angewendeten Arbeitsmethoden berichtet.

2. Das Aufsammeln von Fischeiern mit Hilfe der Schlittendredge

Bei der natürlichen Fortpflanzung der Felchen (*Coregonus* sp.) sinken die ca. 2 mm messenden Eier nach dem Laichakt auf den Seegrund ab. Dort entwickeln sie sich auf dem Sediment liegend, sofern genügend in Wasser gelöster Sauerstoff vorhanden ist. Bei den zur Fortpflanzungszeit herrschenden winterlichen Temperaturverhältnissen schlüpfen

Méthodes de recherche en biologie de pêche dans les lacs

Wolfgang Geiger, Hans-Jürg Meng et Rudolf Müller

1. Introduction

Le rendement piscicole d'une eau correspond à la quantité de poissons que l'homme peut prélever sur la production sans préjudice pour le stock. Qui s'occupe d'aménagement piscicole des lacs est donc obligatoirement confronté avec des problèmes de dynamique des populations piscicoles. L'importance du stock est déterminée par les conditions de vie et l'offre en nourriture. Les facteurs qui règlent la densité de la population sont la reproduction et la mortalité naturelles. La pêche agit comme facteur de mortalité supplémentaire. En général, celui qui s'occupe de l'aménagement piscicole ne connaît que l'intensité de pêche et le rendement obtenu. Selon les fluctuations de la courbe de rendement, il essaye d'estimer, par déduction, le développement de la population. Il intervient par des mesures correctives lorsque cela lui semble nécessaire. Cependant, dû à l'inertie du système, ces mesures ne se feront sentir en général qu'avec un certain retard. Grâce à des méthodes de recherche modernes, le biologiste de pêche est capable de prendre directement connaissance de la dynamique des populations de poissons et peut mettre à la disposition des autorités les données acquises comme bases pour des mesures d'aménagement.

En 1980, la section pêche de l'EAWAG a mis en œuvre, pour une durée de 6 ans, un projet de recherches approfondies sur le stock des poissons du lac de Sarnen. Ce sont les pro-

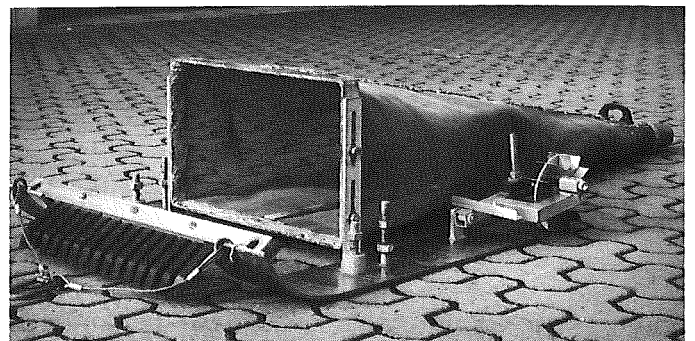


Fig. 1:
Schlittendredge

Dredge sur patins.

die 10–12 mm langen Brutfischchen nach ca. 80 Tagen und steigen zur Wasseroberfläche auf. Dort füllen sie zunächst ihre Schwimmblase mit atmosphärischer Luft, um sich nach erfolgtem Abbau der Dotterreserve in den oberflächennahen Wasserschichten von Plankton zu ernähren.

Eines der Mittel, um die Bedeutung der natürlichen Fortpflanzung für den Felchenbestand des Sees abschätzen zu können, besteht darin, den Seegrund stichprobenmässig nach Felcheneiern abzusuchen. Dies geschieht mit Hilfe der sogenannten *Schlittendredge* (modifiziert nach Elster [1]). Es handelt sich dabei um einen Fangtrichter aus Drahtgaze (1,8 mm Maschenweite) mit 50 cm breiter Eingangsöffnung, der auf zwei skiartigen Kufen hinter dem Boot auf dem Seegrund nachgezogen wird. Direkt vor den Kufen wirbelt ein schräg nach unten gerichteter Gummi-Rechen, der ca. 2 cm in den Boden eindringt, die oberste Schicht des Grundes auf. Schwere Bestandteile können sich sofort wieder setzen und werden vom leicht erhöhten Fangtrichter nicht erfasst. Leichtere Elemente, wie Eier, werden von diesem aufgefangen. Ein an der Dredge befestigtes Zählrad misst die auf dem Seegrund zurückgelegte Wegstrecke (Fig. 1).

Auf ebenen Partien des Seegrundes (Seemitte, Uferbank) wird die Dredge mit Hilfe einer Motorwinde auf Grund gesetzt (Beobachtung auf dem Echographen), so dass sie mit der Kraft des Bootsmotors mit einer Geschwindigkeit von 40–60 cm/s hinter dem Boot hergeschleppt und anschliessend mit Hilfe der Motorwinde wieder gehoben werden kann. Wird auf der steilen Halde gearbeitet, befestigt man das Boot nach dem Versenken der Dredge am Ufer und zieht sie anschliessend mit Hilfe der Motorwinde die Halde herauf. Systematische Dredgezüge, jeweils im Februar der Jahre 1982, 1983 und 1984, an 5 ausgewählten Stellen des Sarnersees zeigten, dass sich die im See abgelegten Felcheneier normal entwickelten, die natürliche Fortpflanzung somit gewährleistet war. Monatliche Sauerstoffmessungen am Seegrund in 50 m Tiefe liessen dies erwarten. Zwar sinkt der Sauerstoffgehalt dort im Laufe des Sommers und Herbstes allmählich auf weniger als 1 mg O₂/l ab, Werte, bei denen die Eier keine Entwicklungschancen mehr hätten. Nun tritt aber im Sarnersee jeweils vor Ende Dezember, dank der winterlichen Temperaturen und Windverhältnisse, Vollzirkulation ein, was den Sauerstoffgehalt am Grund gerade noch rechtzeitig vor der Eiablage und der anschliessenden Entwicklungsperiode der Eier wieder auf genügend hohe Werte ansteigen lässt.

Die Ergebnisse der Dredgezüge aus den Jahren 1982–1984 gestatten zwar keine quantitativen Aussagen über die Bedeutung der natürlichen Fortpflanzung für die Felchenpopulation. Immerhin zeigen aber die Eizahlen aus den Fängen klar, dass die Felchen nicht gleichmässig über den See verteilt ablaichen, sondern bestimmte Gebiete bevorzugen. So betrug die Ausbeute, umgerechnet auf 100 m Zugstrecke und im Durchschnitt dreier Jahre in der Seemitte auf 50 m Tiefe 1 Ei, im Deltagebiet des Hauptzuflusses und auf der rechtsseitigen Uferbank sowie auf dem Plateau beim Seeausfluss zwischen 2 und 4 Eiern. Dagegen erwies sich der Steilhang im Delta eines kleinen rechtsufrigen Baches mit durchschnittlich 94 Eiern pro 100 m Zugstrecke als ausgesprochenes Laichgebiet der Felchen.

Die Kenntnis solcher Laichgebiete ist insofern von praktischer Bedeutung, als einerseits der Berufsfischer weiss, wo er die für die künstliche Fortpflanzung notwendigen Laichfische fangen kann. Andererseits wird daraus ersichtlich, welche Seegründe besonders schützenswert sind, d. h. wo beispielsweise keine Bewilligungen für Kiesabbau erteilt werden sollten.

3. Der Fang von Brutfischchen mit Hilfe des Larvennetzes

Während beim systematischen Absuchen des Seegrundes nach Eiern das Interesse ausschliesslich der natürlichen Fortpflanzung der Fische gilt, wird beim Fang von Felchen-

blèmes que nous venons d'évoquer qui font l'objet de cette recherche. Dans les chapitres suivants, une sélection restreinte des méthodes de travail utilisées est décrite.

2. Récolte des œufs de poissons à l'aide de la drague sur patins

Lors de la reproduction naturelle des corégones, les œufs d'un diamètre d'environ 2 mm tombent après la ponte sur le fond du lac. Ils se développent sur le sédiment pour autant qu'il y ait assez d'oxygène dissous dans l'eau. Dans les conditions de températures hivernales les alevins éclosent environ 80 jours après la ponte et montent à la surface. Ils mesurent alors 10 à 12 mm de long. Ils remplissent leur vessie natatoire d'air atmosphérique. Puis, après avoir résorbé leur sac vitellin, ils se nourrissent de plancton au voisinage de la surface. Un des moyens disponibles pour pouvoir estimer l'importance de la reproduction naturelle des corégones du lac consiste à rechercher par échantillonnage des œufs sur le fond. Ceci se fait à l'aide d'une *drague sur patins* (modifiée d'après Elster [1]). Il s'agit d'un entonnoir en treillis (largeur des mailles 1,8 mm) avec une ouverture de 50 cm de large, monté sur deux patins. La drague est trainée derrière le bateau sur le fond du lac. Juste à l'avant des patins un bateau en caoutchouc dont les dents pénètrent environ 2 cm dans le sédiment soulève la couche superficielle du fond. Les particules lourdes se reposent tout de suite et n'entrent pas dans l'entonnoir qui est légèrement surélevé. Les éléments plus légers tels que les œufs sont retenus par la drague. Un compteur fixé à la drague mesure la distance parcourue (fig. 1).

Sur les parties plates du fond du lac (milieu du lac, rives) la drague est descendue par un treuil à moteur (observation à l'échosondeur), puis elle est tirée par le bateau à moteur à une vitesse de 40 à 60 cm/s. Elle est ensuite remontée par le treuil. Lorsque l'on travaille sur un talus, on fixe le bateau au rivage après avoir descendu la drague et on la remonte le long du talus à l'aide du treuil.

Des draguages systématiques effectués en février des années 1982, 1983 et 1984, en 5 endroits choisis du lac de Sarne, montrent que les œufs de corégones déposés se sont développés normalement, et que la reproduction naturelle était ainsi garantie; ce dont on pouvait s'attendre en examinant les résultats des déterminations mensuelles d'oxygène sur le fond du lac à 50 m de profondeur. Il est vrai que le taux d'oxygène au cours de l'été et de l'automne baisse continuellement jusqu'à moins de 1 mg O₂/l, valeur à laquelle les œufs n'auraient aucune chance de se développer. Fort heureusement, vers la fin décembre, juste avant la ponte et la période de développement des œufs, le lac de Sarne est complètement brassé, grâce à la température hivernale et aux vents. Ainsi, le taux d'oxygène sur le fond est à nouveau suffisant.

Les résultats des draguages des années 1982 à 1984 ne permettent cependant pas une détermination quantitative de l'importance de la reproduction naturelle de la population des corégones. Toutefois, les chiffres obtenus par les draguages montrent clairement que lors de la fraie, les corégones ne sont pas répartis uniformément sur le fond, mais préfèrent certaines régions du lac. Ainsi, calculée sur 100 m de draguage et une moyenne de 3 ans, la récolte s'élève à un œuf au milieu du lac à 50 m de profondeur et entre 2 à 4 œufs dans le delta de l'affluent principal, sur la rive droite ainsi que sur le plateau près de l'émissaire du lac. En revanche, le talus du delta d'un ruisseau de la rive droite, avec 94 œufs par 100 m de draguage, s'avère être une aire de ponte caractéristique des corégones. D'une part, la connaissance de telles frayères est importante pour le pêcheur professionnel qui saura ainsi où capturer les poissons nécessaires à la reproduction artificielle. D'autre part, on saura quels fonds devront être protégés, c'est-à-dire où par exemple le draguage de gravier ne devrait pas être autorisé.

brütlingen mit dem Larvennetz auch die Problematik des Aussetzens von künstlichen, d. h. in der Fischzuchtanstalt erbrüteten Fischchen in die Fragestellung einbezogen. Eine Kosten-Nutzen-Analyse kann hier nur vorgenommen werden, wenn man die Überlebenschancen der Fischchen natürlicher und «künstlicher» Herkunft kennt. Allerdings ist es nicht ohne weiteres möglich, die beiden Kategorien im See zu unterscheiden. Infolge ähnlicher Wassertemperaturen erfolgt die Eientwicklung in der Brutanstalt ungefähr gleich rasch wie im See. Um die mit dem Larvennetz gefangenen Brütlinge nach ihrer Herkunft zu identifizieren, bedarf es eines Tricks, der erstmals von der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei in Starnberg zur Anwendung gelangte [2]. Er besteht darin, dass man die Brutwassertemperatur in der Fischzuchtanlage künstlich auf ca. 1,5 °C herabsetzt und damit eine Verzögerung des Schlüpftermins gegenüber jenem im See von etwa einem Monat erreicht. Auf diese Weise erscheinen in den Larvennetzfangen zunächst nur aus natürlicher Fortpflanzung hervorgegangene Brütlinge. Später, wenn beide Kategorien in den Fängen auftreten, ist es möglich, sie aufgrund ihres verschiedenen Entwicklungszustandes auseinanderzuhalten.

Beim von uns entwickelten Larvennetz wird eine Scheuchwirkung des Bootes dadurch vermieden, dass das Netz vom Seeweidling nicht nachgeschleppt, sondern vor sich her-

3. Capture des alevins à l'aide d'un filet spécial

En récoltant systématiquement les œufs sur le fond du lac, l'intérêt se porte essentiellement sur l'importance de la reproduction naturelle. En revanche, par la capture d'alevins, l'intérêt s'étend au problème de la reproduction dite artificielle, c'est-à-dire par la mise à l'eau d'alevins provenant de l'incubation en pisciculture. L'analyse de rentabilité ne peut être faite que si l'on connaît les chances de survie des poissons de provenance naturelle et «artificielle». Cependant, dans le lac, les deux catégories sont difficiles à distinguer l'une de l'autre. La température de l'eau étant sensiblement la même en pisciculture et dans le lac, les alevins de provenance artificielle éclosent au même moment que ceux de provenance naturelle. Pour pouvoir différencier les deux sortes d'alevins capturés au filet, on adopte une astuce utilisée pour la première fois à l'Institut bavarois de la pêche à Starnberg [2]. On abaisse la température de l'eau d'incubation à environ 1,5 °C ce qui retarde l'éclosion des œufs d'environ 1 mois par rapport à ceux du lac. Il résulte de ce fait que dans les captures n'apparaissent d'abord que les alevins provenant de la reproduction naturelle. Plus tard, lorsque les deux catégories sont présentes, il est possible de les distinguer par leurs stades de développement différents.

Afin d'éviter que le bateau fasse fuir les alevins, nous avons développé un système de capture par lequel le filet n'est pas

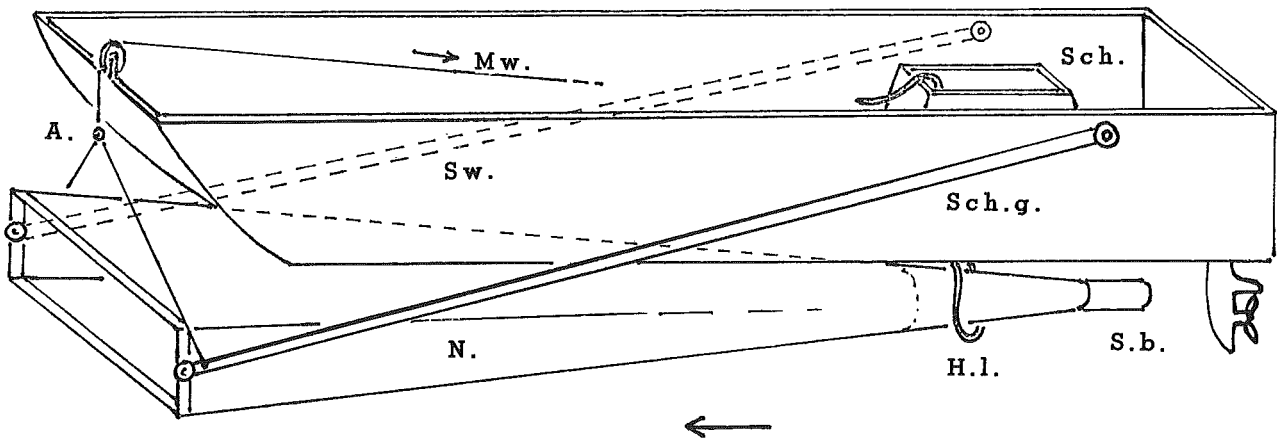


Fig. 2:

Larvennetz

N = Netzsack; Sw = Seeweidling; A = Aufhängevorrichtung; Mw = Motorwinde; Sch = Schacht; Schg = Schubgestänge; Hl = Hebeleine; Sb = Sammelbecher.

geschoben wird (Fig. 2). Die Netzöffnung beträgt 100 x 50 cm, die Gesamtlänge des Sackes 6,50 m und die Maschenweite 530 µm im vorderen und 355 µm im hinteren Teil. Die Schubgeschwindigkeit liegt zwischen 1,5 und 1,8 m/s. Mit Hilfe des Schubgestanges und der Aufhängevorrichtung lässt sich eine Einsatztiefe zwischen 0 und 6 m einstellen. Die Einrichtung erlaubt den Fang von Jungfischen bis 30 mm Länge.

Das Netz kann, wenn es in einer Tiefe von 0–1 m gefahren wird, während der Fahrt in beliebigen Intervallen geleert werden. Zu diesem Zweck wird das Netzende mit Hilfe der Hebeleine durch den Schacht hochgezogen. Auf diese Weise erhält man lückenlose Horizontalprofile der Brütlingsverteilung im See.

Sobald es sich darum handelt, grössere Fische zu fangen, ist man auf den Einsatz massiverer, der Fischgrösse angepasster Fanggeräte angewiesen. Ein solches ist das sogenannte Schwimmschleppnetz (Näheres dazu in Kap. 5). Um es rationell einsetzen zu können, muss zunächst abgeklärt werden, wie die Fische zum aktuellen Zeitpunkt horizontal und vor allem vertikal im Wasserkörper des Sees verteilt sind, d. h. die Fische müssen geortet werden.

Filet spécial pour la capture d'alevins

N = sac; Sw = bateau; A = dispositif de suspension; Mw = moteur; Sch = puits; Schg = cadre de montage; Hl = corde pour lever le filet; Sb = récipient.

trainé à l'arrière mais poussé à l'avant du bateau (fig. 2). L'ouverture du filet est de 100 x 50 cm et la longueur totale du sac est de 6,5 m avec une largeur de mailles de 530 µm dans sa partie antérieure et de 355 µm dans sa partie postérieure. La vitesse de poussée est d'environ 1,5 à 1,8 m/s. A l'aide du cadre de montage et du dispositif de suspension, la profondeur de pêche peut être fixée entre 0 et 6 m. Ce système permet la capture de jeunes poissons jusqu'à 30 mm de long.

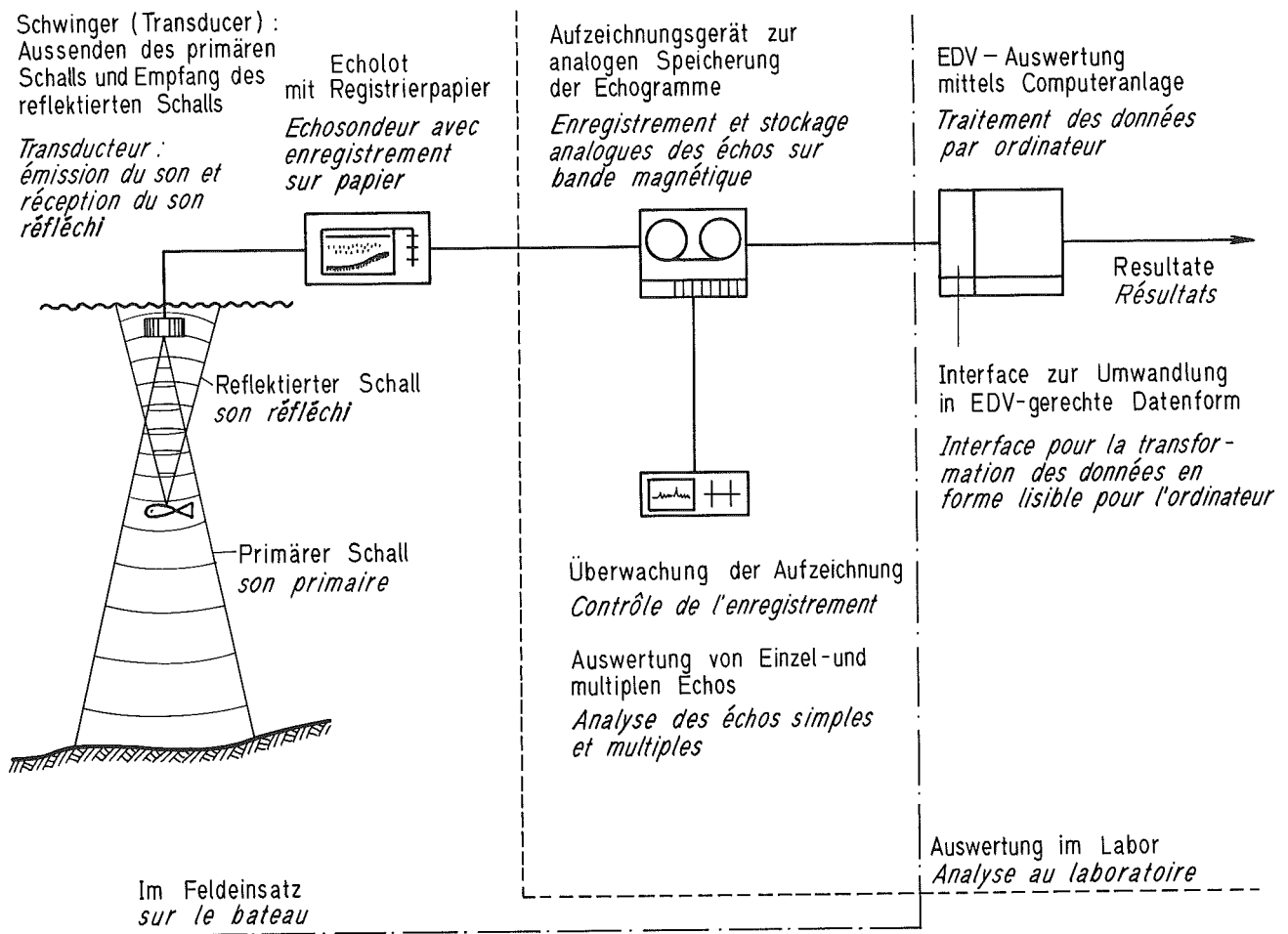
Quand on opère à une profondeur de 0 à 1 m, il est possible de vider le filet à intervalles quelconques pendant l'avance du bateau en remontant l'extrémité du filet avec une corde par le puits central du bateau. De cette manière, on obtient des profils horizontaux ininterrompus de la répartition des alevins dans le lac.

Lorsqu'il s'agit de capturer de plus gros poissons, il faut utiliser des dispositifs plus puissants, adaptés à la taille du poisson. Dans ce cas on utilise le chalut pélagique (voir chap. 5). Pour pouvoir l'employer rationnellement, on doit d'abord à l'aide d'un échosondeur localiser la répartition horizontale et verticale des poissons dans le lac.

4. Lokalisation und mengenmässige Erfassung der im See vorhandenen Fische

Die im folgenden beschriebene Ultraschall-Echolotanlage mit elektronischer Datenverarbeitung wurde im Laufe der letzten Jahre sukzessive aufgebaut. Sie besteht aus dem eigentlichen Echolot, dem Aufzeichnungsgerät, dem Überwachungszilloskop und dem Laborcomputer (Anlageschema Fig. 3). Die Apparatur soll gestatten, den aktuellen Fischbestand in einem See zu schätzen, die räumliche und grössenmässige Verteilung der Fische zu beurteilen und schliesslich, kombiniert mit anderen Methoden (Kap. 6), Auskunft über die artspezifische Verteilung des Bestandes zu erhalten.

Fig 3:
Schema der Ultraschall-Echolotanlage mit elektronischer Datenverarbeitung



4. Localisation et détermination quantitative de poissons présents dans le lac

La chaîne d'échosondage à ultrasons avec traitement des données par ordinateur a été successivement montée au cours des dernières années. Elle se compose de l'échosondeur proprement dit, de l'enregistreur, de l'oscilloscope de contrôle et de l'ordinateur de laboratoire (schéma du dispositif fig. 3). Cette installation permet une détermination du stock des poissons dans le lac et leur répartition d'après leur taille et enfin, en combinaison avec d'autres méthodes (chap. 6), d'obtenir des renseignements sur la distribution des différentes espèces.

Schéma de la chaîne d'échosondage à ultrasons avec traitement électronique des données.

Vom sogenannten *Schwinger*, der mit dem Boot knapp unter der Oberfläche mit konstanter Geschwindigkeit durch das Wasser geschleppt wird, werden Ultraschallwellen ausgesendet, die von Fischen und vom Seegrund reflektiert werden. Diese Schallwellen werden vom gleichen Schwinger wieder aufgenommen. Um auch sehr kleine Fische noch orten zu können, wurde eine Arbeitsfrequenz von 200 kHz gewählt.

Das *Echolot* zeichnet einerseits die empfangenen Signale auf ein Registrierpapier auf (Fig. 6, links). Andererseits übermittelt es über zwei Datenkanäle das analoge Signal und weitere notwendige Steuerimpulse wie z. B. Tiefenangaben auf ein Magnetband-Aufzeichnungsgerät.

La base du *sondeur* (transducteur), maintenue juste sous la surface de l'eau par un flotteur, est traînée par le bateau à une vitesse constante. Elle émet des ondes à ultrasons qui sont réfléchies par les poissons et le fond du lac. Ces ondes sont recaptées par le même transducteur. Pour pouvoir localiser aussi de très petits poissons, on travaille à une fréquence de 200 kHz.

L'*échopondeur* transmet d'une part les signaux captés sur un papier enregistreur (fig. 6, gauche). D'autre part, il transmet par deux canaux le signal analogique et d'autres informations nécessaires, comme p. e. des indications de profondeur, sur un enregistreur à bande magnétique. Cet *enregistreur* permet aussi l'enregistrement de très cour-

Dieses *Aufzeichnungsgerät* erlaubt eine mehrstündige Aufzeichnung auch sehr kurzer und schwacher Gleichstromimpulse, die auf dem Schreiber des Echolots nicht erscheinen. Damit wird eine hohe vertikale Auflösung der Echos und eine Erfassung auch relativ kleiner Fische erreicht.

Die *Aufzeichnungskontrolle* erfolgt mit Hilfe eines Speicheroszilloskops. Dieses erlaubt die Analyse ausgewählter sogenannter «Pings», d. h. einzelner Lotungen, bezüglich der Signalstärke von Fischechos. Namentlich lassen sich auch die Echos einzelner Fische von sogenannten multiplen Echos ganzer Fischgruppen unterscheiden (Fig. 4).

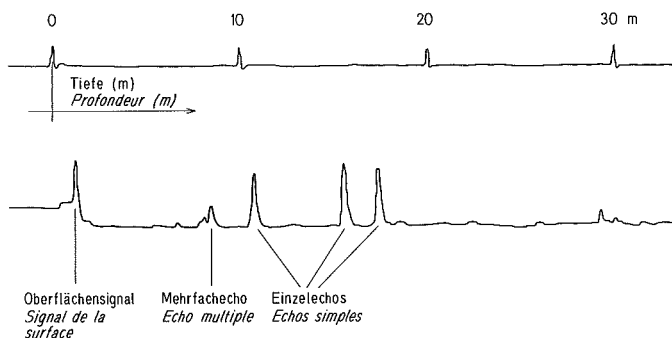


Fig 4: Speichererschiloskop: Einzelner «Ping» mit Fischechos (siehe Text).

Diese Informationen dienen somit der *Kalibrierung* für die anschließende EDV-Auswertung: der Computer muss u. a. in die Lage versetzt werden, zu entscheiden, was er als Fischecho zu berücksichtigen hat und was nicht.

Die analog aufgezeichneten Daten werden nun über ein Interface (Analog/Digital-Wandler) auf den *Laborcomputer* überspielt, wo die eigentliche *Echointegration* erfolgt. d. h. die Umsetzung der Fischechos in Angaben über Zahl und Gewicht der pro Flächeneinheit und in beliebigen Tiefenstufen in See vorhandenen Fische [3].

5. Die Identifizierung der mit dem Echolot erfassten Fische

Weder Ultraschallortung noch Echointegration vermögen etwas über die *Art* der registrierten Fische auszusagen. Die Echolotaufnahmen müssen deshalb mit Netzfängen kombiniert werden. Die Netzfänge des Berufsfischers sind hier nicht von grosser Hilfe, denn sie erfolgen selektiv, d. h. gezielt auf wenige ausgewählte Arten und zudem, infolge der vorgeschriebenen Maschenweiten, beschränkt auf bestimmte Grössenklassen. Das geeignetste Gerät, um in bestimmten Tiefen lokalisierte Fische zur Identifizierung an die Oberfläche zu bringen, ist das sogenannte *Schwimm-schleppnetz*. Es ist ein sackförmiges Zuggarn von 14 m Länge, das vom fahrenden Boot horizontal durch das Wasser

tes und très faibles impulsions à courant continu qui n'apparaissent pas sur le papier d'enregistrement de l'échosondeur. On obtient ainsi une haute résolution verticale des échos et un captage d'échos de poissons relativement petits.

Le *contrôle de l'enregistrement* se fait à l'aide d'un oscilloscope à mémoire. Il permet d'analyser l'intensité des échos de poissons dans certains «pings» sélectionnés (sondages individuels).

Il est ainsi possible de distinguer les échos simples de poissons isolés des échos multiples fournis par des bancs de poissons (fig. 4).

Oscilloscope à mémoire: «ping» individuel avec échos de poissons (voir texte).

Ces informations servent donc de *calibrage* pour le traitement électronique des données: l'ordinateur doit entre autre être en mesure de discerner les échos de poissons qui sont à enregistrer ou à éliminer.

Les données enregistrées en système analogue sont transformées en système digital avant d'être transmises à l'ordinateur de laboratoire où se fait l'intégration proprement dite, à savoir la transformation des échos des poissons présents dans le lac en informations sur leur nombre et leur poids par unité de surface et dans des zones de profondeur choisies [3].

5. Identification des poissons détectés par l'échosondeur

Ni la localisation par ultrasons ni l'écho-intégration ne peuvent fournir des informations sur l'*espèce* des poissons détectés. Les échosondages doivent donc être combinés avec des captures au filet. Les captures des pêcheurs professionnels ne nous donnent pas assez d'informations dans le cas particulier, car ces pêches sont trop sélectives. Elles sont orientées sur quelques espèces choisies et, en plus, la taille des poissons est dictée par la largeur des mailles du filet. L'instrument le plus approprié pour ramener à la surface les poissons se trouvant à une profondeur déterminée est le *chalut pélagique*. C'est un filet en forme de sac de 14 m de long qui est tiré horizontalement, entre deux eaux, par un ba-

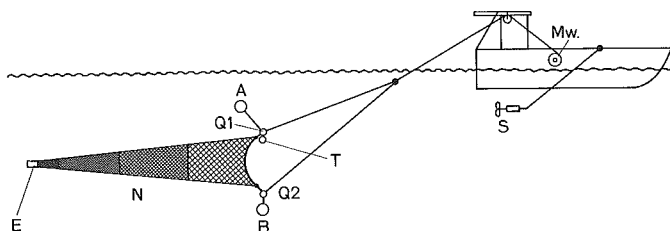


Fig. 5: Schwimmschleppnetz
N. = Netzsack mit 6 Sektionen verschiedener Maschenweiten, von vorn nach hinten von 30 mm auf 5 mm abnehmend; Q1 = obere Querstange; Q2 = untere Querstange; A = Auftriebskörper; T = Tiefenmesser; B = Beschwerung; E = Endverschluss; Mw = Motorwinde; S = Strömungsmesser.

Chalut pélagique

N = sac avec 6 secteurs à mailles d'une largeur de 30 à 5 mm décroissant d'avant en arrière; Q1 = traverse supérieure; Q2 = traverse inférieure; A = flotteur; T = sonde de profondeur; B = lest; E = fermeture; Mw = treuil à moteur; S = loch.

geschleppt wird (Fig 5). Die Tiefe, in der das Netz operiert, wird durch die Länge des herausgelassenen Zugkabels und die Geschwindigkeit des Bootes bestimmt. Als Kontrollinstrumente dienen ein Strömungsmesser sowie die am Netz befestigte druckempfindliche Tiefensonde. Bei einer Schleppgeschwindigkeit von 0,8 m/s, einer Schleppdauer von 20 min. und einer Netzöffnung von 2,5 x 2,5 m wird bei einem Hol (Zug) eine Wassermenge von jeweils rund 6000 m³ durchgeseibt. Probefänge mit dem Schwimmschleppnetz erfolgen grundsätzlich in der Nacht, da die Fische erfahrungsgemäss nach Einbruch der Dunkelheit dem Boot und dem Netz weniger ausweichen.

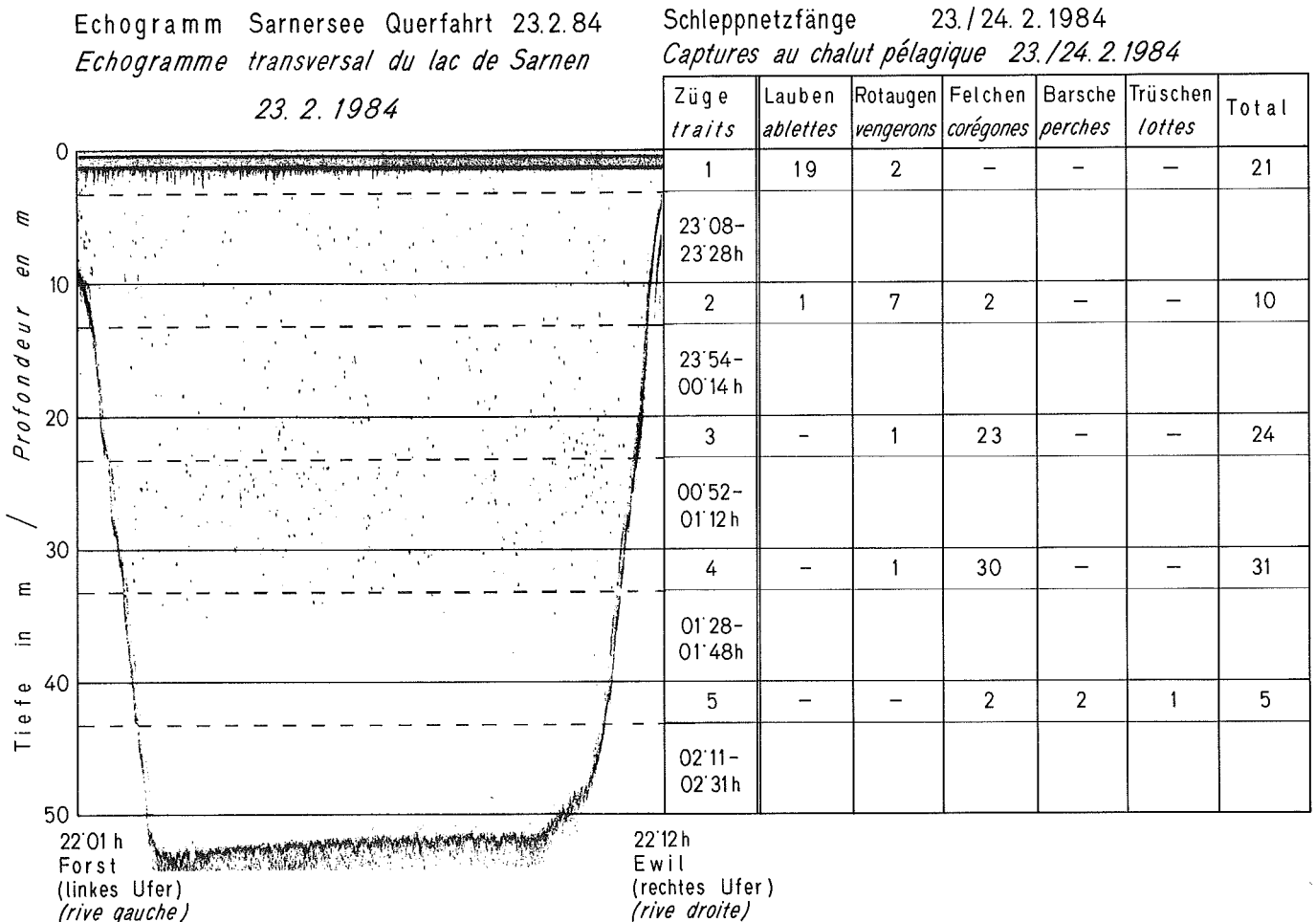
In Fig. 6 sind dem Echogramm einer Querfahrt über den Sarnersee (links) die Ergebnisse von 5 in der gleichen Nacht und im gleichen Seeteil durchgeführten Schleppnetzjügen (rechts) gegenüber gestellt. Das Beispiel zeigt, dass die einzelnen Fischarten zur damaligen Jahres- und Tageszeit zwar nicht völlig voneinander getrennt, aber doch deutlich in verschiedenen Tiefen eingeschichtet waren. So stammen die im Oberflächenbereich aufgezeichneten Fischsignale offenbar mehrheitlich von Lauben (*Alburnus alburnus*), einem Kleincypriniden ohne wirtschaftliche Bedeutung. Anschliessend folgen gegen die Tiefe hin Echos von Rotaugen (*Rutilus rutilus*), ebenfalls Karpfenartigen, während das breite Band zwischen 15 und 35 m Tiefe auf Grund der Schleppnetzjänge den Felchen (*Coregonus sp.*) zugeschrieben wer-

teu (fig. 5). La profondeur à laquelle doit opérer le filet est déterminée par la longueur du câble de traction et la vitesse de navigation du bateau. Comme instruments de contrôle, on utilise un appareil à mesurer la vitesse du courant (loch) ainsi qu'une sonde de profondeur sensible à la pression. A une vitesse de traction de 0,8 m/s, une durée de trait de 20 minutes et une ouverture du chalut de 2,50 x 2,50 m, le filet filtre à chaque trait environ 6000 m³ d'eau. Les échantillonnages avec le chalut pélagique se font pendant la nuit, car, selon notre expérience, les poissons remarquent moins le bateau et le filet après la tombée du jour.

Dans la figure 6 un échogramme transversal du lac de Sarnen (à gauche) est comparé aux résultats de 5 traits au chalut pélagique effectués au même endroit et dans la même nuit (à droite). L'exemple montre que les différentes espèces présentes lors des échantillonnages (cf. heure du jour et saison) sont réparties dans des zones de profondeur plus ou moins déterminées, tout en se chevauchant légèrement. Ainsi les signaux de poissons provenant de la couche avoisinant la surface indiquent probablement des ablettes (*Alburnus alburnus*), un petit cyprinidé sans aucune valeur marchande. Ensuite, dans une couche plus profonde, on trouve les vengerons (*Rutilus rutilus*), un autre cyprinidé, tandis que dans la large bande comprise entre 15 et 35 m de profondeur, ce sont les corégones (*Coregonus sp.*) qui prédominent. Les perches (*Perca fluviatilis*) enfin se situent comme tou-

Fig 6:
Echogramm und Schwimmschleppnetzjänge zur Identifizierung der registrierten Fischechos.

Echogramme et captures au chalut pélagique pour l'identification des échos enregistrés.



den muss. Barsche (*Perca fluviatilis*) schliesslich liessen sich, wie im Winter nicht anders zu erwarten, erst in 40 m Tiefe nachweisen. Der Fang einer einzelnen Trüsche (*Lota lota*), eines typischen Bodenfisches, deutet darauf hin, dass das Schleppnetz am Steilhang den Seegrund berührt hat. Die beschriebene Vertikalverteilung der einzelnen Fischarten ist typisch für die Wintermonate. Im Sommerhalbjahr halten sich Barsche, vergesellschaftet mit Lauben und Rotaugen, im Oberflächenbereich auf und die Felchen schichten sich darunter, in 10–20 m Tiefe, ein.

6. Markierung von Jungfischen

Eine der effizientesten Methoden, um Einblick in die Populationsdynamik der Fische zu erhalten, ist die Markierung von Jungfischen. Die Informationen, die man durch Markierungsexperimente erhält, betreffen insbesondere:

- das Wachstum der Fische,
- die Kontrolle der Altersbestimmungen bei nichtmarkierten Fischen anhand der Schuppen von Fischen bekannten Alters,
- die Überlebenschancen eingesetzter Jungfische und damit den Erfolg von Besatzmassnahmen,
- die Beziehung zwischen natürlicher und fischereibedingter Mortalität,
- die fischereilichen Ertragsmöglichkeiten.

Um ihren Zweck erfüllen zu können, müssen Markierungsmethoden folgende Eigenschaften besitzen:

- der Fisch darf durch die Markierung weder geschädigt noch durch das Tragen der Marke behindert werden,
- die Marke darf, über Jahre hinweg, nicht verloren gehen,
- die markierten Fische müssen beim Wiederfang mit Sicherheit erkennbar sein,
- es sollten möglichst junge Stadien markiert werden können.

Das von uns im Sarnersee für Seeforellen und Felchen verwendete Markierungssystem (Northwest Marine Technology, Seattle) wird diesen Anforderungen weitgehend gerecht [4].

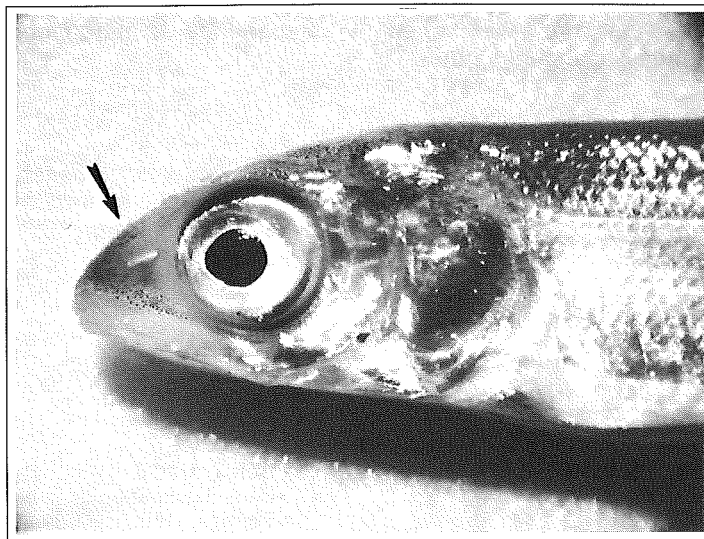


Fig. 7:
Kopf eines Jungfelchen mit implantierter 1 mm langer Magnetmarke.

Die *Marken* sind 1 mm lange und 0,25 mm dicke Drahtstiften aus rostfreiem Stahl, je nach Versuchsanordnung mit einem binären Serieneckode gekennzeichnet oder unkodiert. Im *Injektor* werden die Marken von der Drahtrolle automatisch abgeschnitten und mit einer Hohlnadel in den Schnauzenknorpel des narkotisierten Fisches implantiert (Fig 7). Die Mindestgrösse der zu markierenden Fische liegt bei 4 bis 5 cm. Bevor die Fische ins Gewässer ausgesetzt werden,

jours en hiver vers 40 m. La capture d'une seule lotte (*Lota lota*), un poisson typique du fond, montre que le chalut a dû toucher le fond sur le talus.

Cette distribution verticale des espèces est caractéristique pour la saison d'hiver. En été, les perches, associées aux alettes et aux vengerons, se tiennent près de la surface, alors que les corégones forment une couche située entre 10 et 20 m de profondeur.

6. Marquage de jeunes poissons

Le marquage des jeunes poissons est l'une des méthodes les plus efficaces pour se faire une idée de la dynamique des populations de poissons. Les informations que l'on obtient par les expériences de marquage concernent surtout:

- la croissance des poissons,
- le contrôle de la détermination de l'âge des poissons non marqués à l'aide d'écaillés de poissons marqués d'âge connu,
- les chances de survie de jeunes poissons immergés et ainsi le succès du repeuplement,
- le rapport entre la mortalité naturelle et celle due à la pêche,
- les possibilités du rendement piscicole.

Pour être utiles, les méthodes de marquage doivent présenter les propriétés suivantes:

- le poisson ne doit ni être endommagé lors du marquage ni gêné par la marque,
- la marque doit tenir pendant plusieurs années,
- les poissons marqués doivent être bien reconnaissables,
- on doit pouvoir marquer les poissons les plus jeunes possibles.

Le système de marquage (Northwest Marine Technology, Seattle) que nous avons utilisé au lac de Sarnen pour les truites des lacs et les corégones remplit au mieux ces conditions [4].

Marque magnétique de 1 mm implantée dans la tête d'un jeune corégone.

Les *marques* sont faites de sections de fil d'acier inoxydable de 1 mm de long et 0,25 mm d'épaisseur qui peuvent être, selon les besoins, non codées ou pourvues d'un code binaire. Le rouleau de fil d'acier de marquage est placé dans un *injecteur* où chaque marque est coupée automatiquement et implantée par une canule dans le cartilage du museau du poisson narcotisé (fig. 7). Cette méthode permet le marquage de jeunes poissons à partir de 4 à 5 cm de long. Avant que

passieren sie einen *Kontrollapparat*, wo die Marken zunächst magnetisiert werden. Unmarkierte Fische werden bei der Kontrolle ausgeschieden. Der Umstand, dass die Marken nicht sichtbar sind, markierte und unmarkierte Fische vom Fischer somit nicht unterschieden werden können, bedingt, dass in der Folge sämtliche gefangenen Fische mit Hilfe eines speziellen *Detektors* auf Marken hin geprüft werden müssen.

Jungfelchen sind ausserordentlich empfindlich gegen Manipulationen (Schuppenverlust). So war es denn bisher nur finnischen Fischereibiologen gelungen, erfolgreich Felchen zu markieren, und dies auch nur dank der oben beschriebenen Methode. Im Herbst 1981 konnten wir erstmals 7427 6 Monate alte Jungfelchen, die bis zur markierfähigen Grösse von 45–81 mm mit lebendem Plankton in Rundbecken aufgezogen worden waren, in den Sarnersee aussetzen. Unter Berücksichtigung einer auf Grund von Vorversuchen auf ca. 5% geschätzten markierungsbedingten Mortalität und des auf ca. 10% veranschlagten Markenverlusts vor dem Wiederfang darf angenommen werden, dass mindestens 6350 lebensfähige, auf Dauer markierte Jungfelchen in den See gelangten.

Der Sarnersee eignet sich besonders gut als Objekt für Markierungsversuche, weist er doch lediglich zwei, zudem noch in einem einzigen Familienbetrieb zusammengeschlossene Berufsfischer auf. Die gesamten im See gefangenen Felchen können deshalb über Jahre hinweg mit Hilfe eines im Betrieb stationierten Detektors kontrolliert werden. Die als markiert erkannten Fische werden vom Berufsfischer vakuumverpackt und tiefgekühlt für die Untersuchung im Laboratorium zur Verfügung gehalten.

Im Mai 1983 erschienen die ersten markierten Felchen in den Netzen der Berufsfischer. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt erhielten wir 450 Stück zurück (7%). Vorderhand geht der Wiederfang der unterdessen fast 4jährig gewordenen Fische, allerdings in verlangsamtem Rhythmus, noch weiter. Einen letzten Schub erwarten wir anlässlich der Laichfischfänge im Winter 1984/85. Sobald keine Wiederfänge mehr zu erwarten sind, was voraussichtlich im Laufe des Jahres 1985 der Fall sein wird, kann an die Auswertung der gewonnenen Daten des Markierungsexperimentes gegangen werden.

Verdankungen: Wir danken den Fischereibehörden des Kantons Obwalden und der Berufsfischerfamilie Amstalden-Britschgi in Wilen für ihr Entgegenkommen und ihre wertvolle Mitarbeit.

les poissons ne soient remis à l'eau ils passent par un *appareil de contrôle* qui magnétise tout d'abord la marque. Les poissons sont ensuite automatiquement triés et les non marqués sont éliminés. Du fait que les marques sont invisibles, le pêcheur devra, pour différencier les poissons marqués des non marqués, faire passer tous les poissons capturés par un *détecteur* spécial.

Les jeunes corégones sont extrêmement sensibles aux manipulations (perte d'écaillés). C'est ainsi que jusqu'à maintenant seuls des biologistes de pêche finlandais ont pu marquer avec succès de jeunes corégones, grâce à la méthode que nous venons de décrire. En automne 1981, nous avons pu marquer et immerger dans le lac de Sarnen une première série de 7427 corégones âgés de 6 mois qui ont été élevés avec du plancton vivant dans des bassins circulaires jusqu'à une taille de 45 à 81 mm. D'après des essais préliminaires, la mortalité due au marquage a été estimée à environ 5% et la perte de marques avant la recapture à environ 10%. On peut donc admettre qu'au moins 6350 jeunes corégones viables et marqués d'une façon durable ont été lâchés dans le lac.

Le lac de Sarnen se prête particulièrement bien à une expérience de marquage parce qu'il n'est exploité que par deux pêcheurs professionnels groupés dans une seule exploitation familiale. La totalité des corégones pêchés dans le lac pendant des années peut donc être contrôlée à l'aide d'un détecteur installé dans l'exploitation. Les poissons marqués qui ont été détectés sont emballés sous vide et congelés par le pêcheur professionnel. Les poissons sont ensuite transférés au laboratoire pour l'analyse biométrique.

En mai 1983, les premiers corégones marqués ont fait leur apparition dans les filets des pêcheurs. Jusqu'à ce jour 450 poissons marqués ont été capturés (7%). Pour l'instant, la capture de poissons, qui entre temps ont presque 4 ans, continue à un rythme quelque peu ralenti. Cet hiver nous nous attendons à une dernière série de captures lors de la pêche des reproducteurs. Dès qu'il n'y aura plus de captures, ce qui sera probablement le cas au cours de l'année 1985, l'on pourra exploiter les données obtenues de cette expérience de marquage.

Remerciements: Nous tenons à remercier le service cantonal de la pêche d'Obwald et la famille Amstalden-Britschgi, pêcheurs professionnels à Wilen, pour leur précieuse collaboration.

[1] Elster, H.-J.: Eine Schlitten-Dredge. Internat. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrograph. 29, H. 3/4, 290–292, 1933.

[2] Klein, M.: Die Beurteilung der Effektivität von Brutanstalten durch den Fang von Renkenlarven im Starnberger See. Fischer und Teichwirt H. 8, 1983.

[3] Burczynski, J.: Introduction à l'utilisation des systèmes sonar dans l'estimation de la biomasse en poissons. FAO, Doc. Tech. Pêches, (191) Rev 1-81, 1982.

[4] Jefferts, K.B., Bergmann P.K., and Fiscus, H.: A coded wire identification system for macroorganisms. Nature 198 (4879), 460–462, 1963.

Schwebstoffe in Seen

Michael Sturm

Einleitung

Geobiochemische Abläufe in der Natur lassen sich mit Hilfe von Schwebstoffen ausgezeichnet studieren. Die Kenntnis ihres Auftretens, ihrer Zusammensetzung und ihrer Verteilung in aquatischen Systemen vertieft dabei unsere Einsicht in diejenigen Prozesse, welche diese Systeme steuern.

Schwebstoffe in Seen entstammen sehr unterschiedlichen Quellen: der Atmosphäre, den Zuflüssen, grossen Rutschungen oder Bildungsprozessen im See selbst (Fig. 1). Entsprechend umfassen suspendierte Partikel einen grossen Bereich von Korngrössen und verschiedenartigen Zusammensetzungen. Dabei können Einzel-Partikel auftreten mit Durchmessern zwischen 1-10 μm (Gesteinsbruchstücke, Einzelkristalle, Algenzellen etc.) oder Partikelaggregate von 10 μm bis mehrere 100 μm Durchmesser (Kotballen, koagulierte Partikel etc.). Ebenso bedingen Unterschiede in den Einzugsgebieten der Zuflüsse, der Beckenmorphologie und dem trophischen Zustand unterschiedliche Anteile von Partikeln einer bestimmten Dichte im Schwebstoffgehalt eines Sees.

Particules en suspension dans les lacs

Michael Sturm

Introduction

L'emploi de particules en suspension comme traceurs permet d'étudier de nombreux phénomènes géobiochimiques de notre environnement naturel. C'est pourquoi de meilleures connaissances des processus par lesquels se forment ces particules, ainsi qu'une description de leur composition et de leur distribution en milieu aquatique augmenteraient notre savoir sur les mécanismes qui régissent ces phénomènes particuliers.

Les matières en suspension d'un lac (particules, suspensoïdes) peuvent avoir différentes sources, telles qu'atmosphère, affluents fluviaux, éboulements et processus de formation intrinsèques aux lacs (fig. 1), de sorte que la composition et la dimension de ces particules peuvent être très variables: particules isolées distinctes (fragments de roche, cristaux, cellules d'origine végétale, de 1 à 10 μm etc.) ou agrégats de 10 à plusieurs 100 μm (particules agglomérées, pelotes fécales, etc.). Etant donnée les différentes conditions de chaque lac (les affluents, le bassin versant, la morphologie du bassin, l'état trophique), la quantité de particules d'une certaine taille sera différente pour chaque lac.

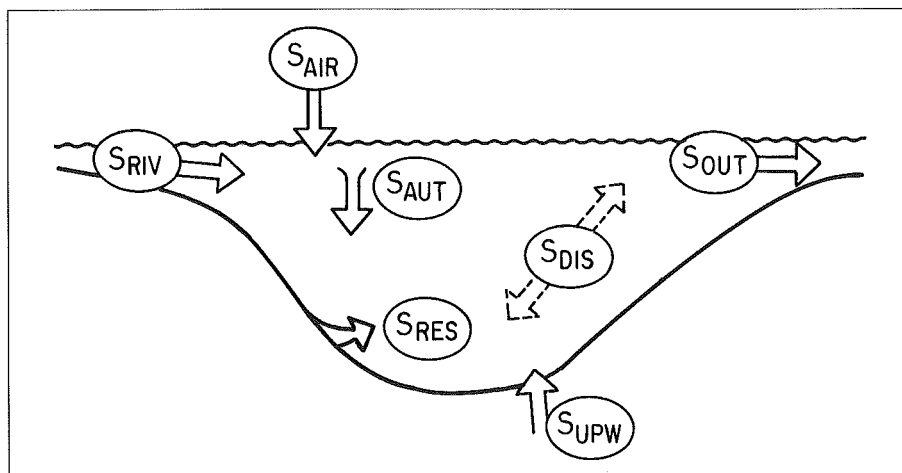


Fig. 1:
Quellen und Senken von Schwebstoffen in Seen
(verändert nach [13])

RIV = Eintrag durch Flüsse, Rutschungen, Lawinen etc.

AIR = Atmosphärischer Eintrag durch Wind, Regen etc.

AUT = Autochthone Partikel (Primärproduktion, chem. Ausfällung etc.)

DIS = Partikelauflösung

RES = Resuspendiertes Material (Bodenberührende Strömungen, Unterwasser-Rutschungen etc.)

UPW = Eintrag durch aufsteigendes Wasser (Grundwasser, unterirdische Quellen)

OUT = Export durch Seeausfluss

In alpinen und perialpinen Seen sind die Schwebstoffpartikel entweder allochthonen oder autochthonen Ursprungs. Im ersten Fall werden sie durch Zuflüsse, Lawinen, Rutschungen u. ä. in den See transportiert. Im zweiten Fall entstehen die Partikel im See selbst durch biologische Produktion, chemische Ausfällung oder Koagulation. Partikel der einen wie der anderen Art können dabei im Seebecken durch subaquatische Rutschungen und Resuspension sekundär umgelagert oder durch Auflösungsprozesse verändert werden.

Die Beschreibung von Schwebstoffen in Seen kann quantitativ oder qualitativ erfolgen. Innerhalb der Wassersäule lassen sich suspendierte Partikel durch ihre Konzentration ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) und ihren Fluss in Richtung Seeboden ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) quantifizieren; die endgültige Ablagerung von Partikeln auf

Sources et sédimentation de particules en suspension dans un lac
(d'après [13]).

RIV = apport par les rivières, éboulements, avalanches etc.

AIR = apport atmosphérique par les vents, les pluies etc.

AUT = matériaux autochtones (bioproduction, précipitation chimique etc.)

DIS = dissolution de particules

RES = matériaux remis en suspension (courants de fond, effondrements subaquatiques etc.)

UPW = apport de matériaux par poussée souterraine (eaux souterraines, sources subaquatiques etc.)

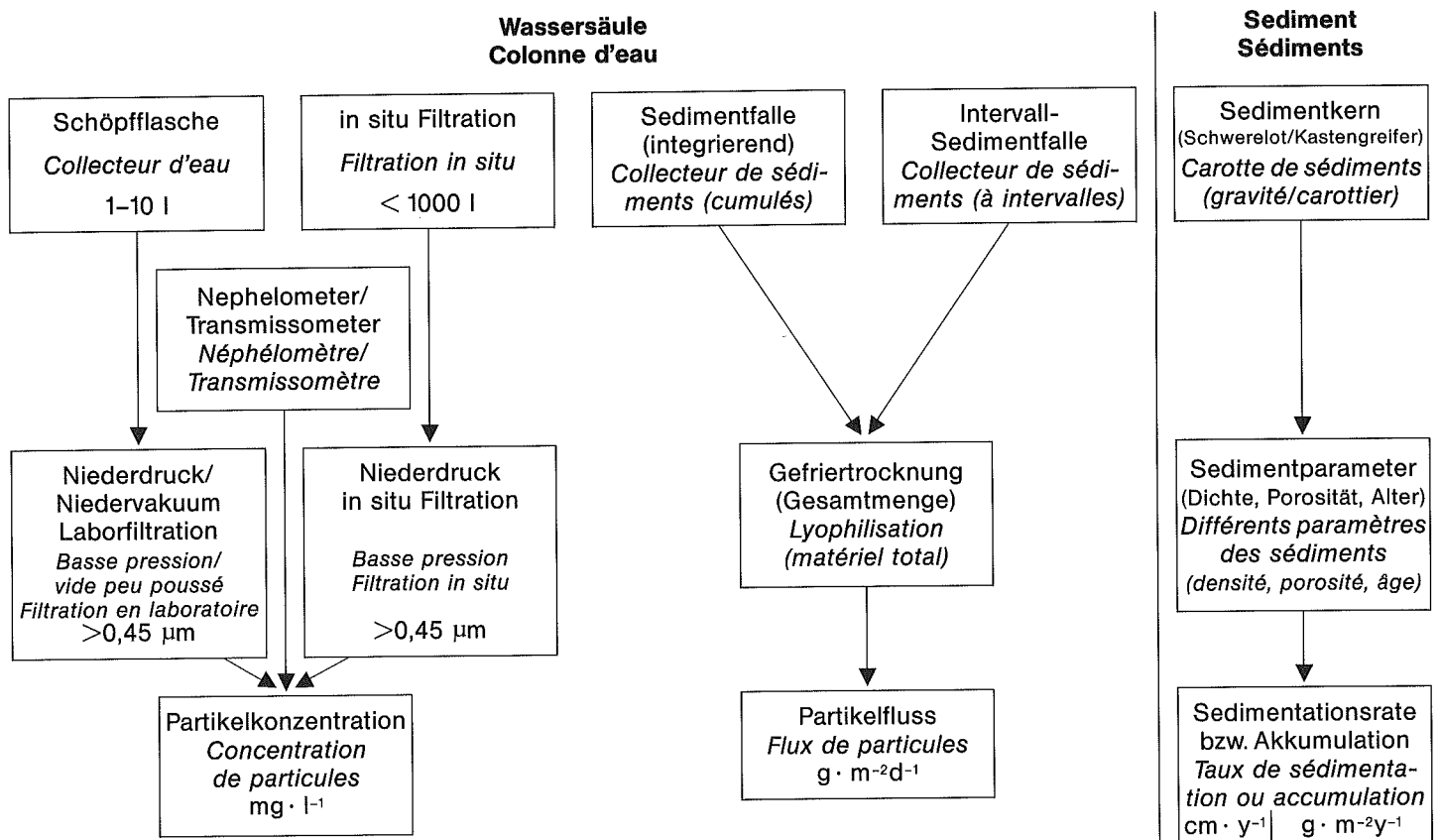
OUT = particules drainées par les effluents

Dans les lacs alpins et périalpins (Préalpes), les sources de suspensoïdes sont soit allochtones, tels que les matériaux amenés par les affluents, les avalanches, les éboulements etc., soit autochtones, c'est-à-dire composées de particules formées dans le lac même par transformations biologiques, précipitations chimiques, coagulations etc. Les matériaux provenant des deux sources peuvent être retravaillés dans un deuxième temps dans le bassin par des effondrements subaquatiques et resuspension, ou transformés par des processus de dissolution.

Les particules en suspension dans un lac peuvent être décrites quantitativement ou qualitativement. Dans une colonne d'eau, la présence de suspensoïdes est quantifiée par des mesures de concentration ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) et de flux vers le fond ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$). Le dépôt final de particules sur le fond corres-

Fig 2: Gebräuchliche Techniken zur Quantifizierung von Schwebstoffen in Seen

Techniques courantes utilisées pour quantifier les particules en suspension dans les lacs.



dem Seegrund lässt sich als jährliche Sedimentations- oder Akkumulationsrate in $\text{cm} \cdot \text{y}^{-1}$ oder $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$ ausdrücken. Einige Techniken zur Bestimmung dieser Parameter sind schematisch in Fig. 2 dargestellt.

Eine qualitative Charakterisierung von Partikeln enthält Angaben über ihre Form, ihre Grösse, ihre chemische Zusammensetzung oder über ihre Stellung im biologischen System. Die Anwendung verschiedenartiger Untersuchungsmethoden erlaubt dabei die Bestimmung der Korngrösse (Coulter Counter, Sedigraph), der totalen chemischen Zusammensetzung (Atomadsorptionsspektrometrie, Neutronenaktivierungsanalyse, Röntgendiffraktometrie) sowie der Einzelpartikelform und -zusammensetzung (Lichtmikroskop, Raster- und Durchlichtelektronenmikroskop, Mikrobereich-Röntgenanalyse).

1. Die Konzentration von Partikeln in Seen

Der Vergleich von Partikelkonzentrationen im Epilimnion verschiedener alpiner und perialpiner Seen zeigt durchschnittliche jährliche Werte zwischen $2-3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Tabelle 1). Unabhängig vom Trophiegrad eines Sees treten niedrigere Konzentrationen dabei während der Wintermonate und höhere während des Frühlings und Sommers auf. Von der Norm abweichend hohe Werte können in Seen mit hohen allochthonen Partikelfrachten auftreten (Ammersee: $21 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ [4], Brienersee: $25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ [7]). In Perioden erhöhter Produktivi-

pond à la sédimentation annuelle, exprimée en $\text{cm} \cdot \text{année}^{-1}$, ou encore au taux d'accumulation ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{année}^{-1}$). Quelques-unes des techniques employées pour mesurer ces paramètres sont schématisées à la fig. 2. La description qualitative de particules peut inclure une caractérisation par la taille et la forme, par la composition chimique ou par la position de ces particules dans le système biologique. L'utilisation de différentes techniques d'investigation permet une détermination de la taille des granules (compteur Coulter, sédi-graphe), de la composition chimique des particules en gros (spectrométrie d'adsorption des atomes, analyse sur l'activation des neutrons, diffraction de rayons X) et de la composition et forme des particules isolées (microscopie photonique, microscopie électronique à balayage et à éclairage par transmission, analyses microscopiques aux rayons X).

1. Concentration de particules dans les lacs

La comparaison entre plusieurs lacs alpins et périalpins montre des concentrations annuelles moyennes de particules dans l'épilimnion de $2-3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (tableau 1). Indépendamment de leur état trophique, les concentrations de particules dans tous les lacs sont plus faibles en hiver qu'au printemps et en été. Les valeurs moyennes établies sont dépassées dans les lacs à fort apport allochtone (lac Ammer: $21 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ [4]) ou près de l'embouchure d'affluents importants (lac de Brienz: $25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ [7]). De plus, pendant les périodes de hau-

tät während des Frühlings (Greifensee: $7,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ [9]) oder bedingt durch Resuspensionsprozesse an der Sediment/Wasser-Grenzfläche [6] lassen sich erhöhte Partikelkonzentrationen auch in Seen mit vorwiegend autochthoner Partikelbildung feststellen. Eine genauere Untersuchung solcher Konzentrationsmaxima mit Transmissionsgeräten, Nephelometern oder häufigen Wasserproben zeigt allerdings, dass solche Konzentrationsmaxima kurz sind und in der Regel rasch wieder auf den nur jahreszeitlich sich verändernden Durchschnittswert zurückgehen [7, 8].

Diese Beispiele zeigen, dass mit Hilfe der Partikelkonzentration rasch ablaufende Prozesse der autochthonen Partikelbildung im See bzw. des allochthonen Partikeleintrages in einen See, sowie die räumliche Verteilung von Schwebstoffen in einem Seebecken beschrieben werden können. Für die Charakterisierung eines Sees im Hinblick auf seinen Trophiegrad, geochemischen Background, Grösse etc. eignet sich allerdings eine Kenntnis der Partikelkonzentration allein nicht.

te Produktivität au printemps (lac de Greifen: $7.4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ [9]) ou lors d'une remise en suspension de particules à l'interface sédiment/eau [6], on peut trouver des concentrations élevées de particules en suspension même dans des lacs où la formation de particules autochtones est prépondérante. Toutefois, des analyses plus précises de telles concentrations élevées, faites au moyen de transmissomètres ou de néphélomètres, et des échantillonnages fréquents montrent que de tels pics de concentration retournent rapidement (en quelques heures ou quelques jours) aux valeurs moyennes saisonnières [7, 8] d'un lac. Lorsqu'elles sont mesurées fréquemment, les valeurs de concentration peuvent être utilisées pour décrire le déroulement rapide des processus de formation de particules autochtones ou l'apport de particules allochtones dans un lac, de même que leur répartition dans une colonne d'eau et dans le bassin. Toutefois, la concentration de particules en suspension à elle seule ne suffit pas pour définir l'état trophique d'un lac, sa nature géochimique, sa superficie etc.

Tabelle 1:

Schwebstoff- und Sedimentdaten einiger alpiner und peralpiner Seen

See <i>Nom du lac</i>	Oberfläche <i>Superficie</i> (km ²)	Maximale Wassertiefe <i>Profondeur maximale</i> (m)	Zuflüsse <i>Affluents</i>	Trophiegrad des Sees <i>Caractère trophique du lac</i>	Partikelkonzentration <i>Concentration de particules</i> (mg · l ⁻¹)	Partikelfluss <i>Flux de particules</i> (g · m ⁻² d ⁻¹)	Sedimentationsrate <i>Taux de sédimentation</i> (cm · y ⁻¹)
Genfersee <i>Lac Léman</i> [1]	582	310	grosse Zuflüsse <i>grands affluents</i>	oligo/mesotroph <i>oligo/mésotrophe</i>	1,8 (0,9–2,5)	3,3 (1,8–6,2) (Dez.–Aug.) (<i>déc.–août</i>)	0,5 [14]
9 km vom Delta entfernt à 9 km du delta					–	9 (Dez.–Aug.) (<i>déc.–août</i>)	–
Bodensee <i>Lac de Constance</i> [2]	475	252	grosse Zuflüsse <i>grands affluents</i>	oligo/mesotroph <i>oligo/mésotrophe</i>	3 (0,4–5,5) [11]	2 (0,2–19)	0,45 [3]
Zürichsee <i>Lac de Zurich</i> [3]	65	140	kleinere Zuflüsse <i>petits affluents</i>	meso/eutroph <i>mésotrophe</i>	2,2 (0,4–4)	2 (0,7–7)	0,35 [11]
Ammersee (Deutschland/Allemagne) [4]	47	82	grosser Zufluss <i>grand affluent</i>	meso/eutroph <i>mésotrophe</i>	21 (17–23)	–	–
Bielenersee <i>Lac de Biènn</i> e [5]	39	75	grosser Zufluss <i>grand affluent</i>	eutroph <i>eutrophe</i>	2,5 (0,7–5,6)	5 (1–17)	1,1
Zugersee <i>Lac de Zoug</i> [6]	38	197	kleinere Zuflüsse <i>petits affluents</i>	eutroph <i>eutrophe</i>	–	2 (0,2–9,3)	0,35
Brienzersee <i>Lac de Brienz</i> [7]	30	261	grosse Zuflüsse <i>grands affluents</i>	oligotroph <i>oligotrophe</i>	25 (2 km vom Delta) (4,3–54,7) (à 2 km du delta)	–	>2
Traunsee (Österreich/Autriche) [8]	26	191	grosse Zuflüsse <i>grands affluents</i>	oligotroph <i>oligotrophe</i>	2,3 (1,2–2,9)	–	0,4 [3]
Greifensee [9]	9	32	kleinere Zuflüsse <i>petits affluents</i>	eutroph <i>eutrophe</i>	3,2 (Frühling) (1–7,4) (printemps) [17]	6 (1,8–24)	0,4 [3]
Horwerbuch (Vierwaldstättersee) <i>Baie de Horw</i> [10]	2	72	kleinere Zuflüsse <i>petits affluents</i>	mesotroph <i>mésotrophe</i>	1,6 (0,3–4) [3]	3 (0,4–13,8)	0,4
(<i>Lac de Lucerne</i>)							
Rotsee [11]	0,5	16	keine Zuflüsse <i>pas d'affluents</i>	eutroph <i>eutrophe</i>	–	3 (0,4–13,8)	0,37

Tableau 1:

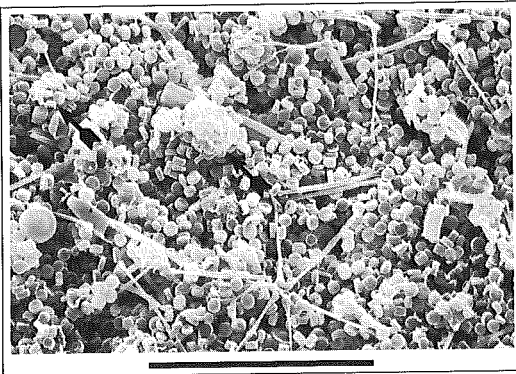
Particules et sédiments de quelques lacs alpins et périalpins

2. Der Partikelfluss in einem See

Partikelflüsse in Seen werden mit Sedimentfallen gemessen und betragen im Jahresmittel $2-3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Höhere Werte ($5-6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) wurden in eutrophen Seen festgestellt, bedingt durch höhere Produktivitätsraten im Epilimnion (Bielsee, Greifensee [5, 17]). Im allgemeinen werden über 70% der jährlichen Schwebstoffmenge während der Frühjahrs- und Sommermonate (Mai bis September) abgesetzt [6] und widerspiegeln in ihren Schwankungen eine jahreszeitliche Abfolge. Periodische Maxima im Partikelfluss werden dabei z. B. durch Abfolgen von Phytoplanktonblüten hervorgerufen. Solche hohen Werte können noch erhöht werden, wenn Frühlingssschmelzwasser und durch intensive Regenfälle bedingte Hochwässer gleichzeitig grosse Mengen allochthoner Partikel dem See zuführen [5, 7]. Die Dauer solcher Schwebstoff-Pulse übersteigt allerdings selten 2,5 Tage, wie Kurzzeit-Messungen mit Intervall-Sedimentfallen gezeigt haben [2, 19].

Im Bereich des Epilimnions und in der Nähe des Seegrundes gemessene Partikelflüsse können in tieferen Seen signifikante Unterschiede aufweisen. Sie werden durch physikalische und biochemische Recycling- bzw. Transformationsprozesse der Schwebstoffe verursacht.

Ein Beispiel physikalischer Resuspension von bereits abgelagertem Sedimentmaterial wurde während eines Novembersturms 1982 im südlichen Becken des Zugersees (192 m Wassertiefe) beobachtet, wo in der 9 m über Grund exponierten Sedimentfalle mit $4,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 40% mehr Material gemessen wurde als in der unterhalb des Epilimnion in 22 m Wassertiefe ausgesetzten Falle ([6], siehe Fig. 3).



Die Folge eines biochemischen Recyclingsprozesses stellt das Absinken von Manganoxidpartikeln dar. Dabei wird unter anoxischen Bedingungen an der Sediment/Wasser-Grenzfläche Mangan(II) aus dem Sediment rückgelöst. Die anschliessende Oxidation durch katalysierende Mikroorganismen (*Metallogenium*) in höheren Wasserschichten zu $\gamma\text{-MnOOH}$ [15] erhöht die Partikelflüsse in Sedimentfallen des Hypolimnions von eutrophen Seen deutlich gegenüber entsprechenden Epilimnionfallen. So zeigt ein bis 7% höherer Partikelfluss in den bodennahen Sedimentfallen, sowie die zahlreichen, gleichzeitig auftretenden Manganoxidpartikel die Bedeutung dieses kurzgeschlossenen Mangankreislaufes für die Sedimentationsprozesse während der Herbst- und Wintermonate im Zürichsee [3].

Ein Beispiel biochemischer Transformation stellt schliesslich der mikrobielle Abbau von sedimentiertem Material und Zooplanktonfrass (Grazing) in den Sedimentfallen selbst dar; dies zeigt sich besonders dann, wenn Fallen noch innerhalb des Epilimnion exponiert und über relativ lange Perioden ausgesetzt werden. Ein entsprechendes Experiment im Greifensee zeigte, dass in der während der gesamten Versuchsdauer des Experimentes von 14 Tagen exponierten Referenzfalle mehr als die Hälfte des Schwebstoffmaterials (verglichen mit dem über jeweils zwei Tage aufsummierten Schwebstoffmaterial) abgebaut war [17].

2. Flux de particules dans un lac

Les flux de particules dans les lacs mesurés avec des collecteurs de sédiment s'élevant à des valeurs moyennes annuelles de $2-3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$ (tableau 1). Des valeurs plus élevées ($5-6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$) ont été observées dans des lacs eutroques. Elles sont dues à des taux de productivité plus élevés de l'épilimnion (lac de Biemme, lac de Greifen [5, 17]). En général, les flux de particules reflètent les variations saisonnières que subit le matériel en suspension. Notons que plus de 70% des suspensoides sédimentent au printemps/été (de mai à septembre) [6]. Les maxima de flux périodiques de cette saison correspondent aux floraisons successives du phytoplancton. Ces maxima peuvent encore augmenter par l'apport simultané de particules allochtones en provenance des eaux de fonte ou de pluie [5, 7]. Des prélèvements à court terme avec des collecteurs à intervalles, échelonnés dans le temps (intervalles de 60 h.) montrent que de tels pics sont généralement de courte durée et dépassent rarement 2,5 jours [2, 19].

Les flux de particules mesurés en dessous du niveau de l'épilimnion et près du fond du lac peuvent différer énormément dans les lacs plus profonds. Ils sont dus à des processus de recyclage physique et biochimique, et à des transformations de ces particules en dehors et en dedans des collecteurs.

Dans le bassin sud du lac de Zoug, on observa au cours d'un orage en novembre 1982 à 192 m de profondeur un phénomène de remise en suspension du matériel déjà déposé; en effet, un collecteur placé à 9 m du fond mesurait un flux de $4,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$, comparé à $1,7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$ pour le collecteur placé en dessous de l'épilimnion [6] à 22 m de profondeur (fig. 3).

Fig. 3:

Frühjahrsalgenblüte charakterisiert durch massenhaftes Auftreten zentrischer *Stephanodiscus hantzschii* (Pfeile) und einiger Gehäuse der pennaten *Asterionella sp.*, Diatomeen-Agglomerate weisen auf die Exkremente von Zooplankton hin. (Massstab = 100 μm)

Floraison printanière de phytoplancton représentée par un grand nombre de *Stephanodiscus hantzschii* (flèches) et quelques spécimens d'*Asterionella sp* pennées.

Amas de diatomées indiquant des pelotes de matière fécale éliminées par le zooplancton. Sédiments récoltés dans un collecteur d'épilimnion, lac de Zoug (bassin sud), à 22 m de profondeur, du 20 avril au 11 mai 1982 (échelle = 100 μm).

Les oxydes de Mn, formés pendant le recyclage biochimique du Mn (qui comprend le relâchement du Mn(II) des sédiments au niveau de l'interface anoxique sédiment/eau, puis son oxydation en $\gamma\text{-MnOOH}$, qui est catalysée par des microorganismes [15]) et qui sédiment, augmentent nettement le flux de particules dans les collecteurs de fond des lacs eutroques pendant les périodes d'anoxie de l'hypolimnion. Une augmentation du flux de particules dans les collecteurs de fond allant jusqu'à 7%, de même que de nombreuses particules d'oxydes de Mn dans l'eau et dans les collecteurs montrent l'influence de ce recyclage écourté du Mn sur les processus de sédimentation proches du fond pendant les mois d'automne et d'hiver dans le lac de Zurich [3].

D'autre part, la dégradation microbienne et le broutage (grazing) dans les collecteurs, surtout lorsque ceux-ci sont placés au niveau de l'épilimnion et exposés pendant de longues périodes, peuvent réduire la quantité de matériel capté. Lors d'une expérience de 14 jours au lac de Greifen, plus de la moitié des matériaux d'un récolteur témoin exposé pendant toute la durée de l'expérience était dégradée, comparé à un collecteur dont les matériaux étaient récoltés tous les deux jours [17].

3. Sedimentationsraten in Seen

Die in Tabelle 1 dargestellten jährlichen Sedimentationsraten zeigen überraschend einheitliche Werte von $0,4 \text{ cm} \cdot \text{y}^{-1}$ in den meisten der untersuchten Seen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass Sedimentzuwachsrate in Seen mit grossen Zuflüssen bedeutende Unterschiede aufweisen können, je nach der Lage des untersuchten Sedimentkernes (in Deltanähe, in Beckenmitte, an den Beckenflanken etc.). So wurden in einigen Schweizer Seen, welche durch den hohen Schwebstoffgehalt der Zuflüsse beeinflusst werden, Sedimentationsratenunterschiede bis zu einer Grössenordnung festgestellt ([5, 7] in Tabelle 1).

Entsprechend hoch sind durchschnittliche Sedimentationsraten auch dann, wenn in einem See hohe Produktivitätsraten von allochthonem Partikeleintrag überlagert werden [5] oder wenn häufige Hochwasser die allochthonen Feststoffe weiträumig im See verteilen [7].

Es soll noch darauf hingewiesen werden, dass Sedimentationsraten, welche auf der Datierung von Sedimentkernen beruhen, Netto-Akkumulationsraten darstellen: demgegenüber werden die von Sedimentfallenmaterial berechneten Raten in der Regel höher sein, da sie den beschriebenen Prozessen von Recycling und Transformation ausgesetzt sind (Brutto-Akkumulationsraten).

4. Die Zusammensetzung von Schwebstoffen in Seen

Da Bildung bzw. Schicksal von suspendierten Partikeln in Seen der temperierten Klimazonen saisonalen Schwankungen unterliegen, weisen die Ergebnisse der Partikelanalyse von filtrierten Wasserproben oder von Fallenmaterial signifikante saisonale Unterschiede auf [6, 18]. So signalisiert ein erstes Kieselalgenmaximum (*Stephanodiscus hantzschii*, *Asterionella* sp.) (Fig. 3) im Frühling den ersten Produktivitätsschub des Jahres in einem See. In Seen mit grossen schwebstoffbeladenen Zuflüssen kommt es gleichzeitig zu einer ersten Anreicherung allochthoner Partikel (Gesteinsbruchstücke, Tonpartikel, Quarzkörner etc.).

Anschliessend kommt es im Frühsommer in Seen mit Karbonatübersättigung zur plötzlichen Ausfällung grosser Mengen von authigenen Kalziten [2, 20], wenn die Assimilationsaktivität des Phytoplanktons den pH im Oberflächenwasser des Sees erhöht und gleichzeitig das im Wasser gelöste Phosphat partikularisiert, welches damit nicht mehr länger das Kalzitkristallwachstum inhibiert [16, 20]. Neu gebildete Kalzite können Durchmesser von $40\text{--}60 \mu\text{m}$ erreichen, wobei sie häufig eine treppenartige Morphologie und Merkmale von heterogener Nukleierung aufweisen (Diatomeengehäuse sowie Rückstandslöcher, die auf nukleierende und anschliessend abgebaute Grünalgen hinweisen; vgl. Fig. 4).

Fig. 4:
Autochthone Kalzit mit Rückstandslöchern früherer Grünalgen-Nukleä. Wasserprobe aus der Mitte des Bodensees vom 23. Mai 1981 aus 10 m Wassertiefe (Massstab = $10 \mu\text{m}$).

Cristaux de calcite autochtones avec cavités résiduelles de chlorophytes. Echantillon d'une zone pélagique du lac de Constance, à 10 m de profondeur, le 23 mai 1981 (échelle = $10 \mu\text{m}$).

Die grossen Kristalle dieser epilimnischen Kalzitifällung sind für entsprechend hohe Partikelsinkgeschwindigkeiten (bis zu $100 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ [2]) verantwortlich. Das Ausmass des Einflusses, den solche rasch absinkenden Partikel auf den Absinkprozess von Schwebstoffen insgesamt haben, ist unklar und muss noch weiter abgeklärt werden. Dies umso mehr als theoretische Absinkgeschwindigkeiten des totalen Schwebstoffmaterials (Verhältnis Partikelfluss/Partikelkonzentration) in der Grössenordnung von $1 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ [6] liegen. Die beschriebenen autochthonen Kalzitausfällungspulse kön-

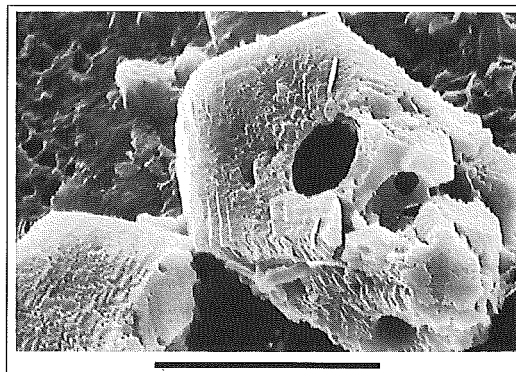
3. Taux de sédimentation dans les lacs

Les taux de sédimentation annuels (tableau 1) montrent des valeurs étonnamment uniformes dans la plupart des lacs étudiés ($0,4 \text{ cm} \cdot \text{année}^{-1}$). Toutefois, il faut tenir compte du fait que les taux de lacs à gros affluents varient considérablement selon le lieu où ils sont analysés (p. ex. près d'un delta, au milieu du bassin, ou en des lieux situés plus en aval de l'affluent). Des différences de taux de sédimentation allant jusqu'à un ordre de grandeur ont été observées dans quelques lacs suisses alimentés par des rivières à grands alluvions ([5, 7] au tableau 1). De même, les taux de sédimentation moyens sont nettement plus élevés dans les lacs où de grandes quantités de matériaux allochtones s'ajoutent à la production autochtone (p. ex. lac de Biemme [5]) ou dans lesquels se jettent des eaux de rivière charriant chroniquement des débris allochtones qui peuvent se répandre sur une grande partie du lac (lac de Brienz [7]). Les taux de sédimentation, tels qu'ils sont déterminés dans des carottes de sédiments, indiquent la quantité finale de particules déposées sur les fond (taux net d'accumulation). Toutefois, les taux de sédimentation calculés sur la base des résultats obtenus par les collecteurs de sédiments seront plus élevés, vu qu'ils sont soumis aux processus décrits de recyclage et d'altération biochimique (taux brut d'accumulation).

4. Composition des particules dans les lacs

Vu que la formation et le sort des particules en suspension dans les lacs de climat tempéré sont soumis à des fluctuations saisonnières, les résultats d'analyses de particules d'échantillons filtrés ou d'échantillons de sédiments montrent des différences significatives selon les saisons [6, 18]. Au printemps, une nette augmentation du nombre de diatomées (*Stephanodiscus hantzschii*, *Asterionella* sp.) (fig. 3) représente le premier pic de prolifération de l'année. Les lacs à gros affluents chargés de matières en suspension, présentent simultanément un premier enrichissement de particules allochtones (p. ex. fragments de roches, particules de terre, grains de quartz etc.).

Dans les lacs saturés en carbonates, on observe une soudaine précipitation de cristaux de calcite antigènes au début de l'été [2, 20], attribuable à une augmentation du pH dans les eaux de surface du lac, et provoquée par l'activité d'assimilation du phytoplancton et par une particularisation du phosphate dissous, permettant de ce fait la prolifération de cristaux de calcite [16, 20]. Ces cristaux de calcite nouvellement formés peuvent atteindre des diamètres de $40\text{--}60 \mu\text{m}$, et présentent souvent une morphologie en escalier et des noyaux hétérogènes (coquilles de diatomées; chlorophytes, comme l'indiquent les cavités résiduelles dans la calcite; fig. 4).



La précipitation de calcite epilimnique est caractérisée par une grande vitesse de sédimentation (jusqu'à $100 \text{ m} \cdot \text{jour}^{-1}$ [2]). L'influence qu'exercent ces particules à sédimentation rapide sur le processus général de sédimentation reste peu claire et fait l'objet d'autres études. Ceci d'autant plus que la vitesse de sédimentation totale calculée des matières en

Fig. 5:
Krautkopf-ähnliche (links) und polygonale Strukturen von Manganoxiden (*Metallogenium*), welche den 0,45 µm Filter einer Wasserprobe aus dem Zürichsee völlig bedecken (Probe vom 5. 10. 83, Massstab = 10 µm).

Oxydes de Mn (*Métallogénium*) polygonaux et en forme de chou (à gauche), recouvrant totalement un filtre à membrane de 0,45 µm, dans un échantillon hypolimnique du lac de Zurich, à 130 m de profondeur, le 5 octobre 1983 (échelle = 10 µm).

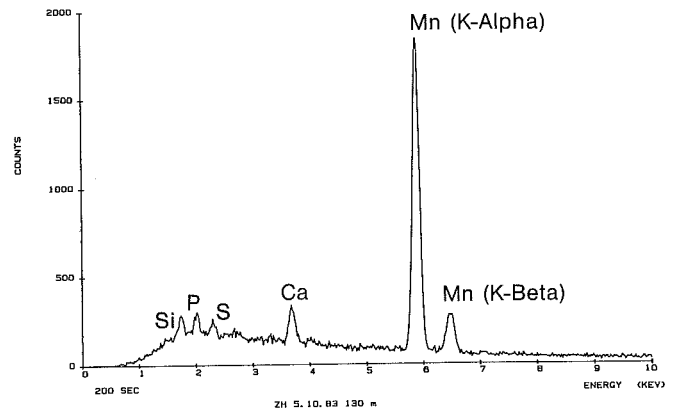
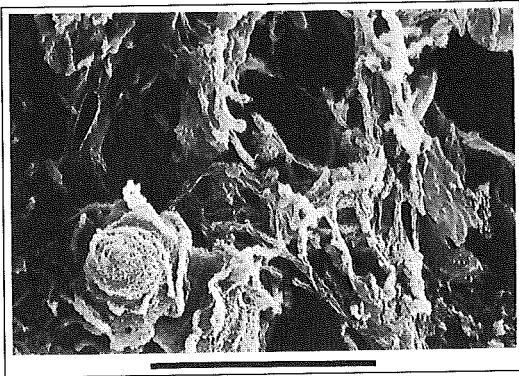


Fig. 6:
Elementarzusammensetzung der Manganoxide von Fig. 5 (REM/EDS-Analyse).

Composition de base d'oxydes de Mn de fig. 5 (analyse de la SEM/EDS).

nen während des Sommerverlaufes durch Produktionspeaks des Phytoplanktons verstärkt werden, wenn es zur Bildung pennater Diatomeen und kalkschaliger Grünalgen (*Phacotus lenticularis*) kommt [3, 20].

Gegen Ende des Sommers, wenn sich in den tieferen Bereichen von meso- und eutrophen Seen an der Sediment/Wasser-Grenzfläche anoxische Bedingungen einstellen, werden biogene Manganoxidstrukturen (*Metallogenium*) (Fig. 5) im Schwebstoffmaterial des Hypolimnion immer häufiger.

Diese Partikel finden sich in den Schwebstoffproben von Herbst bis ins frühe Frühjahr des nächsten Jahres. Zu diesem Zeitpunkt wird dann während homothermischer Bedingungen im See, Sauerstoff bis zum Seegrund gemischt. Die anschliessende erste Frühjahrsalgenblüte beginnt einen neuen Jahreszyklus.

Schwebstoffe in Seen sind Teil eines komplexen und vernetzten Zusammensetzspiels der aquatischen Umwelt. Ihre quantitative und qualitative Erforschung trägt dazu bei, die physikalischen und die geobiochemischen Prozesse besser zu verstehen, welche für das Funktionieren und die Erhaltung dieser natürlichen Systeme von Bedeutung sind.

suspension atteint 1 m · jour⁻¹ [6]. La distribution de calcites autochtones peut encore augmenter suite à la prolifération de phytoplancton en été, lorsque de grandes quantités de diatomées pennées et plantes calcaires (*Phacotus lenticularis*) sont formées [3, 20].

Vers la fin de l'été, lorsque des conditions anoxiques se développent à l'interface sédiment/eau dans les parties profondes des lacs mésotrophes et eutrophen, des structures d'oxydes de Mn d'origine biologique (*Métallogénium*) (fig. 5) deviennent plus fréquentes dans le matériel en suspension de l'hypolimnion. Ces structures se retrouvent dans les échantillons d'automne jusqu'au printemps. Puis, dans des conditions d'homothermie, l'oxygène se mélange à l'hypolimnion profond, et la première floraison algale printanière recommence un nouveau cycle annuel.

Les particules en suspension des lacs forment une pièce d'un ensemble dont tous les éléments sont interdépendants. Leur investigation quantitative et qualitative aide à comprendre les processus physiques et biochimiques qui sont essentiels au fonctionnement et à la conservation de ces systèmes naturels.

- [1] Jacquet, J.M., Favreger, P.Y., Uldry, A., Vernet, J.-P., Production, transformation et sédimentation de la matière particulaire dans le Léman. In Vorbereitung.
- [2] Sturm, M., Zeh, U., Müller, J., Sigg, Laura, Stabel, H., Schwebstoffuntersuchungen im Bodensee mit Intervall-Sedimentationsfallen, *Eclogae geol. Helv.* 75/3, 579–588, (1982).
- [3] EAWAG-unpublished data.
- [4] Zeh, U., Schwebstoffe im Ammersee – Untersuchungen zur Verteilung, Zusammensetzung und Sedimentation suspendierten Materials in einem Voralpensee, Diss., T.U. Munich, Fed. Rep. Germany (1980).
- [5] Santschi, P., Chemische Prozesse im Bielersee, Diss., University of Berne, Switzerland, 1975.
- [6] Bloesch, J., Sturm, M., Particle fluxes and sinking velocities as model parameters for the restoration of eutrophic Lake Zug, Switzerland. 3rd Symp. Interact. Sediment/Water, Geneva 1984, 87–90.

- [7] Sturm, M., Matter, A., Turbidities and varves in Lake Brienz (Switzerland): deposition of clastic detritus by density currents, *Int. Ass. Sedimentologists, Special Publ.* 2, 147–168 (1978).
- [8] Müller, J., Sossau, C., Zeh, U., Die Schwebstoffe der Traun und des Traunsees, Report 12, Oberösterreichische Landesregierung, (1983).
- [9] Weber, H., Sedimentologische und geochemische Untersuchungen im Greifensee, ETHZ, Diss., Switzerland, (1981).
- [10] Bloesch, J., Sedimentation und Phosphorhaushalt im Vierwaldstättersee (Horwer Bucht) und im Rotsee, *Schweiz. Z. Hydrol.* 36, 71–186 (1974).
- [11] 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.*, (im Druck).
- [12] Giovanoli, F., Institut Forel-Versoir, pers. communication.

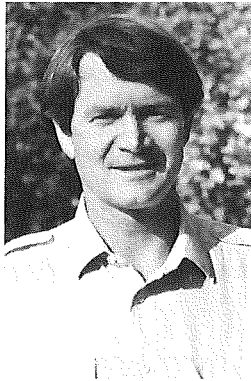
- [13] Sturm, M., Origin and composition of clastic varves, Moraines and Varves, Proc. Symp. Genesis and Lithology of Quarternary Deposits, Balkema, Rotterdam, 281-285, (1979).
- [14] Sturm, M., Zwysig A., Piccard, J., Bio-erosive humpack structures on the lake floor – an example of sediment/water interface alteration in Lake Geneva, paper accepted by 3rd Symp. Interact. Sediment/Water, Geneva 1984.
- [15] Diem, D., Die Oxydation von Mangan (II) im See, Diss. ETHZ, Switzerland, (1983).
- [16] Kunz, B., Stumm, W., Kinetik der Bildung und des Wachstums von Calciumcarbonat, Vom Wasser, 62, (1984).

- [17] Sturm, M., Lee, Cindy, McKenzie, Judith, Der Abbau von Sedimentfallenmaterial im Epilimnion des Greifensees, EAWAG-Jahresbericht 1983.
- [18] Zeh, U., Sturm, M., Partikelentstehung und -verteilung im Bodensee, in Vorbereitung.
- [19] Sigg, Laura, Sturm, M., Davis, Joan, Stumm, W., Metal transfer mechanisms in lakes, Thalassia Jugosl., 18 (1983).
- [20] Kelts, K., Hsü, K.J., Freshwater Carbonate Sedimentation. In: Lakes, Chemistry, Geology, Physics, Springer 1978.

Die Autoren

Dr. Wolfgang Geiger, Leiter des Fachbereichs Fischereiwissenschaften der EAWAG, hat sich nach seinem Zoologiestudium als Fischereibiologe spezialisiert. Nach längerer Tätigkeit in der eidg. Fischereiverwaltung und als Oberassistent und Lehrbeauftragter an der Universität Genf kam er 1969 an die EAWAG, wo er mit dem Aufbau des neuen fischereiwissenschaftlichen Fachbereichs betraut wurde.

Dr. Rudolf Müller ist seit 1974 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Fischereiwissenschaften der EAWAG. Schwerpunkte seiner Forschungstätigkeit sind Bewirtschaftungsprobleme an Seen, insbesondere mit Felchen, sowie Besatzversuche mit pflanzenfressenden Fischen. 1973 war er Gastwissenschaftler am Freshwater Fisheries Research Laboratory in Tokio, 1974/1975 an der Universität Toronto (Kanada) und 1983 am Institute of Freshwater Research in Drottningholm (Schweden). Er ist Lehrbeauftragter für Fischereiwissenschaften an der ETHZ.



Dr. Hans-Jürg Meng ist Fischereibiologe. Seit 1980 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fachbereichs Fischereiwissenschaften der EAWAG. 1981/82 absolvierte er einen einjährigen Studienaufenthalt an der Pacific Biological Station in Nanaimo (Kanada). In seiner Forschungstätigkeit beschäftigt er sich vor allem mit der Einführung moderner elektronischer Methoden, wie z. B. der Bioakustik, in die Fischereibiologie.

Dr. Michael Sturm ist Geologe und seit 1977 für das Arbeitsgebiet Sedimentologie der Abteilung Multidisziplinäre Limnologische Forschung/Erdwissenschaften (MLF) verantwortlich. Sein spezielles Interesse ist der Erforschung der Bildungs- und Transformationsprozesse von Partikeln und Sedimenten in Seen gewidmet.

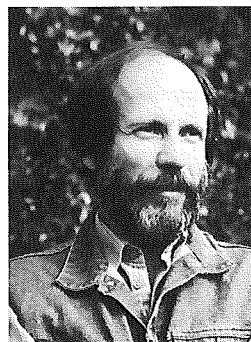


Les Auteurs



Wolfgang Geiger, dr ès sciences, dirige la section pêche de l'EAWAG. Après ses études en zoologie à l'Université de Bâle, il s'est spécialisé dans le domaine de la biologie de pêche. Avant d'être appelé à l'EAWAG en 1969 pour y organiser la nouvelle section pêche, il était biologiste au service fédéral de la pêche et ensuite chef des travaux et chargé de cours au département de biologie animale de l'Université de Genève.

Depuis 1974 *Rudolf Müller*, dr sc. nat., est collaborateur scientifique à la section pêche de l'EAWAG. Dans ses recherches il s'occupe surtout des problèmes d'aménagement des lacs, plus particulièrement des corégones, ainsi que des essais de repeuplement avec des poissons herbivores. En 1973 il a travaillé comme chercheur invité au Freshwater Fisheries Research Laboratory à Tokio, puis en 1974/1975 à l'Université de Toronto (Canada) et enfin en 1983 à l'Institute of Freshwater Research à Drottningholm (Suède). Il est chargé de cours à l'EPFZ.



Hans-Jürg Meng, dr sc.nat., est biologiste de pêche. Depuis 1980 il est collaborateur scientifique à la section pêche de l'EAWAG. En 1981/82 il a fait un stage d'une année à la Pacific Biological Station à Nanaimo (Canada). Dans ses recherches, il s'occupe principalement de l'introduction de méthodes modernes électroniques en biologie de pêche, comme par exemple la bioacoustique.

Michael Sturm, docteur ès sciences, est géologue et, depuis 1977, responsable de la sédimentologie à la division de Recherche limnologique multidisciplinaire/Sciences de la terre. Il s'intéresse tout particulièrement aux processus de transformation et formation de particules et sédiments dans les lacs.

Neues über die EAWAG und ihre Mitarbeiter

Third International Waste Treatment and Utilization Symposium (IWTUS-3) 27.-31. 8. 84

Während der letzten Augustwoche 1984 wurde in der Kartause Ittingen, einem neu renovierten Klosterkomplex aus dem 12. Jahrhundert in der Nähe von Frauenfeld, IWTUS-3 (organisiert durch die Abteilung Technische Biologie der EAWAG) abgehalten. Die 52 Teilnehmer aus 10 verschiedenen Nationen fanden in der Kartause einen Ort vor, der durch seine entspannende Atmosphäre für lange wissenschaftliche (und andere) Gespräche in idealer Weise geeignet ist.

Das wissenschaftliche Programm des Symposiums konzentrierte sich auf die Probleme der Behandlung von industriellen Abwässern. Es wurden Beiträge zu den folgenden Themenkreisen geboten:

- Aspekte und Probleme der Umweltschutzgesetzgebung und Probleme der Industrie bei der Einhaltung der bestehenden Gesetze
- Mikrobielle Behandlung von schwer abbaubaren industriellen Abwässern
- Einsatz von festsitzender Biomasse und immobilisierten Enzymen in der Abwassertechnik
- Theorie und Praxis anaerober Abwasserprobleme
- Aerobe thermophile Schlammbehandlung

In den zwei einführenden Referaten (*Werner Stumm* und *Murray Moo-Young*, Kanada) wurde vor allem auf den Zusammenhang zwischen Bevölkerungsdichte und Umweltverschmutzung im globalen Bereich und die langsamen Fortschritte der Behandlung von kohlehydrathaltigen Abfällen hingewiesen. Zusammenfassend wurde von *Göran Hedén*, Schweden, u.a. bemerkt, dass die bestehenden und zukünftigen Probleme im Bereich der Abwasserbehandlung nicht durch ein Hybrid «Bioingenieur», sondern nur durch eine vermehrte Zusammenarbeit der beiden Fachgebiete gelöst werden können.

Zusätzlich zum wissenschaftlichen Programm wurden Fermenteranlagen und Anlagen zur aeroben thermophilen Schlammbehandlung besucht. Die gesammelten Beiträge des Symposiums werden (voraussichtlich Mitte 1985) bei Pergamon Press erscheinen. Die Zusammenfassungen der einzelnen Beiträge sind auf Anfrage bei *Dr. J. Bryers*, EAWAG, erhältlich.

Nouvelles concernant l'EAWAG et ses collaborateurs

Troisième Symposium International sur le Traitement et l'Utilisation des Déchets (IWTUS-3) du 27.-31.8.84

C'est pendant la dernière semaine d'août 84 que s'est tenu le IWTUS-3, organisé cette année par la section de génie biologique de l'EAWAG à la Chartreuse Ittingen, un cloître nouvellement rénové datant du 12^{ème} siècle, situé non loin de Frauenfeld. Les 52 participants venant de 10 pays trouvèrent en la Chartreuse un endroit qui, par son atmosphère paisible, se prêtait à merveille à de longues discussions scientifiques (et autres).

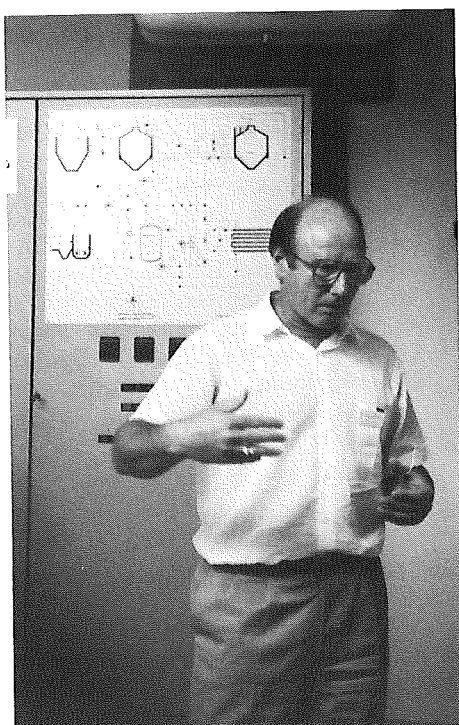
Le programme scientifique du symposium était centré sur les problèmes de traitement des eaux industrielles. Les sujets suivants furent abordés:

- Aspects et problèmes posés par la formulation de la loi sur la protection de l'environnement et problèmes de l'industrie à observer les lois existantes.
- Traitement microbien des eaux industrielles difficilement dégradables.
- Introduction d'une biomasse et d'enzymes fixes pour le traitement des eaux usées.
- Théorie et pratique concernant les problèmes de traitement anaérobie des eaux usées.
- Traitement aérobie et thermophile des boues.

Dans les deux conférences d'introduction (*Werner Stumm* et *Murray Moo-Young*, Canada), il fut surtout question du rapport qui existe entre la densité de population et la pollution de l'environnement, de manière globale, ainsi que de la lenteur des progrès en matière de traitement des déchets hydrocarbonés. En résumé, *Göran Hedén*, Suède, fit remarquer entre autre que la solution des problèmes existants et futurs en matière de traitement des eaux usées ne saurait venir d'un «bio-ingénieur» hybride, mais uniquement d'une collaboration diversifiée entre les deux disciplines.

Le programme comprenait en plus de la partie scientifique la visite d'installations de fermentation et de traitement aérobie thermophile des boues.

Tous les rapports du symposium paraîtront (probablement vers mi-85) chez Pergamon Press. Il est possible d'obtenir des tirés-à-part séparés auprès du *Dr. J. Bryers*, EAWAG.



Aspects écologiques de la protection quantitative des eaux

En avril 1984, un groupe de travail interne composé de Ueli Bundi, Elie Eichenberger, Andreas Frutiger, René Gächter, Willi Gujer, Peter Perret et Armin Peter* fut chargé de proposer des critères écologiques pour la protection des eaux contre tout aménagement ou toute modification de leur régime



Ruisseau intact

Le cours d'eau présente, sur une courte distance, une alternance de tronçons à courant rapide et à courant lent. La profondeur varie constamment. L'hétérogénéité offre un habitat diversifié. La végétation riveraine fournit de l'ombre et garantit un séjour sans danger aux insectes en éclosion.

(protection quantitative des eaux). L'exposé qui suit présente les premières conclusions de ce travail, qu'il est prévu de poursuivre dans ce domaine.

Les eaux, qu'elles soient stagnantes ou courantes, grandes ou petites, constituent des espaces vitaux riches en communautés de vie aux caractéristiques propres. La composition chimique de l'eau est un facteur certes prépondérant, mais elle ne détermine pas à elle seule la qualité de ces espaces vitaux, leur composition ainsi que le parfait fonctionnement et la stabilité des communautés qui y vivent. C'est pourquoi les critères physique et chimiques de l'Ordonnance sur le déversement des eaux usées (du 8 décembre 1975) devraient être complétés par des critères physiographiques qui feraient foi en la matière. La mise en évidence et la justification de ces critères sont l'objet des considérations qui suivent.

En s'inspirant de la Loi sur la protection des eaux, on pourrait formuler les *objectifs de la protection des eaux* comme suit:

La protection des eaux a pour objectif de protéger les eaux de la pollution, de l'aménagement et de la modification de leur régime, ainsi que d'éliminer de telles altérations dans l'intérêt:

- de la sauvegarde des eaux et de leurs rives en tant qu'espaces naturels ou proches de l'état naturel,
- de la santé de l'homme et de l'animal,
- de la garantie de l'approvisionnement en eau potable et à usage industriel et agricole,
- de l'utilisation des eaux comme lieux de baignade et
- de l'utilisation de l'eau à l'arrosage des cultures.

* Der deutsche Text erschien in den Mitteilungen der EAWAG Nr. 18 (1984).

Mitglieder der Arbeitsgruppe «mengenmässiger Gewässerschutz»

Dipl. Ing. ETH Ueli Bundi ist Kulturingenieur und im Stab der EAWAG tätig. Er befasst sich mit der Gewässerschutzplanung und Koordination der Forschung an der EAWAG. Er ist Lehrbeauftragter an der ETHZ.

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

Dr. sc. nat. ETH Andreas Frutiger ist Biologe und Mitarbeiter in der Abteilung Hydrobiologie/Limnologie der EAWAG.

Dr. sc. nat. ETH René Gächter ist Biologe und Mitglied der Abteilungsleitung MLF (Multidisziplinäre Limnologische Forschung) an der EAWAG. Er ist Lehrbeauftragter der ETHZ.

Dr. Willi Gujer ist diplomierter Bauingenieur und Leiter der Fachabteilung Ingenieurwissenschaften der EAWAG. Er ist Lehrbeauftragter der ETHZ.

Dr. phil. Peter Perret ist Biologe und als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fachgebietes Limnologie/Biologie im Stab der EAWAG tätig. Er ist Lehrbeauftragter der ETHZ.

Dipl. Natw. ETH Armin Peter ist Fischereibiologe und steht vor dem Abschluss seiner Dissertationsarbeit.

Membres du groupe de travail:

Ueli Bundi, ing. gén. rur. dipl. EPF, état-major de la direction de l'EAWAG, s'occupe de planification en matière de protection des eaux et de coordination de la recherche à l'EAWAG et est chargé de cours auprès de l'EPFZ.

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

Andreas Frutiger, dr. sc. nat. EPF, est biologiste et collaborateur à la section d'hydrobiologie/limnologie de l'EAWAG.

René Gächter, dr. sc. nat., EPF, est biologiste et membre de la direction de section MLF (recherche limnologique multidisciplinaire) de l'EAWAG et est chargé de cours auprès de l'EPFZ.

Willy Gujer, dr. sc. techn. EPF, est le chef de la section de génie civil de l'EAWAG. Il est chargé de cours auprès de l'EPFZ.

Peter Perret, docteur ès sciences, biologiste et état-major de la direction de l'EAWAG en tant que collaborateur scientifique de la discipline limnologie/biologie et est chargé de cours auprès de l'EPFZ.

Armin Peter, dipl. sc. nat. EPFZ, est biologiste spécialisé en pisciculture et près de soutenir sa thèse de doctorat.

Des eaux sont considérées comme proches de l'état naturel lorsque leur lit et leurs rives n'ont été que peu défigurés par des interventions déjà effectuées et que les biocénoses originales n'ont subi aucune altération qualitative ni aucune modification quantitative majeure. En d'autres termes, leur communautés d'organismes doit présenter une composition et une diversité des espèces typiques des eaux en question.

1. Principes d'une protection quantitative des eaux

1.1. Protection des eaux intactes et proches de l'état naturel

Les *cours d'eau* et les *tronçons tout au long du parcours de l'eau*, à l'état naturel ou ayant subi des altérations mineures par suite d'interventions isolées, doivent, de même que leurs rives, faire l'objet d'une protection et d'un entretien globaux.

Routes, chemins, bâtiments ou autres installations ne peuvent être construits dans leur voisinage que si leur construction et leur exploitation n'entraîne aucune altération pour les eaux et leurs rives. *A titre préventif*, il convient de prendre toutes les mesures rendant superflue aménagement et corrections des eaux: travaux d'entretien, création de zones de protection, sauvegarde des eaux de rétention existantes et création de réservoirs souterrains et superficiels. Les *zones humides* doivent être entretenues et protégées par principe. Les drainages ne sont admissibles que si la protection de la vie et la santé de l'homme l'exigent.

Les *rives des lacs*, à l'état naturel ou ayant subi des altérations mineures par suite d'interventions isolées, doivent être entretenues et protégées.

1.2. Interventions directes dans les eaux

Les constructions ne sont admises que

- si la protection *de la vie et de la santé de l'homme* l'exige,
- si la protection des *constructions et installations existantes* ne peut être garantie autrement et si le coût de leur déplacement dans des zones sûres est considérablement supérieur à celui de l'aménagement des eaux,
- si l'*exploitation agricole* est entravée dans une large mesure par de fréquentes inondations. Les coûts d'aménagement doivent se tenir dans un rapport approprié avec les pertes de rendement agricole;
- si la satisfaction d'un *besoin indispensable* en eau potable, en eau à usage industriel ou en énergie l'exige.

La réalisation de nouveaux ouvrages tels que centrales hydroélectriques, prises d'eau, renvois et dérivations n'est envisageable que si l'équilibre écologique et le site des eaux ne subissent aucune altération fondamentale.

Exemple d'aménagement d'un ruisseau dans une région très peuplée

De plus fortes crues et l'étroitesse des lieux ont contraint à une forme de canalisation.

1.3. Retenue et infiltration de l'eau pluviale provenant de surface consolidées

Par suite de la densité des constructions à la surface de la terre (agglomération, installations industrielles et routières), les cours d'eau connaissent de plus fortes crues et de plus faibles écoulement en eaux basses et moyennes. *Pour y remédier, il convient de prendre les mesures suivantes:*

- limiter autant que possible *la part* des surfaces consolidées,
- concevoir des surfaces consolidées telles qu'esplanades, aires de stockage, etc., de façon à garantir leur *perméabilité*,
- aménager les surfaces imperméables telles que toits, aires de stationnement, etc., si possible comme *espaces de rétention*, d'où l'eau de pluie ne s'écoule que lentement,
- permettre, dans la mesure du possible, l'*infiltration* de l'eau pluviale s'écoulant de surfaces imperméables,
- envisager des *retenues spéciales d'eau pluviale* là où la rétention sur place et l'infiltration sont impossibles.

Il faut éviter l'infiltration aux endroits où une contamination de la nappe phréatique pouvant servir d'eau potable est possible.

1.4. Régulation du niveau d'eau des lacs

Dans les lacs à régulation artificielle du niveau d'eau il faut veiller à ce que l'échelle limnimétrique affiche au printemps une tendance à la hausse, que terrains marécageux et roselières soient éventuellement inondées et que les poissons puissent trouver le long des rives des conditions de frai optimales, sans que les installations existantes soient menacées.



2. Critères et conditions écologiques à observer lors d'interventions dans les cours d'eau

2.1. Hétérogénéité

L'état physiographique d'un cours d'eau naturel est certes stable sur de longues distances et de longues périodes (par exemple, la répartition granulométrique moyenne du sédiment, la courbe annuelle de température); mais localement et à court terme, il est très hétérogène et soumis à de brusques modifications (par exemple, alternance de zones turbulentes et de zones mortes, variations journalières de température, régime des eaux). Les organismes vivants s'adaptent à ces facteurs «instables». Les conditions sans cesse changeantes sont à l'origine de la grande multiplicité des formes et (à plus long terme) de l'étonnante stabilité de la biocénose. La richesse physiographique des eaux est un facteur déterminant pour la grande diversité des espèces. Les conditions sans cesse changeantes rendent impossible la propagation excessive de certaines espèces. Ainsi se constituent des niches écologiques les plus hétérogènes, occupées par un grand nombre de spécialistes.

L'objectif principal est de préserver de toute monotonie le biotope que constitue un cours d'eau.

2.2. Régime des températures

Le régime des températures d'un cours d'eau est caractérisé par la courbe journalière (amplitude et positions temporelles des valeurs extrêmes) et par la courbe annuelle résultant des moyennes journalières. Toute modification sensible d'un de ces aspects exerce une influence durable sur la biocénose.

La fluctuation des valeurs moyennes de température ne devrait pas excéder 2-3° C et l'ordre de grandeur et les positions temporelles des amplitudes de température ne devraient subir aucune modification sensible par suite d'interventions.

La température de l'eau d'un tronçon de cours d'eau est déterminée avant tout par:

- la température des affluents (par exemple: lac de barrage, refoulements importants d'eau souterraine),
- la durée d'exposition de l'eau,
- le rapport entre la surface et le volume,
- la possibilité d'irradiation et
- les échanges avec les eaux souterraines.

Toute intervention modifiant un ou plusieurs de ces paramètres a également une incidence sur le régime des températures, dont les différentes modifications peuvent d'ailleurs se compenser ou s'additionner.

2.3. Régime d'écoulement

Le régime des eaux d'un cours d'eau naturel subit des fluctuations importantes. Plusieurs fois par an, le débit atteint des quantités qui provoquent un phénomène de charriage. Cela empêche la propagation excessive de certaines espèces animales ou végétales et garantit le refoulement de nouvelles espèces (pionnières, par exemple). Ce que l'on appelle l'eutrophisation des cours d'eau (prolifération d'algues et de plantes aquatiques) n'est souvent que la conséquence d'un écoulement constant sans charriage. Les crues permettent la rupture du lit, son «nettoyage» et sa restructuration.

Grâce à elles, l'espace interstitiel, dont le rôle est capital en tant que zone d'infiltration des eaux souterraines et biotope de nombreuses larves, n'est pas obstrué par des particules sédimentaires.

Des altérations brusques et trop fréquentes du débit, accompagnées de charriage, survenant à la suite d'évacuation d'eau de bassins de retenue, sont en revanche nuisibles, car elles modifient constamment l'habitat de nombreuses espèces.

Des débits accompagnés de charriage doivent se produire plusieurs fois par an mais ne peuvent en aucun cas être trop fréquents, c'est-à-dire survenir plusieurs fois par semaine.

2.4. Tracé

Les cours d'eau naturels présentent des méandres; ils ne suivent qu'exceptionnellement des tracés rectilignes. Ces sinuosités entraînent la formation de rives d'affouillement et d'alluvionnement, ce qui accroît la variété d'un tronçon de cours d'eau ainsi que le nombre de niches écologiques.

Un tracé naturel qui suit des méandres devrait, dans la mesure du possible, être entretenu, voire favorisé.



Exemple d'aménagement monotone à double trapèze d'un cours d'eau

Les contraintes d'un lit fluvial rectifié empêchent le cours d'eau de suivre des méandres. Conséquences: vitesse d'écoulement constante, absence de bancs de sable et de cailloux, grande distance entre la végétation riveraine et le cours d'eau.

2.5. Profil longitudinal

Les eaux naturelles présentent selon la ligne de pente hydraulique une alternance de tronçons à courant rapide et à courant lent. Il en résulte des différences dans la variété des matériaux charriés lors des crues et de ce fait des tronçons à lit fin ou grossier. Les espaces interstitiels créés dans le lit des cours d'eau constituent le premier biotope pour de nombreuses larves. Dans des eaux à cours monotone, le lit est colmaté et consolidé par sédimentation de matières en suspension; les espaces interstitiels perdent ainsi toute liaison avec l'eau courante et donc leur source d'oxygène, de même que leur qualité de biotope pour les larves.

Le profil longitudinal de cours d'eau aménagés doit être conçu de telle sorte que les variations de pente soient conformes à la topographie naturelle et que les crues aient une force d'entraînement suffisante pour favoriser le charriage.

2.6. Configuration du lit fluvial

2.61. Largeur du cours d'eau, profil transversal

Le lit fluvial d'un cours d'eau naturel (et plus ou moins mûr du point de vue hydrologique) possède la capacité d'écoulement de la crue quinquennale. L'eau a donc tendance à parcourir en méandres la surface mise à sa disposition. Il en résulte une succession ininterrompue de bancs, de zones profondes à écoulement lent et de zones peu profondes à écoulement rapide. Une largeur d'écoulement suffisante permet aussi la formation de bancs alternants. Dans le cas d'eaux courantes pourvues de digues de retenue de la crue, l'espace intégral séparant les digues doit être considéré comme faisant partie du lit fluvial, ce qui signifie que les profils à double trapèze doivent être évités.

Un cours d'eau doit pouvoir chercher par lui-même son chemin entre ses limites extérieures.

2.62. Profondeur d'eau

L'élimination d'obstacles a pour but de réduire la rugosité et d'accroître la vitesse d'écoulement. Elle provoque ainsi la disparition d'abris pour les poissons plus ou moins éloignés des rives. Les variations de profondeur du profil transversal sont supprimées. Du point de vue écologique, ce n'est pas la profondeur moyenne qui importe, mais une communication constante et suffisamment courante entre les crevasses (pools).

Dans les tronçons à débits minimums, il convient de définir un chenal d'étiage garantissant une communication courante dans le cours d'eau.



2.63. Lit du cours d'eau

Le peuplement vertical du lit d'un cours d'eau en invertébrés est tributaire de la nature du sédiment. Dans un lit constitué de cailloux grossiers, on peut trouver des organismes jusqu'à un mètre de profondeur. En règle générale, les cinq premiers centimètres du lit n'abritent qu'environ 20% de tous les invertébrés. La répartition verticale des organismes diffère selon la nature du lit.

Dans des tronçons aménagés, la nature et l'étendue du lit d'un cours d'eau doivent répondre aux conditions naturelles.

2.64. Zones riveraines

Le colmatage intégral des rives à l'aide de mur ou de blocs de béton supprime de nombreuses possibilités d'habitat. Des zones riveraines naturelles offrent des abris aux poissons et beaucoup d'insectes prêts à éclore y séjournent, car la distance hors de l'eau est brève et sans danger pour les nymphes et les chrysalides. Des groupes entiers d'organismes peuvent être éliminés d'un cours d'eau si le passage de la phase aquatique à la phase aérienne est impossible.

Les zones riveraines doivent offrir des abris aux poissons et des issues aux insectes.

2.7. Configuration des rives et des berges

Le biotope que représentent des cours d'eau englobe également les zones riveraines. La végétation riveraine produit une part considérable de l'énergie allochtone, constitue l'habitat des insectes ailés adultes (protection contre les oiseaux et les intempéries, lieu de copulation, etc.) et protège avant tout les petits cours d'eau d'un ensoleillement excessif. Les poissons évitent les zones à trop grande luminosité. Cette végétation est également salutaire pour les batraciens, les oiseaux et les petits mammifères.

Si l'espace séparant les grands cours d'eau de leurs digues de retenue de la crue demeure intact, il s'y crée avec le temps une communauté d'aunes, d'herbes et de roseaux insensible aux inondations occasionnelles et optimale du point de vue écologique.

En ce qui concerne les petits cours d'eau, les rives doivent, dans la mesure du possible, être protégées par des stabilisations végétales ou au moins mixtes (en combinaison avec des stabilisations dures). Il faut éviter les rives «nues». De part et d'autre du cours d'eau, une zones appropriée doit être préservée de toute exploitation agricole.

Exploitation hydroélectrique d'un cours d'eau sans égards pour les aspects bio-écologiques

Le tronçon à débits minimums est plus ou moins asséché. Le cours d'eau perd ainsi dans ce tronçon sa qualité d'habitat pour les organismes des eaux courantes. Il ne reste plus qu'un chenal pour le déversement des eaux excédentaires.

Rücktritt von Dr. Paul Nänny

Ende November 1984 ist Herr *Dr. Paul Nänny*, Leiter der Abteilung Geologie, nach 36 Jahren äusserst verdienstvoller Tätigkeit in den Ruhestand getreten. Mit ihm verlässt uns eine liebenswerte Persönlichkeit, welche das Bild der EAWAG nach innen und nach aussen wirkungsvoll prägte. Geologen sind – dies liegt in der Eigenschaft ihres Objektes begründet – erdverbundene Wissenschaftler. So auch unser Herr Dr. Nänny. Er stand immer mit beiden Füßen auf dem Boden der Realität. Das Verbinden seiner grundlegenden Kenntnisse über die Wechselwirkung zwischen der Hydrologie und der Geologie mit einer klugen, aber beharrlichen Anwendung auf das Mögliche in der Praxis, gehört zu seinem wesentlichen Charakterbild.

Sein erstes fachliches Rüstzeug holte er sich bereits in jungen Jahren bei seinem Geologielehrer an der Kantonschule in Trogen. Während des Geologiestudiums an der ETH und an der Universität Zürich erweiterte er sein Fachwissen. Erste, wichtige praktische Erfahrungen sammelte Herr Nänny während des Aktivdienstes im geologischen Dienst der Armee, einer Dienststelle des Armeekommandos, welche unter anderem, die Versorgung mit sauberem Trinkwasser zur Aufgabe hatte.

Nach drei Jahren Tätigkeit als Assistent am Geologischen Institut der ETH, trat Dr. Nänny am 15.9.1948 in die EAWAG ein. Diese umfasste damals 4 Fachabteilungen, Chemie, Biologie, Geologie, bautechnische Belange, und stand unter der Leitung von Dr. U. A. Corti. Dr. Nänny entwickelte von Anfang an an der EAWAG eine breite Beratungs- und Expertentätigkeit. Daraus erwuchs in kurzer Zeit eine fruchtbare Zusammenarbeit mit den für die Qualität des Grundwassers zuständigen Behörden im Bund und in den Kantonen. Er wurde in zahlreiche Kommissionen berufen.

Sehr gross ist die Zahl der Aufträge, die unter seiner Federführung an der EAWAG abgewickelt wurden. Dabei praktizierte er eine interdisziplinäre Zusammenarbeit, lange bevor dieser Begriff in Mode gekommen ist. Herr Nänny arbeitete mit Hochschulen und anderen Abteilungen der EAWAG äusserst kollegial und fruchtbar zusammen. Mit den Hydrogeologen der Schweiz verband ihn eine uneigennützigte Zusammenarbeit. Grosse Verdienste hat Dr. Nänny beim Schutz des Grundwassers vor Einwirkungen durch Kehrichtdeponien, industrielle und landwirtschaftliche Betriebe. Seine sachlich, aber bestimmt vorgebrachten Argumente wurden angehört und beachtet. Es gelang ihm, manchen folgenreichen Entscheidung in die richtige Richtung zu lenken.

Dr. Nänny stellte bei seiner, überall anerkannten Tätigkeit, nie seine Person in den Vordergrund. Sein Handeln war immer getragen von einem tiefen Verantwortungsbewusstsein zum Wohle unserer Lebensgrundlage, dem Wasser, insbesondere dem Grundwasser. Dafür schulden wir ihm alle unseren aufrichtigen Dank. Herr Dr. Paul Nänny hat sehr viel für den Gewässerschutz geleistet. Als Direktor der EAWAG möchte ich ihm meine Anerkennung für sein Engagement, sein Verantwortungsbewusstsein und seine Beharrlichkeit aussprechen. Im Namen aller Mitarbeiter wünsche ich ihm eine gute Gesundheit und viel Freude und Genugtuung im Ruhestand.

Werner Stumm

Zum Nachfolger von Dr. Nänny wurde *Dr. Kerry Kelts* ernannt. Kerry Kelts hat 1970 an der ETHZ in Geologie diplomiert und anschliessend bei Professor Hsü in Geologie doktriert. Sein Dissertationsthema betraf die geologische und sedimentäre Evolution von Zürich- und Zugersee. Während seiner Doktorarbeit nahm er dreimal an den «Deep Sea Drilling Project Cruises» teil. Seit 1980 ist er Oberassistent am Geologischen Institut der ETHZ und Lehrbeauftragter an der ETHZ und der Universität Zürich. 1980 war er als Nationalfond-Stipendiat für ein Jahr an der Universität Paris tätig.



Départ du docteur Paul Nänny

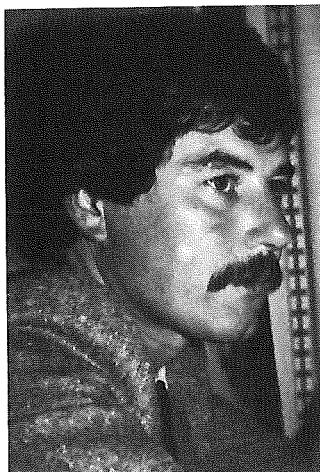
A la fin du mois de novembre 1984, le *dr Paul Nänny*, chef de la section de géologie, a pris sa retraite après 36 ans de service des plus méritoires. Avec lui, nous perdons une personnalité attachante, qui influença fortement l'image que donne d'elle-même l'EAWAG autant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Les géologues restent – et ceci tient à l'essence même de leur discipline – des chercheurs attachés à la terre. De même notre *dr Nänny*. Il avait toujours les deux pieds sur terre. L'un de ses mérites était de savoir appliquer de façon judicieuse ses connaissances fondamentales en matière d'interactions entre l'hydrologie et la géologie au domaine de la pratique, et ceci avec persévérance et intelligence. Ses premières connaissances dans la matière, il les acquies dans ses jeunes années auprès de son maître de géologie à l'école cantonale de Trogen. Tout au long de ses études de géologie à l'EPFZ et à l'Université de Zurich, il étendit le champ de ses connaissances dans le domaine. Il fit ses premières expériences pratiques d'importance alors qu'il était mobilisé comme géologue au service de l'armée, à un poste d'état-major, qui s'occupait du problème de l'approvisionnement en eau potable propre.

Après trois années d'activité en tant qu'assistant à l'Institut de géologie de l'EPFZ, le *dr Nänny* entra le 15 septembre 1948 à l'EAWAG. A cette époque, l'EAWAG, placée sous la direction du *dr U. A. Corti*, comprenait quatre sections: la chimie, la biologie, la géologie et le génie civil. Dès ses débuts, le *dr Nänny* développa à l'EAWAG une grande activité en tant qu'expert et conseiller. Il s'en suivit très vite une collaboration fructueuse avec les autorités fédérales et cantonales compétentes en matière de qualité des eaux souterraines. Il fut membre de nombreuses commissions.

A l'EAWAG, bien des mandats furent exécutés sous sa direction. De plus, il s'adonna à la pratique de la collaboration interdisciplinaire bien avant que ce n'en fut la mode. Le *dr Nänny* collaborait avec des écoles supérieures et d'autres sections de l'EAWAG avec beaucoup de collégialité et de succès. Il développa une collaboration tout à fait désintéressée avec des hydrogéologues.

Le *dr Nänny* rendit de grands services en matière de protection des eaux souterraines contre les effets des décharges et des entreprises industrielles ou agricoles.

Ses arguments, qu'il savait présenter de manière réaliste, étaient écoutés et observés. Il réussit à orienter dans la bonne direction bien des décisions lourdes de conséquences. Dans ses nombreuses activités, le *dr Nänny* ne se mettait jamais en avant. Ses actions étaient toujours dictées par un sens profond de ses responsabilités, placé au service de notre élément vital, l'eau, et plus spécialement des eaux souterraines. A cet égard, nous lui adressons tous nos sincères remerciements. En tant que Directeur de l'EAWAG j'ai-



Der neue Leiter des Fachbereiches Geologie (der Abteilung MLF zugewiesen) tritt seine Stelle am 1.3.85 an. In einer der nächsten Ausgaben der Mitteilungen der EAWAG wird Kerry Kelts seine Vorstellungen über die von ihm geplanten Arbeiten auf dem Gebiete der Hydrogeologie und der Limnogeologie mitteilen.

merais exprimer ma reconnaissance au Dr Paul Nänny pour son engagement, son sens des responsabilités et pour sa persévérance. Au nom de tous nos collaborateurs, je lui souhaite tout au long de sa retraite santé, bonheur et satisfaction.

Werner Stumm

Le Dr Kerry Kelts succèdera au Dr Nänny. A la suite de son diplôme de géologue EPFZ en 1970, Kerry Kelts soutient sa thèse de doctorat, également en géologie, auprès du Professeur Hsü. Son sujet de thèse traitait de l'évolution géologique et sédimentaire des lacs de Zoug et de Zurich. Pendant son doctorat, il a pris part à 3 reprises au «Deep Sea Drilling Project Cruises». Depuis 1980, il est assistant chef à l'Institut de géologie de l'EPFZ et chargé de cours à l'EPFZ et à l'Université de Zurich. En 1982, il passa une année à l'Université de Paris comme boursier du Fond national suisse. Le nouveau chef de la section de géologie (division MLF) commencera son travail à l'EAWAG le 1.3.85. Il présentera dans l'un des prochains numéros de ces Nouvelles les travaux qu'il a l'intention d'entreprendre dans le domaine de l'hydrogéologie et de la limnogeologie.

Im November 1984 erschien das Bulletin Nr. 8 von Dieter Freiburghaus und Willi Zimmermann «**Wie wird Forschung relevant? Fallstudie Hydrologie**», herausgegeben vom Schweizerischen Nationalfonds, Nationales Forschungsprogramm Nr. 6, «Entscheidungsvorgänge in der schweizerischen Demokratie». Darin wird das Programm «Grundlegende Probleme des schweizerischen Wasserhaushaltes» von der Vorgeschichte über die Ausarbeitung eines Ausführungsplanes und Gesuchsevaluation bis zur Programmdurchführung beschrieben. Das EAWAG-Projekt «*Transportvorgänge in Seen*» und der wissenschaftliche und institutionelle Kontext werden im Detail besprochen. Es wird zudem gezeigt, wie aus diesem Projekt die Seenrestaurierung im Kanton Luzern entwickelt wurde und wie die Forschungsergebnisse in die Praxis umgesetzt wurden.

Das Bulletin Nr. 8 kann zum Preis von Fr. 9.- bei der Programmleitung, Prof. Wolf Linder, c/o IDHEAP, Université de Lausanne, BFSH-I, 1015 Lausanne, oder telefonisch (021-47 42 95) bestellt werden.

«**Comment la recherche s'insère-t-elle dans le processus politique?**» Cette question a été abordée dans le cadre de l'étude du cas de l'hydrologie par Dieter Freiburghaus et Willi Zimmermann, édité par le Fonds national suisse, programme de recherche numéro 6 «Processus de décision dans la démocratie suisse» et repris en novembre 1984 dans le Bulletin spécial no 8. Les auteurs y décrivent le programme «Problèmes fondamentaux du cycle de l'eau en Suisse», de ses débuts jusqu'à la mise en œuvre du programme en passant par l'élaboration du plan de recherche et des propositions de projets. Le projet de l'EAWAG «*Processus de transport dans les lacs*» et son contexte scientifique sont discutés en détail. On met en évidence comment, à partir de ce projet, l'assainissement des lacs du canton de Lucerne s'est développé et comment les résultats de la recherche fondamentale ont influencé les décisions concrètes des acteurs politiques et administratifs.

Le bulletin d'information de la direction du programme no 8 peut être obtenu au prix de Fr. 9.- à l'adresse suivante: Prof. Wolf Linder, p.a. IDHEAP, Université de Lausanne, BFSH-I, 1015 Lausanne (téléphone 021-47 42 95).

Seminare

Im Wintersemester 1984/85 fanden die folgenden Seminare statt (jeweils am Freitag 15.15 bis ca. 16.30 Uhr im Hörsaal der EAWAG, Überlandstr. 133, 8600 Dübendorf):

- 26. Okt. 1984 Dr. M.R. Schüpbach (Kant. Laboratorium Basel)
Fremdstoffe in der Biosphäre
- 2. Nov. 1984 Dr. Erwin Akeret, alt Nationalrat
Früchte und Dornen der Gewässerschutz-Politik
- 9. Nov. 1984 Prof. Dr. Norman Brooks (California Institute of Technology; zur Zeit ETHZ)
Wastewater Disposal in the Ocean – an Engineering System Involving a Cascade of Natural Processes Over a Wide Range of Scales

Séminaires

Au cours du dernier semestre d'hiver, les séminaires suivants ont eu lieu (chaque vendredi de 15h 15 à env. 16h 30, à l'auditoire de l'EAWAG, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf):

- 16. Nov. 1984 Prof. Dr. Hans R. Pruppacher (Johannes Gutenberg Universität, Mainz)
Zum Auswaschen von atmosphärischen Spurenstoffen durch Wolken und Niederschlag
- 23. Nov. 1984 Dr. Christian Leuenberger (EAWAG)
Organische Verbindungen im Regen: Strukturen, Konzentrationen, Mechanismen der Aufnahme aus der Atmosphäre
- 30. Nov. 1984 Dr. Peter Bossard (EAWAG)
Messung biologischer Energieflüsse in aquatischen Systemen

Fortsetzung Seite 24 / Continu à page 24

EAWAG-Publikationen:

- 1012
Schellenberg, K., Leuenberger, Ch., Schwarzenbach, R.P.: Sorption of Chlorinated Phenols by Natural Sediments and Aquifer Materials. *Environ. Sci & Technol.* 18, 652-657 (1984).
- 1013
Grob, K.: The Role of Column Technology in Capillary Gas Chromatography. *J. of High Resolution Chromatogr. & Chromatogr. Communications (J. of HRC & CC)* 7, 252-257 (1984).
- 1014
Grob, K., Grob, G., Habich, A.: Overcoming Background Contamination in Closed Loop Stripping Analysis (CLSA). *J. of HRC & CC* 7, 340-342 (1984).
- 1015
Habich, A., Grob, K.: Filter Extraction in Closed Loop Stripping Analysis (CLSA). *J. of HRC & CC* 7, 492-494 (1984).
- 1016
Wollast, R., Chou, L., Debaout, V., Wollast, A., Zobrist, J.: The Influence of Acid Rains on the Geochemistry of Aluminium. In: Proc. "Acid Deposition and Sulphur Cycle", (Ed. by O.L.J. Vanderbroght), Brussels, June 1984, pp. 277-286.
- 1017
Bloesch, J., Gavrieli, J.: The Influence of Filtration on Particulate Phosphorus Analysis. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 22, 155-162 (1984).
- 1018
Uehlinger, U., Bossard, P., Bloesch, J., Bürgi, H.R., Bührer, H.: Ecological Experiments in Limnocorrals: Methodological Problems and Quantification of the Epilimnetic Phosphorus and Carbon Cycles. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 22, 163-171 (1984).
- 1019
Sigg, Laura, Stumm, W., Zinder, Bettina: Chemical Processes at the Particle-Water Interface; Implications Concerning the Form of Occurrence of Solute and Adsorbed Species. In: "Complexation of Trace Metals in Natural Waters", C.J.M. Kramer & J.C. Duinker (Eds.). Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk, Publishers, The Hague, NL, 18, 1515-1522 (1984).
- 1020
Schneider, J.K., Gloor, R., Giger, W., Schwarzenbach, R.P.: Analytical Fraction of Dissolved Organic Matter in Water Using Reversed-Phase HPLC with On-Line Carbon Detection. *Water Res.* (1984), im Druck.
- 1021
Hamer, G.: Hydrocarbon and Petrochemical Fermentations. *Swiss Biotech* 2, No. 4a, 18-23 (1984).
- 1022
Gavrieli, J.: Studies on the Autoecology of the Freshwater Algae Flagellate *Rhodomonas Lacustris* Pascher et Rutner. *Diss. ETHZ* Nr. 7595, Zürich 1984.
- 1023
Giger, W., Sturm, M., Sturm, H., Schaffner, Ch. et al.: $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Ratios in Organic Matter and Hydrocarbons Extracted From Dated Lake Sediments. *Nuclear Instruments and Methods*, B5, 394-397 (1984).
- 1024
Hamer, G., Mechsner, K.: Specialized Bacterial Associations for Denitrification in Integrated Biotreatment Processes. In: 3rd Eur. Congr. on Biotechnology, München/BRD, 10-14 Sept, 1984, pp. III/61-68.
- 1025
Mechsner, K.: An Automated Nephelometer System for Evaluation of the Growth of Bacterial Cultures. *Anal. Chim. Acta*, 163, 85-90 (1984).
- 1026
Bühler, R.E., Staehelin, J., Hoigné, J.: Ozone Decomposition in Water Studied by Pulse Radiolysis. 1. HO_2/O_2^- and HO_3/O_3^- as Intermediates. *J. of Phys. Chem.* 88, 2560-2564 (1984).
- 1027
Schaffner, Ch., Giger, W.: Determination of Nitrolotriacetic Acid in Water by High-Resolution Gas Chromatography. *J. of Chromatogr.* 372, 413-421 (1984).
- 1028
Leidner, H.A., Fleischmann, Th., Hamer, G.: Molecular Weight Fractionation for the Study of Complex Biodegradation Processes. *Anal. Chim. Acta*, 163, 35-42 (1984).
- 1029
Hamer, G., Bryers, J.D., Berger, J., Mason, C.A.: The Limits of Effective Performance of Thermophilic Aerobic Sludge Treatment. Proc. 4th Italian-Yugoslavian-Austrian Chemical Engineering Conf. (Eds. P. Alessi & I. Kikic), Grado (Italy), 24-26 Sept. 1984, Vol. 2, pp. 705-711.
- 1030
Grob, K.: Further Development of Direct Aqueous Injection with Electron-Capture Detection in Gas Chromatography. *J. of Chromatogr.* 299, 1-11 (1984).
- 1031
Eichenberger, E., Schlatter, A., Weilenmann, H.U.: Grazing Pressure as a Decisive Factor in the Longterm Succession of the Benthic Vegetation in Artificial Rivers. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 22, (1984), im Druck.
- 1032
Egli, Th., Lindley, N.D.: Mitochondrial Activities in the Methylotropic Yeast *Kloeckera* sp. 2201 During Growth with Glucose and/or Methanol. *J. of Gen. Microbiol.* (1984), im Druck.
- 1033
Skamoto, M., Tilzer, M.M., Gächter, R., Rai, H., Collos, Y., Tschumi, P., Berner, P., Zbaren, D., Dokulil, M., Bossard, P., Uehlinger, U., Nusch, E.A.: Joint Field Experiments for Comparisons of Measuring Methods of Photosynthetic Production. *J. of Plankton Res.* 6, 365-383 (1984).
- 1034
Meng, H.J., Stocker, M.: An Evaluation of Morphometrics and Meristics for Stock Separation of Pacific Herring (*Clupea harengus pallasii*). *Canad. J. of Fisheries and Aquatic Sci.* 41, 414-422 (1984).

Das in den Mitteilungen der EAWAG (Nr. 16) angekündigte Buch über chemische Prozesse in Seen wird anfangs 1985 bei Wiley Interscience (New York) erscheinen. Gegenstand des auf englisch abgefassten Buches «Chemical Processes in Lakes» (Ed.: W. Stumm) sind folgende Themenkreise: Redoxprozesse und Wechselwirkungen zwischen Nährstoffen und Metallen, Partikel-Wasser- und Sediment-Wasser-Wechselwirkungen und chemische Störungen in Seen.

Le livre traitant des processus chimiques se déroulant dans les lacs, annoncé dans les Nouvelles de l'EAWAG No. 16, paraîtra au début de l'année 1985 chez Wiley Interscience (New York). Le livre «Chemical Processes in Lakes», publié en anglais, dont Werner Stumm est l'éditeur, traite les thèmes suivants: processus redox et interactions entre substances nutritives et métaux, interactions particules-eau et sédiments-eau, et perturbations chimiques dans les lacs.

7. Dez. 1984 *Dr. Paul Kesselring (EIR)*
Einige Aspekte zukünftiger Energiesysteme
14. Dez. 1984 *Dipl. Ing. R. Schertenleib (IRCWD/EAWAG)*
Konzept und Projektarbeit des International
Reference Centre for Waste Disposal
21. Dez. 1984 *Dipl. Ing. Andrea Pozzi (Inst. für
Kulturtechnik ETHZ)*
Bedroht die Bewässerung die Gesundheit?
11. Jan. 1985 *Prof. Dr. Dieter Klockow (Universität
Dortmund)*
Deposition saurer atmosphärischer
Spurenstoffe: Das Phänomen und seine
Hintergründe
18. Jan. 1985 *Prof. Dr. Hans Oeschger (Universität Bern)*
Die anthropogene Störung des
CO₂-Kreislaufes und mögliche
Auswirkungen auf Klima und Umwelt

25. Jan. 1985 *Prof. Dr. H.R. von Gunten
(Universität Bern und EIR)*
Infiltration von anorganischen Komponen-
ten ins Grundwasser
1. Febr. 1985 *Dipl. Ing. Walter Binder (Bayerisches
Landesamt für Wasserwirtschaft)*
Wasserbau und Landschaft: Grenzen und
Möglichkeiten des naturnahen Wasserbaus
8. Febr. 1985 *Dipl. Natw. Armin Peter (EAWAG)*
Populationsdynamik von Bachforellen;
Bewirtschaftungs- und Besitzprobleme
15. Febr. 1985 *Dipl. Math. Joachim Löhr (Universität
Karlsruhe)*
Einfluss der Tiefendurchmischung auf die
Entwicklung von Phytoplankton in einem
Fließgewässer
22. Febr. 1985 *Dipl. Ing. Fritz Conradin
(Stadtentwässerung Zürich)*
Abwassersanierung im mittleren Glatt-Tal:
Integration bestehender Anlagen in das
neue Konzept

Gäste sind stets willkommen. Gerne schicken wir Ihnen das Programm und die Ankündigungen für die künftigen Seminare (bitte folgenden Talon benützen).

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 ci-dessous).

Redaktion / Rédaction: D. Hornung

Anmeldetalon für ein Abonnement:

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

Bitte teilen Sie uns Adressänderungen mit.

Einsenden an: EAWAG, Bibliothek
CH - 8600 Dübendorf, Schweiz

Bitte senden Sie mir

- die «Mitteilungen der EAWAG»
 das Programm der Seminare

regelmässig an folgende Adresse:

Name/Nom: _____

Firma, Institut/Entreprise, Institut: _____

Adresse: _____

Bevorzugte Sprache/Langue préférée: deutsch français english

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.

Faites-nous parvenir votre changement d'adresse.

Renvoyer à: EAWAG, Bibliothèque
CH - 8600 Dübendorf, Suisse

Veillez m'envoyer régulièrement

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

à l'adresse suivante:

