

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N. F. 15	2	453-465	1991	Freiburg im Breisgau 30. November 1991
----------------------------------------------------	----------	---	---------	------	-------------------------------------------

# Limnologische Austauschprozesse zwischen dem Rhein und seinen Zuflüssen

von

PETER REY, PETER SCHRÖDER, Konstanz\*  
und IVAN TOMKA, Fribourg\*

**Zusammenfassung:** Im Rahmen eines Forschungsprojektes\*\* zur Erfassung biologischer Regenerationsvorgänge zugunsten des Rheins (SCHRÖDER & REY, 1989b) wurden die Mündungsbereiche einiger Rheinzuflüsse auf den ersten 260 Rheinkilometern unterhalb des Bodensees untersucht. Im direkten Übergangsbereich zwischen Zufluß und Rhein wurden Austauschprozesse, Rückstau- und Durchmischungsphänomene sowie Besiedlung und Zudrift modellhaft erfaßt. Dafür wurden Methoden für unterschiedliche Fließgewässertypen entwickelt. Die Strategie der Untersuchungen wird anhand exemplarischer Ergebnisse und an Beispielen für biologische Ausbreitungsbarrieren vorgestellt.

**Résumé:** Dans le cadre d'un projet de recherche dont le but consistait à étudier la capacité de régénération biologique du Rhin (SCHRÖDER & REY, 1989b), les embouchures de quelques uns de ses affluents ont fait l'objet d'investigations sur ses 260 premiers kilomètres en aval du Lac de Constance. Par la recherche d'écotones dans la région de transition entre le fleuve et ses affluents des mécanismes d'échanges, de rétentions et de mélange ainsi que des mouvements de colonisation et de la dérive ont pu être mis en évidence. Pour cela, des méthodes applicables à plusieurs types de cours d'eau ont été développées. La stratégie de la recherche est présentée sur la base de quelques exemples caractéristiques et de barrières de distribution biologiques.

## Einleitung

Damit Besiedlungsprozesse einer Art oder Artengruppe zwischen Zufluß und Rhein, bzw. zwei aufeinanderfolgenden Abschnitten im Rhein erfolgen können, müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Die Art muß in beiden Habitaten vorkommen (Artenidentität), oder im Falle einer Wiederbesiedlung unter den Millieubedingungen vor Vernichtung der Population gelebt haben.
2. Es muß ein Austausch zwischen beiden Habitaten zumindest in einer Richtung gewährleistet sein.

---

\* Anschriften der Verfasser: P. REY & Dr. P. SCHRÖDER, Institut für angewandte Hydrobiologie, Großherzog Friedrichstraße 2a, 7750 Konstanz;  
Dr. I. TOMKA, Zoologisches Institut der Universität Fribourg, Schweiz

\*\* Mit finanzieller Unterstützung des Rheinfonds der SANDOZ AG, Basel.

Vor der Untersuchung der Austauschprozesse im Übergangsbereich wurde daher zunächst das Arteninventar der Makroinvertebraten im Zufluß und im entsprechenden Rheinabschnitt zusammen mit den wichtigsten Milieufaktoren erfaßt (**Projektphase I**). Als mögliche Besiedlungsquellen für den Rhein schieden daraufhin all diejenigen Fließgewässer aus, deren physikalisch-chemischer und biologischer Charakter sich so stark von dem des Rheins unterschied, daß nur geringe Reproduktionschancen für einwandernde oder eindriftende Makroinvertebraten zu erwarten waren.

Das Besiedlungspotential eines Zuflusses für den Rhein ist u.a. vom unterschiedlichen (natürlichen oder anthropogen verursachten) Charakter des Rheins im Längsverlauf abhängig. Das biologische Potential eines Mittelgebirgsbachs beispielsweise dient nur dann als Regenerationsquelle für den Rhein, wenn dieser im Mündungsbereich einen ähnlichen Fließwassercharakter mit identischen Faunen- und Florenelementen aufweist. Mündet er in den Rückstaubereich eines Wasserkraftwerks, geht dieses Potential größtenteils verloren. Unterschiede im Gewässercharakter des Hoch- und südlichen Oberrheins veranlaßten uns daher zu einer Unterscheidung der ersten 260 Rheinkilometer in fünf Abschnitte (ORTLEPP et al. 1991; SCHRÖDER et al. 1989).

Für die Austauschprozesse (**Projektphase 2**) müssen folgende Rahmenbedingungen erfüllt sein:

a) Die Distanz zwischen beiden Habitaten darf nicht zu groß sein, d.h. die Weglänge muß innerhalb der artspezifischen Ausbreitungskapazität liegen. Dabei ist zu berücksichtigen,

- daß jede Artengruppe ihre eigenen Ausbreitungsmechanismen hat. So können Fließwasserinsekten bestimmte Distanzen durch Imaginesflug oder Larvendrift überbrücken; viele vagile Arten können zudem mit oder gegen die Fließrichtung kriechen oder schwimmen, während sessile Arten wie die Muscheln spezielle Entwicklungsstadien zur Ausbreitung haben;

- ob die Distanz in einem Zug überwunden werden kann z.B. bei einer Katastrophendrift nach plötzlich einsetzendem Hochwasser, oder durch spiralenförmige Ausbreitungsmechanismen mit einem oder mehreren „Zwischenstopps“ nach Absinken aus der fließenden Welle, Ansiedlung auf dem Substrat und erneuter Abdrift. Voraussetzung sind geeignete „Trittsteine“, Choriotope mit Substrat- und Milieubedingungen, die solche „Zwischenstopps“ erlauben (WALLACE et al., 1977).

b) Es darf keine unüberwindbaren Ausbreitungshindernisse zwischen beiden Lebensräumen geben. Hier können wir wieder zwei Fälle unterscheiden:

- **Ganzjährige Ausbreitungshindernisse:**

Rückstaubereiche oberhalb von Stauanlagen und Wehren. Auch hier gilt, daß der Einfluß dieser Sperren auf die Ausbreitungsmöglichkeiten für jede Artengruppe zunächst getrennt geprüft werden muß.

- **Zeitweilige Ausbreitungshindernisse:**

Die Rückstaubereiche reichen bei Niedrigwasser vieler Zuflüsse und gleichzeitigem Hochwasser im Rhein oft viele hundert Meter stromauf – im Hochrhein vor allem während der Sommermonate. Verdriftung und Austausch sind hier nur möglich, wenn die jeweiligen Ausbreitungsstadien mit Perioden günstiger Strömungsverhältnisse synchronisiert sind.

c) Schließlich ist zu unterscheiden zwischen Besiedlungs- und Austauschprozessen von Zufluß und Rhein unter Normalbedingungen und der Wiederbesiedlung nach „Katastrophenfällen“.

- Das Besiedlungspotential aus dem Zufluß, bzw. dem stromauf liegenden Rheinabschnitt ist unter Normalbedingungen von Bedeutung, um die Ausdünnung der Rheinpopulation durch Abdriftverluste zu kompensieren und so die Besiedlungsdichte konstant zu halten. Viele Insektenarten können vermutlich nicht mehr in allen Rheinabschnitten den kompletten Entwicklungszyklus vollenden; etwa dann, wenn geeignete Laichsubstrate fehlen, diese aber im Zufluß vorhanden sind.

- Im „Katastrophenfall“ nach Vernichtung der Rheinpopulation muß die Wiederbesiedlung schnell und mit hoher Individuenzahl erfolgen, sonst können weder die Mortalitätsraten, noch der oben beschriebene Ausdünnungseffekt durch Abdriftverluste nach Wiederbesiedlung „verwaister“ Habitats kompensiert werden.

Ein erfolgreicher Wiederaufbau der Rheinpopulationen ist dann wahrscheinlich, wenn das Regenerationspotential im Zufluß groß (hohe Abundanz und Artenidentität) und die Strömungsverhältnisse günstig (Hochwasserführung) sind. Wenn der Rhein Sommerhochwasser führt und der Mündungsbereich vieler Zuflüsse rückgestaut ist, ist die Zudrift in den Rhein unterbrochen. Dann bleibt nur der Rhein selbst als Reservoir für Neubesiedlung stromab liegender Abschnitte.

Die Zudrift aus dem Rhein selbst und aus dem Zufluß können sich also im einen Fall ergänzen (bei Niedrigwasser im Rhein und Normalwasser- oder Hochwasserführung im Zufluß), im anderen Fall wird die Zudrift aus dem Zufluß durch die höhere Wasserführung im Rhein gebremst. Bei der Argumentation zur Bewertung der Austausch- und Wiederbesiedlungsprozesse sind also die aktuellen Abfluß- und Strömungsverhältnisse zu berücksichtigen.

Die Beurteilung der Besiedlungskapazität einer Art für einen Gewässerabschnitt basiert demnach auf der Kenntnis der aktuellen Milieubedingungen in Zufluß, Übergangsbereich und Rhein und der Biologie der Art. Erst dann ist im zweiten Schritt ein Vergleich beider Habitats mit statistischen Mitteln sinnvoll, etwa im Rahmen einer Clusteranalyse, um Übereinstimmungsgrad und Austauschkapazität der Fauna zu quantifizieren. Dieser Logistik wird bisher leider zu selten Rechnung getragen.

Im Mittelpunkt unserer Untersuchungen stand das **Ökoton**, d.h. der Übergangsbereich zwischen Zufluß und Rhein. Bei kleinen Zuflüssen kann dieser sehr eng umgrenzt sein, und die vollständige Durchmischung ist nach wenigen Metern abgeschlossen. Bei größeren Zuflüssen dehnt sich die Durchmischungszone oft viele hundert Meter stromab aus, wobei sie aber in der Regel auf eine Rheinseite beschränkt bleibt.

## Untersuchungsgebiete

Die Stellenauswahl für unsere Untersuchungen berücksichtigte unterschiedliche Zuflußtypen und Rheinstellen. **Abb. 1** gibt einen Überblick über die Lage der Untersuchungsareale, in denen Mikrozonierung (M), Driftraten (D) und saisonale Zyklen (S) der Makroinvertebraten untersucht wurden.

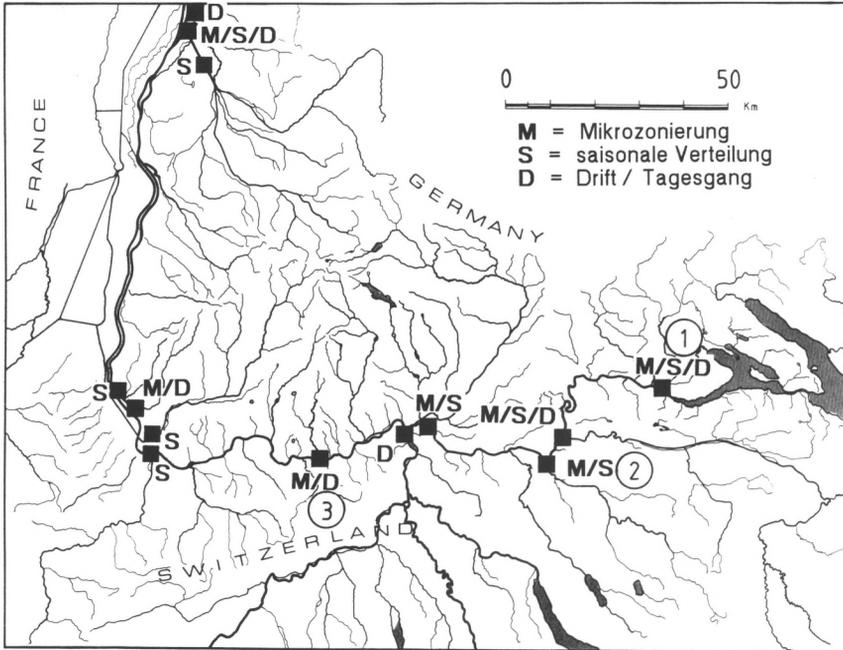


Abb. 1: Lage der Probestellen in Rhein und Zuflüssen, an denen Untersuchungen zur Mikrozonierung (M), zur Tagesperiodik der Milieufaktoren, Algen- und Makroinvertebratendrift (D) und zum saisonalen Besiedlungszyklus (S) der Makroinvertebraten durchgeführt wurden. Die im Text angeführten Beispiele: (1) Mündung Schienerbach im Hochrhein; (2) Mündung der Thur; (3) Mündung der Hauensteiner Murg.

## Methoden und exemplarische Ergebnisse

### I. Mikrozonierung

Bei der Erfassung kleinräumiger Besiedlungs- und Strukturverhältnisse wurde die Frage untersucht, wo und auf welche Weise sich innerhalb des Ökoton Milieufaktoren und Faunenelemente der beiden unterschiedlichen Fließgewässer vermischen.

#### *Beispiel 1: Übergangsbereich Schiener Bach – Hochrhein (Rhein-km 029)*

Bei kleinen Zuflüssen wie dem Schiener Bach (ca.  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) wurde die Durchmischungszone mit Hilfe von Farbmarkierungen (gefärbte Zellulosepartikel) beider Wasserkörper festgestellt (Abb. 2). Um die schrittweisen Veränderungen in den Milieubedingungen bei der Vermischung dieser Wasserkörper zu verfolgen, wurden die Isoplethen von Wassertemperatur, Leitfähigkeit und pH verfolgt sowie eine Schöpfprobe für die Analyse der suspendierten Algen entnommen. In einem Teil des Vermischungsbereichs wurde daraufhin eine Rasterkartierung durchgeführt. Dazu wurde ein Netz aufgespannt, dessen einzelne Quadrate der Grundfläche des Surber-Samplers ( $50 \times 50 \text{ cm}$ ) entsprachen.

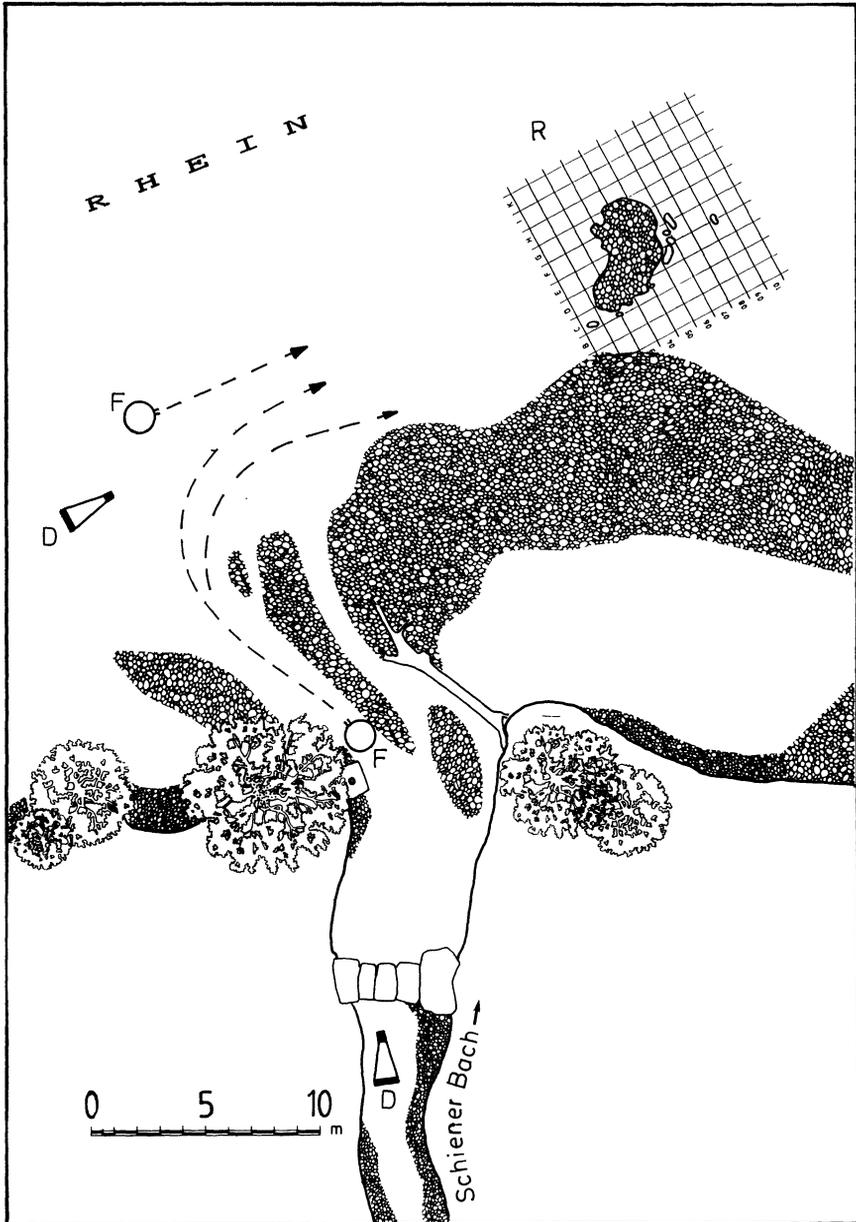


Abb. 2: Mikrozonierung im Durchmischungsbereich von Schienerbach und Hochrhein am 21.10.1988. Im Bild sind die Positionen der Driftnetze (D), Farbbehälter (F) und des Rasternetzes (R) gekennzeichnet.

Innerhalb dieses Rasters wurden nun kleinräumige Messungen der hydraulischen Parameter und Substratverhältnisse vorgenommen. Fließgeschwindigkeit, Sauerstoff, Temperatur und Leitfähigkeit wurden ca. 1 cm über dem Substrat gemessen, also direkt über der besiedelten Fläche. Danach wurde mit Hilfe einer Profilschablone innerhalb des Samplers parallel und im rechten Winkel zur Strömung ein Abdruck der Substratoberfläche genommen. Aus dem so gewonnenen Oberflächenprofil konnte ein Index für die relative besiedelbare Oberfläche ermittelt werden (REY et al., 1991).

Zum Abschluß der Untersuchung wurden dann aus ausgewählten Quadraten flächenbezogene Benthosproben entnommen, die zu den erhobenen Milieufaktoren in Beziehung gebracht werden konnten. Referenzproben im Zufluß und Rhein oberhalb der Durchmischungszone ergänzten das Bild.

Im Falle größerer Rheinzufüsse – wie z.B. der Thur – wurden zunächst in Rhein und Zufluß oberhalb des Zusammenflusses die Abundanzverhältnisse in 3-4 Teilarealen in Abhängigkeit von Strömung und Substratbedingungen untersucht. Dann wurde die Besiedlungsdichte unterhalb des Zusammenflusses in Abständen von 25-50 m verfolgt, bis die Leitfähigkeit und Wassertemperatur eine vollständige Durchmischung beider Wasserkörper und damit das Ende des Übergangsbereichs signalisierten.

## II. Drift

Als Nächstes stellte sich die Frage, ob und an welchen Stellen Makroinvertebraten tatsächlich vom Zufluß in den Rhein, bzw. von oberhalb in eine stromab liegende Rheinstelle gelangen. Um dies festzustellen, wurden Driftuntersuchungen im Zufluß, im Rhein oberhalb des Mündungsbereichs und an einigen Probestellen auch im Rhein unterhalb der Mündung durchgeführt (REY et al., 1991a).

Bei den Driftuntersuchungen wurden Methoden eingesetzt, die vergleichbare Proben aus unterschiedlichen Fließgewässertypen lieferten. Dabei wurde stets das gleiche Netz mit rechteckigem Eingang von 50 × 10 cm und einer Maschenweite von 250 µm auf unterschiedliche Weise in der Strömung exponiert.

In kleineren Fließgewässern mit lockerem Substrat wurde das Driftnetz mit zwei Stahlstangen in der Stromsohle verankert. Wo dies nicht möglich war, z.B. wegen zu hohem Wasserstand oder fehlender Fixierungsmöglichkeiten, wurde das Netz an zwei Seilen an den gegenüberliegenden Ufern befestigt.

Für größere Fließgewässer, wie z.B. den Rhein selbst und die Aare, haben wir eine Methode entwickelt, deren Idee aus der Schleppnetzfisherei stammt (REY et al., 1991a). Mit Hilfe eines Scherbretts, das an einem Seil mit dem Ufer verbunden blieb, konnte das Driftnetz von einer Flußseite aus im gewünschten Uferabstand exponiert werden. Die Strömung lenkt das Scherbrett vom Ufer weg und das am anderen Ende befestigte Driftnetz wird mitgezogen. Da das Driftnetz mit einem zweiten Seil mit dem Land verbunden bleibt, ließ es sich in einer stabilen Position fixieren. Außerdem war es möglich, das Netz mit Hilfe von Schwimmer und Gewicht in einer bestimmten Tiefe zu positionieren oder, indem mehrere Netze übereinander an einer Führungsstange befestigt wurden, ein Tiefenprofil der Drift aufzunehmen.

### *Beispiel 2: Übergangsbereich Thur – Hochrhein (Rhein-km 065)*

Im Übergangsbereich Thur-Hochrhein wurden Driftmessungen an drei Stellen durchgeführt: In der Thur und im Rhein oberhalb der Mündung mit dem Grund-

netz und im Rhein unterhalb der Mündung mit Hilfe der Scherbrettkonstruktion.

Abb. 3 verdeutlicht die Ergebnisse der Driftmessungen (Abb. aus REY et al., 1991b): einerseits die Dominanzverhältnisse der taxonomischen Gruppen an der Gesamtdrift (Abb. 3a), andererseits den Driftverlauf dieser Gruppen im Tagesgang (Abb. 3b).

Bei der Betrachtung des Driftverlaufs fallen der allgemein aus der Literatur bekannte Driftgipfel kurz nach Einbruch der Dunkelheit und die stark erhöhte Driftaktivität in der Dunkelfase gegenüber dem Tag auf. Auswirkungen einer starken Trübstoffführung in den Mittagsstunden des ersten Tages waren sowohl in der Thur selbst als auch im Rhein unterhalb der Mündung in Form eines kleineren Driftgipfels festzustellen.

Zwischen den drei Probestellen bestanden deutliche Unterschiede in der relativen Zusammensetzung der driftenden Makroinvertebratenarten. An allen drei Stellen dominieren zwar Larven der Eintagsfliegengattung *Baetis*, die übrigen Gruppen waren jedoch mit unterschiedlichen Anteilen vertreten. Auf Artniveau konnten dagegen weder bei den Driftuntersuchungen noch bei den Benthosuntersuchungen der Projektphase I signifikante Unterschiede zwischen den drei Stellen festgestellt werden, so daß von vornherein günstige Bedingungen für Austauschprozesse zwischen Rhein und Thur zu erwarten waren.

Beweis dafür, daß tatsächlich Tiere aus der Thur den Rhein erreichen und sogar besiedeln, sind die Larven der Eintagsfliegenarten *Heptagenia sulphurea* und *Potamanthus luteus*. Diese Arten befanden sich zum Zeitpunkt der Driftuntersuchung in der Thur kurz vor dem Schlüpfen, während in der Rheindrift oberhalb der Mündung durchwegs schon die neue Larvengeneration anzutreffen war. Unterhalb der Mündung traten beide Generationen gleichzeitig auf.

Einige wenige Arten, die nur in der Thur und nicht im Rhein oberhalb der Mündung vorkamen, wie z.B. *Simulium argenteostriatum*, *Baetis alpinus* und *Rhithrogena germanica*, fanden sich wieder unterhalb der Mündung sowie in den Benthosproben stromabwärts liegender Stellen. *S. argenteostriatum* verpuppte sich dort sogar.

Die Zusammensetzung der Benthosbesiedlung und Makroinvertebratendrift im Bereich der drei – auch im Jahreszyklus untersuchten – Stellen läßt den Schluß zu, daß die Larvendrift bei den Ausbreitungs- und Regenerationsvorgängen dieses Übergangsbereichs eine entscheidende Rolle spielt.

### *Beispiel 3: Übergangsbereich Hauensteiner Murg – Hochrhein (Rhein-km 124)*

Die Hauensteiner Murg ist ein Urgesteinsbach aus dem Schwarzwald. In ihrem Mündungsbereich zeigt der Rhein einen stark verbauten Charakter. Die physiologischen und chemischen Milieufaktoren von Rhein und Murg unterschieden sich erheblich. Bergbacharten aus der flachen, schnellfließenden Murg gelangen hier in einen mehrere Meter tiefen Rheinabschnitt, der sich durch eine dichte Abfolge von Staustufen mit dazugehörigen Rückstaubereichen auszeichnet. Ein Großteil dieser Arten haben aufgrund der Unterschiede in diesen Milieufaktoren wenig Chancen, sich im Rhein festzusetzen.

Die Unterschiede in der Biologie der beiden Gewässer spiegelten sich auch im Driftverlauf wieder. Während in der Murg über 90 % der Drift aus *Baetis*-Larven bestand, dominierten im Rhein potamale *Hydropsyche*- und Eintagsfliegenarten oder beispielsweise die Schwammfliege *Sisyra* spec. (Abb. 4). Andere, im Benthos der

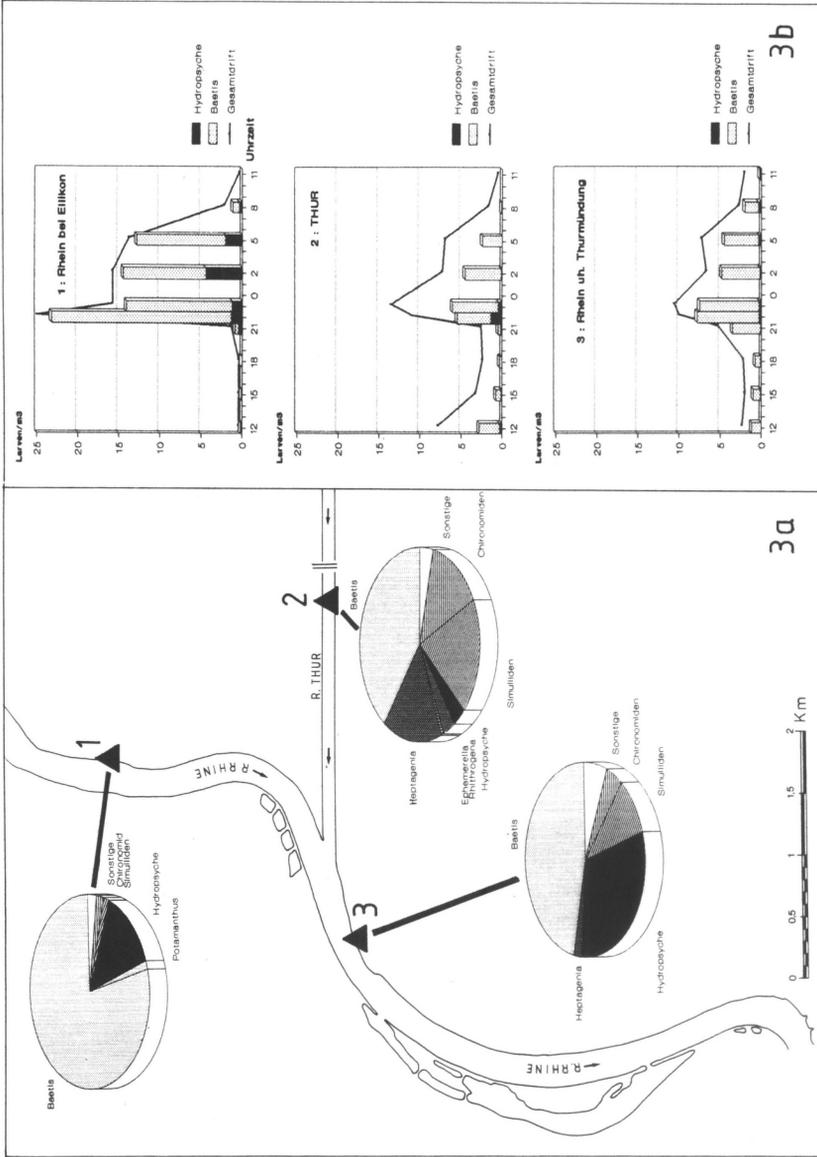


Abb. 3: Tagesgang der Makroinvertebratendrift im Übergangsbereich Thur-Hochrhein:  
 a) Häufigkeitsverteilung der wichtigsten Makroinvertebratengruppen über den gesamten Tagesgang; b) Driftverlauf im Tagesgang (aus REY et al. 1991).

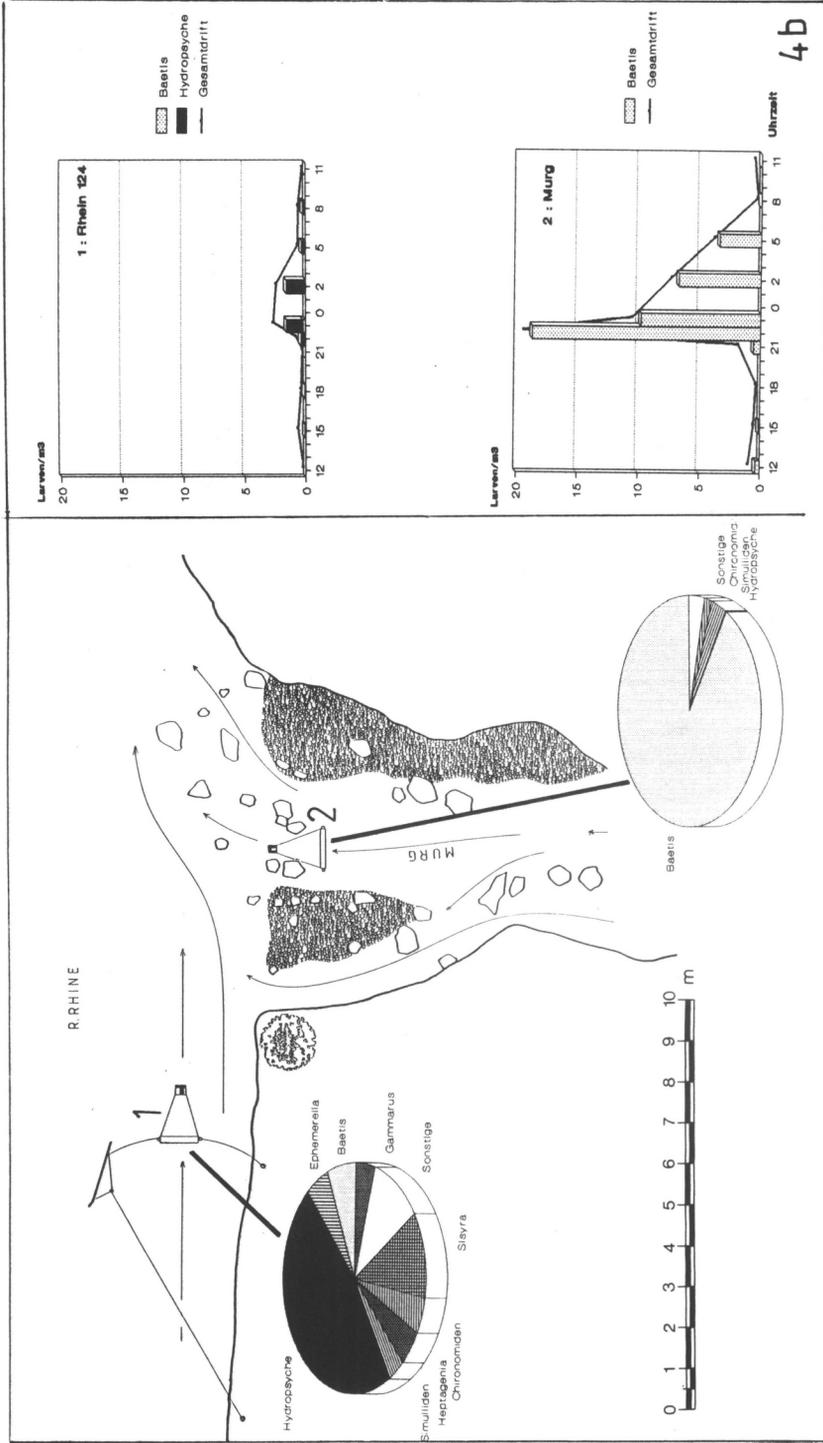


Abb. 4: Tagesgang der Makroinvertebratendrift im Übergangsbereich Murg-Hochrhein:

a) Position der Driftnerze und Dominanzverhältnisse der wichtigsten Makroinvertebratengruppen über den gesamten Tagesgang; b) Driftverlauf im Tagesgang.

Murg häufige Arten, wie *Epeorus sylvicola* und *Rhithrogena semicolorata*, fanden sich ganzjährig nur im unmittelbaren Mündungsbereich der Murg.

Wie die Makroinvertebraten, so zeigen auch die suspendierten Algen in ihrer Zusammensetzung grundlegende Unterschiede zwischen den beiden Fließgewässern. Die aus der fließenden Welle entnommene Algendrift wird dabei nach Diatomeen und sonstigen Algen sowie nach Größenklassen unterschieden. Abb. 5 verdeutlicht diese Unterschiede im Mündungsbereich der Murg, sowohl bei der kleinräumigen Zonierung (Abb. 5a) als auch im Verlauf eines Tagesgangs (Abb. 5b).

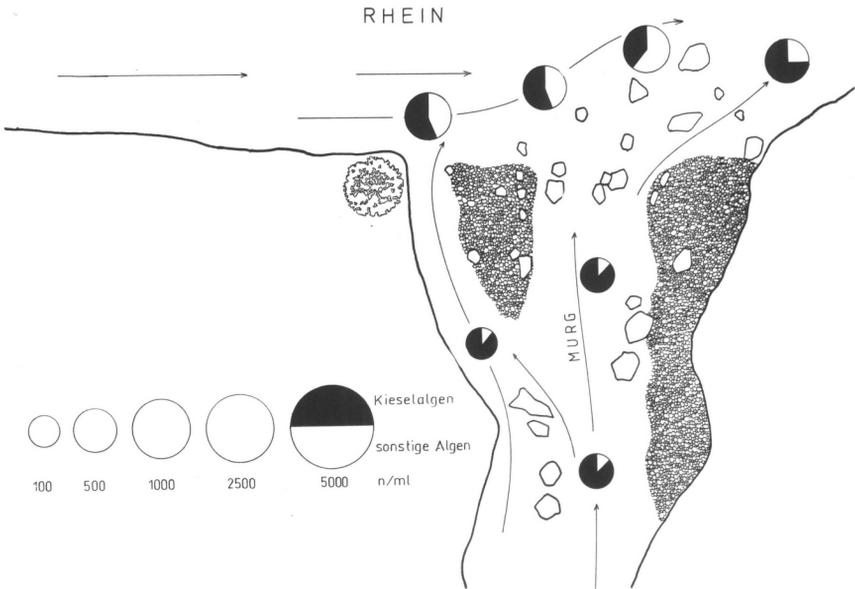


Abb. 5a: Anzahl und Diatomeenanteil der suspendierten Algen im Übergangsbereich Hauensteiner Murg-Hochrhein am 13. 12. 1988.

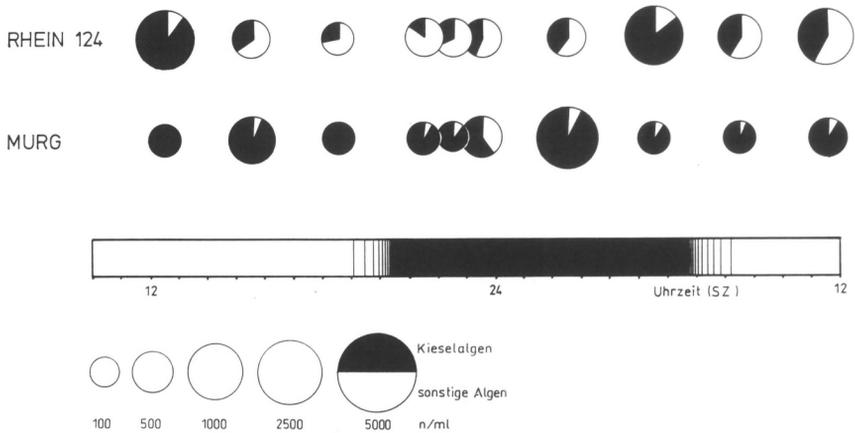


Abb. 5b: Suspendierte Algen pro ml im Tageslauf, im Hochrhein und in der Hauensteiner Murg.

### III. Ausbreitungshindernisse

Wie anfangs schon erwähnt können Austausch und Besiedlung und damit die Regeneration von Fließgewässern nur dort stattfinden, wo keine unüberwindbaren Ausbreitungsbarrieren bestehen. Solche Ausbreitungsbarrieren können die unterschiedlichsten Ursachen haben und sowohl anthropogenen als auch natürlichen Ursprungs sein.

Eine wichtige Beobachtung unserer Untersuchungen war, daß die Artenvielfalt und Besiedlungsdichte der Makroinvertebraten auch an teilweise stark abwasserbelasteten Stellen noch hoch ist, solange die Struktur der Stromsohle naturnah ist (z.B. Glatt und Ergolz).

Der Unterlauf des Chrüzlibaches beispielsweise, eines Rheinzufusses auf Höhe von Rekingen, wurde mit konventionellen wasserbaulichen Methoden „zu Tode saniert“. An seiner Mündung wird ein Artenaustausch in größerem Maße verhindert, weil durch die Pflasterung der Bachsohle über eine längere Strecke die Produktionsrate dieses Baches so gering ist, daß es im Unterlauf keine Makroinvertebraten mehr gibt, die eindriften könnten. Der naturbelassene Abschnitt des Baches ist so weit von der Mündung entfernt, daß die wasserbauliche Barriere günstigstenfalls bei starkem Hochwasser überwunden werden kann.

Die Mündung der Biber unterhalb Stein am Rhein ist ein Beispiel für eine natürliche Ausbreitungsbarriere. Durch das alljährliche Sommerhochwasser im Rhein entsteht ein Rückstau im Unterlauf der Biber. Die Fließgeschwindigkeiten gehen so weit zurück, daß eine Organismenzudrift aus der Biber nicht mehr möglich ist und nur wandernde Arten oder Insekten-Imagines bis in den Rhein gelangen können.

Im Winter ändert sich die Situation grundlegend. Durch den niedrigen Rhein-Wasserstand besteht wieder ein natürliches Gefälle, Organismen aus der Biber können wieder eindriften.

Beim letzten Beispiel handelt es sich um den Leopoldskanal in der Nähe von Freiburg im Breisgau. Dieser, Mitte des letzten Jahrhunderts angelegte Vorfluter sammelt einen Großteil der Gewässer aus der Breisgauer Bucht, darunter die Schwarzwaldbäche Elz, Dreisam und Glotter. Ende der siebziger Jahre wurde in der Nähe von Forchheim (BW) eine Großkläranlage mit einer Kapazität von rund 650.000 Einwohnergleichwerten errichtet. Die geklärten Abwässer werden ca. 2,5 km vor seiner Rheinmündung in den Leopoldskanal eingeleitet.

Die Biologie des Leopoldskanals, eines im Frühjahr bei Normalwasserstand mit einem breiten Artenspektrum besiedelten Gewässers, ändert sich im weiteren Verlauf des Jahres grundlegend. Über mehrere Monate findet eine Massenvermehrung von Makrophyten und einiger für Gewässerverschmutzung typischer Indikatororganismen, wie Wasserasseln, weiße Strudelwürmer, rote Chironomiden und Oligochaeten statt. Für diese Änderung in der Artenzusammensetzung sind primär zwei Faktoren verantwortlich:

- Bei Niedrigwasserstand im Sommer wird der größte Teil des gesammelten Wassers der Schwarzwaldbäche durch das ursprüngliche Bett der Elz abgeleitet. Nur ein Bruchteil der ursprünglichen Wasserführung gelangt dabei in den Leopoldskanal.
- Unterhalb von Forchheim vermischt sich dieses „Restwasser“ mit der zeitweise dreifachen Menge Kläranlagenwasser hoher Stickstoff- und Phosphorbelastung.

Der Effekt dieser beiden, für viele Bergbacharten nicht zu überwindenden Austauschhindernisse wird noch verstärkt durch die Tatsache, daß der Rhein selbst im

Mündungsbereich durch Kulturwehre rückgestaut ist, eine mögliche Zudrift also auch noch verhindert wird.

#### IV. Schlußbetrachtung

Ziel unseres Projektes war es, die Renervationspotentiale einiger Rheinzuflüsse zugunsten des Rheins zu erfassen sowie die Austauschprozesse in ihrem Übergangsbereich zum Rhein zu untersuchen.

Dabei stellten wir fest, daß solche Wasserbaumaßnahmen, die nach § 8 des neuen Bundesnaturschutzgesetzes (BRD) als „... störende und zerstörende Eingriffe in die Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes...“ bezeichnet werden, auch bei Austauschprozessen eine entscheidende Rolle spielen. Im südlichen Oberrhein gibt es Abschnitte, deren Regeneration nur noch aus dem Rhein selbst und nicht mehr durch Zuflüsse stattfinden kann. So wurden beispielsweise durch den Bau des Rheinseitenkanals sämtliche linksrheinischen Oberrheinzuflüsse von Basel bis Strassburg vom Rhein abgeschnitten. Falls in solchen Abschnitten wieder einmal ein Störfall stattfindet – und mögliche Quellen dafür gibt es nicht nur im Großraum Basel – so ist eine biologische Erneuerung erheblich erschwert und verlangsamt. Dagegen stellen offensichtlich der Hochrhein und einige seiner Zuflüsse noch umfangreiche Regenerationsquellen für stromab liegende Rheinabschnitte dar. Dies zeigt nicht zuletzt die überraschend schnell abgelaufene Rekolonisation des Rheins nach der Brandkatastrophe bei der Firma SANDOZ im Jahre 1986.

Ein Ziel zukünftiger Arbeiten wird es u.a. sein, für so zentrale Vorgänge wie biologische Austauschprozesse und Regeneration eine ökologische Wertung durchzuführen. Der Zustand ökologischer Systeme besitzt auch eine starke ökonomische Komponente (BAUER 1990). Wasserbaulich degradierten Bächen fehlt beispielsweise die Produktions- und Reinigungskapazität eines intakten Fließgewässers. Durch eine Kennzeichnung der ökologischen Qualität mit Hilfe geeigneter Bewertungsverfahren läßt sich diese den ökonomischen Werten gegenüberstellen. Diese Strategie soll mittelfristig dazu führen, daß Fließwasserlimnologen wasserbauliche Empfehlungen zur „Reaktivierung“ ökologisch wichtiger Prozesse erarbeiten können, die auch der ökonomischen Denkweise von Wasserbauern und Politikern entgegenkommt.

Eine Möglichkeit, weitere Untersuchungen zur Funktion und Dynamik von Fließwasserökotonen durchzuführen und die mancherorts schon gut funktionierenden Bewertungsverfahren (LWA-NRW 1985) anzuwenden, sind die seit 1989 laufenden koordinierten Rheinprogramme (Aktionsprogramme Rhein, Integriertes Rheinprogramm). Hier sollte es vor allem darum gehen, nicht nur die bis heute im Vordergrund stehende gewässerchemische, sondern vor allem die ökologische Verbesserung des Rheins anzustreben. Daher müssen auch Programme unterstützt werden, die die Zuflüsse als integrierten Teil für ökologische Erneuerungsprozesse zugunsten des Rhein betrachten. Wo Übergangsbereiche existieren, innerhalb denen noch biologische Austauschprozesse stattfinden, müssen diese erhalten bleiben. An Stellen, wo vom Menschen „verursachte“ Barrieren den Austausch der beiderseitigen Regenerationspotentiale verhindern, sollten diese nach Abwägung ökologischer und ökonomischer Wertmaßstäbe so weitgehend wie möglich beseitigt werden.

## Schrifttum

- ALLAN, J. D. & RUSSEK, E. (1985): The quantification of stream drift. *Can. J. - Fish. Aquat. Sci.* **42**: 210-215.
- BAUER, H. J. (1990): Bewertungsverfahren für ökologische Auswirkungen der Wasserwirtschaft. - *Wasserwirtschaft* **80**: 3.
- Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung NW u. LWA Nordrhein-Westfalen (1985): Bewertung des ökologischen Zustands von Fließgewässern. 111 S., Wöste-Druck, Essen.
- ORTLEPP, J., SCHRÖDER, P., REY, P. & TOMKA, I. (1991): The longitudinal zonation of macroinvertebrates of the upper River Rhine. - *Verh. Internat. Verein. Limnologie* **24**.
- REY, P., SCHRÖDER, P. & ORTLEPP, J. (1989): Der Rhein und sein Einzugsgebiet zwischen Bodensee und Taubergießen: I. Verbreitungsmuster ausgewählter Makroinvertebraten. - *Mitt. Dtsch. Ges. Limnologie I*: S. 180-187.
- REY, P., SCHRÖDER, P., ORTLEPP, J. & TOMKA, I. (1991a): Drift sampling in the transition areas between the River Rhine and some of its tributaries. - *Verh. Internat. Verein. Limnologie* **24**: 1795-1799.
- REY, P., SCHRÖDER, P. & TOMKA, I. (1991b): Ein einfacher Mikroprofilindex zur Abschätzung von Substratstruktur und Besiedlungsdichte in Fließgewässern. - *Mitt. Dtsch. Ges. Limnologie III*: 473-476.
- SCHRÖDER, P., REY, P. & ORTLEPP, J. (1988): Verbreitungsmuster und Ökologie der Simuliidae im Rhein und seinem Einzugsgebiet zwischen Bodensee und Taubergießen. - *Tagungsbericht, 5. Deutschsprachiges Simuliiden-Symposium Hamburg*, S. 34-38.
- SCHRÖDER, P., REY, P. & ORTLEPP, J. (1989a): Der Rhein und sein Einzugsgebiet zwischen Bodensee und Taubergießen: II. Verbreitungsmuster filtrierender Insektenlarven. - *Mitt. Dtsch. Ges. Limnologie I*: S. 188-195.
- SCHRÖDER, P. & REY, P. (1989b): Erfassung des biologischen, chemischen und physikalischen Zustandes ausgewählter Zuflüsse des Rheins in der Region Basel. - *Zweiter, unveröffentlichter Zwischenbericht zuhänden der SANDOZ AG, Basel*.
- SKINNER, W. D. (1985): Night-day drift patterns and the size of larvae of two aquatic insects. *Hydrobiologia* **124**: 283-285.
- WALLACE, J. B., WEBSTER, J. R. & WOODALL, W. R. (1977): The role of filter feeders in flowing waters. - *Arch. Hydrobiol.* **79**: 506-532.

(Am 26. September 1990 bei der Schriftleitung eingegangen.)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 1990-1993

Band/Volume: [NF\\_15](#)

Autor(en)/Author(s): Rey Peter, Schröder Peter, Tomka Ivan

Artikel/Article: [Limnologische Austauschprozesse zwischen dem Rhein und seinen Zuflüssen \(1991\) 453-465](#)