

# Vom Wasserkreislauf bis zum integrierten Fließgewässerschutz - eine Einführung in das 4. Franz-Ruttner-Symposium

Otto SIEBECK

## 1. Eine kurze globale Betrachtung

Betrachtet man die Wasserbilanzen über den Ozeanen und über den Kontinenten jeweils getrennt, so ergibt sich über letzteren ein erheblicher Überschuss der Niederschläge und über den Ozeanen ein erheblicher Überschuss in der Verdunstung. Der Überschuss der Niederschläge an Land wird unter dem Einfluss der Schwerkraft über die Fließgewässer zum Meer transportiert. Der Überschuss der Verdunstung über den Ozeanen - er entspricht mengenmäßig dem Überschuss der Niederschläge an Land - wird durch das globale Zirkulationssystem als Bestandteil der Atmosphäre wieder zu den Kontinenten transportiert. Damit ist der globale Wasserkreislauf geschlossen. Die kurze Verweilzeit des Wassers in der Atmosphäre sichert die ergiebige und permanente Versorgung der Erde mit Wasser (siehe Abb. 1).

## 2. Die ungleiche Verteilung der Bilanz aus Niederschlag und Verdunstung und ihre Folgen

Die Wasserbilanz aus Niederschlag und Verdunstung ist nicht in allen Arealen der Kontinente gleich. Es gibt bekanntlich erhebliche Unterschiede, die von der geographischen Breite und dem Muster der globalen atmosphärischen Zirkulation abhängen. Dieses Muster wird durch die ozeanische Zirkulation, durch die Lage der betrachteten Landflächen in Bezug auf das Meer und durch die Orographie der Landschaften mehr oder weniger stark modifiziert.

Unter ausschließlicher Berücksichtigung der beiden genannten Hauptfaktoren lässt sich eine stark vereinfachende Aufeinanderfolge von Gebieten mit hohen und niedrigen Niederschlagsmengen darstellen (Abb. 2): Im Äquatorbereich kommt es unter dem Einfluss der intensiven Sonneneinstrahlung zu

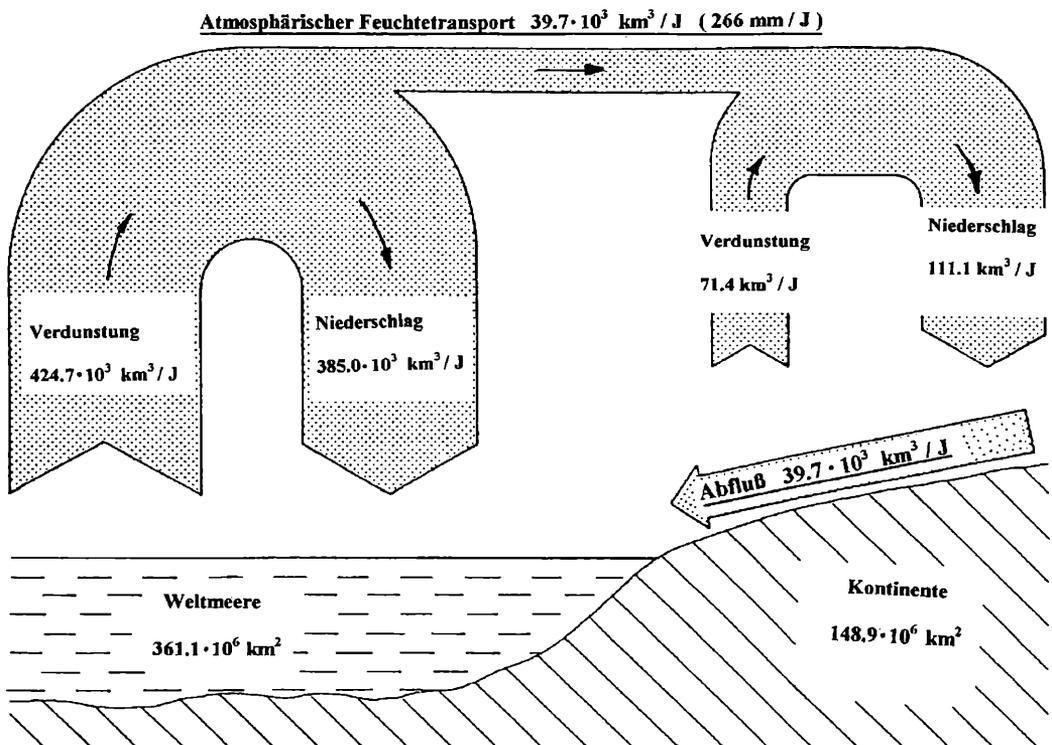


Abbildung 1

Der globale Wasserkreislauf, etwas vereinfacht (aus A. BAUMGARTNER & H.-J. LIEBSCHER 1990: Allgemeine Hydrologie - Quantitative Hydrologie, Verlag Gebrüder Bornträger).

besonders starken, nach oben gerichteten Luftbewegungen und nach Kondensation des Wasserdampfes zu hohen Niederschlagsmengen. Aus anderen Gründen, auf die hier nicht eingegangen werden soll, kommt es auch in unseren Breiten, die in den Grenzen der "planetarischen Frontalzone" (>30° - 60° nördl. Breite) liegen: zu starken Niederschlägen (z.B.: W. WEISCHET: Einführung in die Allgemeine Klimatologie, TB 1977). Da die Niederschlagsmengen größer sind als die Arealverdunstung, ist eine wichtige Voraussetzung für das Entstehen von Fließgewässern erfüllt. In der humiden bzw. exorheischen Region werden sie das ganze Jahr über reichlich mit Wasser versorgt und entwässern bis zum Meer.

Zwischen dem Äquator und der "planetarischen Frontalzone" liegt eine Region, in welcher unter dem Einfluss der trockenen Passatwinde die Arealverdunstung überwiegt. Im Extremfall gibt es hier überhaupt keine Niederschläge. Die betreffenden Gebiete sind arid bzw. arheisch. Fließgewässer sind höchstens kurze Zeit vorhanden oder sie fehlen ganz.

Zwischen den humiden und den ariden Gebieten gibt es Übergänge, in welchen Fließgewässer vorkommen können, entweder gelegentlich, dann werden sie als Wadis bezeichnet oder periodisch, dann nennt man sie Fiumare. Die betreffenden Gebiete werden als endorheische Region bezeichnet. In ei-

nem Längsprofil durch Europa und Afrika ist die Lage der humiden und ariden Gebiete, sowie der Übergangsbereiche mit den Angaben über Niederschlag und Verdunstung dargestellt (Abb. 3) (F. WILHELM: Hydrologie, Glaziologie. Georg Westermann Verlag 1966).

### 3. Entstehung und Bestand von Fließgewässern

Bisher haben wir uns auf die Bedeutung ungleicher Bilanzen zwischen Niederschlagsmenge und Arealverdunstung im Hinblick auf die Entstehung von Fließgewässern beschränkt. Bei starker Infiltration in den Boden können aber trotz dieser Bedingungen keine Fließgewässer entstehen bzw. bestehen bleiben. Mit anderen Worten: Ihre Entstehung und ihr Bestand setzen voraus, dass die Niederschlagsmengen größer sind als die Arealverdunstung **plus** der Infiltrationsgröße.

Der Überschuss des Regenwassers bewegt sich als Oberflächenabfluss längs des bestehenden Gefälles, zunächst flächenhaft als sogenannte Schichtflut oder in vorhandenen kleinen Rillen oder Furchen, später nach Konvergenz in Gerinnen, die unter dem Einfluss der zunehmenden Wassermengen und der dadurch ansteigenden Schubkräfte Erosion und Denudation verstärken und damit immer mehr auf die Lage und die Gestalt des Fließbettes Einfluss nehmen.

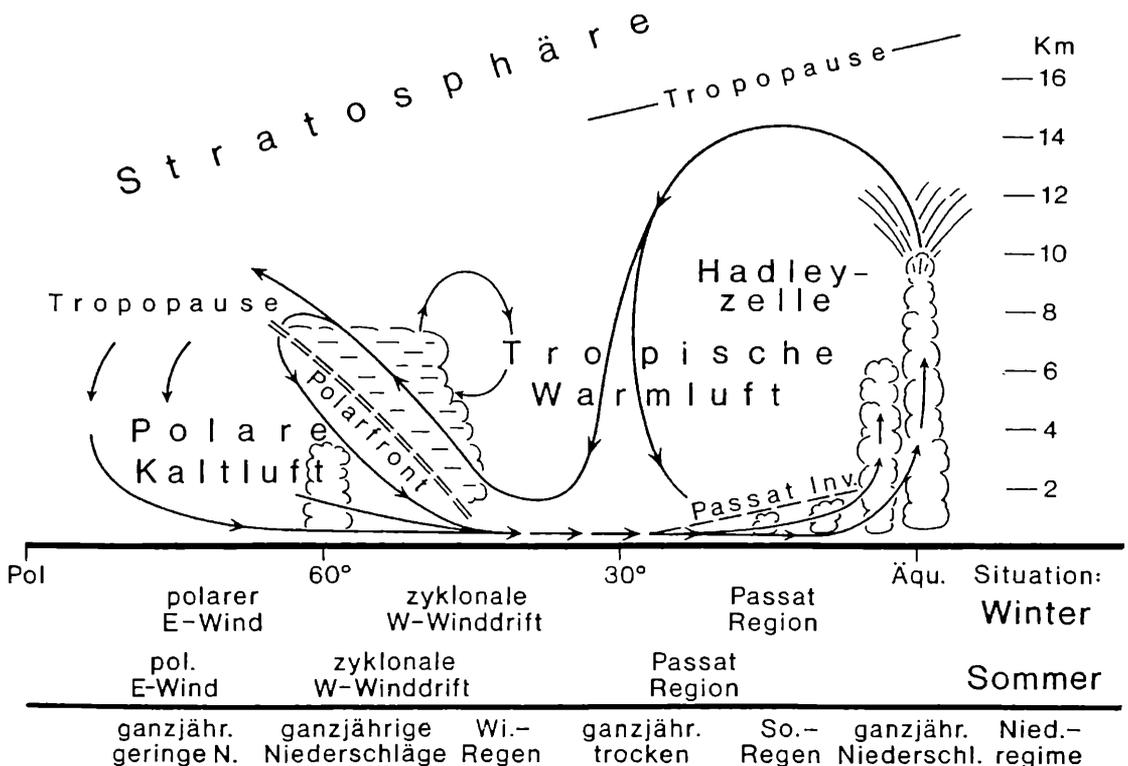


Abbildung 2

Schematischer Querschnitt durch die meridionale Querkirkulation auf einer Erdhalbkugel mit der jahreszeitlichen Verlagerung der Zirkulationsglieder und den Folgen für das Niederschlagsregime, etwas vereinfacht (aus W. WEISCHET 1977: Einführung in die Allgemeine Klimatologie, - Studienbücher - Verlag Teubner).

Im harten Untergrund der Hochgebirgs- und Gebirgsbäche mit steilem Gefälle gräbt sich das Wasser tiefe, schmale und stabile Gerinne. In tieferen Lagen, wo sich durch Hochwässer breite aufgeschottete Gerinne bilden, können durch jedes Hochwasserereignis innerhalb dieses Bereiches bei sehr starken Hochwässern auch außerhalb - neue Gerinne und Verzweigungen entstehen, durch die das Wasser bei Niedrig- und Mittelwasser seinen Weg nimmt. Die jeweils vorhandenen Gerinne sind somit wenig stabil (Abb. 4).

Im wesentlich weicheren Material der Ebene sind die Gerinne besonders instabil. Erosion und Denudation führen im Gesamtergebnis zu besonders starken Verlagerungen des Gerinnes und zu auffälligen Mäandrierungen. Das war jedenfalls in früheren Zeiten der Fall (Abb. 5), bevor der Mensch die Flüsse im Zuge des Schutzes vor Überschwemmungen, vor allem zur Sicherung von Siedlungen und

landwirtschaftlich genutzten Flächen in stabile Kanäle gezwungen hat. Durch diese Maßnahmen wurde aber auch die für diese Gewässer und ihr Umfeld typische Dynamik aufgehoben, ihre Verbindung zum näheren oder weiteren Umfeld unterbrochen und die Strukturen und die Vegetation meist zerstört (Auwald).

Die Unterschiede in der Wirkung der Hochwässer zwischen früher und heute sind evident: Früher schuf die strukturelle, kleinräumige Vielfalt innerhalb und außerhalb des Gerinnes und ihr zeitlicher Wandel die besten Voraussetzungen zur Entwicklung einer großen biologischen Diversität. Die strukturelle Vielfalt wurde durch Hochwässer immer nur umgelagert, aber nie aufgehoben. Dennoch waren die damit verbundenen massiven Störungen für viele Individuen unter den betroffenen Arten zweifellos tödliche Ereignisse. Auf dem Niveau der Art haben sich im Verlaufe der Evolution jedoch Anpas-

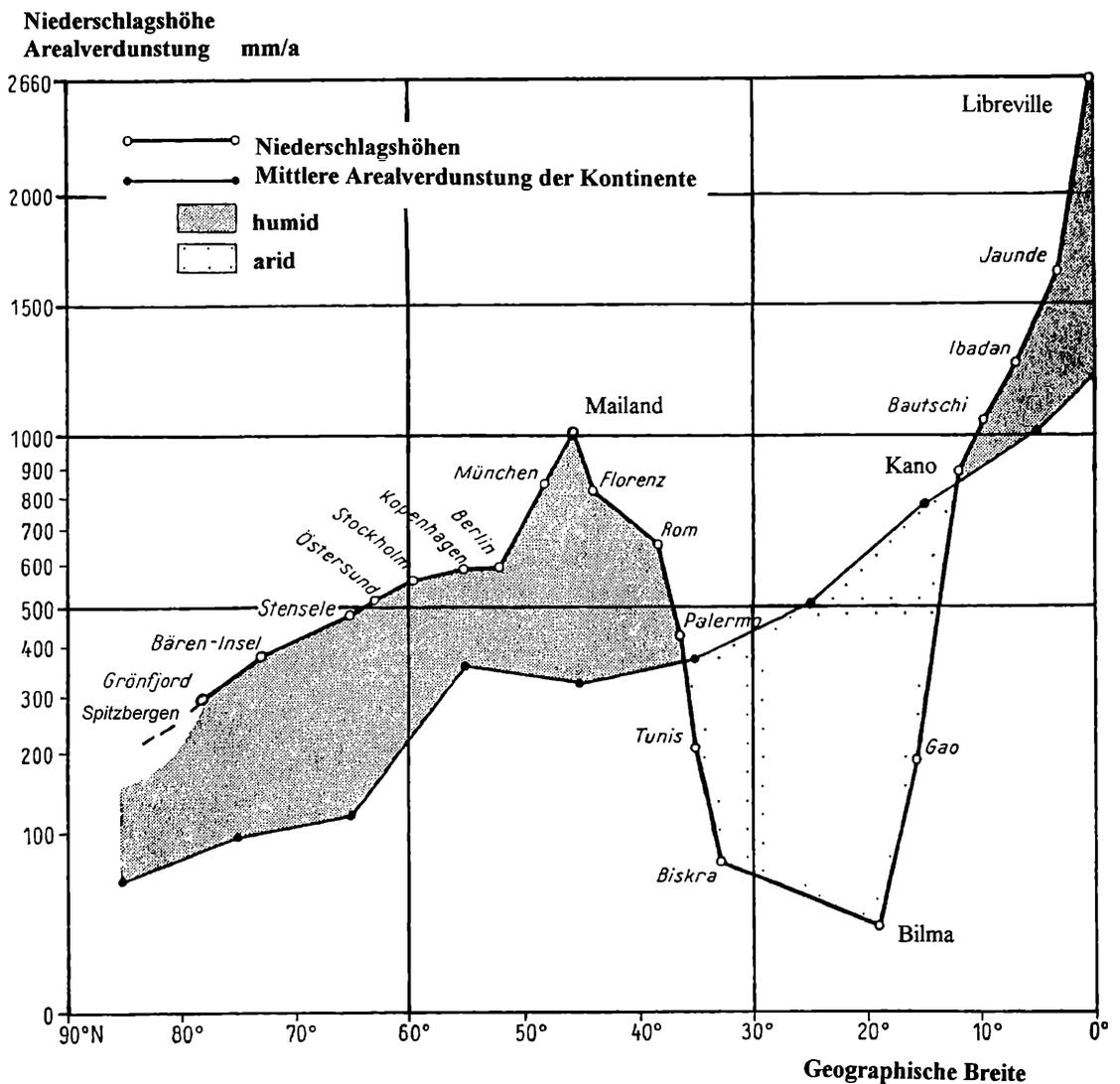
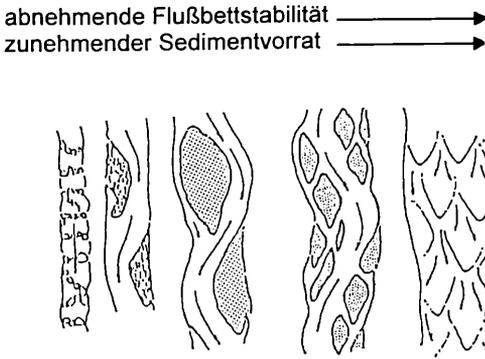


Abbildung 3

Niederschlagshöhe und mittlere Arealverdunstung des Festlandes auf einem Transsekt durch Europa und Afrika, etwas verändert (aus F. WILHELM 1966, Georg Westermann Verlag).



**Abbildung 4**

**Morphologische Typen großer Flussgerinne**, etwas verändert (aus M. CHURCH 1996: Channel Morphology and Typology. In: River Flows and Channel Forms, eds.: G. Petts & P. Calow, Blackwell Science).

sungen entwickelt (z.B. Resistenz und Resilienz), durch welche eine Ausrottung ganzer Populationen verhindert wird.

Es ist ein besonderes Kennzeichen der Fließgewässer, dass die Kontinuität des fließenden Wassers und mit ihr die Kontinuität dieses besonderen Lebensraumes - im Gegensatz zu den Standgewässern, die sich in relativ kurzer Zeit mit der Verlandung in terrestrische Lebensräume umwandeln erhalten bleibt, auch wenn sich der Verlauf der Gerinne verändert.

Von grundlegender Bedeutung für alle ökologisch relevanten Strukturen und Prozesse in Fließgewässern ist die von der Quelle bis zum Meer durch das Gefälle vorgegebene konstante Fließrichtung. Sie ist die Ursache für das Entstehen zahlreicher abiotischer Gradienten, z.B. von großem zu immer kleinerem Gefälle, von geringer Tiefe bis zu großer Tiefe, vom groben Material des Sohlebodens bis zu feinstem Sediment (Abb. 6).

#### 4. Funktionelle Beziehungen zwischen den Fließgewässerbewohnern in longitudinaler Richtung

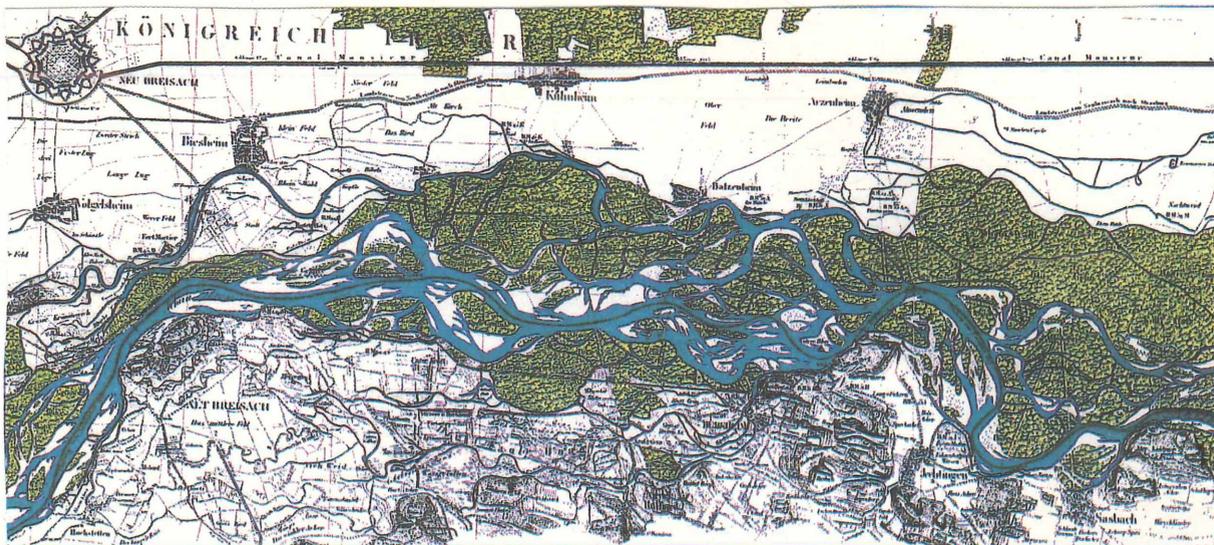
Ähnlich wie in stehenden Gewässern und an Land gibt es auch in den Fließgewässern vielfältige Nahrungsbeziehungen (Abb. 7). Aufgrund der angedeuteten longitudinalen Unterschiede entwickeln sich in einer entsprechenden Reihung unterschiedlich zusammengesetzte Pflanzen- und Tiergesellschaften. Im Oberlauf dominieren Organismen, die in der Lage sind, das importierte grobe organische Material (z.B. Blätter und Gräser) zu zerkleinern oder die kleineren Teilchen zu sammeln und als Nahrung zu verwerten. Andere Organismen nützen das reichliche Angebot an algischem Aufwuchs, den sie abgrasen können. Im Unterlauf dominieren die Sammler, die im weichen Sediment leben und sich hier von organischem Feinmaterial ernähren oder die im

freien Wasser als Filtrierer in der Lage sind, feinste organische Partikel wie Mikroalgen und Bakterien aus dem Wasser zu sieben. Die Art des Nahrungsangebots für die Organismen im Unterlauf ist somit innerhalb gewisser Grenzen von der Tätigkeit der Organismen im Oberlauf abhängig.

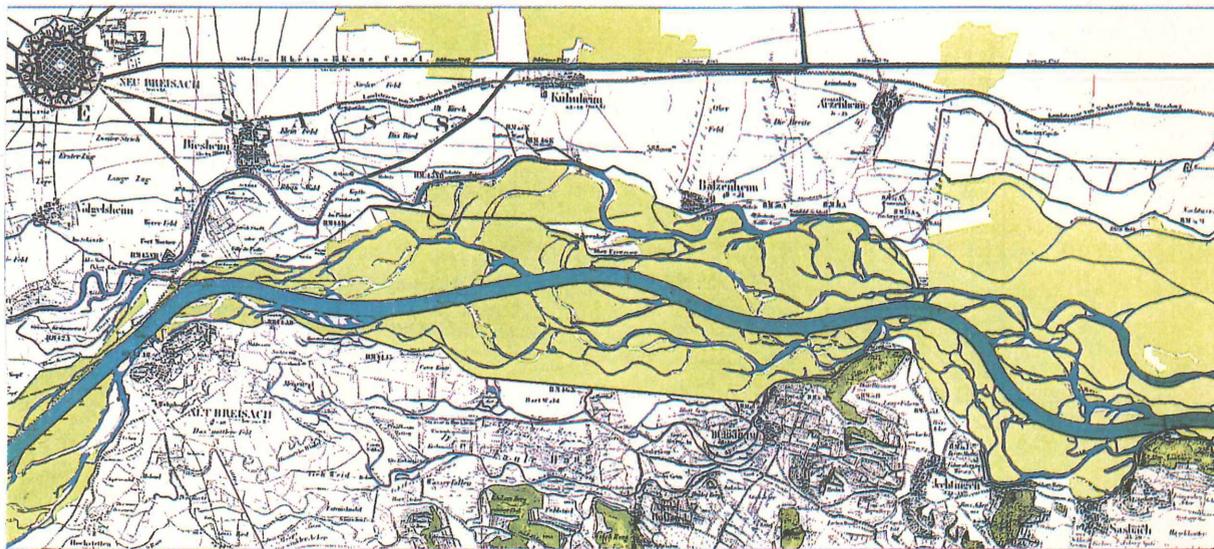
Das River Continuum Concept (VANNOTE et al. 1988) berücksichtigt diesen Zusammenhang: Die Tätigkeit vieler Organismen im Oberlauf führt zu Produkten, die von Organismen im Unterlauf genutzt werden. Infolge dieser funktionellen Verknüpfung innerhalb und zwischen den aufeinanderfolgenden Gesellschaften lassen sich Fließgewässer auch als Ökosysteme auffassen und mit entsprechenden Aufgabenstellungen bearbeiten, indem beispielsweise untersucht wird, welcher Anteil des in ein Fließgewässer gelangten Falllaubs als Nahrung genutzt wird und in der Produktion der Konsumenten zum Tragen kommt (Abb. 7).

Indem das River Continuum Concept, wie angedeutet, die Nahrungsbeziehungen vom Oberlauf in Richtung des Unterlaufes in den Vordergrund gestellt hat (Abb. 8), wurde der Einfluss der Nebenflüsse, die in den betrachteten Hauptfluss einmünden, unterschätzt. Darauf haben SEDELL et al. (1989) hingewiesen. Berücksichtigt man das Verhalten vieler Fische, die den Hauptstrom verlassen und in Nebenflüssen aufsteigen, um dort abzulaichen oder bedenkt man, dass die Nebenflüsse ein Rekrutierungspotential an Vertebraten und Invertebraten beherbergen können, von welchem aus die Wiederbesiedelung des Hauptstromes erfolgen kann - man denke an die Bedeutung der Nebenflüsse für die Wiederbesiedelung des Rheinstroms nach dem Sandoz-Unfall - dann wird deutlich, dass Probleme der Wiedereinbürgerung, z.B. von Fischarten, nicht nur durch Untersuchungen am Hauptstrom lösbar sind. Und es ist ohne weiteres einzusehen, dass die Analyse der Ursachen von Eigenschaften eines Hauptstromes ebenfalls nicht ohne Untersuchungen seiner Nebenflüsse zum Erfolg führen kann. Es gibt somit viele Fragestellungen, deren Bearbeitung nicht auf den Hauptstrom eingegrenzt werden kann, sondern auf einen Teil oder sogar auf das gesamte Flußsystem ausgeweitet werden muß.

Die Beziehungen, die durch das River Continuum Concept herausgestellt werden, machen aber auch deutlich, dass die Durchgängigkeit eines Fließgewässers nicht nur für Laichwanderungen, sondern auch für die Erhaltung aller der hier nur angedeuteten funktionellen "longitudinalen" Beziehungen von größter Bedeutung ist. Daraus folgt aber auch, dass die totale Unterbrechung eines Fließgewässers, z.B. durch einen künstlich zwischengeschalteten See oder durch eine komplette Ausleitung in ein Stauwehr, für die typische Fließgewässerbiozönose - vor allem im Oberlauf - einen katastrophalen Eingriff darstellt. Derartig gravierende Eingriffe kommen gegenwärtig kaum noch vor. Leider entstehen in Fließgewässern aber auch dann schon erhebliche Schäden, wenn die Wasserschüttung einen bestimmten Betrag unterschreitet und die Durchgän-



2. Topographische Karte von 1872



3. Topographische Karte von 1963

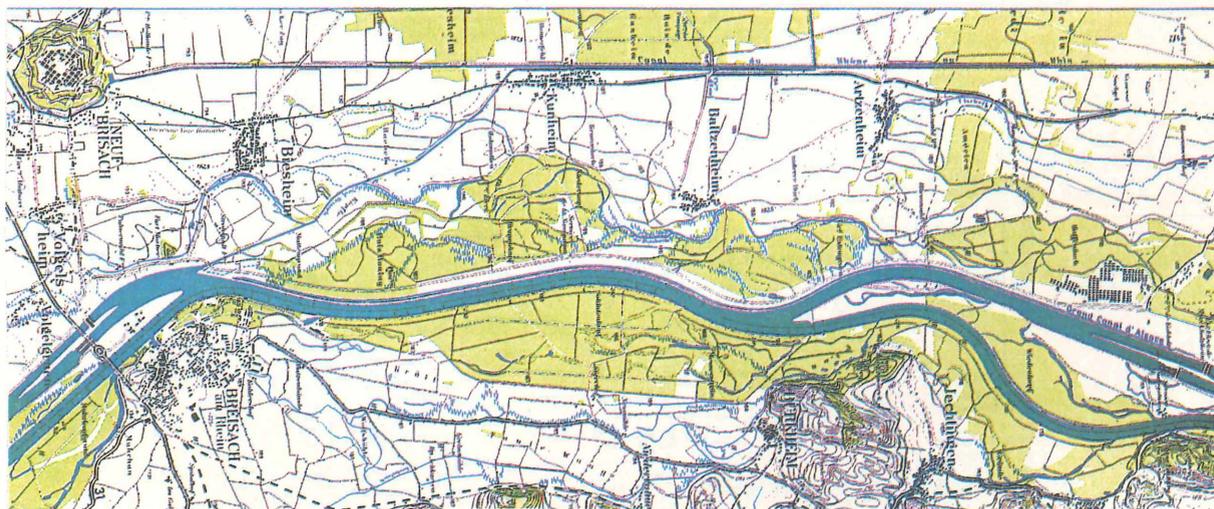
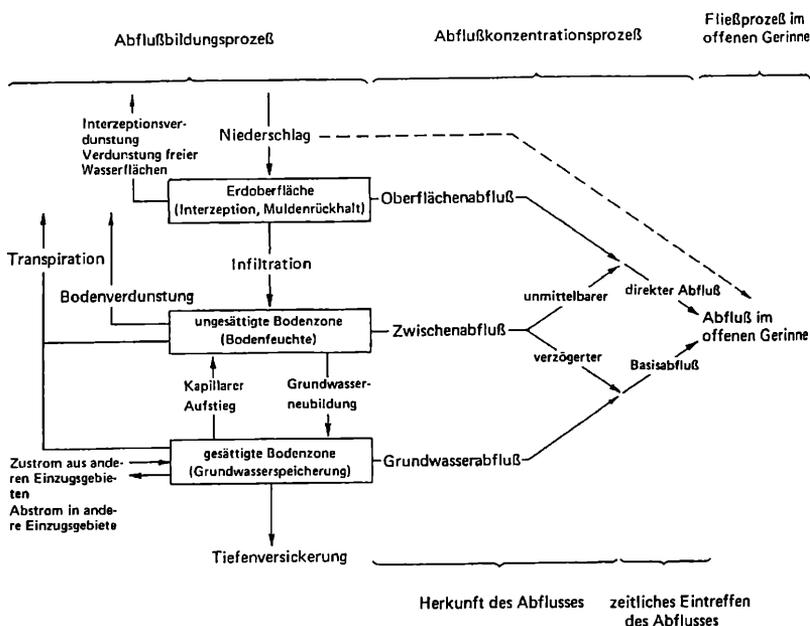
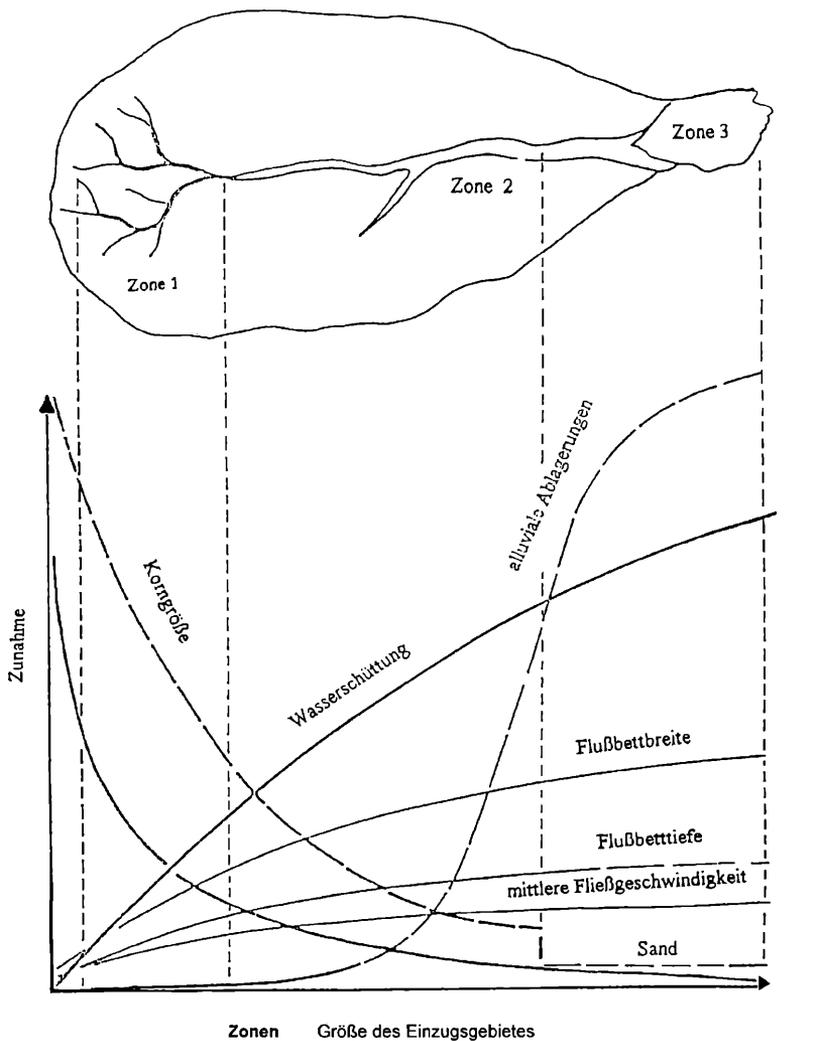


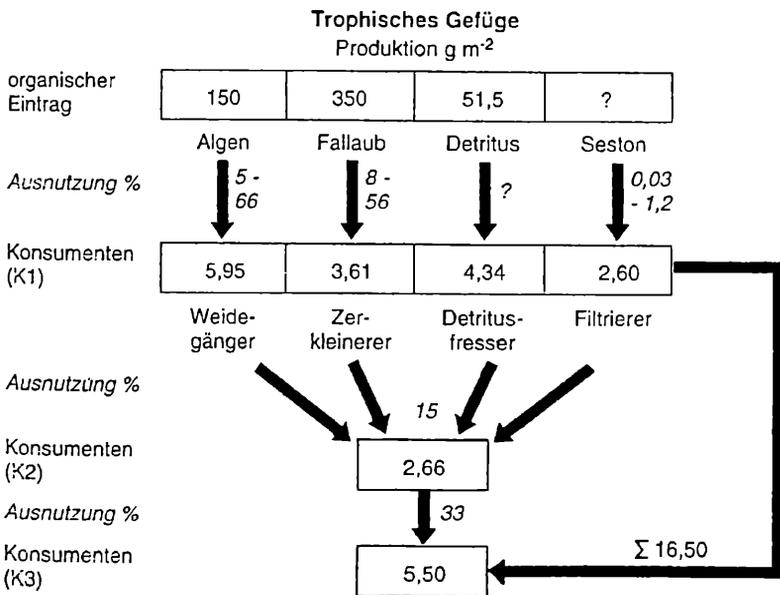
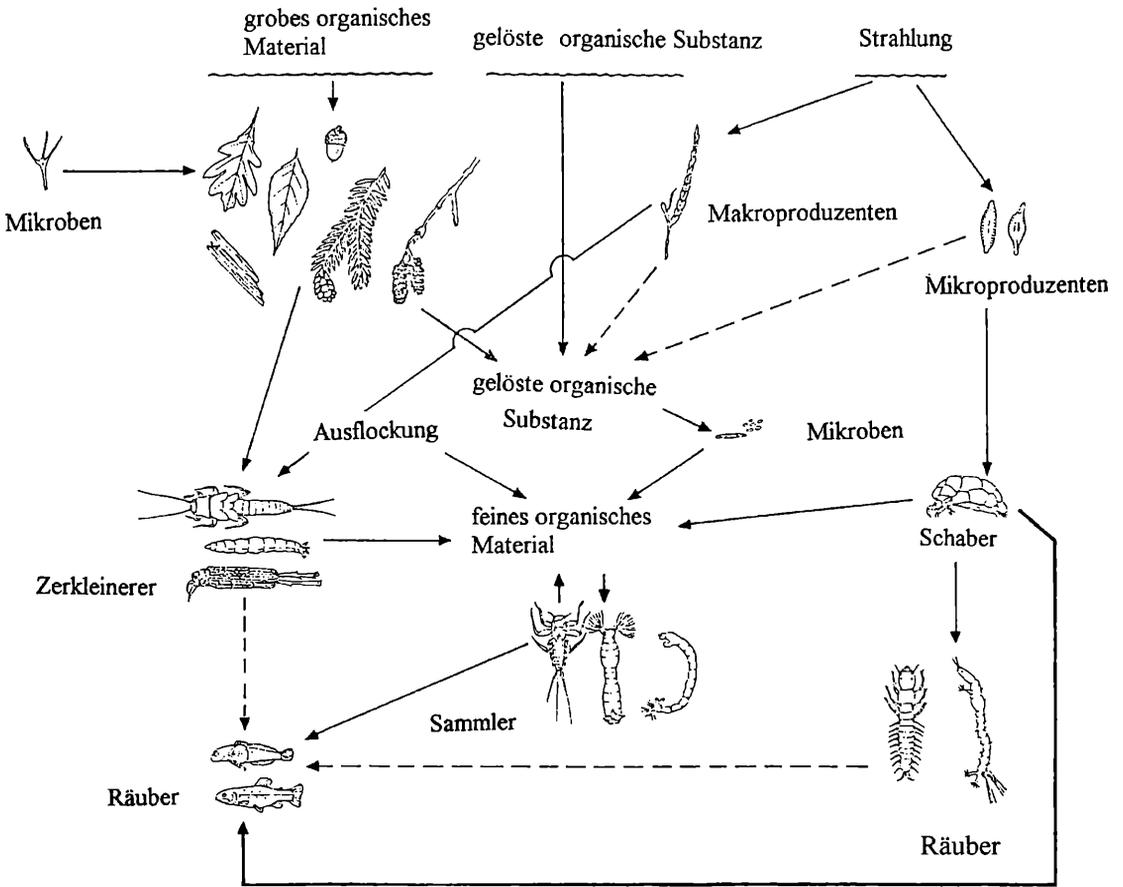
Abbildung 5

Topographische Karten vom Rheinverlauf zwischen Breisach und Sasbach 1828 (oben), 1872 (mitte), 1963 (unten). Maßstab 1 : 50 000. Dunkelgrün: intakter Auwald, hellgrün: nicht intakte Auenlandschaft. (Bearbeitet v. K. KELLER, Hydrologischer Atlas für die Bundesrepublik Deutschland, Herausgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft, Verlag Boldt).



**Abbildung 6**

Oben: **Schema eines Einzugsgebietes mit diversen Veränderungen in Fließrichtung des entwässernden Flusses**, etwas veränd. (M. CHURCH 1996: Channel Morphology and Typology. In: River Flows and Channel Forms, eds.: G. Petts & P. Calow, Blackwell Science). Unten: **Schematische Darstellung des Abflussprozesses**, etwas veränd. (aus A. BAUMGARTNER & H.-J. LIEBSCHER 1990: Allgemeine Hydrologie Quantitative Hydrologie, Verlag Gebr. Bornträger).



**Abbildung 7**

Oben: **Prinzipschema der Nahrungsbeziehungen, der Ernährungstypen und ihrer Nahrung bei Evertebraten**, etwas verändert. (aus K. W. CUMMINS 1996: Invertebrates. In: River Biota Diversity and Dynamics, eds: G. Petts & P. Calow, Blackwell Science). Unten: **Trophisches Gefüge in einem Fließgewässer** (aus J. SCHWOERBEL 1993: Einführung in die Limnologie, Verlag Gustav Fischer).

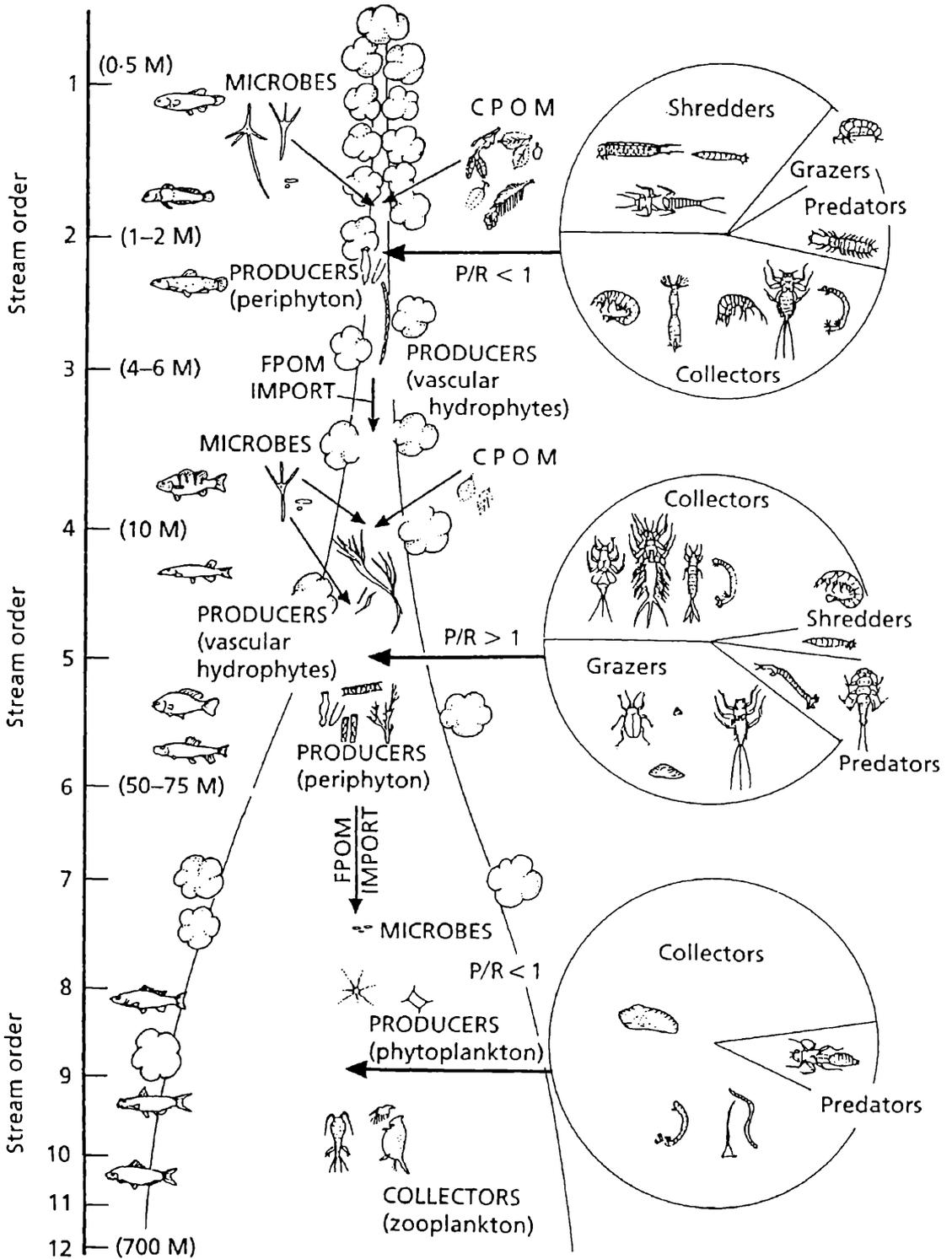
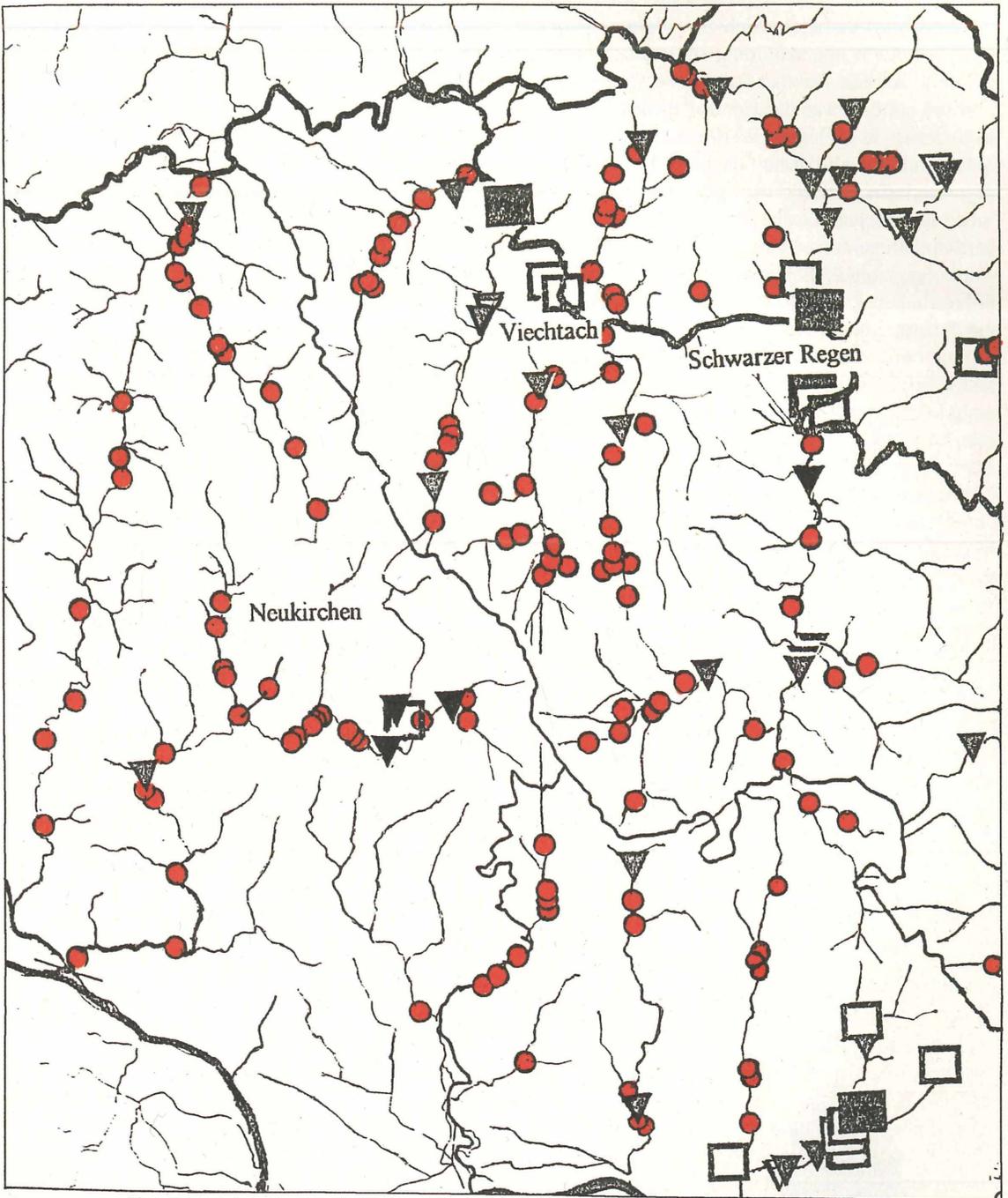


Abbildung 8

Schema zum River Continuum Concept (CPOM = grobes partikuläres organisches Material, P = autotrophe Produktion, R = Respiration) (aus K. W. CUMMINS 1996: Invertebrates. In: River Biota Diversity and Dynamics, eds.: G. Petts & P. Calow, Blackwell Science).



- WKA bis 25 KW
- ▼ WKA > 25 KW bis 100 KW
- WKA > 100 KW bis 1000 KW
- WKA > 1000 KW

Abbildung 9

Wasserkraftwerke zwischen Donau und Schwarzem Regen. Ausschnitt aus einer Karte der Regierung von Niederbayern (Herausgeber: Regierung von Niederbayern).

gigkeit nur noch durch das sogenannte Restwasser erfolgt. Die bisherige Praxis bei der Bemessung des Restwassers beschränkt sich im allgemeinen darauf, von der Wasserschüttung auszugehen und bestimmte Anteile für das Restwasser festzulegen. Das erleichtert zwar die Kontrollen bezüglich der Einhaltung festgelegter Werte, aus ökologischer Sicht sind aber alle diese Lösungen mehr oder weniger unbefriedigend, weil die gewässerspezifischen Eigenschaften sehr verschieden sind und einheitliche Regelungen von Gewässer zu Gewässer ganz unterschiedliche, aber in jedem Fall negative Folgen haben. Überhaupt noch nicht untersucht sind die Folgen hintereinandergeschalteter Stauwehre, wie sie beispielsweise in Niederbayern verhältnismäßig häufig sind (Abb. 9). Man geht aber wohl nicht fehl in der Annahme, dass die negativen Wirkungen eines einzelnen Stauwehrs durch sie verstärkt werden. Darüber liegen bisher nach meinen Informationen leider keine Untersuchungen vor. Grundsätzlich ist jedoch sicher: Stauwehre sind ein Beitrag zur Reduzierung der Artenvielfalt innerhalb der typischen Fließgewässerbiozönose.

### 5. Fließgewässer sind Subsysteme größerer hydrologischer Einheiten

Fließgewässer sind aber kein Lebensraum, der seitlich und an der Sohle durch das feste Substrat abgeschlossen ist. Von beiden Begrenzungen und weit darüber hinausreichend gehen erhebliche Einflüsse

aus, die für die Beschaffenheit des Wassers von großer Bedeutung sind.

Die Beschattung relativ schmaler Gewässer durch die Vegetation bzw. die Besonnung an freien Stellen ist für die Größe der Primärproduktion des pflanzlichen Aufwuchses bedeutsam, und da dieser die Nahrung für viele Konsumenten darstellt, reicht der Einfluss der sonnenexponierten Areale weit über ihre Grenzen hinaus. Das Wurzelgeflecht der Vegetation ist an der Form des Gerinnequerschnitts und an der Stabilität des Fließbettes beteiligt (Abb. 10). Abgesehen davon bietet es viele Unterschlupfmöglichkeiten, die in künstlichen Gerinnen oft ebenso fehlen wie der Schutz unter Steinen und Überhängen am Ufer. Fischräuber, wie z.B. der Kormoran, haben es in diesen Gewässern besonders leicht, ihre Beute zu erspähen und ihr nachzutauchen. Der Laubfall liefert einen u. U. erheblichen Anteil des allochthonen organischen Materials, welches ähnlich wie das autochthone Material als Nahrungsangebot eine wichtige Rolle spielt (Abb. 7).

Von ganz besonderer Bedeutung ist auch die strukturelle Beschaffenheit der Sohle. Ein erheblicher Anteil der invertebraten Bodenbewohner hält sich dauernd oder zeitweise in den fluviatilen Ablagerungen unter und seitlich der Stromsohle auf. Dieser Lebensraum, der häufig die Verbindung zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser herstellt, wird als *hyporheische Interstitial* bezeichnet. Für viele Arten stellt es ein Refugium dar, in wel-

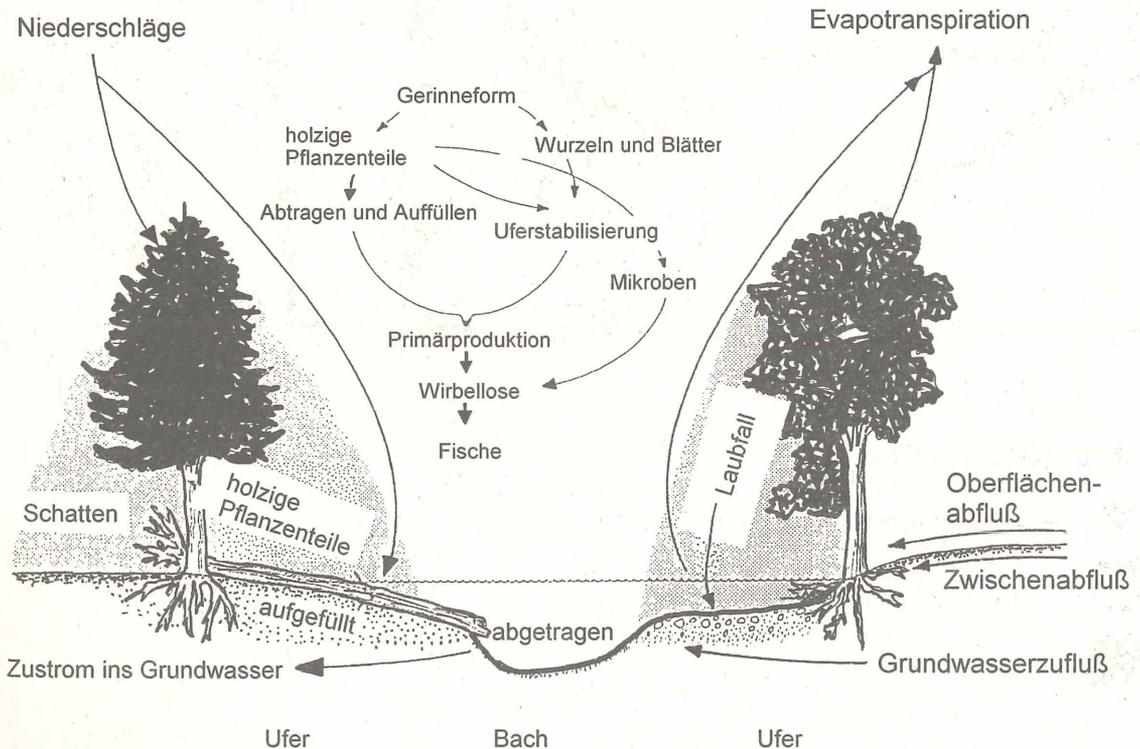


Abbildung 10

Schema der Uferzone und ihre Einflüsse auf das Fließgewässer, verändert (aus G. F. LIKENS 1992: The Ecosystem Approach: Its Use and Abuse, ed.: O. Kinne, Ecology Institute, Oldendorf/Luhe).

ches sich die Tiere bei Hochwasser zurückziehen und von dort aus die u. U. völlig ausgeschwemmten Biozönosen wieder aufbauen. Erst in jüngerer Zeit wurde die Bedeutung dieses Lebensraumes auch für die Selbstreinigung erkannt. Die vorliegenden spezifischen Bedingungen fördern die Ausbildung eines Biofilms, welchem durch das körnige Substrat im Lückensystem, in welchem sich auf engstem Raum Mikrohabitate unterschiedlicher chemischer und biologischer Eigenschaften bilden, große Oberflächen zur Verfügung stehen (Abb. 11).

Die enge funktionelle Verknüpfung zwischen Fließgewässer und Umgebung reicht aber weit über die Uferzone und das Interstitial hinaus. Das ergibt sich eigentlich schon aus dem Verlauf eines jeden Fließgewässers, wenn man bedenkt, dass der überwiegende Teil der Wasserschüttung nicht auf den direkten Niederschlag auf das Gewässer zurückzuführen ist, sondern, neben der (oberflächlichen) Schichtflut, vor allem auf jenen Anteil, der sich im Verlaufe der Infiltration unter der Erdoberfläche gesammelt und als Zwischenabfluss und/oder als Grundwasserabfluss dem oberflächlichen Fließgewässer zugeleitet wird (Abb. 6, unten).

Dieses Wasser stammt somit aus dem gesamten Einzugsgebiet des Fließgewässers. Der Abflussvorgang wird neben dem dominierenden Einfluss des Niederschlages (Niederschlagshöhen, -häufigkeit, -intensität, -dauer, -verteilung, Zurückhaltung z.B. durch Seen) von zahlreichen weiteren Faktoren bestimmt, unter welchen geomorphologische und geologische Faktoren, die Vegetation, sowie anthropogene Maßnahmen (Stauwehre, Flussbegradigungen, Eindeichungen, Wasserüberleitungen, Entnahme aus Oberflächenwasser und/oder Grundwasser, Wassereinleitungen, Urbanisierung, landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Bewirtschaftungsmethoden, Industrie u.a.) eine besondere Rolle spielen.

Einzugsgebiete und zugehörige Fließgewässer stellen innerhalb der Landschaft die kleinsten hydrologischen Einheiten dar (Abb. 6). Aus den zahlreichen Einflüssen, die vom Einzugsgebiet ausgehen und in die Eigenschaften des fließenden Oberflächenwassers eingehen, folgt, dass Maßnahmen zur Sanierung, bzw. zur Restauration eines Fließgewässers Stückwerk bleiben, wenn sie diese vielfältigen Wirkungen - darunter auch diffuse Nähr- oder Schadstoffimporte - völlig unberücksichtigt lassen. In diesem Sinne sind Fließgewässer und Seen gewissermaßen das Spiegelbild der natürlichen und anthropogenen Prozesse in den zugehörigen Einzugsgebieten.

Das, was man in der Praxis oft als "integrierten" oder "integralen Gewässerschutz", als "ökologisch begründete Gewässersanierung" oder schließlich als "holistisches Konzept" bei Maßnahmen an Gewässern und ihrem Umfeld bezeichnet, resultiert aus der Einsicht, das hier nur angedeutete Beziehungsgeflecht hinreichend genau analysieren zu müssen. Die Aufgabenstellungen, die sich daraus ergeben, sind - zumindest zum Teil - sehr schwierig

zu lösen. Leider gibt es in Deutschland meines Wissens bisher kein Forschungsprojekt, welches sich mit dieser Problematik an einem ausgesuchten Beispiel eines kleinen Einzugsgebietes einmal gründlich mit der gesamten Problematik befasst und aus den Ergebnissen und Erfahrungen ein Konzept für die Vorgehensweise in der Praxis geliefert hat. Ein derartiges Projekt kann aber nur dann erfolgreich beendet werden, wenn es in Zusammenarbeit zwischen Limnologen, Hydrologen, Hydraulikern, Hydrogeologen und terrestrisch orientierten Ökologen konzipiert und durchgeführt wird. Allerdings gehört zum Erfolg noch etwas mehr: Es dürfen nicht nur Fragestellungen formuliert werden, an welchen jede der beteiligten Disziplinen ohnehin schon arbeitet, sondern solche, die sich aus einem gemeinsamen Forschungsziel ergeben, welches bereits vor dem Beginn der Detailplanungen präzise definiert sein muss. Nur so kann ein Nebeneinander von Ergebnissen, die keine Beziehung zueinander haben, vermieden werden. Das lose Nebeneinander von Messergebnissen, die in langen Tabellen und reichlichem Text präsentiert werden, sind für die Praxis meist unbrauchbar. Ihr Schicksal ist leicht vorhersehbar: Sie landen in den Schubladen und bleiben dort.

Die besondere Berücksichtigung der Eigenschaften von Einzugsgebieten ist bei Aufgaben, die in oder an großen Flüssen oder Flussabschnitten zu lösen sind, weder ohne weiteres möglich noch erforderlich. Konkret: Wenn es um die Erhaltung der letzten Auengebiete geht, z.B. an Rhein und Donau, lassen sich Einflüsse, die irgendwo in ihren riesigen Einzugsgebieten entstehen und sich am Ort der Untersuchungen noch negativ bemerkbar machen, aus verschiedenen Gründen oft nicht ohne weiteres lokalisieren, geschweige denn ausschalten. Zur Gruppe der primär zu lösenden Aufgaben gehören sie daher wohl kaum. Am Anfang stehen daher andere Probleme. Sie beginnen damit, dass man zunächst alle Versuche unternimmt, um weitere Nachteile von diesen letzten Gebieten fernzuhalten. Wenn das gelungen ist, muss an Ort und Stelle geprüft werden, inwieweit die typischen Eigenschaften der Aue noch erhalten sind. Nach Kenntnis der Defizite können die Arbeiten beginnen, die das Ziel haben, eine Entwicklung einzuleiten, die im Idealfall zur vollständigen Restaurierung führt. Es ist nicht nur vorteilhaft, sondern notwendig, dass diese Arbeiten von Anfang an mit den für Wasserbau und Wasserwirtschaft zuständigen Behörden konzeptionell entwickelt und im weiteren Verlauf diskutiert werden.

Die Wechselbeziehungen zwischen aquatischen, semiterrestrischen und terrestrischen Lebensräumen sind in den Auengebieten besonders eng und für das Funktionieren von ausschlaggebender Bedeutung (Abb. 12). Herausragendes Kennzeichen ist die Dynamik, die sich aus Überflutung und Rückzug der Hochwässer ergibt. Es ist faszinierend zu erfahren, wie sich die Organismen an diesen Wechsel angepasst haben und welche Vielfalt sich

unter diesem Einfluss entwickelt hat. Jede Phase im Verlauf eines Hochwasserereignisses wird von jeweils anderen Organismengruppen besonders genutzt: Mit der Überschwemmung erfolgt der Nährstofftransport vom Wasser zum Land, wovon zu-

nächst die Mikroalgen profitieren und von ihnen das Zooplankton, das sich reichlich entwickelt. In diese Anfangsphase fällt die Laichzeit vieler Fische, deren Brut ein reiches Nahrungsangebot zur Verfügung steht. Wenig später wird maximales Fisch-

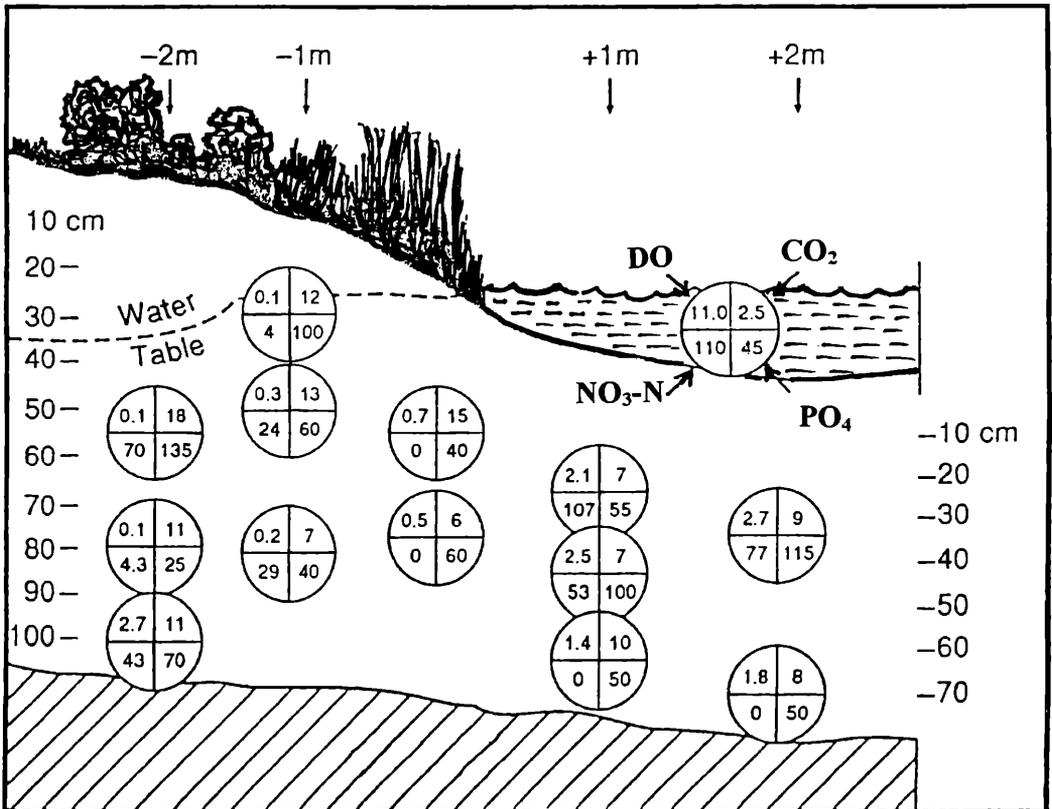
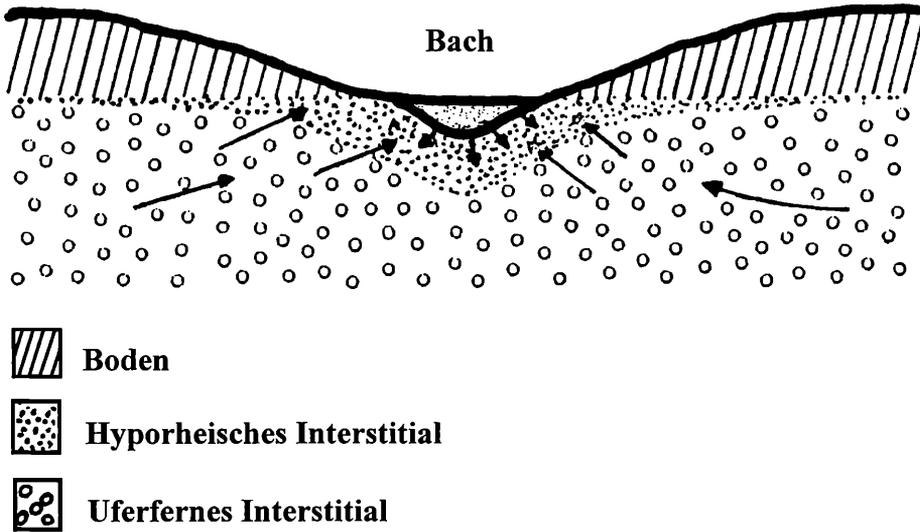


Abbildung 11

Oben: Schematischer Querschnitt durch einen Bach. Die Pfeile deuten den Austausch zwischen Grundwasser und Bachwasser im Bereich des hyporheischen Interstitials an, verändert (aus J. SCHWOERBEL 1993: Einführung in die Limnologie, Verlag Teubner).

Unten: Unterschiede in der Sauerstoff - (O<sub>2</sub>), der Kohlendioxid- (CO<sub>2</sub>), der Nitratstickstoff- (NO<sub>3</sub>-N) und der Phosphat- (PO<sub>4</sub>) Konzentration in verschiedenen Tiefen und nahe der hyporheischen Zone, verändert (aus G. F. LIKENS 1992: The Ecosystem Approach: Its Use and Abuse. ed.: O. Kinne, Ecology Institute, Oldendorf/Luhe).

wachstum beobachtet. Es reicht aus, dass die Fische in der Lage sind, mit dem abnehmenden Hochwasser in den Hauptstrom zu wandern und sich dort zu halten. Mit dem Rückzug des Hochwassers werden dem Hauptstrom Nährstoffe zugeführt. Auf dem feuchten Areal entwickelt sich eine üppige Landvegetation (Abb. 12).

Die hier in aller Kürze behandelten Themen werden in den nun folgenden Referaten vertieft. Im Vortrag von Herrn **Schwoerbel** werden die wichtigsten Stationen der Fließgewässerforschung von den Anfängen bis zur Gegenwart vorgestellt.

Auf die sich daran anschließenden Vorträge möchte ich im Folgenden kurz anhand der Abbildung 13 eingehen. Sie zeigt in einem Schema die verschiedenen Disziplinen der wissenschaftlichen Ökologie (man muss das Adjektiv "wissenschaftlich" ja heutzutage besonders herausstellen, weil es viele "Ökologien" gibt). Es sind dies: die Ökophysiologie, die sich mit Individuen befasst, die Populationsökologie, die Populationen untersucht, die Synökologie, die Lebensgemeinschaften analysiert und schließlich die Systemökologie (= Ökosystemforschung), die, wie der Name schon sagt, die Systemeigenschaften erforscht. In den Kästchen der Abb. 13 werden jeweils einige Themen genannt, die den genannten Disziplinen zuzuordnen sind.

Die Systemökologie unterscheidet sich von den übrigen Disziplinen in ganz besonderer Weise, indem sie systemimmanente Eigenschaften, wie z.B. den Stofftransport, den Stoffkreislauf, den Energietransfer u.a. Größen analysiert, die für das gesamte System kennzeichnend und somit auch zum Vergleich mit anderen Ökosystemen geeignet sind. Es ist klar, dass derartige Untersuchungen bei Fließgewässerökosystemen nur mit Beteiligung der Hydrologie in ihren weitesten Grenzen d.h. auch unter Einbeziehung der chemischen Analytik durchführbar sind. Es ist ebenso klar, dass derartige Untersuchungen nicht ohne Kenntnis zahlreicher Fakten aus der Ökophysiologie, der Populationsökologie und der Synökologie begonnen werden können. Wer sich für diese Thematik interessiert, dem sei das in der Reihe EXCELLENCE IN ECOLOGY herausgekommene Buch von Gene E. Likens zum Thema "The Ecosystem Approach: Its Use and Abuse" (Veröffentlicht 1992 vom Ecology Institute, 2124 Oldendorf/Luhe, Herausgeber: O. Kinne) ganz besonders empfohlen.

Unter den Themen, die im 4. Franz-Ruttner-Symposium behandelt und im Folgenden kurz vorgestellt werden, befindet sich keines, welches - in sensu stricto - der Systemökologie zuzuordnen wäre. Diese Feststellung erscheint mir wichtig, weil gegenwärtig die Tendenz besteht, fast jede Feldanalyse der Ökosystemforschung zuzuschreiben.

Im Referat von Herrn **Westrich** werden die wichtigsten Größen der Hydraulik vorgestellt, d.h. diejenigen Kräfte, die bei der Erosion und Sedimentation eine herausragende Rolle spielen und damit auch bei der Gestaltung der Fließgewässer. Als Kräfte

wirken sie auch auf die Bewohner der Fließgewässer, deren Folgen man an Individuen durch ökophysiologische Untersuchungen prüft.

Herr **Frutiger** berichtet über die faszinierenden Anpassungen der *Blepharicaridae* an die Strömung. Diese Tiere haben im Laufe der Evolution das Problem gelöst, sich in der reißenden Strömung kalter Gebirgsbäche an Steinen festzuhalten, ohne die zum Nahrungserwerb als Algenabweider erforderliche Mobilität aufzugeben. Morphologie, Physiologie und Verhalten erscheinen optimal aufeinander abgestimmt zu sein. Sie würden das Überleben der Art auf Dauer aber dennoch nicht sichern, gäbe es nicht Mechanismen, die auf der Populationsebene wirksam sind. Ihre Entdeckung war das Ergebnis populationsökologischer Untersuchungen.

Auch im Vortrag von Herrn **Diehl** werden ökophysiologische Ergebnisse - die Beschreibung des individuellen Wachstums bei Bachforellen - und populationsökologische Ergebnisse - die Analyse des individuellen Wachstums in Abhängigkeit von der Populationsdichte behandelt. Darüber hinaus wird gezeigt, dass man ein bestimmtes Kriterium des Bachforellenwachstums nicht ohne weiteres als Indikator für die Gewässergüte von Fließgewässern heranziehen kann, wenn man ihre Populationsdichte vernachlässigt.

Themen zur Wiedereinbürgerung von Fischen durch Besatz und zur natürlichen Wiederbesiedlung nach erfolgter Sanierung werden in den Vorträgen der Herren **Staas**, **Ingendahl** und **Kureck** behandelt. Die zugrundeliegenden Fragestellungen reichen von der Ökophysiologie bis zur Synökologie. Herr **Staas** berichtet über die aktuellen Entwicklungstendenzen einiger Fischarten im Rhein. Er unterstreicht die Bedeutung unverbauter Flussabschnitte mit naturnahen Kiesstrecken, sowie das Vorhandensein von Nebenflüssen und mit dem Rhein verbundener Baggerseen. Herr **Ingendahl** hebt die Bedeutung der Durchgängigkeit von Fließgewässern und die Bedeutung der Beschaffenheit von Sohle und Interstitial in ihrer Funktion als Laichplatz für die Kieslaicher des Rheins hervor. Aus beiden Referaten folgt, dass nicht nur die Rückführung der Belastungen durch überhöhte Nähr- und Schadstoffe, sondern auch die Verfügbarkeit strukturell geeigneter Laichplätze Voraussetzung für eine nachhaltige Wiedereinbürgerung verschwundener Fischarten sind. Herr **Kureck** begründet, weshalb für den Erfolg einer natürlichen Wiederbesiedlung auch der Lebenszyklus der betreffenden Art eine sehr wichtige Rolle spielen kann. Obgleich die diversen Schlussfolgerungen nicht in jedem Fall durch ökophysiologische und populationsökologische Laborexperimente belegbar sind - ihre Durchführung würde zumindest zum Teil unüberwindbare Grenzen erreichen - lassen sie sich in überzeugender Weise begründen, und - das ist wichtig für die Praxis im Umwelt- und Naturschutz, z.T. aber auch für die Fischerei - die daraus abzuleitenden Forderungen sind umsetzbar.

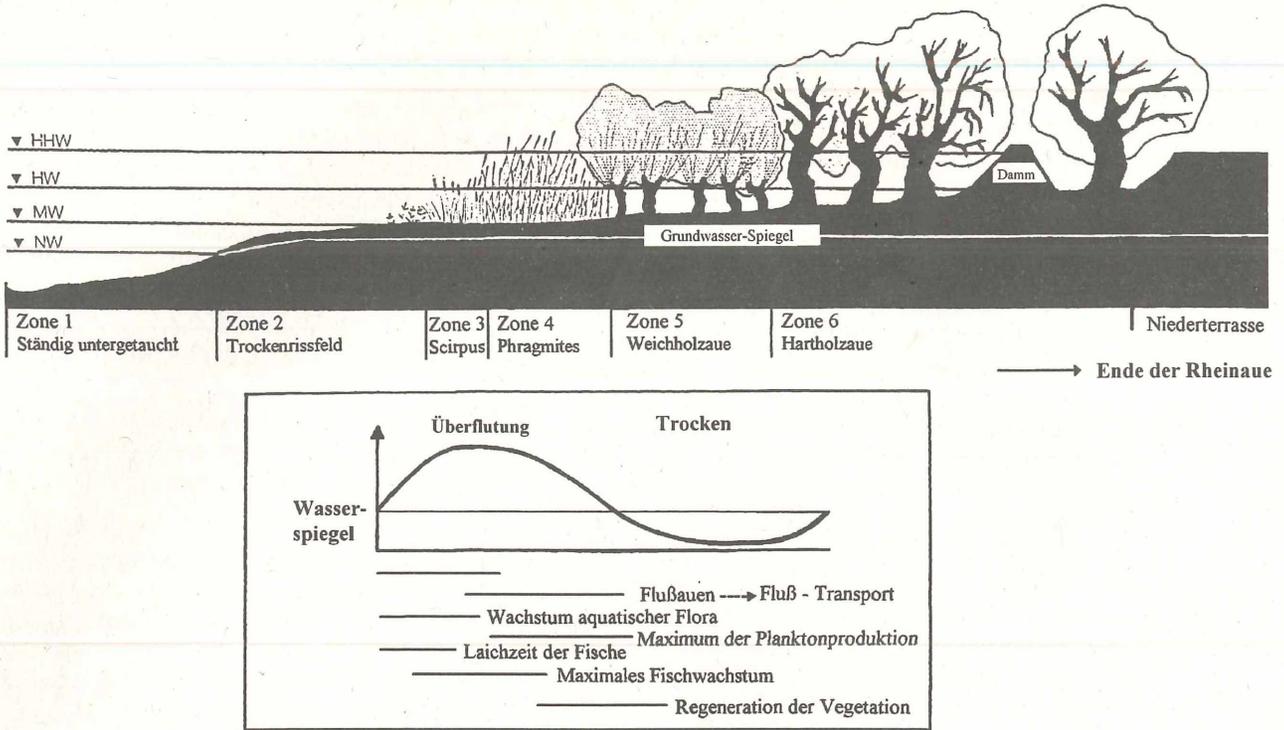


Abbildung 12

Oben: Zonierung des Auwaldes. Unten: Der Einfluss von Hochwasser und Hochwasserrückzug auf das Überschwemmungsgebiet (G. PETTS & P. CALOW 1996: The Nature of Rivers. In: River Restoration, eds.: G. Petts & P. Calow, Blackwell Science).

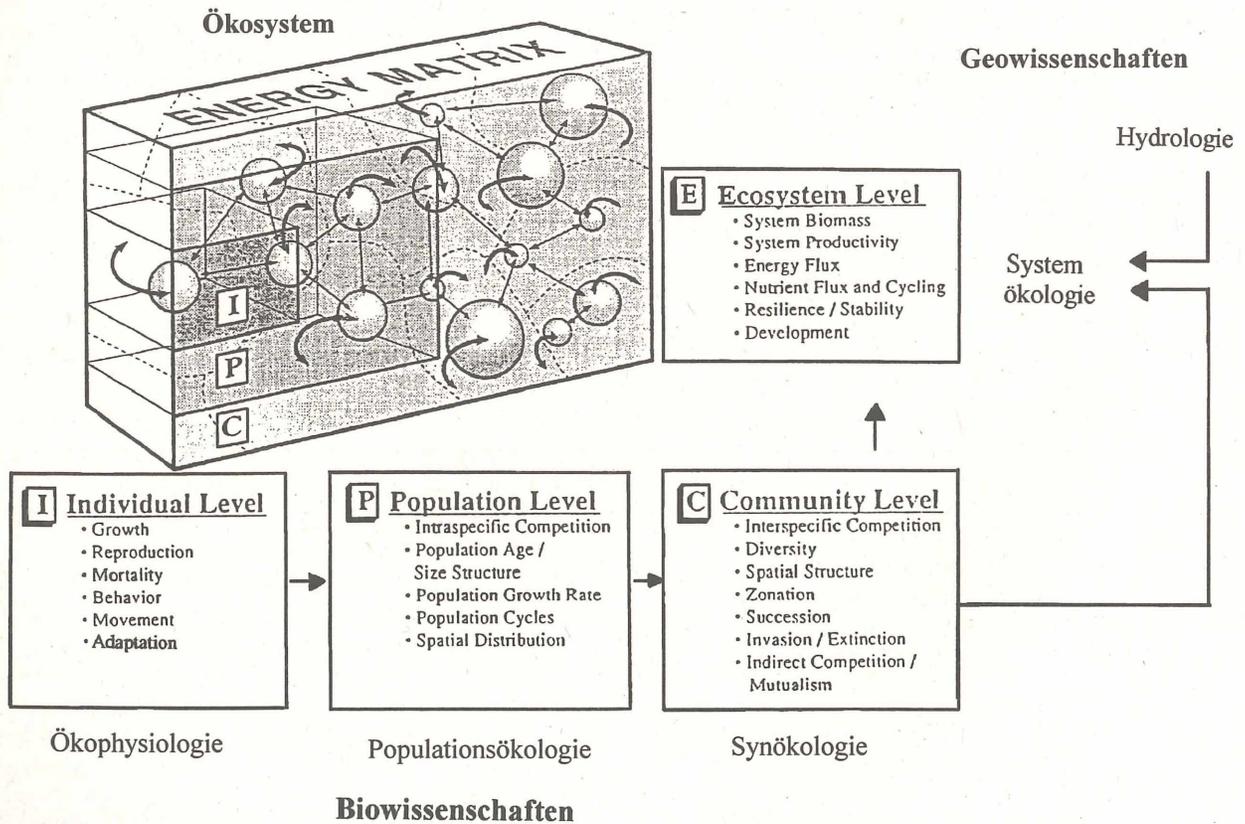


Abbildung 13

Übersicht über die Teilgebiete der traditionellen Ökologie und der Systemökologie inkl. einiger ihrer jeweiligen Forschungsobjekte (in den Kästchen). Die Kugeln repräsentieren abiotische und biotische Ganzheiten, die dicken Doppelpfeile deuten Rückkopplungen an, die dünnen Doppelpfeile Beziehungen zwischen einzelnen Gesamtheiten, etwas verändert (aus G. F. LIKENS 1992: The Ecosystem Approach: Ist Use and Abuse, ed.: O. Kinne, Ecology Institute, 2124 Oldendorf/Luhe).

Indem Herr **Neumann** diese und weitere Ergebnisse zur Problematik der Wiedereinbürgerung in seinem Vortrag zusammenstellt, kommt er u.a. zu der Schlussfolgerung, dass in den sogenannten sanierten Fließgewässern bei weitem noch keine befriedigenden Resultate vorliegen, da sich weder die ursprüngliche Biodiversität, noch die ursprüngliche Artenzusammensetzung eingestellt hat. Und bezüglich einiger Fischarten, die im Rhein zur Einbürgerung regelmäßig ausgesetzt werden, sind die Voraussetzungen für den Erhalt des Bestands durch eigene Reproduktion noch keineswegs erfüllt.

Bei den Untersuchungen, die Herr **Schiemer** in seinem Vortrag behandelt, geht es primär nicht um die Bestandssicherung oder Wiedereinbürgerung einer Art oder einiger bestimmter Arten und insofern nicht um ökophysiologische oder populationsökologische Fragestellungen. Im Vordergrund steht vielmehr die Erhaltung der typischer Eigenschaften von Flussauen und ihre Förderung, soweit sie durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen bereits beeinträchtigt sind. Das betrifft vor allem die ökologische Dynamik, die sich aus dem Wechsel von Überflutung und Rückzug der Hochwässer ergibt. Selbstverständlich gehen alle Kenntnisse aus ökophysiologischen und populationsökologischen Untersuchungen in diese besondere Aufgabenstellung ein. Eigene Untersuchungen beschränken sich auf die Bestimmung von Populationsgrößen und Wachstum, auf bevorzugte Bereiche für den Aufenthalt von Fischarten, z.B. zum Abläichen, für das Aufkommen der Brut u.a.. Darüber hinaus werden die Biodiversität, Zonierungen und Sukzessionen beschrieben, die im Wechsel der Hochwässer immer wieder aufs neue entstehen. In ihrer Gesamtheit liefern diese Befunde die Grundlagen für konkrete Maßnahmen, die in Kooperation mit der Wasserwirtschaft umgesetzt werden.

Was in der Donau bei Hainburg in Österreich gelungen ist, kann man sich in Bayern, im Bereich des letzten Abschnitts der freifließenden Donau im Raum Deggendorf, bisher leider nur wünschen!

Herr **Jorde** befasst sich in seinem Vortrag mit einem höchstaktuellen Problem. Die Fragestellung lautet lapidar: "Wieviel Wasser braucht ein Fließgewässer mindestens, um seine jeweils typischen biozönotischen Eigenschaften gerade noch zu bewahren?" Da diese Frage von den Fließgewässerökologen in keinem einzigen Fall beantwortet werden kann und eine für alle Fließgewässer gültige Antwort von vornherein ausgeschlossen werden muss, geht es in der wasserwirtschaftlichen Praxis um sehr grobe Näherungslösungen, die in Bayern auf der Grundlage der vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen im Jahre 1966 herausgegebenen Schrift zum Thema "Vorläu-

fige Arbeitsanleitung zur Abschätzung von Mindestabflüssen in wasserkraftbedingten Ausleitungsstrecken" kontrovers diskutiert werden. Es ist verständlich, dass aus wirtschaftlichen Gründen rasche Lösungen angestrebt werden. Aus ökologischer Sicht kann man sich gegenwärtig nur wünschen, dass die Bestimmungen nicht für längere Zeiten "zementiert" werden, damit Chancen zur Verbesserung so bald wie möglich genutzt werden können. Herr **Jorde** zeigt in seinem Vortrag neue Wege auf, indem bei der Festlegung von Mindestabflüssen auf gewisse Ansprüche typischer Fließgewässerbewohner, die sich aus ihrem Vorkommen ergeben, Rücksicht genommen wird.

Frau **Meyer** befasst sich in ihrem Vortrag mit temporären Fließgewässern. Da diese in der Forschung bisher eher vernachlässigt worden sind, werden die Größen und Kriterien aus dem Bereich der Hydrologie und der Ökologie vorgestellt, die bei systematischen Untersuchungen zu berücksichtigen wären.

Im Vergleich zu den wirtschaftlich bedeutenden Flüssen und Strömen wurden auch die kleinen Fließgewässer in der Limnologie mit wenigen Ausnahmen kaum untersucht, obgleich sie die in der exorheischen Region gelegenen Länder wie ein dichtes Gefäßnetz überziehen. Bei diesen Fließgewässern ist der Einfluss der zugehörigen kleinen Einzugsgebiete noch eher überschaubar, und man sollte annehmen, dass diese Ausgangssituation sich von vornherein im Sinne "integrierter Gewässerschutzmaßnahmen" ausgewirkt hat. Das ist jedoch nicht der Fall. Herr **Borchardt** plädiert daher in seinem Vortrag für die "integrale Gewässersanierung" und stellt ein entsprechendes Konzept vor. Wesentlich ist, dass man alle verfügbaren Daten aus den Bereichen Ökologie, Geowissenschaften und Ökonomie, insbesondere der Wasserwirtschaft, zur Planung und Durchführung entsprechender Vorhaben heranzieht. Im Gegensatz zur Ökosystemanalyse, die auf Stoffbilanzen, Stoffaustausch und Energiefluss zielt, um das betrachtete System anhand seiner systemimmanenten Eigenschaften und Prozesse zu beschreiben, streben "integrale Gewässersanierung" und "integraler Gewässerschutz" umsetzbare Ziele an, die aufgrund einer Bewertung von zahlreichen Einzelfakten herausgearbeitet werden.

#### **Anschrift des Verfassers:**

Prof. Dr. Otto Siebeck  
Am Mühlberg 23a  
D-83093 Bad Endorf  
e-mail: H.O.Siebeck@t-online.de

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: [4\\_1999](#)

Autor(en)/Author(s): Siebeck Hans Otto

Artikel/Article: [Vom Wasserkreislauf bis zum integrierten Fließgewässerschutz - eine Einführung in das 4. Franz-Ruttner-Symposium 11-25](#)