Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Mainz 1981) Band X 1983

Zur Dynamik der Zoobenthon-Biozönosen des Rheins

Ragnar Kinzelbach

Based on a 10 years program (1972-1982) of faunal investigations of the navigable Rhine river between Rheinfelden (Rhine km 149) and Rotterdam (Rhine km 1010), first results on the development and conditions of the macro-zoobenthon biocenoses are communicated. They are part of a comprehensive survey on the changes affecting the River Rhine as an environment. The applicability of biocoenology as an evidence of water quality within the potamocenosis is critically discussed.

Bioindicator, macrozoobenthon, potamocoenosis, River Rhine.

1. Einführung

Das Teilökosystem Potamocoen (ILLIES 1961) ist sowohl infolge seiner hohen Komplexität als auch aus technischen Gründen weltweit relativ schlecht erforscht. Dies steht im Gegensatz zu dem Umstand, daß es seit langem in ganz besonderem Maße vom Menschen genutzt und in seine Umwelt (um-)gestaltende Tätigkeit einbezogen wird.

Der den dichtestbesiedelten Bereich Mitteleuropas durchziehende Rhein macht davon nur insofern eine Ausnahme, als von ihm die Veränderungen wichtiger Umweltgrößen und die daraus folgenden Veränderungen der Besiedlung durch Tiere wenigstens partiell, und für einen vor die industrielle Revolution reichenden historischen Zeitraum wenigstens qualitativ dokumentiert sind (z.B. BALDNER 1666, NAU 1787, LAUTERBORN 1916-1918). Dies macht ihn für eine Modellstudie geeignet.

Nachfolgende Darstellung gibt aus dieser Entwicklung nur einige Ausschnitte und Gesichtspunkte wieder. Ausführliche Behandlung findet das Thema an anderer Stelle (KINZELBACH 1983).

2. Methoden

Neben der Auswertung von Literatur und Sammlungen sowie der Untersuchung subfossiler Faunen wurden u.a. in den Jahren 1972-1982 in zweijährigem Rhythmus am schiffbaren Rhein qualitative und quantitative Aufsammlungen des Makrozoobenthons durchgeführt. Die langfristige Untersuchung erwies sich als sehr gerechtfertigt, indem sich keineswegs einheitliche Ergebnisse oder eindeutige Tendenzen einstellten - im Gegenteil. Die Auswertung ist noch nicht abgeschlossen.

In der nachfolgenden Darstellung wird nur der schiffbare und stark belastete Abschnitt des Rheins zwischen Rkm 149 (Rheinfelden) und Rkm 1010 (Rotterdam-Europoort) betrachtet.

Dazu ist folgende Differenzierung zu beachten:

a) *Rheinkanal:* Die für die Schiffahrt ausgebaute Strecke des Hauptfahrwassers unterhalb von Rkm 149.

b) *Randgewässer:* Ohne Eigenströmung mit dem Rheinkanal direkt verbundene, von Rhein-Oberflächenwasser erfüllte Gewässer, wie z.B. Strombuchten, Stromhäfen, Staubecken, Nebenarme bei Gabelungen, Wasser hinter Leitwerken und in Kribbenfeldern.

c) *Seitengewässer:* Wasserkörper, die nicht direkt oder nur geringfügig mit dem Strom verbunden sind, jedoch Rhein-Oberflächenwasser und/oder Rheingrundwasser enthalten, z.B. ein Teil der Altrheine, Gießen, Häfen, Baggerseen der aktiven Rheinaue, der Restrhein im südlichen Abschnitt des Oberrheins.

d) *Nebengewässer:* Gewässer der Rheinaue, die Wasser anderer Herkunft, seitlich zufließendes Grund- oder Oberflächenwasser von Nebenflüssen enthalten, obwohl sie geomorphologisch oft dem Rhein ihre Entstehung verdanken, z.B. abgeschlossene Altrheine der Altaue, von Nebenflüssen durchströmte Altrheine, Baggerseen in der Altaue, Mündungen von Nebenflüssen, nicht von Rheinwasser durchströmte Häfen.

Diese Einteilung nach Kriterien des Wasserkörpers, nicht der Genese der Gewässerbecken, ist insofern erforderlich, als die erwähnten i.w.S. zum Rhein gehörigen Gewässer sehr unterschiedlich besiedelt sind. Dabei ist eine Zunahme der Artenzahl von 'a' nach 'd' zu beobachten.

Nachfolgend wird unter der Fauna des Rheins nur die Gesamtheit derjenigen Tiere verstanden, die im Rheinkanal 'a' und in den unmittelbar anschließenden, z.T. schwächer oder nicht fließenden Randgewässern 'b' dauernd leben. Diese Einschränkung ist notwendig, weil nur die Fauna dieser Bereiche gleichartigen Umweltveränderungen unterworfen ist. Die Seiten- und Nebengewässer treten glücklicherweise noch immer als eine Fülle von Gewässer-Individuen in Erscheinung. Weiterhin ist beim derzeitigen Kenntnisstand nur möglich, allgemeines zur wenig umfänglichen Fauna des Rheins (a und b) zu referieren, während die sehr komplizierten und differenzierten Faunen der Seiten- und Nebengewässer einer Revision oder gar Erforschung noch harren.

3. Übersicht über Veränderungen des Biotops

Die Veränderungen des Rheins vom Alten Rhein im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts zum heutigen Rheinkanal wurden schon mehrfach vorgestellt (z.B. ARBEITSGEM. UMWELT 1972; SCHÄFER 1973; KUNZ 1975, 1982; 3. SONDERGUTACHTEN 1976; KINZELBACH 1982). Daher sollen sie hier nur kurz mit ihren für das Makrozoobenthon wichtigsten Auswirkungen wiederholt werden.

3.1 Strombett

Die Korrektionen des 19. Jahrhunderts zwangen den Rhein wegen Grenzbereinigung, Gewinnung von Ackerland, wegen des Schutzes von Siedlungen und späterhin auch der Schiffbarmachung in ein verkürztes, genormtes und durch Eindeichung von der Alt-Aue sowie von Seiten- und Nebengewässern abgeschnittenes Strombett. Die Ufer wurden befestigt, weitgehend durch ortsfremdes Gestein.

Die durch diesen Ausbau erhöhte Strömungsgeschwindigkeit führte zu verstärkter Tiefenerosion und damit verbundenem Absinken von Oberflächenwasser und strombegleitendem Grundwasser. Sie führte zum Absinken der Wassertemperatur und erhöhte direkt wie indirekt das O_2-Angebot für Tiere. Pleistozäner Kies wurde wieder aufgearbeitet und verhindert jetzt durch seine Bewegung über weite Strecken die Ansiedlung von Tieren in der Hauptstromdrift. Emerse Uferflora verschwand, submerse Kormophyten wurden weitgehend auf Moose eingeschränkt. Ein Potamoplankton kam zunächst nicht mehr zu nennenswerter Entwicklung.

Der Ausbau des Hoch- und des südlichen Oberrheins mit Staustufen stellte flußfremde Staue mit völlig veränderten Bedingungen her.

3.2 Stromaue

Der für das Potamocoen wesentliche ± periodische Austausch von Stoffen und Lebewesen zwischen Aue und Strom wurde durch die Eindeichung unterbunden. Der verbliebenen, maximal 200 m breiten aktiven Aue zwischen den Rheinhauptdeichen steht eine wesentlich umfangreichere Alt-Aue mit nunmehr völlig andersartigen Standortsbedingungen gegenüber. Zusätzlich setzen Bebauung, Baggerseen, Gewerbeflächen und naturfremde Pflanzungen ursprüngliche Beziehungen außer Kraft. Die Einengung des Hochwasserbettes erhöhte die Extremwerte des jährlichen Wasserganges.

3.3 Wasserkörper

Steigende Einwohnerzahlen der ufernahen Städte, Belastung aus Zuflüssen, Ansiedlung von Industrie und Gewerbe, Einführung neuer Produkte und Produktionswege führten zu einem vermehrten Anfall biologisch abbaubarer Abwässer mit den bekannten Auswirkungen auf O_2-Bilanz, Keimzahlen, Algenwachstum. Zufuhr naturnaher Stoffe (z.B. Kochsalz, Tonschlamm) im Übermaß sowie auch in großer Verdünnung akkumulativ oder chronisch toxische Substanzen (z.B. Organochloride, Schwermetall-Ionen) wirkten auf Organismen direkt oder über das Nahrungsnetz ein. Abwärme, bisher erst lokal ein Problem, bedroht in erster Linie die O_2-Bilanz des Rheins.

3.4 Zusammenfassung

In ihrer Gesamtheit führten diese Veränderungen zum *uniformen* Rheinkanal mit einheitlichem Substrat, fast gleicher Strömung und weitgehend gleichartiger Belastung mit nur lokalen quantitativen Unterschieden. Sie sind zusammenfassend in Tab. 1 charakterisiert, aus der sich ablesen läßt, daß tendenziell die für das frühere Potamal zutreffenden Eigenschaften durch solche eines - mit den unter 3.3 genannten Faktoren belasteten - Rhithrals ersetzt wurden: Europas Strom wurde zu einem riesigen, verschmutzten Bach.

Tab. 1: Vergleichende Charakteristik Fluß - Bach.

	Potamal - Potamon - Potamocoen: Fluß	Rhithral - Rhithron - Rhithrocoen: Bach
Temperatur	warm schwankend	kalt konstant
Fließgeschwindigkeit	gering	hoch
Strömung	weniger turbulent	sehr turbulent
O_2-Gehalt	geringer und schwankend	hoch und konstant
Substrat	feinklastisch	grobklastisch
Trübstoffgehalt	hoch	gering
Morphologie	Terrassental breite Fluß-Aue	Kerbtal geringe Bach-Aue
Dynamik	Erosion und Sedimentation	Erosion überwiegt
Wasserführung	gleichmäßig autonome periodische Schwankungen	ungleichmäßig kurzfristig oszillierend
Primärproduktion	allochthon und autochthon (Detritus; Periphyton, Flußplankton Seitengewässer)	fast ausschließlich allochthon (Detritus)
Nahrungsketten	komplex	kurz
Biozönose	heterogen (→ Gewässer-Individuen)	homogen

4. Übersicht über Veränderungen der Biozönose

Die Veränderungen des Biotops Potamal führten zu solchen seiner Bewohnerschaft, des Potamon. Sie lassen sich grob folgendermaßen klassifizieren:

4.1 Veränderungen der Quantität der Arten

Seit Beginn der in Kap. 3 benannten Veränderungen ist die Zahl der im Rhein lebenden Tierarten (Spezies-Diversität) zurückgegangen. Geläufig ist dies für Wirbeltiere

Tab. 2: Artenzahl des Makrozoobenthons im 'Rheinkanal' zwischen Rkm 140 und 860.

	ca. 1900 - 1910 LAUTERBORN (1916-1918)	1956 KNÖPP (1957)	1971 ARBEITSGEM. UMWELT (1971)	1976 CONRATH et al. (1977)	1977 KINZELBACH (unveröff.)
Porifera (Schwämme)	5	2	2	2	2
Coelenterata (Hohltiere)	3	-	1	1	2
Plathelminthes (Plattwürmer)			2	3	4
Annelida (Ringelwürmer)	7	11	5	5	7
Crustacea (Krebse)	3	3	5	6	7
Insecta (Insekten)	39	10	3	5	7
Mollusca (Weichtiere)	20	14	9	10	13
Bryozoa (Moostiere)	3	1	-	2	2
Gesamtzahl	80	41	27	34	44

wie Biber, Otter, Sumpfschildkröte und die ursprünglich etwa 50 Fischarten (vgl. KUHN 1976, LELEK 1976, KINZELBACH 1982).

Das Makrozoobenthon ist gleichermaßen betroffen. Seine Artenzahl, von LAUTERBORN (1916-1918) nach lückenhaften Aufsammlungen in der 1. Dekade des 20. Jahrhunderts auf etwa 80 beziffert, ist seit 1956 zunächst mindestens um die Hälfte zurückgegangen (Tab. 2). Allerdings zeigt sich seit Mitte der 70er Jahre wieder ein Anstieg, der z.T. auf methodische Verbesserung der Erfassung, z.T. auf bessere Wasserführung des Rheins und z.T. auf den Bau von Kläranlagen mit nachfolgender Verbesserung der O_2-Bilanz zurückzuführen ist.

Die etwa dreißig 1972-1982 konstant im Rhein angetroffenen Arten des Makrozoobenthons können z.T. als Restfauna (Überlebende oder gar Opportunisten aus der Fauna des Alten Rheins), z.T. als Neofauna (siehe 4.2) angesprochen werden (Tab.

Tab. 3: Arten des Makrozoobenthons, die 1972-1980 bei mindestens einer Bereisung an mehr als 10% der Sammelstellen gefunden wurden.

Porifera	*Ephydatia fluviatilis*
	Spongilla lacustris
Coelenterata	*Pelmatohydra oligactis*
	Cordylophora caspia
Turbellaria	*Dugesia lugubris*
	Dugesia tigrina
	Dendrocoelium lacteum
Nematoda	*Rhabditidae* gen. sp.
Nemathomorpha	gen. sp.
Annelida	*Lumbriculus variegatus*
	Stylaria lacustris
	Tubificidae gen. spp.
	Naididae gen. sp.
	Erpobdella octoculata
	Erpobdella testacea
	Glossiphonia complanata
	Glossiphonia heteroclita
Crustacea	*Gammarus pulex*
	Gammarus roeselii
	Orchestia cavimana
	Asellus aquaticus
Insecta	*Ephemerella ignita*
	Hydroptila angulata
	Hydropsyche contubernalis
	Chironomidae gen. spp.
Mollusca	*Potamopyrgus jenkinsi*
	Valvata piscinalis
	Bithynia tentaculata
	Radix peregra ovata
	Acroloxus lacustris
	Physa acuta
	Physa fontinalis
	Gyraulus albus
	Ancylus fluviatilis
	Sphaerium corneum
	Pisidium spp.
	Unio pictorum
	Dreissena polymorpha
Bryozoa	*Plumatella emarginata*
	Plumatella fungosa
	Paludicella articulata
	Fredericella sultana

4.2 Veränderungen der Qualität der Arten

Die Qualität des Artenspektrums gegenüber dem Alten Rhein hat sich insofern verändert, als

I. aus der autochthonen Tierwelt des Rheins nur einige euryöke Arten ohne prinzipielle Zu- oder Abnahme überlebt haben;

II. einige Arten der autochthonen Fauna durch die erwähnten Veränderungen und ihre Folgen (z.B. Nahrungsangebot, Feind- oder Konkurrenzausfall) begünstigt wurden. Dies gilt vor allem für epilithische Arten, die zuvor nur im Mittelrheinabschnitt zwischen Bingen und Bonn nennenswert geeignete Substrate fanden, nunmehr jedoch die künstlichen Uferbebauungen des gesamten Rheinkanals besiedeln;

III. einige Arten direkt eingeschleppt oder eingesetzt wurden, anderen die Zuwanderung durch Beseitigung von Wasserscheiden mit dem Netz der europäischen Schiffahrts-Kanäle ermöglicht wurde (Neozoa) (KINZELBACH 1972, 1978, 1982) (Abb. 1).

Insgesamt erfolgte in den vergangenen 100 Jahren eine stärkere Verschiebung des Artenspektrums des Rheins als in den ca. 10000 Jahren seiner postglazialen Existenz.

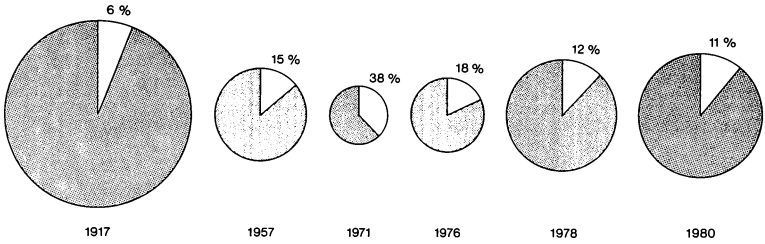


Abb. 1: Anteil der Neozoa am Makrozoobenthon.
Für 1917 beträgt die Gesamtzahl der Arten 80.

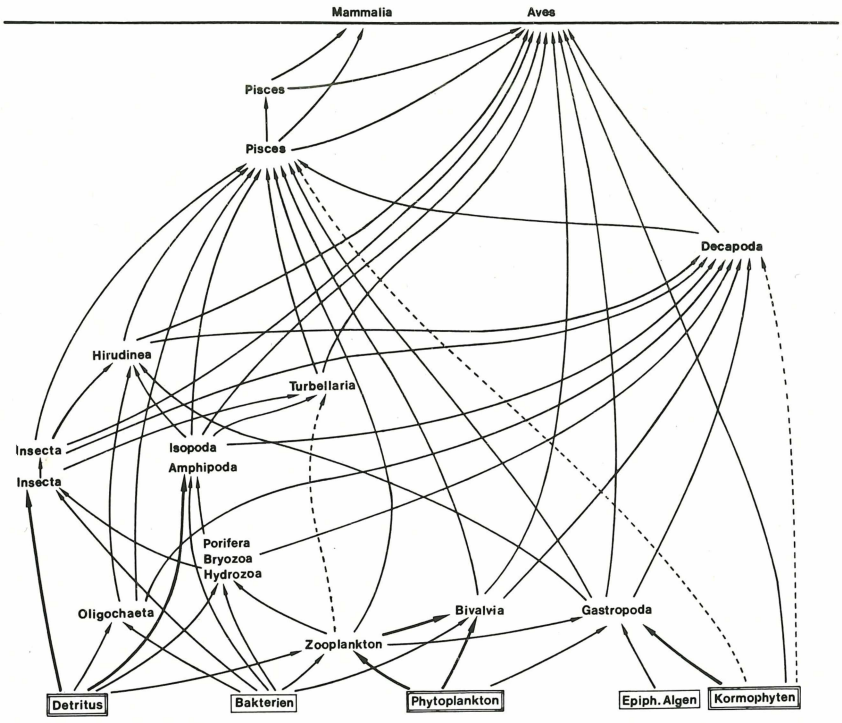
4.3 Veränderungen der Quantität der Produktion

Leider liegen auf diesem Gebiet keine Vergleichswerte aus früherer Zeit vor. Im Vergleich mit anderen Flüssen darf jedoch angenommen werden, daß mit Abnahme der Arten die Gesamtproduktion der verbleibenden zumindest konstant geblieben ist, ja sogar im Gefolge des Nährstoffeintrags durch die organisch abbaubaren Abwässer erheblich angestiegen ist.

Begünstigt durch hohes Nährstoffangebot (und Hartsubstrat, vgl. Kap. 3.1) wurden z.B. *Ephydatia fluviatilis (Porifera)*, *Plumatella* spp. *(Bryozoa)*, *Hydropsyche contubernalis (Insecta: Trichoptera)*.

4.4 Veränderungen der Qualität der Produktion

Der Ausfall von Stellgliedern im Nahrungsnetz führte zu dessen Umkonstruktion und teilweiser Entflechtung. Daraus geht hervor, daß nicht nur die Gesamtmenge der Produktion höher geworden ist, sondern auch die Anteile der beteiligten Taxa gewechselt haben (Abb. 2), z.B. führt das erhöhte Angebot suspendierten organischen Materials (Bakterien, Algen, Pilze, Zellulose u.a.) nicht zu einer Zunahme der Muscheln (in einem naturnahen Strom Hauptträger der tierischen Biomasse), sondern begünstigt die o.g. epilithischen und mit ihnen assoziierten Makrozoobenthos-Arten (z.B. Chironomidae, Hirudinea).



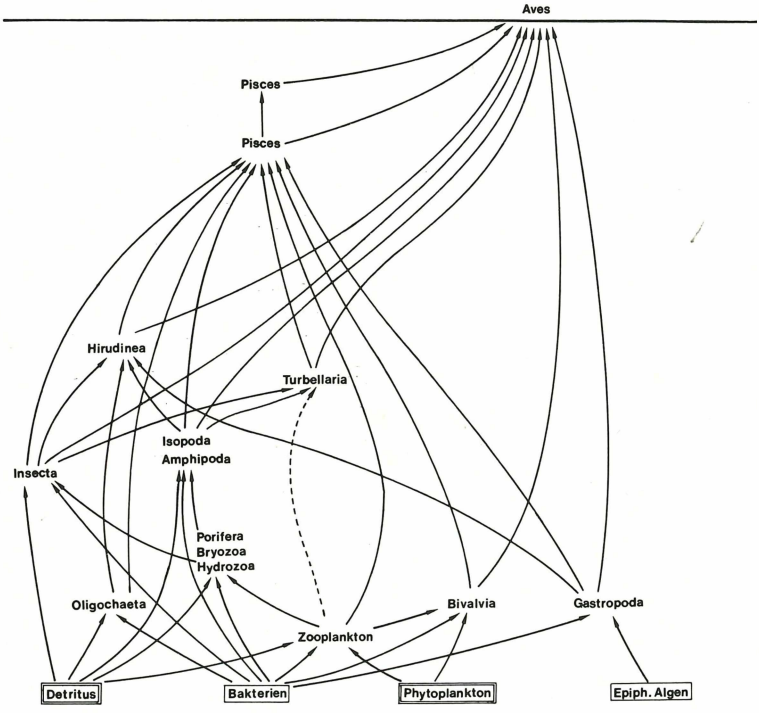


Abb. 2: Nahrungsnetz im Rhein Mitte des 19. und Mitte des 20. Jahrhunderts.

4.5 Zusammenfassung

Die Teilbiozönose Makrozoobenthon zeigt eine Uniformierung im Rheinkanal, die der des Biotops entspricht. Gleichsinnig mit der hinsichtlich des Biotops feststellbaren Rhithralisierung zeigt auch die aktuelle Fauna des Rheins einige Charakteristika, die eher für das Rhithron als für das Potamon charakteristisch sind, z.B. Auflösung des Nahrungsnetzes in kürzere, unverzweigte Nahrungsketten, Dominanz von der Detritus-Drift abhängiger Arten (Tab. 1).

5. Das Makrozoobenthon als Bioindikator

5.1 Prinzipielle Verwendbarkeit

Die in Kap. 3.4 und 4.5 betonte Parallelität zwischen der Entwicklung von Biotop und Biozönose zeigt, daß zwar prinzipiell das Makrozoobenthon als Bioindikator für die Qualität des Rheins verwendet werden kann; als grober Mischindikator kann es allerdings eher Hinweise auf den Eintritt irgendwelcher Veränderungen geben, also nur im Sinne eines Monitors für relative Zustände verwendet werden. Die *Art* der Veränderungen ist hingegen nur durch zusätzliche Untersuchungen zu ermitteln. Im übrigen überdecken die Faktoren Nahrungsangebot, Substrat und O_2 alle anderen Größen so sehr, daß ihre direkte Messung sehr viel schneller und genauer zu Befunden führt.

5.2 Störungen der Anwendung im Potamocoen

Im Bereich des Rhithrocoens begegnen dem Saprobiensystem nach Kolkwitz & Marsson (LIEBMANN 1960/62) und verwandten biozönologischen Verfahren der Gewässergüte-Beurteilung zwar auch schon einige Anwendungsschwierigkeiten, besonders durch Inhomogenität des Gewässers. Im Potamocoen erhöhen sich diese aber infolge der wachsenden Komplexität des Systems. Nur der Umstand der weitgehenden Kanalisierung und damit Uniformierung des Rheins läßt überhaupt biozönologische Verfahren legitim erscheinen. Doch ist auch der 'Rheinkanal' in sich inhomogen:

5.21 Longitudinale Inhomogenität

- Natürliche Gliederung (LAUTERBORN 1916-1918). Sie ist weitgehend zerstört, nur in Resten noch erhalten.
- Künstliche Gliederung (KNÖPP 1957; CONRATH, FALKENHAGE, KINZELBACH 1977; SCHMIDT 1982). Sie ist inkonstant, da durch Qualität und Quantität von Abwässern bestimmt.
- Inhomogenität durch noch unvollständige Besiedlung durch Neozoa oder neu begünstigte einheimische Arten: Z.B. wandert der Amerikanische Flußkrebs *(Orconectes limosus)* seit Jahren aus dem Rhein-Main-Gebiet flußaufwärts und steht derzeit im Bereich von Karlsruhe. Die Teich-Mützenschnecke *(Acroloxus lacustris)* wird aus den Stillwasserzonen der kanalisierten Nebenflüsse Main und Mosel nunmehr kontinuierlich in den Rhein verdriftet und bildet seitdem fluktuierende, lokale Vorkommen.
- Durch lokale Vergiftung oder starke Wasserstandsschwankungen besiedlungsfreie Ufer werden nach Eintreten günstiger Verhältnisse nicht in einer bestimmten Sukzession, sondern ± zufällig von der gerade zuerst eintreffenden Art besiedelt (patchiness). Daraus resultieren Inhomogenitäten, die meist nie ganz ausgeglichen werden, da bis zum Eintritt der nächsten Störung nicht hinreichend Zeit zur Auffüllung zur Verfügung steht.

5.22 Vertikale Inhomogenität

- Das Substrat der Ufer ist durch die künstlichen Uferbauten weitgehend homogen, unterbrochen allerdings von gelegentlichen Kies- und Sandstrecken, die andere Besiedlungsvoraussetzungen aufweisen. Zur Strommitte hin findet sich im Oberrhein überwiegend rollender Kies, im Niederrhein eher lehmig verfestigter Grund. Hier fehlt ein Makrozoobenthon nahezu völlig. Überall jedoch, wo ein Felsbett wie im Mittelrhein oder festliegender Kies wie in Teilen des Rheingaus und Niederrheins auch die Strommitte einnehmen, finden sich der Uferbesiedlung sehr ähnliche epilithische Makrozoobenthon-Biozönosen (SOPP 1982; ZIESE mdl.).
- Die Wasserstandsschwankungen - wie aus Kap. 3.2 hervorgeht, extremer gegenüber den Verhältnissen am Alten Rhein - stören die Uferbesiedlung erheblich und täuschen oft Besiedlungsfeindlichkeit auf Grund anderer Faktoren vor.

- Bekannt ist weiterhin, daß der Wasserkörper eines Stromes sich aus einem Geflecht der Zuflüsse zusammensetzt, deren Inhomogenität oft erst nach langen Verlaufsstrecken beseitigt wird. Als berühmtes Beispiel mag der Main, der von Mainz bis weit unterhalb vom Binger Loch als eigener Wasserkörper am Rheinufer nachweisbar ist, die Fischbesiedlung beeinflussen (KLAUSEWITZ 1981); das Makrozoobenthon erreicht er auf Grund seines Auftreibens, von lokalen Strömungen und Grundwasserzutritten meist nicht (ZIESE mdl.).

5.23 Temporale Inhomogenität

- Hier ist die rhythmische, von Jahreszeiten und Wassergang abhängige geläufig.
- Daneben treten arhythmische Besiedlungsinhomogenitäten auf, deren Ursachen sich infolge der Komplexität der Verhältnisse derzeit völlig einer Beurteilung entziehen. Vergleichbares berichtet ILLIES (1982) schon vom wesentlich homogeneren Rhithrocoen.

Die genannten Störungen machen, will man nicht nur ein ganz grobes Raster relativer Zustände anlegen, Biozönose-Untersuchungen für die Beurteilung der biologischen Qualität von großen Flüssen wenig praktikabel. Ein vergleichbares Ergebnis kann mit weit weniger Aufwand durch längst eingeführte Mittel, z.B. kontinuierliche O_2-Messung, BSB_5 und ähnliche Methoden erreicht werden. Auch Vergiftungen berühren das Makrozoobenthon wenig oder werden rasch kompensiert, wie nach der Thiodan-Welle 1969 feststellbar war (HEUSS 1970; eigene Beobachtungen). Unerklärt ist auch das verbreitete Vorkommen von nach dem Saprobiensystem (LIEBMANN 1960/62; MAUCH 1976) als empfindlich einzustufenden Organismen im zweifellos verschmutzten Rhein, z.B. Fluß-Mützenschnecke *Ancylus fluviatilis* und Moos-Blasenschnecke *Physa fontinalis*.

5.3 Grenzen der Biozoenologie

Wurden bisher nur praktische Einschränkungen angesprochen, die die Biozönosen als im Potamocoen (geringer im Rithrocoen) bedauerlicherweise wenig aussagekräftig hinsichtlich einer Standorts- und damit Wassergüte-Beurteilung ausweisen, so gibt es auch einige theoretische Überlegungen, die das Augenmerk der limnozoologischen Forschung von der Biozönose als Forschungsobjekt wegführen könnten.

Dahinter steht die Frage, ob eine Biozönose eine eigengesetzliche Struktur höherer Ordnung sei, wie traditionell angenommen wird, oder das Resultat der 'Autökologien' der beteiligten Organismen. Unsere Untersuchungen bestätigen letzteres und belassen der Biozönologie nur eine beschreibend-ordnende, nicht allerdings kausalanalytische Funktion. Da Wissenschaft jedoch Kausalanalyse betreiben muß, will sie ihren Namen verdienen, scheint es mir sehr viel sinnvoller, Forschungsanstrengungen nicht weiter auf die Lebensgemeinschaften, als vielmehr auf ihre Glieder und die diese im Detail verbindenden Energie- und Stoffflüsse zu lenken. Nur über deren Autökologie kann eine Eichung der Anzeigequalität von Organismen erlangt werden, viel zuverlässiger, als es die sehr allgemeinen Aussagen der komplexen Biozönosen vermögen. Ein besserer Bioindikator als eine komplexe, schwer kausal zu analysierende Gemeinschaft ist m.E. eine einzelne, sehr gut in ihren Ansprüchen und Funktionen bekannte Art.

Den Herren W. Conrath, B. Falkenhage, H. Franz, J. Jatzek, Dr. U. Schmidt und M. Ziese sei für Zusammenarbeit und einzelne Daten gedankt.

Literatur

ARBEITSGEMEINSCHAFT UMWELT, 1972: Bestandsrückgang der Schneckenfauna des Rheins zwischen Straßburg und Koblenz. Natur Museum 102: 197-206.

BALDNER L., 1666/1973: Das Vogel-, Fisch- und Thierbuch. Reprint (Faksimile) der Textausgabe von LAUTERBORN (1903). Bd. 1 u. 2. Stuttgart.

CONRATH W., FALKENHAGE B., KINZELBACH R., 1977: Übersicht über das Makrozoobenthon des Rheins im Jahre 1976. Gewässer Abwässer 62/63: 63-84.

HEUSS K., 1970: Zur Flora und Fauna des Niederrheins und deren Bedeutung für Betrachtungen über die Wassergüte. Gewässerschutz - Wasser - Abwasser 3: 267-275.

ILLIES J., 1961: Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. Int. Rev. Hydrobiol. 46: 205-213.

ILLIES J., 1982: Ökosystemforschung an einem Mittelgebirgsbach (Emergenzanalyse). Verh. Ges. Ökologie 10: 247-253.

KINZELBACH R., 1972: Einschleppung und Einwanderung von Wirbellosen in Ober- und Mittelrhein (Coelenterata, Plathelminthes, Annelida, Crustacea, Mollusca). Mainzer naturw. Archiv 11: 109-150.

KINZELBACH R., 1978: Veränderungen der Fauna des Oberrheins. Beih. Veröff. Natursch. Landespfl. Baden-Württemberg 11: 291-301.

KINZELBACH R., 1982: Veränderungen der Tierwelt im Rhein. Veröff. Pfälz. Ges. Förderung Wissensch. 70: 66-86.

KLAUSEWITZ W., 1981: Die Einwirkung des Mainwassers auf die Fische des Mittelrheins. Natur Museum 111: 220-228.

KNÖPP H., 1957: Die heutige biologische Gliederung des Rheinstroms. Dt. gewässerk. Mitt. 1: 56-63.

KUHN G., 1976: Die Fischerei am Oberrhein. Stuttgart: 196 S.

KUNZ E., 1975: Von der TULLA'schen Rheinkorrektion bis zum Oberrheinausbau. Jahrb. Natursch. Landschaftspflege 24: 59-78.

KUNZ E., 1982: Flußbauliche Maßnahmen am Oberrhein von Tulla bis heute mit ihren Auswirkungen. Veröff. Pfälz. Ges. Förderung Wissensch. 70: 34-50.

LAUTERBORN R., 1916/1917/1918: Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms. I - III. Sitzungsber. Heidelb. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. B 1916 (6): 1-61; 1917 (5): 1-70; 1918 (1): 1-87.

LELEK A., 1976: Veränderungen der Fischfauna in einigen Flüssen Zentraleuropas (Donau, Elbe, Rhein). Schriftenr. Vegetationskunde 10: 295-307.

LIEBMANN H., 1960/1962: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Bd. 1 (2. Aufl.) u. 2. München: 588 u. 1160 S.

MAUCH E., 1976: Leitformen der Saprobität für die biologische Gewässeranalyse. Courier Forschungsinst. Senckenberg 21 (1-5): 1-797.

NAU B.S., 1787: Oekonomische Naturgeschichte der Fische in der Gegend von Mainz. Beitr. Naturgesch. Mainzer Land. 1: 1-20.

3. SONDERGUTACHTEN RHEIN, 1976: Umweltprobleme des Rheins. Stuttgart/Mainz: 258 S.

SOPP E., 1982: Verteilung des Makrozoobenthons im Querprofil des Rheins bei der Loreley. Verh. Ges. Ökologie 10: 279-285.

SCHÄFER W., 1973: Nördlicher Oberrhein, ökologisch und ökotechnisch. Courier Forschungsinst. Senckenberg 2: 1-34.

SCHMIDT U., 1982: Das Makrozoobenthon des Rheinkanals. Zur Methode und Bestandsaufnahme 1978. Verh. Ges. Ökologie 10: 273-278.

Adresse

Prof. Dr. R. Kinzelbach
Institut für Zoologie TH
Schnittspahnstr. 3

D-6100 Darmstadt

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: 10_1983

Autor(en)/Author(s): Kinzelbach Ragnar

Artikel/Article: Zur Dynamik der Zoobenthon-Biozönosen des Rheins 263-271