© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Wasser und Abwasser Band 35 (1991) 125 166

Aus der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Gewidmet Herrn Präsident Dr. Herbert KNÖPP
zum 65. Geburtstag

ZUR BESTANDSENTWICKLUNG DES ZOOBENTHOS DES RHEINS IM VERLAUF DER LETZTEN NEUN JAHRZEHNTE *)

TH. TITTIZER, F. SCHÖLL, M. DOMMERMUTH, J. BÄTHE, M. ZIMMER

1. Einleitung

Grundbedingung bei der Beobachtung der Langzeitentwicklung einer Lebensgemeinschaft ist die Festlegung des Referenz- oder Ausgangszustandes. In der Regel strebt man dabei einen zeitlich weit zurückliegenden, von Menschen unbeeinflußten, "natürlichen" Zustand an.

Die Rekonstruktion der ursprünglichen Benthalfauna des Rheins wird dadurch erschwert, daß die Veränderung des Ökosystems Rhein aufgrund anthropogener Eingriffe schon begonnen hat, bevor es faunistisch untersucht worden war. So gilt z.B. die Flußperlmuschel *(Margaritifera auricularia)* im Rhein bereits seit 300-500 Jahren als ausgestorben. Als Ursache wird die erhöhte Schwebstoffkonzentration im Rheinwasser infolge massiver Waldrodungen im Mittelalter vermutet (FITTKAU & REISS 1983).

*) Durchgeführt im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), mit finanzieller Förderung durch das Umweltbundesamt.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Obschon im 17. Jahrhundert die Tierwelt des Rheins beschrieben wurde (BALDNER 1666), haben diese Angaben für die Kenntnis der Benthalfauna allenfalls einen orientativen Charakter. Auch die von Mitte des 19. bis Anfang des 20. Jahrhunderts durchgeführten Bestanderhebungen beziehen sich entweder nur auf einige ausgewählte taxonomische Gruppen (so z.B. die Arbeiten über die Molluskenfauna von BACH 1844, GOLDFUSS 1851,1856, POHLIG 1886, KOBELT 1908, BÖTTGER 1912 und HAAS 1912) oder nur auf Teilabschnitte des Rheins (wie die Arbeiten zu verschiedenen Insektengruppen des Hochrheins von RIS 1897, FELBER 1908 und NEERACHER 1910, des Mittelrheins und des oberen Niederrheins von Le ROI 1912,1913 sowie des Niederrheins von PUHLMANN 1913).

Die ersten umfassenden Angaben zur Wirbellosenfauna des Rheins verdanken wir LAUTERBORN (1903, 1904, 1905, 1907, 1908a-c, 1909a,b, 1910, 1911) und MARSSON (1907-1912). Vor allem die Arbeiten von LAUTERBORN (1916, 1917, 1918) geben den Zustand des Makrozoobenthos zu Anfang des 20. Jahrhunderts wieder.

Die von LAUTERBORN nachgewiesene Benthalfauna war jedoch bereits durch die im 18. und 19. Jh. durchgeführten wasserbaulichen Maßnahmen beeinflußt (vgl. Abschn.3.2). Auch zeigte die Abwasserbelastung des Rheins in Teilabschnitten des Stromes und die seit Mitte des 19. Jh. verstärkt setzende Dampfschiffahrt bereits ihre ersten Auswirkungen auf die Benthalfauna.

2. Zeitliche Entwicklung der Makrozoozönose

Ein Vergleich der in den letzten neun Jahrzehnten von verschiedenen Autoren (RIS 1897, FELBER 1908, NEERACHER 1910, BOETTGER 1912, Le ROI 1912/1913, PUHLMANN 1913, LAUTERBORN 1916/1917/1918, ULMER 1927, EIDEL 1937, CREMER

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

1938, KNÖPP 1957, MIEGEL 1964, TITTIZER 1977, CONRATH, FALKENHAGE & KINZELBACH 1977, CASPERS 1980, SCHMIDT 1981, BLESS 1981,1990, FRANZ & JATZEK 1982, KINZELBACH 1982/1983/1987, SOPP 1983, KOSTER & WINKLER 1985, TITTIZER, SCHLEUTER & SCHLEICHERT 1986, SCHMITZ 1986, JATZEK 1986, ZIESE 1987, ROTH 1987, TITTIZER & SCHLEUTER 1987, TITTIZER & SCHÖLL 1988, SCHÖLL & TITTIZER 1988, NESEMANN & SCHÖLL 1988, SCHÖLL & SCHLEUTER 1989, TITTIZER, SCHÖLL & SCHLEUTER 1989/1990, SCHILLER 1990, BIJ DE VAATE & GREIJANUS-KLAAS 1990, SCHÖLL 1990) nachgewiesenen Faunenbestände wird durch folgende Faktoren erschwert:

a) Unzulänglichkeit der Artdiagnose (bedingt durch fehlende oder aus heutiger Sicht unzureichende optische Hilfsmittel sowie taxonomische Literatur). So ist es z.B. gut vorstellbar, daß verschiedene ehemals beschriebene Arten heute unter einer Art zusammengefaßt wurden. Dies gilt insbesondere für Arten aus der Gruppe der *Plecoptera* (ZWICK, schriftl. Mitteilung), *Trichoptera (Hydropsychidae, Hydroptilidae)* und *Ephemeroptera (Heptagenidae, Baetidae;* CASPERS 1980). Die Unsicherheit in der Artdiagnose führte aber oft auch dazu, daß Tiere nur bis zum Familien- oder Gattungsniveau bestimmt wurden.

b) Diskrepanz zwischen der füheren und heutigen Nomenklatur

c) keine genauen Angaben über Fundort, Verbreitung und Abundanz der einzelnen Arten.

2.1. Entwicklung der Artenzahl

Die Artenlisten von LAUTERBORN (ergänzt durch Angaben anderer Autoren; vgl. Abschn. 2) ergeben im Rheinabschnitt zwischen Bodenseeauslauf und Deltarhein (Rhein-km 0-870) ca. 270 Arten, davon allein 165 Taxa für den schiffbaren

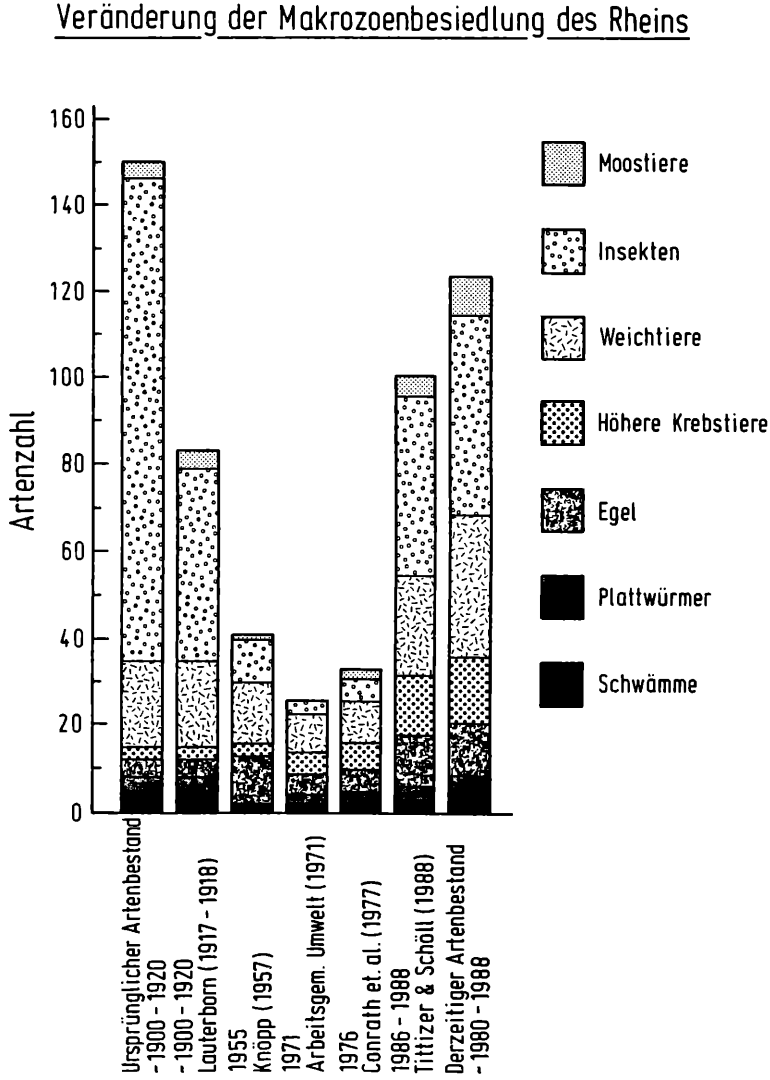
© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Rheinabschnitt zwischen Rheinfelden (Rhein-km 152) und Pannerden (Rhein-km 870). Eine Betrachtung der Entwicklung des Makrozoobenthos in den letzten 90 Jahren läßt einen drastischen Rückgang der Artenzahlen Mitte der 50er bis Anfang der 70er Jahre erkennen (Abb.1).*

Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden in Abb.1 nur ausgewählte Tiergruppen berücksichtigt.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 1: Veränderung der wichtigsten Makrozoengruppen des Rheins (ohne Hochrhein) in zeitlicher Abfolge



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Wie aus Abb. 1 zu ersehen, ist die Abnahme der Artenzahl bei den verschiedenen Makrozoengruppen sehr unterschiedlich ausgeprägt. Während bei den Plattwürmern, Egeln, Weichtieren, Krebsen, Moostieren und Schwämmen nur geringfügige bis mäßige Änderungen der Artenzahlen festzustellen sind, kommt es bei den Insekten zum fast völligen Erlöschen der Bestände. Von den Anfang des Jahrhunderts nachgewiesenen 112 Insektenarten blieben 1971 ganze fünf Arten übrig.

Eine Wende in der Entwicklung des Makrozoobenthos ist ab Mitte der 70er Jahre zu erkennen. Insbesondere die Zahl der Egel, Krebse, Weichtiere und der Insekten stieg merklich an. Die Plattwürmer, Egel, Krebse und Weichtiere sind heute sogar in höheren Zahlen in der Lebensgemeinschaft vertreten als zu Anfang des Jahrhunderts. Dieser positive Trend setzt sich auch in den 90er Jahren fort. Jahr für Jahr werden im Rhein immer mehr Arten nachgewiesen. Inzwischen kann das Arteninventar des schiffbaren Rheins mit rd. 130 Taxa angegeben werden. Da hierbei einige Gruppen *(Oligochaeta, Coleoptera, Diptera)* nicht bis zur Art bestimmt werden, liegt die Zahl der im Rhein vorkommenden Arten sogar wesentlich höher.

Gelegentlich wird der Einwand erhoben, daß der Vergleich der mit unterschiedlicher Intensität und Untersuchungstechnik gewonnenen Daten nicht zulässig ist. In der Tat kann dieser Vergleich keinen Anspruch auf mathematische Genauigkeit erheben. Dennoch sind richtungsweisende Entwicklungstendenzen deutlich zu erkennen.

2.2. Entwicklung der Besiedlungsstruktur

Der Vergleich der Artenzahlen allein genügt aber nicht, um qualitative Veränderungen im Artenspektrum der Zoozönose aufzuzeigen. So kommt z.B. nicht zum Ausdruck, welche

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abundanzverschiebungen eingetreten sind und inwieweit Artenverluste durch das Hinzukommen neuer Arten kompensiert wurden.

Ein genaues Bild über die strukturellen Veränderungen einer Zoozönose erhält man bei der getrennten Betrachtung der einzelnen taxonomischen Gruppen (oder Arten). Hierbei ist es möglich, zwischen den ursprünglichen und den neu hinzugekommenen Arten zu differenzieren. Aufschlußreich ist auch der für die einzelnen Rheinabschnitte vorgenommene Vergleich der Bestände (Tab.1 und Abb.2).

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Tab. 1: Liste der um 1920 und 1990 im Rhein nachgewiesenen Makrozoen

TAXA	Hoch-rhein um 1920	Hoch-rhein um 1990	Ober-rhein um 1920	Ober-rhein um 1990	Mittel-rhein um 1920	Mittel-rhein um 1990	Nieder-rhein um 1920	Nieder-rhein um 1990
PORIFERA								
Spongillidae		.		x		x		
Spongilla lacustris (L.)		x		x		.		
Eunapius fragilis (LEIDY)		x		x		x		
Ephydatia fluviatilis (L.)		x		x		x		
Ephydatia mülleri (LIEBK.)				x		x		
Trochospongilla horrida WELTN.								
TRICLADIDA								
Dugesia gonocephala (DUGES)		x		.		.		
Dugesia lugubris-Gr. (O.SCHMIDT)		x		x		x		
Dugesia tigrina (GIRARD)*		x		x		x		
Planaria torva (O.F. MÜLLER)				.				
Polycelis sp.		.		x				
Polycelis nigra (O.F. MÜLLER)		x						
Polycelis tenuis IJIMA		x						
Bdellocephala punctata (PALLAS)		.		.		.		
Dendrocoelum lacteum (O.F. MÜLLER)		x		x		x		
HIRUDINEA								
Glossiphonia complanata (L.)		x		x		x		
Glossiphonia complanata concolor (APAT.)		.		x		x		
Glossiphonia heteroclita (L.)		x		x		x		
Helobdella stagnalis (L.)		x		x		x		
Batracobdella paludosa (CARENA)		.		x				
Theromyzon tessolatum (O.F. MÜLLER)		x		x		.		
Hemiclepsis marginata (O.F. MÜLLER)		x		x		x		
Piscicola geometra (L.)		x		x		x		
Haemopis sanguisuga (L.)		x		x		.		
Erpobdella octoculata (L.)		x		x		x		
Erpobdella testacea (SAV.)		x		x		x		
Dina lineata (O.F. MÜLLER)		x		x		x		
BRYOZOA								
Bryozoa		.		x		x		
Paludicella articulata (EHRENBERG)		x		x		x		
Fredericella sultana (BLUMENBACH)		x		x		x		
Plumatella emarginata ALLMANN		x		x		x		
Plumatella fructicosa ALLMANN		x		x		x		
Plumatella fungosa (PALLAS)		x		x		x		
Plumatella repens (L.)				x		x		
Hyalinella punctata (HANCOCK)		.		x				
cristallinus (CUVIER)		x		.		.		
CUVIER		x		x		x		
GASTROPODA								
Theodoxus fluviatilis (L.)		.		x		x		
Viviparus ater (CHRIST. & JAN)		x		.		.		
Viviparus viviparus (L.)*		.		x		x		
Valvata cristata (O.F. MÜLLER)		x		x				
Valvata pulchella STUDER		x		x		.		
Valvata Piscinalis (O.F. MÜLLER)		x		x		x		
Potamopyrgus jenkinsi (E.A. SMITH)*		x		x		x		
Bytiospeum sp.				(x)		.		
Lithoglyphus naticoides (C. PFEIFFER)*		.		.		x		
Bithynia leachi (SHEPPARD)		x		x		.		
Bithynia tentaculata (L.)		x		x		x		

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

TAXA	Hoch-rhein um 1920	Hoch-rhein um 1990	Ober-rhein um 1920	Ober-rhein um 1990	Mittel-rhein um 1920	Mittel-rhein um 1990	Nieder-rhein um 1920	Nieder-rhein um 1990
Physa acuta DRAPARNAUD*	x		x		x		x	
Physa fontinalis (L.)	.		x		x		x	
Lymnaea stagnalis(L.)	x		.		x			
Lymnaea palustris (O.F. MÜLLER)	.		x					
Lymnaea corvus (GMELIN)	x		.					
Lymnaea truncatula (O.F. MÜLLER)	x		x					
Lymnaea turricula (HELD)	x							
Lymnaea auricularia (L.)	x		.		.			
Lymnaea peregra/ovata	x		x		x			
Anisus leucostomus (MILLET)	x							
Anisus spirorbis (L.)	x		.					
Anisus contortus (L.)	x		(x)					
Anisus vorticulus (TROSCHEL)	x		.		.			
Gyraulus albus O.F. MÜLLER	x		x		x			
Segmentina complanatus (L.)	x		.					
Planorbis sp.	.		x					
Planorbis carinatus O.F. MÜLLER	x							
Planorbis planorbis (L.)	x		.		.			
Ancylus fluviatilis O.F. MÜLLER	x		x		x			
Ferrissia wautieri (MIROLLI)*	.		x		.			
Acroloxus lacustris (L.)	x		x		x			
BIVALVIA								
Anodonta anatina (L.)	x		x		x			
Corbicula fluminea (MÜLLER)*			x		.			
Pseudanodonta elongata HOLANDRE					x			
Unio crassus PHILIPSSON	.		.		.			
Unio pictorum (L.)	x		x		x			
Unio tumidus PHILIPSSON	.		x		x			
Pisidium sp.	x		x		x			
Pisidium amnicum (O.F. MÜLLER)	x		.					
Pisidium casertanum (POLI)	x		x		.			
Pisidium henslowanum (SHEPPARD)	x		x		x			
Pisidium milium HELD	x		.					
Pisidium nitidum JENYNS	x		x					
Pisidium personatum MALM	x		.					
Pisidium subtruncatum MALM	x		x		.			
Pisidium supinum A. SCHMIDT	x		x		x			
Sphaerium corneum (L.)	x		x		x			
Sphaerium solidum (NORMAND)	.		x					
Sphaerium lacustre (O.F. MÜLLER)	x							
Sphaerium rivicola (Lamarck)	.		.		.			
Dreissena polymorpha (PALLAS)*	x		x		x			
DECAPODA								
Atyaephyra desmaresti (MILLET)*			x		.			
Orconectes limosus (RAFINESQUE)*			x		x			
Eriocheir sinensis H.M. EDWARDS*					x			
ISOPODA								
Asellus aquaticus (L.)	x		x		x			
Proasellus coxalis (DOLLFUS)	x		x					
Proasellus meridianus (RAC.)*			x					
Proasellus slavus (REMY)			(x)					

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

TAXA	Hoch-rhein um 1920	Hoch-rhein um 1990	Ober-rhein um 1920	Ober-rhein um 1990	Mittel-rhein um 1920	Mittel-rhein um 1990	Nieder-rhein um 1920	Nieder-rhein um 1990
AMPHIPODA								
Chaetogammarus ischnus STREBING*				.		.		
Corophium curvispinum SARS*				x		x		
Echinogammarus berilloni CATTA*		.		x		.		
Gammarus fossarum KOCH		x		x		x		
Gammarus pulex pulex (L.)		x		x		x		
Gammarus roeseli GERVAIS		x		x		x		
Gammarus tigrinus SEXTON*				x		x		
Niphargus sp.				(x)		.		
Orchestia cavimana HELLER*				x		x		
EPHEMEROPTERA								
Siphlonorus lacustris ETN.		x		.				
Baetis sp.		x		x				
Baetis buceratus ETN.		x		.		.		
Baetis fuscatus L.		x		x		x		
Baetis gemellus ETN.		x						
Baetis lutheri MÜLLER-LIEBENAU		x				.		
Baetis muticus L.		.				(x)		.
Baetis rhodani PICTET		x				x		
Baetis scambus ETN.		x		.				
Baetis vernus CURTIS		x		x				
Centroptilum luteolum MÜLLER		x						
Centroptilum pennulatum ETN.		.						
Cloeon dipterum L.		x		.				
Cloeon simile ETN.		.		x				
Procloeon bifidum BGTSS.		x						
Oligoneuriella rhenana IMH.				.				
Epeorus sylvicola PICTET				x				
Rhithrogena alpestris ETN.								
Rhitrogena diaphana NAV.								
Rhithrogena germanica ETN.				.				
Rhithrogena semicolorata CURTIS				x		.		
Ecdyonurus lateralis- Gr. ?						(x)		.
Ecdyonurus fluminum-Gr. ?		.				(x)		(x)
Ecdyonurus dispar CURTIS		x						
Ecdyonurus forcipula PICTET		x						
Ecdyonurus insignis ETN.		.		.				
Ecdyonurus venosus F.		x		x				
Heptagenia coerulans ROST.				.				
Heptagenia flava ROST.				x				
Heptagenia longicauda STEPH.		.		.		.		
Heptagenia sulphurea MÜLLER		x		x		x		
Ephemerella notata ETN.		x		.		.		
Ephemerella ignitia PODA		x		x		x		
Caenis horaria L.		x		.		.		
Caenis luctuosa BURM.		x		x		x		
Caenis macrura STEPH.		.		x				
Caenis rhenicola MAIZ.		x						
Caenis rivulorum ETN.		x						
Prosopistoma foliaceum FOURCR.								
Leptophlebia marginata L.								
Leptophlebia vespertina L.				.				
Paraleptophlebia submarginata STEPH.				x				

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

TAXA	Hoch-rhein um 1920	Hoch-rhein um 1990	Ober-rhein um 1920	Ober-rhein um 1990	Mittel-rhein um 1920	Mittel-rhein um 1990	Nieder-rhein um 1920	Nieder-rhein um 1990
Ephoron virgo OL.				x		x	x	x
Ephemera danica MÜLL.								
Ephemera lineata ETN.		.						
Ephemera vulgata L.		x						
Paligenia longicauda OL.		.		.				
Potamanthus luteus L.		x		x				
PLECOPTERA								
Taeniopterygidae				x				
Brachyptera braueri KLAP.								
Brachyptera trifasciata PICTET								
Oemopteryx loewii ALB.		.						
Rhabdiopteryx neglecta ALB.		x					.	
Taeniopteryx nebulosa L.							x	
Taeniopteryx kempnyi KLP. ?					.		(x)	
Nephelopteryx minuta RAMB. ?					(x)			
Amphinemura standfussi RIS				.	(x)	.		
Nemoura sp.				x	.	x		
Nemoura marginata PICTET					(x)			
Nemurella picteti KLP.					(x)		.	
Protonemura meyeri PICTET				.	.		(x)	
Euleuctra geniculata STEPH.				x	x		x	
Leuctra braueri KMP.		.		.			x	
Leuctra fusca L.		x		x	.		x	
Leuctra cylindrica (DE GEER) ?					(x)		(x)	
Leuctra hippopus KNP.					.		(x)	
Capnia nigra (PICTET)								
Dictyogenus imhoffi (PICTET)								
Dictyogenus vertralis PICTET							.	
Isogenus nubecula NEWM.							x	
Isoperla grammatica PODA							(x)	
Isoperla obscura ZETT.				.			x	
Perlodes sp.				x				
Perlodes microcephalus PICTET				x				
Dinocras cephalotes CURTIS								
Marthamea selysii PICT.								
Perla sp.							.	
Perla burmeisteriana CLAASSEN							(x)	
Perla grandis RAMBUR							x	
Perla marginata PANZ.							x	
Chloroperla tripunctata SCOP.							(x)	
Chloroperla venosa ST. ?							.	
Siphonoperla burmeisteri PICTET							(x)	
Xanthoperla apicalis NEWM.							x	
TRICHOPTERA								
Rhyacophila sp.		x		x				
Rhyacophila aquitanica McL.		x		.				
Rhyacophila dorsalis (CURTIS)		x		x				
Rhyacophila fasciata HAGEN		.						
Rhyacophila nubila (ZETTERSTEDT)		x						
Rhyacophila pascoei McL.	x	.						
Rhyacophila philopotamoides McL.	.	x						
Rhyacophila torrentium PICTET	(x)							
Rhyacophila tristis PICTET	x							

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

TAXA	Hoch-rhein um 1920	Hoch-rhein um 1990	Ober-rhein um 1920	Ober-rhein um 1990	Mittel-rhein um 1920	Mittel-rhein um 1990	Nieder-rhein um 1920	Nieder-rhein um 1990
Rhyacophila vulgaris PICTET	(x)							
Glossosoma boltoni CURTIS	x							
Glossosoma conformis NEBOISS	x							
Synagapetus dubitans McL.	(x)	.			.			
Agapetus fuscipes CURTIS	.	x			(x)			
Agapetus laniger PICTET	x	x			(x)			
Agapetus ochripes CURTIS	x	x						
Ptilocolepus granulatus (PICTET)	(x)							
Stactobiella risi FELBER	x							
Orthotrichia angustella (McL.)	x							
Orthotrichia costalis (CURTIS)								
Ithytrichia lamellaris EATON								
Oxyethira flavicornis (PICTET)		.		.		.		
Hydroptila sp.		x		x		x		
Hydroptila angulata MOSLEY		.		x				
Hydroptila forcipata EATON		x		x				
Hydroptila rheni RIS		.						
Hydroptila sparsa CURTIS		x						
Hydroptila tineoides DALMAN		x						
Hydroptila vectis CURTIS				.		.		
Agraylea sp.		.		x		x		
Agraylea sexmaculata CURTIS	.	x						
Allotrichia pallicornis EATON	x	x						
Philopotamus ludificatus McL.	(x)							
Philopotamus montanus (DONOVAN)	(x)							
Wormaldia occipitalis (PICTET)	(x)							
Wormaldia subnigra McL.	x							
Chimarra marginata (L.)	x							
Hydropsyche sp.		.						
Hydropsyche angustipennis (CURTIS)	.	x		.		.		
Hydropsyche contubernalis McL.[1]	x	x		x		x		
Hydropsyche exocellata DUFOUR	.			x				
Hydropsyche guttata (PICTET)	(x)	.						
Hydropsyche instabilis CURTIS	x	x						
Hydropsyche ornatula McL.[1]	.	.		.				
Hydropsyche pellucidula CURTIS	x	x		x				
Hydropsyche saxonica McL.	x	.		.				
Hydropsyche siltalai DÖHLER	.	x		x				
Cheumatopsyche lepida (PICTET)	x	x		x				
Neureclipsis bimaculata (L.)	x	x		x				
Plectronemia conspersa (CURT.)	.	x		x	.			
Polycentropus flavomaculatus (PICTET)	x	x		x	(x)			
Polycentropus irroratus CURTIS	x							
Holocentropus dubius (RAMBOUR)	(x)					.		
Cyrnus sp.		.				x		
Cyrnus flavidus McL.		x		.				
Cyrnus trimaculatus CURTIS		x		x				
Psychomyia pusilla (FABR.)		x		x				
Lype phaeopa (STEPHENS)		x						
Lype reducta (HAGEN)		x						
Tinodes rostocki McL.		x		.				
Tinodes waeneri (L.)		x		x				

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

TAXA	Hoch-rhein um 1920	Hoch-rhein um 1990	Ober-rhein um 1920	Ober-rhein um 1990	Mittel-rhein um 1920	Mittel-rhein um 1990	Nieder-rhein um 1920	Nieder-rhein um 1990
Ecnomus tenellus (RAMB.)	x	x		x		x		x
Agrypnia pagetana (CURTIS)	(x)							
Agrypnia varia (FABR.)	(x)							
Phryganea bipunctata RETZIUS	(x)						.	
Oligotricha striata (L.)	(x)						(x)	
Hagenella clathrata (KOL.)	.						(x)	
Oligostomis reticulata (L.)	(x)	.			.		.	
Brachycentrus montanus KLAP.	.	x			(x)		(x)	
Brachycentrus subnubilis CURTIS	x							
Oligoplectrum maculatum FOURCROY	x	.						
Micrasema minimum McL.	(x)	x						
Micrasema setiferum (PICTET)	x							
Drusus chrysotus RAMBOUR	(x)	.						
Drusus trifidus McL.	(x)	x						
Ecclisopteryx guttulata (PICTET)	x						.	
Limnephilus affinis CURTIS	.						(x)	
Limnephilus auricula CURTIS	(x)						x	
Limnephilus extricatus McL.	x							
Limnephilus flavicornis (FABR.)								
Limnephilus germanus McL.	.							
Limnephilus griseus (L.)	x							
Limnephilus ignavus McL.	x	.						
Limnephilus lunatus CURTIS	(x)	x					.	
Limnephilus nigriceps (ZETT.)	.	.					x	
Limnephilus rhombicus (L.)	x	x					(x)	
Limnephilus stigma CURTIS	.						(x)	
Limnephilus vittatus (FABR.)	(x)							
Grammotaulius nigropunctatus (RETZIUS)	x							
Glyphotaelius pellucidus (RETZIUS)	x	.						
Anabolia nervosa (CURTIS)	x	x						
Potamophylax cingulatus (STEPHENS)	(x)							
Potamophylax latipennis (CURTIS)	(x)							
Potamophylax luctuosus (PILL.& MITT.) ?	.							
Potamophylax nigricornis PICTET	x							
Potamophylax rotundipennis (BRAUER)	(x)	.						
Halesus digitatus (SCHRANK)		x		.				
Halesus radiatus (CURTIS)	.	x		x				
Halesus tesselatus (RAMB.)	x	x						
Melampophylax mucoreus HAGEN	(x)							
Anisogamus difformis McL.	(x)				.			
Parachiona picicornis (PICTET)	.				(x)			
Enoicyla pusilla BURM.	.				(x)			
Enoicyla reichenbachii KOL.	x							
Stenophylax permistus McL.	(x)							
Micropterna testacea (GMELIN)	x							
Mesophylax impunctatus McL.	(x)							
Allogamus auricollis (PICTET)	(x)	.						
Chaetopteryx villosa (FABR.)	x	x						
Annitella obscurata McL.	x	.						
Goera pilosa (FABR.)	x	x						
Lithax niger (HAGEN)	(x)							
Silo nigricornis (PICTET)	x							

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

TAXA	Hoch-rhein um 1920	Hoch-rhein um 1990	Ober-rhein um 1920	Ober-rhein um 1990	Mittel-rhein um 1920	Mittel-rhein um 1990	Nieder-rhein um 1920	Nieder-rhein um 1990
Silo pallipes (FABR.)	x							
Silo piceus (BRAUER)	x	.		.				
Lepidostoma hirtum (FABR.)	x	x		x				
Lasiocephala basalis (KOLENATI)	x			.		.		
Leptoceridae		.		x		x		
Athripsodes sp.	.	x		x				
Athripsodes albifrons (L.)	x							
Athripsodes aterrimus (STEPHENS)	(x)							
Athripsodes bilineatus (L.)	x	.			.			
Athripsodes cinereus (CURTIS)	x	x			x			
Athripsodes leucophaeus (RAMB.)		.		.	(x)	.		
Ceraclea sp.		x		x		x		
Ceraclea alboguttata HAGEN		x						
Ceraclea annulicornis (STEPHENS)		x						
Ceraclea aurea PICTET		.		.		.		
Ceraclea dissimilis STEPHENS		x		x		x		
Ceraclea fulva (RAMB.)		x						
Ceraclea nigronervosa (RETZ.)							.	
Ceraclea riparia ALBARDA				.			x	
Mystacides sp.	.	.		x			.	
Mystacides azurea (L.)	x	x					(x)	
Mystacides longicornis (L.) ?	(x)						(x)	
Mystacides nigra (L.) ?	(x)						(x)	
Triaenodes conspersus (RAMBOUR)	(x)	.		.		.		
Oecetis sp.	.	x		x		x		
Oecetis furva (RAMB.)	.	x						
Oecetis lacustris (PICTET)	(x)	x						
Oecetis notata RAMBOUR	x	x						
Oecetis ochracea (CURTIS)	(x)							
Oecetis testacea (CURTIS)	x	.						
Setodes argentipunctellatus McL.	.	x						
Setodes punctatus (FABR.)	x	x						
Setodes viridis FOURCROY	.							
Leptocerus interruptus (FABR.)	x							
Notidobia ciliaris (L.)	x	.		.				
Sericostoma sp.	.	x		x				
Sericostoma flavicorne SCHNEIDER	x							
Sericostoma personatum (K.& SP.)	x							
Beraea pullata CURTIS	(x)							
Beraeodes minutus (L.)	(x)							
Ernodes articularis (PICTET)	(x)							
Odontocerum albicorne (SCOPOLI)	x	.						
Molanna angustata CURTIS	(x)	x						

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Legende:

Die Artnamen richten sich nach der Nomenklatur der Limnofauna Europaea (ILLIES 1978). Es bedeutet:

Neozoa

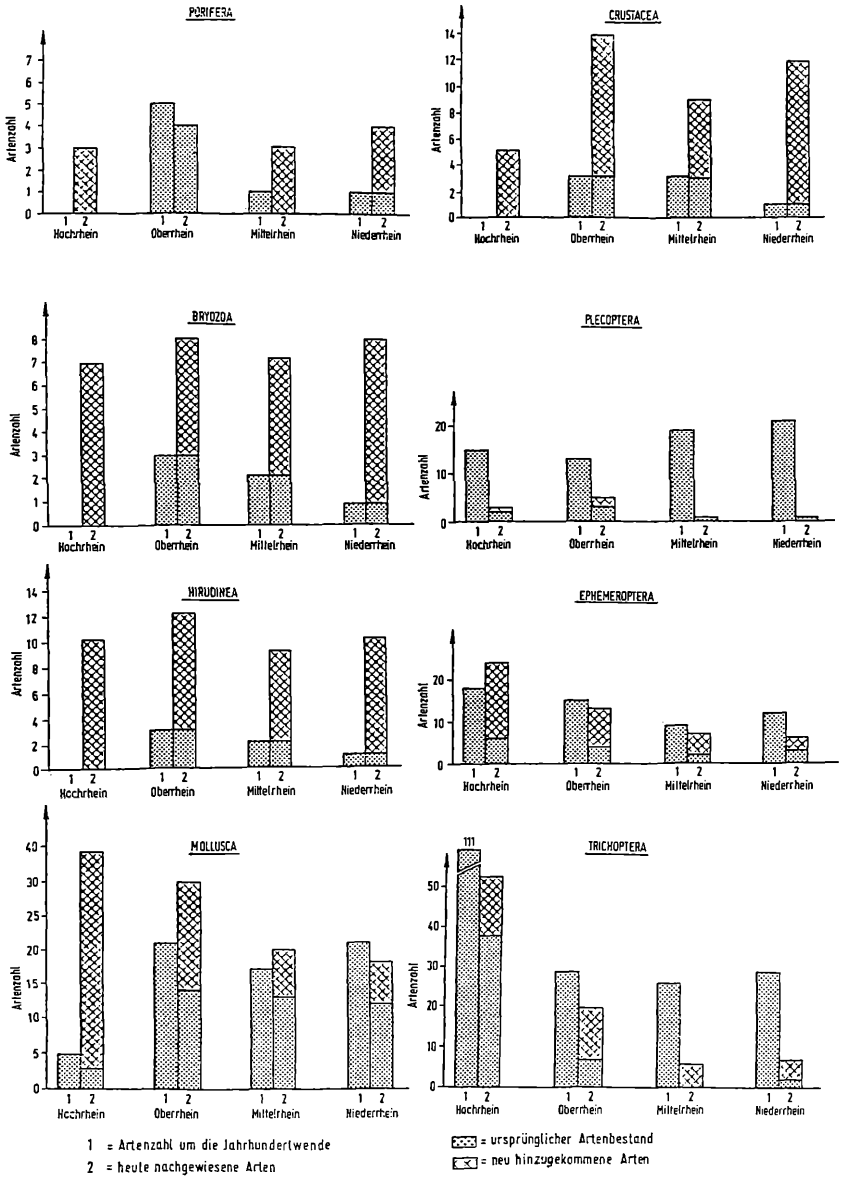
? Der Rückschluß von der älteren Namensgebung auf die derzeit gültige Nomenklatur ist unsicher

(x) Zuordnung zum Lebensraum Potamal des Rheins ist fraglich
- Es liegt keine genaue Fundortangabe vor
- Laut Autor ist wegen beschädigtem Material keine sichere Artdiagnose möglich

1) Nach CASPERS (1980b) und JATZEK (1986) beschrieb LAUTERBORN (1916-1918) Hydropsyche contubernalis als H. ornatula

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 2: Ehemalige und heutige Verbreitung der Makrozoen im Rhein unter Berücksichtigung neu hinzugekommener Arten



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Tab.1 und Abb.2 lassen deutlich erkennen, daß die tatsächlichen Artenverluste bei den Insekten *(Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera)* wesentlich größer sind als dies der bloße Vergleich der Artenzahlen vermuten läßt. So können heute im Durchschnitt von den am Anfang des Jahrhunderts im Rhein vorkommenden *Plecoopteren* nur noch 6% von den *Ephemeropteren* lediglich 27% und von den *Trichopteren* nur noch 16% nachgewiesen werden. Deutlich erkennbar sind auch die unterschiedlichen Artenzahlfluktuationen innerhalb einer Gruppe in den einzelnen Rheinabschnitten.

Betrachtet man die in der Abb. 2 dargestellten Ergebnisse, so fällt insbesondere bei der Gruppe der *Hirudineen, Crustaceen* und *Bryozoen* die deutliche Zunahme der Zahl der neu hinzugekommenen Arten auf. Auffällig ist bei diesen Gruppen auch die fast gleichbleibende Zahl der bereits Anfang des Jahrhunderts nachgewiesenen Arten.

3. Ursachen der Veränderungen

Die oben beschriebene Entwicklung der benthalen Lebensgemeinschaft ist im wesentlichen auf folgende Einflußfaktoren zurückzuführen:

3.1. Veränderung der Wasserqualität

Wie der anthropogen nicht beeinflußte Rhein stofflich beschaffen war, ist unbekannt. Man geht davon aus, daß der Rhein, von atomaren Zerfallsprodukten abgesehen, in vorgeschichtlicher Zeit die gleiche elementare Zusammensetzung aufwies wie heute. Vor allem die Bestimmung von Schwermetallen in alten Sedimenten läßt darauf schließen, daß in prähistorischer Zeit geringe Mengen dieser Substanzen, etwa in der Größenordnung des Tongesteinstandards, im Rhein vorzufinden waren. Mit Sicherheit fehlten damals im Rhein

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

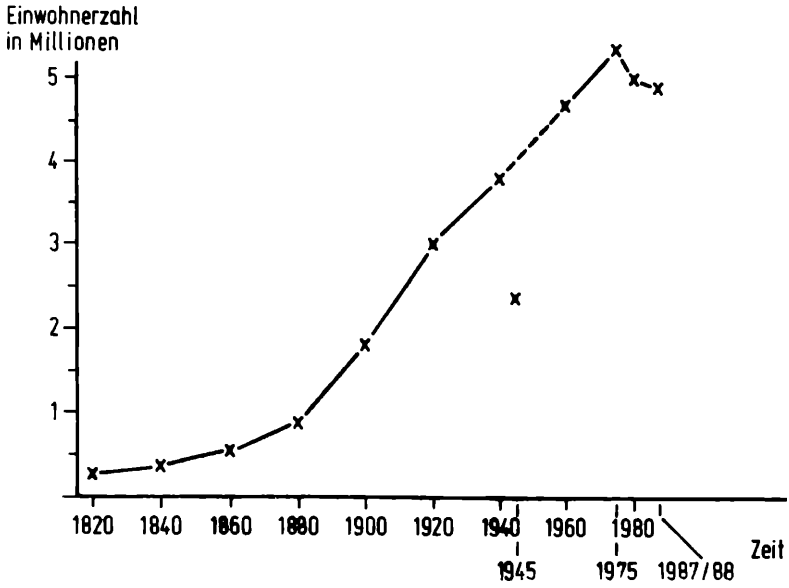
die chlorierten Kohlenwasserstoffe, die erst von Menschen des Industriezeitalters produziert wurden.

Mit dem Beginn der Besiedlung des Rheintals änderte sich der stoffliche Zustand des Rheins noch nicht. Das mittelalterliche Stadtleben, Kleingewerbe, Landwirtschaft und Schiffahrt blieben ohne erhebliche und längerfristige Beeinträchtigungen des stofflichen Zustands. Erst die Waldrodungen im Mittelalter führten zu längerfristigen Veränderungen, vor allem im Hinblick auf die Sedimentfracht.

Der stoffliche Zustand des Rheins änderte sich, um einige Jahrzehnte verzögert, mit der Entwicklung der Industrialisierung und dem damit einhergehenden Bevölkerungswachstum (KALWEIT 1976). Bis Anfang des 20. Jahrhunderts waren aus Dörfern Großstädte geworden. Allein zwischen 1860 und 1920 haben die am Rhein gelegenen Städte ihre Bevölkerungszahlen verfünffacht (Abb.3). Die Ballungsgebiete Mannheim/Ludwigshafen, Mainz/Wiesbaden/Frankfurt und der niederrheinisch-westfälische Komplex sind entstanden. Infolge der Industrieansiedlungen und der verstärkten gewerblichen und industriellen Produktion traten am Hochrhein, nördlichen Oberrhein und Niederrhein punktuelle Belastungen vor allem um Basel, Karlsruhe, Ludwigswhafen/Mannheim, Mainz/Wiesbaden, Köln und Duisburg auf (BÜRGER 1926, LAUTERBORN 1905-1911, MARSSON 1907-1912, OHLMÜLLER 1903, STEINMANN 1923).

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 3: Entwicklung der Bevölkerungszahlen in den Städten Konstanz, Basel, Freiburg, Karlsruhe, Ludwigshafen, Mannheim, Worms, Wiesbaden, Mainz, Koblenz, Bonn, Köln, Leverkusen, Düsseldorf, Duisburg; nach Daten der städtischen Ämter für Statistik (1989)

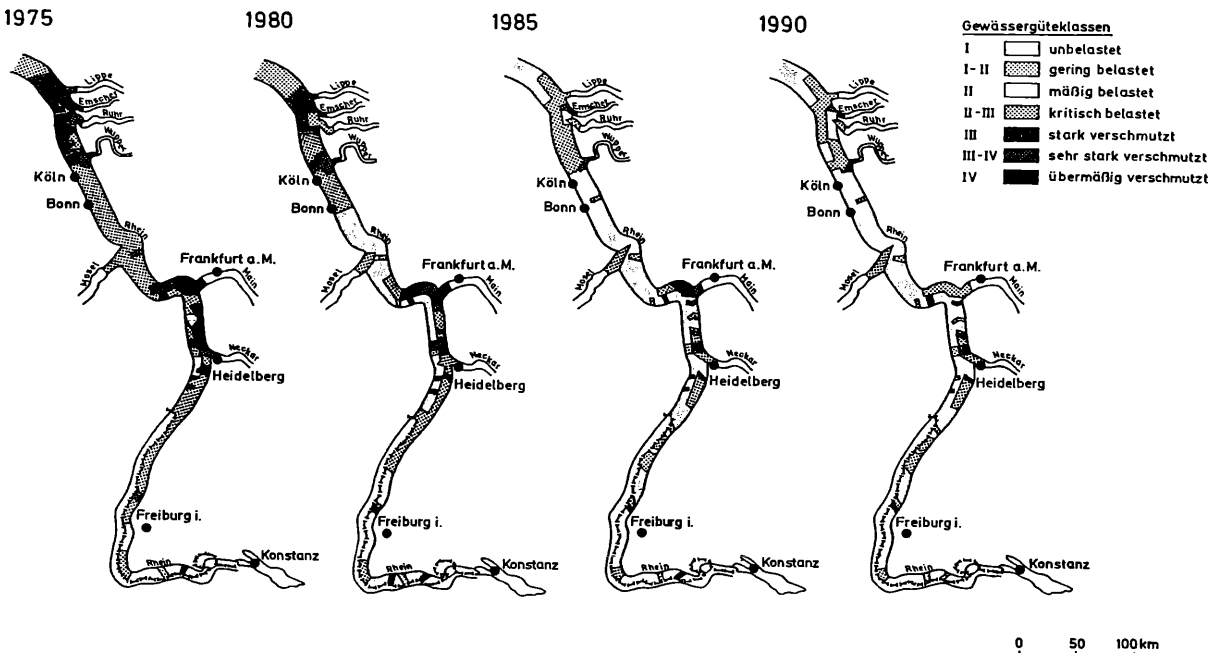


© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Lokales Fischsterben und Geschmacksbeeinträchtigungen bei Fischen waren die Folgen (STEINMANN & SURBECK 1918). Erhebliche und längerfristige Schäden außerhalb der unmittelbaren Einleitungszonen wurden jedoch nicht beobachtet. Aufgrund der Gefährdung von Trinkwasser und Fischerei begann man in den 30er Jahren mit der Durchführung von umfangreichen Sanierungsmaßnahmen. Die Inbetriebnahme kommunaler und industrieller Kläranlagen brachte jedoch nur eine vorübergehende Entlastung des Rheins.

Der fortschreitende Anschluß der Haushalte an die Kanalisation und die vielfach gestiegene gewerbliche und industrielle Produktion führten bereits in den 40er Jahren zu einer Verschärfung der Abwassersituation im Rhein. Lediglich in der unmittelbaren Nachkriegszeit verbesserte sich der stoffliche Zustand des Rheins, da Kanalisationen, Kläranlagen, Gewerbebetriebe und Industrieanlagen zerstört oder außer Betrieb waren. Mit dem industriellen Aufschwung in den 50er und 60er Jahren wurde die Abwassersituation weiter verschärft (HOLLUTA 1955, JAAG 1954, KNÖPP 1957, SIERP 1955, IKSR 1956-1966). Der Höhepunkt der Abwasserbelastung wurde Ende der 60er, Anfang der 70er Jahre erreicht. Weite Strecken des Rheins waren zu diesem Zeitpunkt bereits über Gebühr belastet (Abb.4). Erst die in den 70er und 80er Jahren durchgeführten abwasserreinigungstechnischen Maßnahmen brachten eine merkliche Entschärfung der Abwassersituation. Die ehemals stark, sehr stark und übermäßig stark verschmutzten Rheinabschnitte wurden von mäßig und kritisch belasteten Strecken abgelöst.

Abb. 4: Entwicklung der Gewässergüte des Rheins
(nach Umweltbundesamt; ergänzt)



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

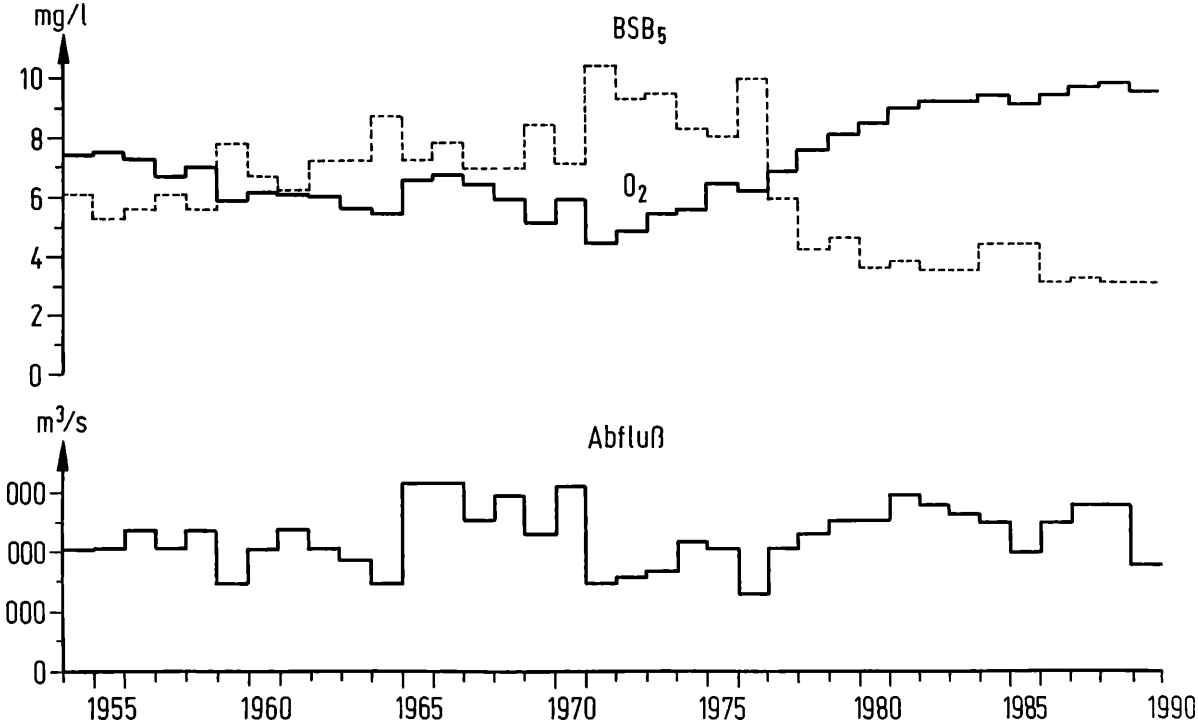
© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Auch wenn die Konzentration der biologisch abbaubaren organischen Stoffe heute ein Maß erreicht hat, daß ein Fischsterben aufgrund von Sauerstoffmangel nicht mehr zu befürchten ist, bleibt die Reduktion der Pflanzennährstoffe (insbes. Nitrat), der Chlorid- und Schwermetallkonzentrationen sowie des Gehaltes der halogenierten Kohlenwasserstoffe und Pestizide eine primäre Aufgabe der Wasserwirtschaft.

Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Konzentrationen von Stoffen und biozönotischen Veränderungen lassen sich eindeutig belegen. Problematisch ist hierbei lediglich die ursächliche Zuordnung bestimmter Stoffgruppen oder Einzelstoffe zu diesen Veränderungen. So läßt sich z.B. die Entwicklung des Makrozoobenthos mit der Konzentration des Sauerstoffs sowie der biologisch abbaubaren organischen Stoffe (BSB_5) in Beziehung setzen (Abb.5).

Wie der Abb.5 zu entnehmen ist, erreichten die Jahresmittel der Sauerstoffkonzentrationen Ende der 60er Jahre bis Mitte der 70er Jahre ihre niedrigsten Werte. Vielerorts wurden am nördlichen Oberrhein (vor allem im Rheingau), wie auch am Mittel- und Niederrhein in dieser Zeit Sauerstoffminima um 0,5 mg/l gemessen (IKSR 1967-1975). In diesem Zeitraum sind auch die höchsten Jahresmittelwerte (9 mg/l) und Maxima (um 12 mg/l) der BSB_5-Konzentrationen gemessen worden.

Abb. 5: Jahresmittelwerte von BSB_5, O_2 und Abfluß im Rhein bei Bimmen/Lobith (Rhein-km 865,0)



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Vergleicht man die Veränderung der Sauerstoff- und BSB_5-Konzentrationen mit der Entwicklung des Makrozoobenthos (Abb.1), so ist eine deutliche Korrelation erkennbar: Einer hohen organischen Belastung und damit einhergehenden niedrigen Sauerstoffkonzentration entspricht eine artenarme Zoozönose. Mit dem allmählichen Rückgang der organischen Belastung und Anstieg der Sauerstoffkonzentration ab Mitte der 70er Jahre ist eine langsame Erholung der Biozönose erkennbar. Viele der ehemals im Rhein vorkommenden Arten, wie z.B. *Theodoxus fluviatilis, Sphaerium solidum, Euleuctra geniculata, Gomphus vulgatissimus, Ephoron virgo, Hydropsyche contubernalis* kehrten zurück. Einige von ihnen *(Hydropsyche contubernalis* und *Ephoron virgo)* konnten sich sogar in den ersten Jahren ihrer Wiederkehr, wegen fehlender Nahrungskonkurrenz und zu geringen Räuberdrucks, explosionsartig vermehren (TITTIZER 1977).

So plausibel derartige Korrelationen auch sind, bedeuten sie keineswegs, daß leicht abbaubare organische Stoffe und der Sauerstoff als alleinige Ursache für diese Entwicklung verantwortlich gemacht werden können. Die Entwicklung der Konzentrationen anderer Stoffe (z.B. Substanzen aus der Gruppe der organischen Mikroverunreinigungen, Schwermetalle) verlief ähnlich, so daß chronisch-toxische Effekte nicht auszuschließen sind. Auch die Entwicklung der Konzentrationen eutrophierend wirkender Stoffe erschwert eine eindeutige Ursache/Wirkung-Zuordnung. Fest steht, daß die Einleitung von organischen Abwässern eine Erhöhung der Primärproduktion bewirkt hat. Insbesondere filtrierende Organismen wurden dadurch begünstigt (FRANZ 1986). So vergrößerte sich z.B. die Zahl der Bryozoenarten auf der gesamten Rheinstrecke; dasselbe gilt für die Süßwasserschwämme am Hochrhein. Dort verursachten insbesondere die

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

gestiegenen Planktonfrachten des Bodensees günstige Lebensbedingungen für Filtrierer. Das erhöhte Nahrungsangebot wirkte sich zudem fördernd auf Sekundärkonsumenten (z.B. Egel) aus. Auch wurden Pflanzenfresser, darunter vorwiegend Aufwuchs und Geschwebe fressende Arten, durch eutrophierend wirkende Stoffe begünstigt. Die heutige Nährstoffbelastung des Rheins schränkt andererseits die Ausbreitung derjenigen Arten ein, die auf nährstoffarme Gewässer angewiesen sind (z.B. Libellen- und Käferarten).

3.2. Wasserbauliche Maßnahmen

Schon seit 4000 Jahren ist die Nutzung des Rheins durch den Menschen belegt. Die Siedler erkannten seinen Wert als Trinkwasserlieferant, Energie- und Nahrungsquelle sowie als Verkehrsweg. Fortwährende Überschwemmungen und Laufveränderungen kennzeichneten den natürlichen Rheinstrom.

Bereits im Mittelalter wuchs der Wunsch nach korrigierenden Eingriffen zum Schutz der Siedlungen und des Ackerlandes. Durch künstliche Durchstiche von Flußschlingen am Oberrhein (14. Jh.) und Bau von flußparallelen Banndeichen am Niederrhein (15. Jh.) versuchte man das Problem zu lösen. Im 18. Jh. erfolgte der Ausbau des Niederrheins. Hierbei wurden die Ufer befestigt, Seitenarme verfüllt und Inseln an die Ufer angeschlossen (BÜRGER 1926, HESS 1959).

Landeskulturelle Erwägungen (Gewinnung von Ackerland, Schutz vor Hochwasser) und der Wunsch nach einer festgelegten Grenze zu Frankreich führten im 19. Jh. zur Begradigung des Oberrheins (Tulla'sche Rheinrektifikation, 1817-1885). Dabei wurde der 3-5 km breite Strom in ein festes Bett von etwa 200 m gewiesen und sein Lauf um 82 km (= 23%) verkürzt (TULLA 1825, SCHÄFER 1974). Die aus der Laufverkürzung resultierende höhere Fließgeschwindigkeit (Schlepp-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

kraft) führte in den Folgejahren zu einer unerwartet starken Sohlenerosion. Der Rhein schnitt sich vor allem südlich von Breisach mehrere Meter tief ein, wodurch auch der Grundwasserspiegel entsprechend gesenkt wurde (KNÄBLE 1968).

Im Interesse der Schiffahrt wurde zuerst am Niederrhein (1880-1900), danach am Oberrhein (1907-1940) eine Mittel- bzw. Niedrigwasserregulierung vorgenommen. Durch den Bau von Buhnen und Leitwerken ermöglichte man somit den bungslosen Ablauf der Schiffahrt auch in den niederschlagsarmen Zeiten (HONSELL 1885, FELKEL 1981, KUNZ 1982).

Zum Zwecke der Energiegewinnung begann man Ende des 19. Jh. mit der Stauregulierung des Hochrheins. Zwischen 1898 und 1976 wurden am Hochrhein insgesamt 12 Stauwehre errichtet (BFVNL 1975, KNÄBLE 1968, REICHELT 1986). Am Oberrhein wurde 1932 das erste Stauwehr bei Kembs in einem eigens für diesen Zweck hergestellten betonierten Seitenkanal errichtet. Weitere Stauwehre folgten bei Ottmarsheim (1952), Fessenheim (1957) und Vogelgrün (1959). Da der Bau des Rheinseitenkanals eine weitere Grundwasserabsenkung zur Folge hatte, verzichtete man auf den Weiterbau des Rheinseitenkanals bis Straßburg und baute statt dessen die weiteren Stauwehre bei Marckolsheim (1961), Rheinau (1963), Gerstheim (1967) und Straßburg (1970) jeweils mit einer Kanalschlinge. Die Sohlenerosion und Grundwasserabsenkung unterhalb des Stauwehres Straßburg verhinderte man durch den Bau weiterer Stauwehre bei Gambsheim (1974) und Iffezheim (1977). Durch kontinuierliche Geschiebezugabe unterhalb des Stauwehres Iffezheim konnte die Sohlenerosion verhindert und somit auf den Bau weiterer Stauwehre bei Neuburgweile und Germersheim verzichtet werden (FELKEL,

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

KUHL & SEITZ 1977, KUHL 1980, FELKEL 1987). Zur Stützung des Grundwasserspiegels wurde 1965 im Restrhein bei Breisach ein "Kulturwehr" errichtet (FELKEL 1972, KNÄBLE 1970, RAABE 1968).

Zur Verbesserung der Schiffahrtsverhältnisse am Mittelrhein erfolgten in der Zeit 1966-1974 Vertiefungen an den Felsriegeln der Nackenheimer Schwelle und des Binger Lochs. Ebenso wurde die Fahrrinne zwischen Neuburgweier und St. Goar vertieft.

Derzeit werden außer den laufenden Unterhaltungsarbeiten (Baggerungen, Deckwerkpflege) lokale Vertiefungen und Verbreiterungen der Fahrrinne vorgenommen. Am Niederrhein (Bonn-Beuel, Köln-Niehl) sind Maßnahmen zur Stabilisierung der Stromsohle geplant.

Will man nun die Auswirkung der in den letzten neun Jahrzehnten am Rhein durchgeführten wasserbaulichen Maßnahmen auf die Benthalfauna ermitteln, so muß man berücksichtigen, daß die gravierendsten strombaulichen Eingriffe (Ausbau und Niedrigwasserregulierung am Niederrhein, Tulla'sche Rektifikation am Oberrhein) bereits im 18. und 19. Jh. erfolgten. Dennoch blieben die im 20. Jh. durchgeführten Maßnahmen auch nicht ohne Folgen auf die Zoozönose des Rheins. So bewirkte die Stauregulierung des südlichen Oberrheins eine starke Herabsetzung der Fließgeschwindigkeit und damit verbunden eine Intensivierung der Sedimentation insbesondere im Oberwasserbereich der Stauwehre. Als Folge der veränderten Strömungs- und Substratverhältnisse wurden die Lebensbedingungen für rheophile Organismen (viele Eintags- und Steinfliegenarten) verschlechtert und zugleich der Lebensraum für limnophile Arten (Mollusken, Süßwasserschwämme, Moostierchen) erweitert. Litho-rheophile Arten

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

wurden durch psammo- und pelophile Organismen ersetzt. Die durch den Aufstau intensivierte Primärproduktion führte zu einer Zunahme filtrierender und Aufwuch fressender ("Weidegänger") Arten.

Die im Zuge der Niedrig- und Mittelwasserregulierung am Oberrhein bzw. Niederrhein errichteten Buhnen und Leitwerke verbesserten die Lebensbedingungen für lithophile Arten (z.B. *Ancylus fluviatilis, Bithynia tentaculata, Dreissena polymorpha, Hirudineen* sessile und koloniebildende Arten von *Spongilliden* und *Hydrozoen).* Phytophile Organismen oder Arten, die auf Lehm angewiesen sind, wie z.B. *Palingenia longicauda,* verschwanden aus dem Besiedlungsbild.

3.3. Schiffahrt

Die Nutzung des Rheins als Transportweg ist bereits aus der Bronzezeit bekannt. Einen Aufschwung erfuhr die Schiffahrt im Mittelalter durch die Intensivierung des Handels. Vor allem die Bergfahrt wurde in dieser Zeit noch mit den Techniken des Treidelns und Segelns bewerkstelligt. Die industrielle Entwicklung im 19. Jh. führte zu einem weiteren Aufschwung der Schiffahrt. Den neu an sie gestellten Anforderungen wurde die Schiffahrt durch Einsatz der Dampfschiffe und Ausbau der Fahrrinnen (vgl. 3.2.) gerecht. Im 20. Jh. stellte sich die Schiffahrt auf immer größere Schiffe um. Das Bild der heutigen Schiffsflotte ist durch Containerschiffe und Schubverbände geprägt.

Der durch Motorschiff verursachte Wellenschlag (Sog und Schwall) im Uferbereich und die durch Schiffsschrauben erzeugten Turbulenzen an der Gewässersohle wirken selektierend auf die Benthalfauna. Nur einige wenige Arten oder Gruppen von Arten (z.B. *Chironomidae)* können dieser mechanischen Beanspruchung standhalten. Betroffen davon

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

sind vor allem die phytophilen und pelophilen Arten. Als Folge dieser Selektion sind die im Sog- und Schwallbereich liegenden Uferzonen sowie die Sohle der Fahrrinne artenärmer besiedelt als die übrigen Gewässerareale.

Eine positive Wirkung hat die Schiffahrt auf lithophile Arten. Durch die Spülwirkung werden Steinoberflächen und Steinzwischenräume von feinkörnigem Sediment freigehalten, wodurch die Lebensbedingungen für Hartsubstratbewohner verbessert werden.

3.4. Einwanderung von Neozoen

Strukturelle Veränderungen erfuhr das Zoobenthos des Rheins auch durch Neozoen. 13% aller im Rhein vorkommenden Makrozoen gehören dieser Gruppe an (Tab.1). Diese aus biogeographisch oft weit entfernten Regionen stammenden Arten erweitern seit dem 18. Jh. das Artenspektrum der Zoozönose (KINZELBACH 1982). Als Ausbreitungsmechanismen der Neozoen dienten:

passive Verschleppung durch Schiffe und Vögel
aktive Einwandung über Küsten und Kanalsysteme
Aussetzung durch den Menschen.

Viele Neozoen sind euryök und salztolerant und vermögen daher freigewordene ökologische Nischen zu besetzen. Aufgrund ihrer geringen Ansprüche und hoher Toleranz stellen sie eine große Konkurrenz für die ehemals heimischen Arten dar. Ihre Toleranz gegenüber Sauerstoffmangel und hohe Wassertemperaturen ermöglichte ihnen zu Zeiten hoher Gewässerbelastung eine rasche Ausbreitung im Rhein. Auch läßt sich ein Zusammenhang zwischen der drastischen Erhöhung der Chloridkonzentration im Rhein in der Zeit 1880-1915 und 1945-1960 und seine Besiedlung durch Neozoen vermuten.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Diese Entwicklung ließe sich aber auch dadurch erklären, daß die Neozoen ökologische Nischen besetzt haben, die damals schon, unabhängig von der Chloridkonzentration, frei waren.

Insgesamt hat sich seit der Jahrhundertwende die Zahl der Neozoen etwa vervierfacht. Der größte Anteil an Neozeon findet sich unter den Crustaceen und Mollusken. Jüngstes Beispiel für die Einwanderung und Ausbreitung von Neozoen sind *Corophium curvispinum* (SCHÖLL 1990a), *Chaetogammarus ischnus* (SCHÖLL 1990b) und *Corbicula fluminea* (BIJ DE VAATE & GREIJANUS-KLAAS 1990).

4. Ausblick

Die drastische Zunahme der Artenzahlen in den letzten 15 Jahren läßt eine weitere Erholung des Makrozoobenthos erhoffen. Nun stellt sich die Frage, welche wirksamen Maßnahmen eingeleitet werden müßten, um eine Verbesserung der Besiedlungsstruktur zu erzielen. Zugleich muß auch klar definiert werden, welche Struktur der Zoozönose angestrebt werden soll. Die natürliche, vom Menschen unbeeinflußte Struktur anzustreben, wäre eine Utopie, da man heute auf viele in den 18., 19. und 20. Jh. aus landeskulturellen, energetischen und ökonomischen Erwägungen getroffenen Veränderungen im Ökosystem Rhein nicht mehr verzichten kann oder nicht mehr verzichten will. Ein Rhein ohne Ballungszentren und Industrieansiedlungen, ohne Wasserkraftwerke und Schiffahrt sowie ohne Trinkwassergewinnungsanlagen und Touristen ist heute kaum mehr vorstellbar. Anzustreben wäre demnach ein von Menschen geprägter naturnaher Kulturzustand. Folgende systemverändernde Maßnahmen würden zu diesem Ziel führen (TITTIZER et al., im Druck)

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

a) Verbesserung der hydrologischen und morphologischen Verhältnisse durch:

Aufhebung der Trennung zwischen Rhein und Auen an geeigneten Stellen durch Entfernung und Verlegung von Deichen.

Anschluß der Altwässer an den Rhein.

Ermöglichung regelmäßiger Überschwemmungen (Reaktivierung der Auengewässer).

Renaturierung von Rohstoffentnahmestellen.

Erhöhung der Strukturvielfalt im Gewässerlängs- und querschnitt durch eine abwechslungsreiche Ufer- und Stromsohlengestaltung.

Herstellung der Durchwanderbarkeit des Rheins und seiner Zuflüsse für Lang- und Kurzstreckenwanderer.

b) Verbesserung der das Ökosystem gefährdenden Nutzungen durch:

Änderung der Nutzungsarten in den ehemaligen Auen (Extensivierung oder Renaturierung intensiv genutzter landwirtschaftlicher Flächen).

Umsiedlung baulicher Einrichtungen, wenn dies aus ökologischen Gründen notwendig ist.

Sanierung der ehemaligen Auflächen durch Beseitigung von Altlasten (Müll, Bauschutt) und Herstellung der natürlichen Geländemorphologie.

Umorientierung der forstlichen Nutzungen zu standortgemäßen Baum- und Holzarten (natürlicher Auwald).

Aufstellung neuer Raumordnungspläne zugunsten großer, zusammenhängender Auflächen, die zugleich die Ansiedlung neuer Industrieanlagen, Kieswerke, Freizeiteinrichtungen und Verkehrsanlagen verhindern.

c) Verbesserung des Biotop- und Artenschutzes durch:

Besondere Berücksichtigung aller Schutzgebiete von nationaler und internationaler Bedeutung.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Absoluter Vorrang des Schutzes noch bestehender naturnaher Uferabschnitte, Aubereiche und Inseln vor anderen Nutzungen.

d) Verbesserung der Wasserqualität durch:

Radikale Verringerung der Konzentration prioritärer Stoffe mit gefährlicher Wirkung (halogenierte Kohlenwasserstoffe, Pestizid-Wirkstoffe, Schwermetalle) durch Anwendung neuer Produktions- und Reinigungsverfahren.

Reduktion der Menge biologisch schwer- und leicht abbaubarer organischer Substanzen durch Optimierung biologischer Reinigungsverfahren.

Weitere Verringerung der Konzentration von Pflanzennährstoffen (vor allem Nitrat) durch rationalere Anwendung in der Land- und Forstwirtschaft sowie durch Verbesserung der Reinigungstechniken.

Verringerung der Chloridkonzentration.

Wenn auch das Zoobenthos des Rheins nie mehr seinen "ursprünglichen" (anthropogen noch nicht beeinflußten) Zustand erreichen wird, so lohnen sich dennoch die oben aufgezählten Maßnahmen, um möglichst vielen ehemals heimischen Arten die Rückkehr in den Rhein zu ermöglichen.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

5. Zusammenfassung

Die Bestandsentwicklung des Zoobenthos in den letzten neun Jahrzehnten wird durch Literaturangaben und eigene Untersuchungen dokumentiert. Für den Vergleich wurden Artenzahl und Besiedlungsstruktur der Zoozönose herangezogen. Der Vergleich zeigt eine fortschreitende und sehr drastische Verarmung der Benthalfauna in den 50er, 60er und zu Anfang der 70er Jahre. Ab Mitte der 70er Jahre ist eine stete Erholung der Bestände zu verzeichnen. Kausale Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Zoozönose und einigen umweltrelevanten Einflußfaktoren (Wasserqualität, Wasserbau, Schiffahrt, Neozoen) werden aufgezeigt und diskutiert. Auch werden Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Verhältnisse vorgeschlagen.

SUMMARY

Development of the zoobenthos of the Rhine during the last nine decades

The development of the zoobenthos within the past nine decades is documented in the literature as well as by our own investigation. Number of species and structure of the zoocoenosis are taken for the comparisons. The collation shows a drastic and steady impoverishment of the benthal fauna in the fifties, sixties and at the beginning of the seventies. In the middle of the seventies a continuous improvement was observed. The correlations between the development of the zoocoenosis and environmental factors such as water quality, hydraulic engineering, shipping, neozoa are shown and discussed. Parameters for improvement of the ecological situations are suggested.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Literatur

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

BACH,M. (1984): Systematisches Verzeichnis der bis jetzt bei Boppard, Trier und einigen anderen Orten der preußischen Rheinlande aufgefundenen Mollusken.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande und Westfalens 1, 13-16.

BALDNER,L. (1666): Vogel-, Fisch- und Thierbuch.- Straßburg.- Faksimile-Druck 1974, MüLLER & SCHINDLER, Stuttgart.

BIJ DE VAATE,A., GREIJANUS-KLAAS,M. (1990): The Asiatic calm, *Corbicula fluminea* (MÜLLER 1774) (PELECYPODA, CORBICULIDAE), a new immigrant in the Netherlands.- Bull.Zool.Mus. 12, 173-177.

BLESS,R. (1981): Beobachtungen zur Muschelfauna des Rheins zwischen Köln und Koblenz.- Decheniana 134, 234-243.

(1990): Bestandsentwicklungen der Molluskenfauna des Rheins zwischen Köln und Koblenz in den letzten 10 Jahren (1979-1988).- Natur und Landschaft 65, 423-430.

BOETTGER,C.R. (1912): Die Molluskenfauna der preußischen Rheinprovinz.- Arch.f. Naturgeschichte 78, Abt. A (8), 149-310.

BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR VEGETATIONSKUNDE, NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (1975): Ermittlung und Untersuchung der schutzwürdigen und naturnahen Bereiche entlang des Rheins.- Rheinische Landschaften, Schriftenreihe für Naturschutz und Landschaftspflege, H.11, 163.

BÜRGER,F. (1926): Die Fischereiverhältnisse im Bereich der preußischen Rheinprovinz.- Zeitschrift für Fischerei 24, 217-399.

CASPERS,N. (1980A): Die Makrozoobenthos-Gesellschaften des Rheins bei Bonn.- Decheniana 133, 93-106.

(1980b): Die Makrozoobenthos-Gesellschaften des Hochrheins bei Bad Säckingen.- Beitr. naturk. Forsch. Südw.Dtl. 39, 115-142.

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

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

CREMER,E. (1938): Beitrag zur Kenntnis der Ephemeropterenfauna Westdeutschlands.- Decheniana 97B, 147-167.

EIDEL,K. (1937): Beiträge zur Insektenfauna des Rheins.- Beitr. naturk. Forschung Südw. Dtl. 2, 40-48.

FELBER,J. (1908): Die Trichopteren von Basel und Umgebung mit Berücksichtigung der Trichopteren-Fauna der Schweiz.- Arch. f. Naturgeschichte 74, 199-282.

FELKEL,K. (1972b): Die Wechselbeziehungen zwischen der Morphogenese und dem Ausbau des Oberrheins.- Jahresberichte und Mitteilungen des Oberhessischen geologischen Vereins 54, 23-44.

(1981): Das Problem der Sohlenstabilisierung des Oberrheins und die Naturversuche mit Geschiebezugabe.- Beiträge zur Rheinkunde, 33, 20-45.

(1987): Acht Jahre Geschiebezugabe am Oberrhein.- Wasserwirtschaft 77, 181-185.

FELKEL,K., KUHL,D., STEITZ,K. (1977): Naturversuche mit künstlicher Geschiebezuführung zwecks Verhütung der Sohleneintiefung des Oberrheins (Freistetter Versuche).- Wasserwirtschaft 67, 119-125.

FITTKAU,E.J., REISS,F. (1983): Versuch einer Rekonstruktion der Fauna europäischer Ströme und ihrer Auen.- Arch. Hydrobiol. 97, 1-6.

FRANZ,H. (19686): Filtrierende Organismen im Rhein.- Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 40, 307-322.

FRANZ,HJ., JATZEK,H.-J. (1982): Das Makrozoobenthos des schiffbaren Rheins im Jahre 1980.- Dipl.-Arbeit Mainz.

GOLDFUSS,O. (1851): Verzeichnis der in der Umgebung von Bonn beobachteten Land- und Wassermollusken.- Ver. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande und Westfalens 8, 309-326.

(1856): Verzeichnis der bis jetzt in der Rheinprovinz und Westphalen beobachteten Land- und Wassermollusken, nebst kurzen Bemerkungen über deren Zungen, Kiefer und Liebespfeile.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande und Westfalens 13, 29-36.

HAAS,F. (1912): Die geographische Verbreitung der westdeutschen Najaden.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlade und Westfalens 68, 505-528.

HOLLUTA,J. (1955): Untersuchungen über die Ursachen der Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen uferfil-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

trierter Trinkwässer am Niederrhein.- GWF-Wasser/Abwasser 96, 449-461.

HONSELL,M. (1885): Die Korrektion des Oberrheins von der Schweizer Grenze unterhalb Basel bis zur Großherzoglich-Hessischen Grenze unterhalb Mannheim.- In: Centralbureau für Meteorologie und Hydrographie (Hrsg.): Beiträge zur Hydrographie im Großherzogtum Baden, H. 3, Karlsruhe.

ILLIES,J. (Hrsg.) (1978): Limnofauna Europaea.- Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.

INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS GEGEN VERUNREINIGUNG (IKSR) (1956): Bericht der Experten-Kommission über die physikalisch-chemische Untersuchung des Rheinwassers (1. Serie, Juni 1953 bis Juni 1954).- Birkhäuser Verlag, Basel-Stuttgart.

(1957): Bericht über die physikalisch-chemische Untersuchung des Rheinwassers Nr. 2, Juni 1954 bis Juni 1967.- Birkhäuser Verlag, Basel/Stuttgart.

JAAG,O. (1954): Gewässerschutzprobleme des Rheins unter Berücksichtigung der Trink- und Brauchwasserversorgung von den Quellen bis zur Mündung.- Wasser- und Energiewirtschaft, Heft 5/6/7, 196-206.

JATZEK,H.-J. (1986): Die Dynamik des Makrozoobenthos des schiffbaren Rheins in den Jahren 1976-1982.- Diss. Univ. Mainz.

KALWEIT,H. (1976a): Auswirkungen der Urbanisierung auf die Wasserwirtschaft eines großen Flußgebietes Modell Rhein.- Wasserwirtschaft 66, 14-24.

KINZELBACH,R. (1982): Veränderung der Fauna am Oberrhein. In: HAILER,N. (Hrsg.): Natur und Landschaft am Oberrhein. Versuch einer Bilanz.- Veröff. d. Pfälzischen Ges. z. Förderung d. Wiss. 70, 66-86, Speyer.

(1983): Zur Dynamik der Zoobenthon-Biozönosen des Rheins.- Verh. d. Ges. für Ökologie (Mainz 1981) 10, 263-271.

(1987): Die Tierwelt im Rhein nach dem November 1986.- Natur und Landschaft 62, 521-526.

KNÄBLE,K. (1968): Zur Frage des Kraftausbaues des Oberrheins zwischen Kehl/Straßburg und Lauterburg.- In: Deutscher Rat für Landespflege: Landespflege am Oberrhein. Berichte über den Ausbau des Oberrheins zwischen Basel und Karlsruhe und seine landespflegeri-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

schen Auswirkungen.- Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege 10, 19-23.

KNÖPP,H. (1957): Die heutige biologische Gliederung des Rheinstroms.- Deutsche Gewässerkundl. Mitt.1, 56-63.

KOBELT,W. (1908): Zur Erforschung der Najadeenfauna des Rheingebietes.- Nachr.-bl.dt.Malakozool.Ges. 40,49-59.

KOSTER,B., WINKLER,J. (1985): Das Makrozoobenthon des Hochrheins im Jahre 1983.- Dipl.-Arbeit, Darmstadt.

KUHL,D.: (1980): Naturversuche mit einer Geschiebezugabe im Rhein unterhalb der Staustufe Iffezheim.- Zeitschrift für Binnenschiffahrt und Wasserstraßen, H. 2.

KUNZ,E. (1975): Von der Tulla'schen Rheinkorrektion bis zum Oberrheinausbau. 150 Jahre Eingriff in ein Naturstromregime.- Jahrbuch Naturschutz und Landschaftspflege 24, 59-78, Bonn-Bad Godesberg.

LAUTERBORN,R. (1903): Beiträge zur Fauna und Flora des Oberrheins und seiner Umgebung. I. Teil.- Mitteilungen der Pollichia, eines naturwissenschaftlichen Vereins d. Rheinpfalz.

(1904): Beiträge zur Fauna und Flora des Oberrheins und seiner Umgebung. II. Teil.- Faunistische und biologische Notizen.- Mitteilungen der Pollichia, eines naturwiss. Vereins d. Rheinpfalz.

(1905): Die Ergebnisse einer biologischen Probeuntersuchung des Rheins.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 22, 630-652.

(1907): Bericht über die Ergebnisse der vom 2. 14. Oktober 1905 ausgeführten biologischen Untersuchungen des Rheins auf der Strecke Basel-Mainz.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 25, 99-139.

(1908a): Bericht über die 2. Untersuchung.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 28, 1-28.

(1908b): Bericht über die 3. Untersuchung.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 28, 62-91.

(1908c): Bericht über die 4. Untersuchung.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 28, 532-548.

(1909a): Bericht über die 5. Untersuchung.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 30, 523-542.

(1909b): Bericht über die 6. Untersuchung.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 32, 35-58.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

(1910): Bericht über die 7. Untersuchung.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 34, 453-472.

(1911): Bericht über die 8. Untersuchung.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 36, 238-259.

(1916): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms I.- S. Ber. Heidelb. Akad. Wiss. Math.-natw.-Kl. B 7,6,1-61, Heidelberg.

(1917): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms II.- S. Ber. Heidelb. Akad. Wiss. Math.-natw.-Kl. B 7,5, 1-70, Heidelberg.

(1918): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms III.- S. Ber. Heidelb. Akad. Wiss. Math.-natw.-Kl. B 9,1, 1-87, Heidelberg.

MARSSON,M. (1907): Bericht über die Ergebnisse der vom 14. bis zum 21. Oktober 1905 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke von Mainz bis Coblenz.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 25, 140-163.

(1908a): Bericht über die Ergebnisse der zweiten am 12. und vom 16. bis zum 22. Mai 1906 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Weisenau-Mainz bis Coblenz-Niederwerth.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 28, 29-62.

(1908b): Bericht über die Ergebnisse der dritten vom 15. bis zum 22. August 1906 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Coblenz.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 28, 92-124.

(1908c): Bericht über die Ergebnisse der 4. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis unterhalb Coblenz vom 18. bis zum 25. März 1907.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 28, 549-571.

(1909): Bericht über die Ergebnisse der 5. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Coblenz vom 9. bis 16. Juli 1907.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 30, 543-574.

(1910): Bericht über die Ergebnisse der vom 29. November bis zum 7. Dezember 1907 ausgeführten 6. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Coblenz.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 32, 59-88.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

(1911): Bericht über die Ergebnisse der 7. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis unterhalb Coblenz vom 27. Januar bis 5. Februar 1908.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 33, 473-499.

(1912): Bericht über die Ergebnisse der 8. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Coblenz vom 18. Juni bis 2. Juli 1908.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 36, 260-289.

MIEGEL,H. (1964): Untersuchungen zur Molluskenfauna linksrheinischer Gewässer im Niederrheinischen Tiefland und des Rheingebietes.- Gewässer und Abwässer 33, 1-75.

NEERACHER,F. (1910): Die Insektenfauna des Rheins und seiner Zuflüsse bei Basel.- Rev. Suisse der Zoologie 18 (3), 497-589.

NESEMANN,H., SCHÖLL,F. (1988): Zum Vorkommen von *Sphaerium solidum* (NORMAND, 1844) im Rhein- und Loire-Gebiet.- Mitt. dtsch. malakozool. Ges. 43, 33-34.

OHLMÜLLER,X. (1903): Gutachten des Reichsgesundheitsrates über die Einleitung des Mainzer Kanalwassers einschließlich der Fäkalien in den Rhein.- Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 20, 258-337.

POHLIG,H. (1886): Über die Formen des Genus *Unio* aus dem Rhein bei Bonn.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande und Westfalens 43, Sitz.-Ber.: 91f.

PUHLMANN,E. (1913): Beitrag zur Trichopteren-Fauna des Niederrheins.- Mitt. naturwiss. Museum d. Stadt Krefeld, 27-30.

RAABE,W. (1968): Wasserbau und Landschaftspflege am Oberrhein.- In: Deutscher Rat für Landespflege: Landespflege am Oberrhein. Berichte über den Ausbau des Oberrheins zwischen Basel und Karlsruhe und seine landespflegerischen Auswirkungen.- Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege 10, 24-31.

RIS,F. (1897): Fragmente der Neuropterenfauna des Rheins.- Mitt.d. Schweizerischen Entomol. Gesell. 9, 423-431.

LE ROI,O. (1912): Zur Kenntnis der Plecopteren von Rheinland-Westfalen.- Verh. naturhistorischen Ver. preußischen Rheinlande und Westfalens 69, Sitz.-Ber. E: 25-51.

(1913): Die Trichopterenfauna der Rheinprovinz.- Verh. naturhistorischen Verh. preußischen Rheinlande und Westfalens 70, Sitz.-Ber. D: 14-44.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

ROTH,G. (1987): Zur Verbreitung der Biologie von *Potamopyrgus jenkinsi* (E.A. SMITH 1889) im Rhein-Einzugsgebiet (Prosobranchia: Hydrobiidae).- Arch. Hydrobiol., Suppl. 79, 49-68.

SCHÄFER,W. (1973): Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Wasserhaushalt und Lebensräume in den Auegebieten.- Natur und Museum 103, 110-123.

SCHILLER,W. (1990): Die Entwicklung der Makrozoobenthosbesiedlung des Rheins in Nordrhein-Westfalen im Zeitraum 1969-1987.- Limnologie aktuell 1, 259-275.

SCHMIDT,U. (1981): Das Makrozoobenthon des Rheinkanals 1978.- Diss., Univ. Mainz (Fachbereich Biologie).

SCHMITZ,M. (1986): Untersuchung des Makrozoobenthos der Stromsohle im oberen Niederrhein mit Hilfe eines Taucherschachtes.- Decheniana 139, 363-372.

SCHÖLL,F. (1990a): Zur Bestandssituation von *Corophium curvispinum* SARS im Rheingebiet.- Lauterbornia 5, 67-70.

(1990b): Erstnachweis von *Chaetogammarus ischnus* STREBING im Rhein.- Lauterbornia 5, 71-74.

SCHÖLL,F., SCHLEUTER,M. (1989): Zum Vorkommen von *Leuctra geniculata* (STEPHENS, 1835) (Plecoptera) in Rhein und Main.- Lauterbornia 2, 33-34.

SCHÖLL,F., TITTIZER,T. (1988): Wiederauftreten größerer Populationen von *Theodoxus fluviatilis* (LINNÉ 1758) am Mittelrhein.- Mitt. dtsch. malakozool. Gesell. 43, 35-36.

SIERP,F. (1955): Die Verschmutzung des Rheines durch häusliche und städtische und durch gewerbliche und industrielle Abwässer.- Essen.

SOPP,E. (1983): Verteilung des Makrozoobenthos im Querprofil des Rheins bei der Loreley.- Verh. d. Ges. für Ökologie 10, 279-285.

STEINMANN,P. (1923): Die Bedingungen der Fischerei im Hochrhein.- Mit besonderer Berücksichtigung der durch die Kraftwerke geschaffenen Veränderungen.- Verlag H.R. Sauerländer & Co., Aarau.

TITTIZER,T. (1977): Über die Verbreitung und die Ursachen des Larvenvorkommens der Köcherfliege *Hydropsyche contuberrnalis* McLACHLAN im Rhein bei Koblenz.- 6 S., Manuskript, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

TITTZER,T., HERZ,H.W. (1987) Ausbau des Rheins zwischen Neuburgweier/Lauterburg und St. Goar. Nachregelung der Binger-Loch-Strecke. Vegetationskundliche Bestandsaufnahmen.- Gutachten, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

TITTIZER,T., SCHLEUTER,M. (1987) Faunistische Erhebungen zur Festsetzung von ökologischen Ausgleichsmaßnahmen im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens "Sohlenstabilisierung des Rheins im Bereich Bonn-Beuel".- Gutachten Nr. 0385, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

TITTIZER,T., SCHÖLL,F. (1988): Faunistische Erhebungen an der Rheinsohle zur Feststellung und Bewertung der Schädigung der Benthosbiozönose durch den Brand bei der Fa. Sandoz in Basel.- 2. Berichtszeitraum 1.1.1988-31.12.1988.- UBA-Forschungsbericht 10607073, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

TITTIZER,T., SCHLEUTER,M., FREY,A. (1987): Faunistische Erhebungen zur Festsetzung von ökologischen Ausgleichsmaßnahmen bei Ausbauarbeiten zur Sohlenstabilisierung des Rheins im Bereich Köln-Niehl (Rhein-km 692,0-702,0).- Gutachten Nr. 0390, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

TITTIZER,T., SCHLEUTER,A., SCHLEICHERT,U. (1986): Untersuchungen zum biologisch-ökologischen Verhalten von LD-Schlacke im Rhein.- Gutachten Nr. 0311, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

TITTIZER,T., SCHÖLL,F., SCHLEUTER,M. (1987): Faunistische Erhebungen an der Rheinsohle zur Feststellung und Bewertung der Schädigung der Benthosbiozönose durch den Brand bei der Fa. Sandoz in Basel.- Forschungsbericht zum Forschungsvorhaben 10607073, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

(1989): Zur Bestandssituation von *Gomphus vulgatissimus* (LINNE 1758) an den Bundeswasserstraßen.- Hess. faun. Briefe 4, 63-68.

(1990): Beitrag zur Struktur und Entwicklungsdynamik des Rheins von Basel bis Düsseldorf in den Jahren 1986-1987.- Limnologie aktuell 1, 293-323.

TITTZER,T., KREBS,F., BÄTHE,J., DOMMERSMUTH,M., ZIMMER,M. (1991, im Druck): Erarbeitung einer Konzeption für ein langfristiges ökologisches Beobachtungssystem des Rheins (Literaturstudie), Bd. I, II und III.- UBA-Forschungsbericht 10902041, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

TULLA,J.G. (1825): Über die Rectification des Rheins, von seinem Austritt aus der Schweiz bis zum Eintritt in das Großherzogtum Hessen.- Verlag C.F. MÜLLER, Hofdruckerei, Karlsruhe.

ULMER,G. (1927) Verzeichnis der deutschen Ephemeropteren und ihrer Fundorte.- Konawia 6 (4), 234-262.

ZIESE,M. (1987): Das Makrozoobenthos des Rheins von Mainz und Wiesbaden.- Mainzer naturwiss.Arch.Beih. 7, 132 S.

Anschrift der Verfasser: Dr.rer.nat. Thomas TITTIZER, Franz SCHÖLL, Maria DOMMERMUTH, Jürgen BÄTHE, Manfred ZIMMER, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Kaiserin Augusta-Anlagen 15, D-56068 Koblenz.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 1991

Autor(en)/Author(s): Tittizer Thomas, Schöll Franz, Dommermuth M., Bäthe Jürgen, Zimmer Martin

Artikel/Article: Zur Bestandsentwicklung des Zoobenthos des Rheins im Verlauf der letzten neun Jahrzehnte 125-166