

Ann. Naturhist. Mus. Wien	87	B	41-54	Wien, Mai 1986
---------------------------	----	---	-------	----------------

Die Auswirkung von Brauerei-Abwässern auf Fischbestand und Bodenfauna des Vorfluters

Von OTTO MOOG & ERICH KAINZ¹⁾

(Mit 10 Tabellen)

Manuskript eingelang am 12. Oktober 1984

Summary

The effect of brewery effluents on fish and benthic macrovertebrates in a fourth-order trout stream (Frankenburger Redl, Upper Austria).

The inflow of 30-35.000 inhabitant equivalents of a brewery sewage in a fourth-order trout stream (mean discharge 1400 l/sec) leads to a serious deterioration of the water quality. The diverse benthic community, indicating a saprobic index of 1,65 (KOLKWITZ-MARSSON-LIEBMANN-scale), is restricted to a Oligochaet-Chironomid fauna after inlet of the brewery effluents (saprobic index of 3,5). The toxic content of the waste waters of presumably the bottle washing process leads to a decrease not only in the species number but also in biomass. After inflow of the polluted creek into the river Vöckla (mean discharge of 7 m³/sec), the waste water is biologically purified after six kilometer riverflow.

Zusammenfassung

Die Einleitung von Brauereiabwässern mit einer durchschnittlichen Belastung von 25 EWG pro Liter (bezogen auf das MQ) verschlechtert die Gewässergüte der Frankenburger Redl um zwei Güteklassen. Das vorher gering belastete Fließgewässer ist nach der Abwassereinleitung als übermäßig verschmutzt anzusprechen. Die im unbelasteten Abschnitt sehr reiche Fischfauna bricht nach Abwassereinleitung total zusammen. Die Bodenfauna entwickelt sich zu einer wenig artenreichen, mikroaerobe Verhältnisse tolerierenden Zuckmücken- und Oligochaetengemeinschaft. Der toxische Gehalt der Abwässer unterbindet eine Massenentwicklung des Makrozoobenthos, die Selbstreinigungskraft des Gewässers ist dadurch empfindlich gestört. Nach Einmündung der Redl in die Vöckla erfahren die Abwässer genügend Verdünnung, um optisch nach etwa 3 km, biologisch nach 6 km Selbstreinigungstrecke vom Gewässer überwunden werden zu können.

Einleitung

Die Frankenburger Redl, ein Bach der Forellenregion, entwässert etwa 63 km² des südwestlichen Hausruckwaldes. Der geologische Untergrund des Einzugsgebietes besteht vorwiegend aus Schottern (Hausruck- und Kobernaüßerswaldschotter), Atzbacher Sanden und Ottnanger Schlier. Das Bachsubstrat weist eine gleichmäßige Sortierung mittlerer Schotterkorngrößen entlang des Längsprofils auf. Die hydrographische Charakteristik gibt Tabelle 1.

¹⁾ Anschriften der Verfasser: Dr. O. MOOG, Labor Weyregg, A-4852 Weyregg 3; Dr. E. KAINZ, Bundesanstalt f. Fischereiwirtschaft, A-5310 Scharfling/Mondsee.

Tab. 1: Hydrographische Daten (Quelle: Hydrographischer Dienst in Österreich Heft 48/I [1984]: Die Abflüsse in Österreich im Zeitraum 1971–1980)

	Catchment area and discharge	
	Frankenburger Redl (Zipf)	Vöckla (Timelkam)
Einzugsgebiet	etwa 63 km ²	183,2 km ²
MQ (Mittelwasser)	1,37 m ³ /sek	6,98 m ³ /sek
MNQ (mittleres Niederwasser)	0,48 m ³ /sek	2,89 m ³ /sek

Zwischen Quellregion und der Mündung in die Vöckla nimmt die Frankenburger Redl zwei bedeutende Abwassereinleitungen auf: die kommunalen Abwässer der Marktgemeinde Frankenburg (etwa 4.500 Einwohner) und die Abwässer der größten Landbrauerei Oberösterreichs in Zipf. Nach Werksangaben fällt bei der jährlichen Erzeugung von über 600.000 Hektolitern Bier (100.000 hl im Jahr 1950, 300.000 im Jahr 1964) eine Schmutzwassermenge von 30.000–35.000 Einwohnergleichwerten an.

Die Abwässer eines Brauereibetriebes sind – bezogen auf den Produktionsvorgang – den „organisch verunreinigten“ Abwässern zuzurechnen. Neben den Abfallstoffen des Brauvorganges (Maischen, Läutern, Kochen der Würze, Hopfenseihen, Vergären, Lagern, Klären usw.) fällt eine große Menge an Spül- und Schwankwasser beim Reinigen der Gärbottiche, Kühlpfannen, Sudpfannen, Filterpressen, Lagertanks usw. an (vgl. SIERP 1953).

Zu diesen mehr oder weniger konzentrierten, nährstoffreichen aber ungiftigen Abwässern kommen die aggressiven Waschwässer der Flaschenreinigung (Abfüllleistung von 100.000 Flaschen pro Stunde).

Vorliegender Artikel beschreibt die Auswirkungen der Brauereiabwässer auf Fische und Bodentierwelt der Frankenburger Redl und der Vöckla.

Methodik

Die untersuchten Fließgewässerstrecken befinden sich 400 m oberhalb und 400 m unterhalb der Einleitung der Brauerei-Abwässer in die Redl sowie 750 m oberhalb, 550 m und 5.860 m unterhalb der Einmündung der Redl in die Vöckla. Die fischereiliche Aufnahme an der Redl fand an den oben beschriebenen Strecken, an der Vöckla einen Kilometer ober Vöcklamarkt und zwei Kilometer unterhalb des Redleinrines statt.

Die Entnahme der Bodenfauna erfolgte mittels eines Sammelnetzes nach SURBER. Im harten Verbau wurden die auf den Steinoberflächen aufsitzenden Organismen mitsamt dem Aufwuchs in das Fangnetz gebürstet. Das schottrige Substrat wurde bis zum harten Untergrund beziehungsweise bis maximal 30 cm Tiefe besammelt. Pro Stelle erfolgte die Entnahme von zumindest vier Parallelproben. Die Darstellung der Ergebnisse (Individuenzahlen und Biomasse) erfolgt in Form von substratanteilig gewichteten Mittelwerten und bezieht sich auf Quadratmeter.

Die Laborbearbeitung der Benthosproben entspricht JUNGWIRTH, MOOG & WINKLER (1980), die Biomasse ist als Formalin-Frischgewicht in g/m² angegeben.

Zur Feststellung des Fischbestandes diente in der Redl ein 0,8-KW-Gleichstrom-Rückenaggregat, in der Vöckla ein stationäres 8-KW-Gleichstromaggregat.

In der Redl wurden zwei 70 m lange Strecken ober- und unterhalb der Abwassereinmündung in zwei Durchgängen befischt und der Fischbestand nach der Kurzmethode von ZIPPIN berechnet. In der Vöckla wurde oberhalb der Redlmündung eine Strecke von 100 m Länge, unterhalb der Redlmündung eine von 180 m Länge in drei Durchgängen befischt. Die Populationsschätzung erfolgte nach DE-LURY.

Zur Bestimmung der Gewässergüte fanden die saprobiellen Einstufungen der makrozoobenthischen Leitorganismen von SLADCEK (1981), PAL (1983) und MARGREITER-KOWNACKA et. al. (1984) Verwendung. Die Berechnung der Saprobitätsindices wurde in Erweiterung der Formel von PANTLE & BUCK (1955) unter Einbeziehung des Indikationsgewichtes wie bei MARVAN et. al. (1980) beschrieben vorgenommen. Die Merkmale der Gewässergüteklassen sind in Tabelle 2 dargestellt.

Bei der Determination des Tiermaterials unterstützten uns Dr. B. JANECEK, Wien (Zuckmücken), Dr. W. HAFNER, Villach (Oligochaeten) und Mag. Dr. M. CAR, Brunn am Gebirge (Simuliiden).

Tab. 2: Die Gütegliederung der Fließgewässer (nach LAW 1980)
Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland

Saprobic classification system			
Güte- klasse	Grad der organischen Belastung	Saprobität (Saprobienstufe)	Saprobien- index
I	unbelastet bis sehr gering belastet	Oligosaprobie	1,0-1,5
I-II	gering belastet	Oligosaprobie mit betamesosaprobem Einschlag	1,5-1,8
II	mäßig belastet	ausgeglichene Betamesosaprobie	1,8-2,3
II-III	kritisch belastet	alpha-betamesosaprobe Grenzzone	2,3-2,7
III	stark verschmutzt	ausgeprägte Alphamesosaprobie	2,7-3,2
III-IV	sehr stark verschmutzt	Polysaprobie mit alphamesosaprobem Einschlag	3,2-3,5
IV	übermäßig verschmutzt	Polysaprobie	3,5-4,0

Ergebnisse und Diskussion

Die zumeist forstlich oder landwirtschaftlich genutzte Einzugsgebiete entwässernden Quellbäche der Redl erreichen Frankenburg mit Saprobitätsindices zwischen 1,4 und 1,8 und einer Bodentierbiomasse zwischen 8 und 20 g/m² (KAINZ & MOOG 1985).

Nach Einleitung eines großen Teiles der gewerblichen und häuslichen Abwässer der Marktgemeinde Frankenburg in die Redl sinkt die Gewässerqualität um eine Stufe auf etwa 2,4 ab. Die Redl ist hier als kritisch belastet einzustufen. Die Fauna wird von Tubificiden (*Tubifex* sp., *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Lumbriculus variegatus*, *Stylo-drilus heringianus*, *Haplotaxis* sp. und *Nais* sp.), Hirudineen (*Helobdella stagnalis*, *H. Erpobdella octoculata*) und Larven der netzspinnenden

Trichoptere *Hydropsyche* sp. dominiert. An rasch überströmten Stellen treten *Simulium ornatum* und große Larven der Zuckmückengattung *Diamesa* (cf. *cinerella*-Gruppe) auf.

Auf Grund der überall sichtbaren Verschmutzung durch diversen Abfall, Plastikreste und häuslichen Unrat sowie einem leichten Bewuchs mit niedrigen Abwasserorganismen deckt sich der optische Befund mit den Ergebnissen der biologischen Analyse.

Nach einer Fließstrecke von etwa fünf Kilometern erreicht die Redl das Ortsgebiet von Zipf. Hier ist der Bach mittels unverfugter Steinplatten an der Sohle relativ „hart“ verbaut. Die Regulierung fand in den Jahren 1960 bis 1963 statt. Der Lauf wurde begradigt, die Uferbefestigung erfolgte mit einer rauhen Blocksteinschichtung. Die Redl weist fast während der gesamten Fließstrecke, auch im regulierten Teil, starken Uferbewuchs auf, der Großteil des Baches ist beschattet.

Um den Einfluß der Brauereiabwässer quantitativ ermitteln zu können, wurde die Referenzstelle „unbelastete Redl“ im verbauten Teil angesetzt. In den Schotterbereichen zwischen den Steinplatten hat sich die übliche Fließwasserbiozönose etabliert. Die hier im Herbst 1984 vorgefundenen 28 Taxa mit einer durchschnittlichen Biomasse von 23,4 g/m² stehen in guter Übereinstimmung mit den 30 Taxa bei 27,2 g/m² Biomasse der unverbauten Redl etwa 2 km oberhalb von Zipf (KAINZ & MOOG 1985).

Die Larven der Eintagsfliege *Baetis rhodani* dominieren in beiden Untersuchungsjahren die Bodenfauna, gefolgt von den ausschließlich im Kiessubstrat auftretenden Oligochaeten der Art *Stylodrilus heringianus* und den Larven und Puppen der Kriebelmücke *Simulium ornatum* (vgl. Tabelle 3).

Tab. 3: Frankenburger Redl Makrozoobenthos Individuenzahlen pro m²
(substratgewichtete Mittelwerte aus vier Einzelproben)

Numbers of macrozoobenthic individuals per m² – Frankenburger Redl

	BRAUEREI			
	OBERHALB		UNTERHALB	
	Herbst 1984	Herbst 1983	Herbst 1984	Herbst 1983
NEMATODA/MERMITHOIDEA	–	130	–	–
OLIGOCHAETA	–	–	–	–
Tubificidae	–	–	–	1140
<i>Lumbriculus variegatus</i>	580	–	–	–
<i>Stylodrilus heringianus</i>	2330	–	–	–
<i>Eiseniella tetraedra</i>	25	–	–	–
HIRUDINEA	–	–	–	–
<i>Erpobdella octoculata</i>	10	10	–	–
HYDRACARINA	10	–	–	–
PLECOPTERA	–	–	–	–
<i>Leuctra</i> sp.	50	10	–	–
EPHEMEROPTERA	–	–	–	–
<i>Habroleptoides modesta</i>	–	10	–	–

	BRAUEREI			
	OBERHALB		UNTERHALB	
	Herbst 1984	Herbst 1983	Herbst 1984	Herbst 1983
<i>Habrophlebia lauta</i>	–	950	–	–
<i>Baetis fuscatus</i>	125	–	–	–
<i>Baetis rhodani</i>	5430	2500	–	–
<i>Rhithrogena</i> sp.	10	140	–	–
<i>Ecdyonurus</i> sp.	–	10	–	–
DIPTERA				
Chironomidae indet. juvenil	1000	–	–	–
Orthocladiinae/Orthocladiini	75	2500	–	165
<i>Orthocladius</i> sp.	–	–	40	–
<i>Cricotopus</i> cf. <i>tremulus</i>	–	–	10	–
<i>Cricotopus</i> sp.	275	–	140	–
<i>Brillia modesta</i>	225	–	10	20
<i>Brillia longifurca</i>	–	–	60	165
Diamesini	–	–	10	–
Diamesini sp. 1	350	–	10	–
Diamesini sp. 2	–	–	10	–
<i>Chironomus riparius</i> AGG.	–	–	565	1440
<i>Polypedilum</i> sp.	–	280	–	–
<i>P. Gr. laetum</i>	–	–	–	100
<i>P. pedestre</i> Agg.	–	–	70	90
Tanytarsini	340	–	–	–
<i>Micropsectra</i> sp.	–	–	20	–
<i>M. cf. atrofasciata</i>	500	–	–	–
Tanypodinae	10	–	–	–
Limoniinae	190	10	–	–
<i>Dicranota</i> sp.	–	40	–	–
Ceratopogonidae/Bezzia sp.	25	–	–	–
<i>Simulium ornatum</i>	1175	–	–	–
Empididae excl. Hemerodr.	40	60	–	–
Hemerodrominae	10	–	–	–
TRICHOPTERA				
Rhyacophilidae/ <i>Rhyacophila</i> sp.	–	60	–	–
Hydropsychidae/ <i>Hydropsyche</i> sp.	–	60	–	–
COLEOPTERA				
Gyrinidae	10	–	–	–
Haliplidae/ <i>Brychius elevatus</i>	10	–	–	–
Elminthidae	–	–	–	–
<i>Elmis</i> sp.	25	–	–	–
<i>Limnius</i> sp.	440	25	–	–
<i>Esolus</i> sp.	10	–	–	–
SUMME	13280	6945	945	3120

Das gleiche Bild tritt auch in der Biomasseverteilung zu Tage (Tabelle 4). Unter den Zuckmücken prägen die Orthocladiini mit den Gattungen *Orthocladius* sp., *Cricotopus* sp. und *Brillia modesta* das Bild. Diamesini, Chironomini, Tanytarsini und Tanypodinae stellen je einen Vertreter. Reichlich ist auch das Vorkommen von Wasserkäfern, wobei neben Elminthidae auch Haliplidae und Gyrinidae

Tab. 4: Biomasse (Makrozoobenthos) der Redl. Prozentuelle Zusammensetzung Herbst 1983 und 1984

Macrozoobenthic biomass (Formalin-fresh-weight) per m² – F. REDL

	oberhalb Einmündung der Brauereiabwässer		unterhalb Einmündung der Brauereiabwässer	
	Herbst 1983	Herbst 1984	Herbst 1983	Herbst 1984
Oligochaeta	27,6	18,6	8,5	–
Hirudinea	3,7	11,3	–	–
Plecoptera	0,4	2,0	–	–
Ephemeroptera	23,1	20,4	–	–
Diptera	1,5	18,9	–	–
Chironomidae	14,9	15,6	91,5	100
Trichoptera	28,0	11,2	–	–
Coleoptera	0,7	2,0	–	–

gefunden wurden. Die beiden letzten Vertreter dürften aber aus einer oberhalb gelegenen Wasserfassung zur Deckung des Nutzwasserbedarfes der Brauerei ausgeschwemmt worden sein.

Die tierische Besiedlung auf den Steinplatten, hauptsächlich Simuliidenlarven, die räuberische Köcherfliege *Rhyacophila* sp., *Chironomiden* und *Baetis rhodani*, zeigt mit bloß 11 Taxa weniger Diversität, auch die Biomasse von 8,0 g/m² ist gering.

Die substratgewichtete Biomasse in der regulierten Strecke oberhalb der Brauerei beträgt 14,2 g/m², der durch die Regulierung hervorgerufene Faunenverlust beträgt etwa 50% der möglichen Biomasse. In der Untersuchung 1984 konnten bei Verwendung absolut gleicher Entnahmemethodik mehr Taxa nachgewiesen werden (Tabelle 5). Trotz nicht gänzlich übereinstimmender Faunenlisten (vgl. Tab. 3) wurde der Saprobitätsindex im Herbst 1983 mit 1,65 und im Herbst 1984 mit 1,67 gleich hoch bestimmt. Der Bach ist hier als gering belastet einzustufen.

Auffallend bei der Befischung war der geringe Anteil an Jungfischen. Es wurden relativ wenige Bach- und Regenbogenforellen unter 10 cm Körperlänge und überhaupt keine Jungäschchen gefangen. Koppen kamen bloß vereinzelt vor, wahrscheinlich eine Reaktion auf die Regulierung. Im Zusammenhang mit dem geringen Jungfischbestand fällt auf, daß sich in der regulierten Strecke keine

Tab. 5: Gütecharakteristik der Frankfurter Redl

Saprobic characteristic – Frankfurter Redl

	oberhalb Einmündung der Brauereiabwässer		unterhalb Einmündung der Brauereiabwässer	
	Herbst 1983	Herbst 1984	Herbst 1983	Herbst 1984
Individuenzahl (m ²)	7.445	12.370	1.880	1.045
Biomasse (g/m ²)	–	14,16	–	2,54
Taxazahl	13	27	7	11
Taxazahl insgesamt		33		14
Saprobienindex	1,65	1,67	3,46	3,45

Tab. 6: Fischbestand in der Frankfurter Redl oberhalb Einmündung der Brauereiabwässer (1984 08 24). Fische unter 10 cm Körperlänge und Nichtsalmoniden nicht berücksichtigt

Fischart	Fish-stock – Frankfurter Redl								
	mittl. max.		Kf	Bestand/km		Bestand pro Hektar			
	Stk.G.	Stk.G.		Stück-	Menge	Stück-	PA	Menge	PA
(g)	(g)		zahl	(kg)	zahl	(kg)			
Bachforellen (<i>Salmo trutta fario</i>)	217	409	1,10 (1,00– 1,27)	241	52	675	38,6	146	37,45
Regebogenforellen (<i>Salmo gairdneri</i>)	166	203	1,13 (0,99– 1,30)	129	21	361	20,7	59	15,1
Äschen (<i>Thymallus thymallus</i>)	259	435	0,98 (0,88– 1,07)	254	66	711	40,7	185	47,45
Summe				624	139	1747	100	390	100

PA = Prozentanteil

strömungsarmen Abschnitte – eine notwendige Voraussetzung für die Jungfischentwicklung, insbesondere der Äschen – befinden.

Der Fischbestand oberhalb der Einleitung der Brauereiabwässer von 410 kg pro Hektar (Tab. 6) kann als sehr gut bezeichnet werden. Die geringe Zahl an Fischen der Altersklasse 1+ führt zu einem hohen mittleren Stückgewicht bei den Äschen und Bachforellen und einem entsprechend hohen Anteil fangfähiger Fische. Die Äschen bilden vor den Bachforellen zahlen- und gewichtsmäßig den Hauptanteil am Bestand, Regenbogenforellen sind nur in geringer Zahl vorhanden.

Aus den Konditionsfaktoren läßt sich ein sehr guter Ernährungsgrad der Fische ableiten. Dies weist darauf hin, daß die verfügbare Nahrungsgrundlage auch einen höheren Fischbestand ermöglichen könnte.

Nach Einmündung der Brauereiabwässer macht die Redl einen gänzlich veränderten Eindruck. Das Wasser ist meist trüb, von bräunlicher Färbung. Die Bachsohle ist von einem dichten Rasen von Abwasserbakterien bedeckt. Der für Brauereiabwässer typische, leicht süßliche Geruch ist wahrnehmbar.

Die Taxazahl der Bodentiere sinkt von 28 auf 11 (1983 bloß 7 Arten), die Biomasse geht drastisch auf 2,54 g/m² zurück. Neben der verminderten Artenzahl ist die Verschlechterung der Wasserqualität auch dadurch charakterisiert, daß nur noch Vertreter aus zwei „toleranten“ Gruppen, nämlich Chironomiden und Oligochaeten, auftreten (Tabellen 7 und 8).

Der Saprobienindex wurde 1983 mit 3,46 und 1984 mit 3,45 berechnet, der Bach ist hier als sehr stark verschmutzt einzustufen.

Infolge der Begradigung und des Fehlens von Sohlabtreppungen ist die Fließgeschwindigkeit relativ hoch. An den Bachrändern beträgt die Strömung 0,5 m/sek, im Strömungsstrich wurden bis 1,5 m/sek gemessen. Dementsprechend

Tab. 7 a: Vöckla. Flußkilometer 19,3. Makrozoobenthos – Individuenzahl pro m²
 Numbers of macrozoobenthic individuals per m² – Vöckla

Parallelproben	1 Okt. 1983	2 Okt. 1983	3 Okt. 1983
NIEDERE WÜRMER			
<i>Hydra</i> sp.	25	0	100
<i>Mermithoidea</i> Gen. sp.	3000	2175	2900
HÖHERE WÜRMER			
Oligochaeta	19350	9075	16925
Lumbricidae Gen. sp.	0	50	3750
<i>Erpobdella octoculata</i>	9000	50	250
<i>Helobdella stagnalis</i>	500	50	750
MOLLUSCA			
<i>Ancylus fluviatilis</i>	1550	2950	825
<i>Radix peregra</i>	3500	100	500
HYDRACARINA			
<i>Hydracarina</i> Gen. sp. 1	0	500	0
CRUSTACEA			
<i>Gammarus fossarum</i>	5000	0	0
PLECOPTERA			
<i>Leuctra</i> sp.	500	0	250
<i>Dinocras cephalotes</i>	0	350	250
EPHEMEROPTERA			
<i>Baetis rhodani</i>	4525	850	3325
<i>Ecdyonurus</i> sp.	500	0	0
<i>Rhithrogena</i> sp.	0	0	25
TRICHOPTERA			
Trichoptera Gen. sp.	500	0	275
<i>Hydropsyche</i> sp.	3000	650	500
Rhyacophilidae Gen. sp.	1000	50	0
Limnephiloidea	1000	125	0
DIPTERA			
Empididae Gen. sp.	3500	550	25
<i>Bezzia</i> sp.	25	500	0
<i>Dicranota</i> sp.	0	150	1775
<i>Antocha</i> sp.	3250	2050	325
Tanypodinae Gen. sp.	40	730	160
Orthoclaadiinae juvenil	20	210	0
Orthoclaadiini Gen. sp.	740	360	5040
<i>Orthocladius</i> s.str.	9910	0	2520
<i>Eukiefferiella</i> sp.	40	0	0
<i>Polypedilum</i> sp.	20	20	0
<i>Micropsectra</i> sp.	410	780	5360
COLEOPTERA			
<i>Elmis</i> sp.	75	500	25
<i>Esolus</i> sp.	0	0	25
<i>Limnius</i> sp.	0	525	250

weist die Bachsohle zwischen der Steinschichtung großteils schottriges Substrat auf, während Sand und Schlickbereiche fehlen. Diese Bodenverhältnisse sind ausschlaggebend für die geringe Präsenz der Bachröhrenwürmer.

Tab. 7 b: Vöckla. Flußkilometer 17,15. Makrozoobenthos – Individuenzahl pro m²Numbers of macrozoobenthic individuals per m² – Vöckla

Parallelproben	1		3		4	
	Okt. 1983	Okt. 1983	Okt. 1983	Okt. 1983	Okt. 1983	Okt. 1983
NIEDERE WÜRMER						
<i>Planaria</i> Gen. sp.	0	0	0	0	50	
<i>Mermithoides</i> Gen. sp.	0	225	250	1150		
HÖHERE WÜRMER						
Oligochaeta	100	74900	71500	21225		
Lumbricidae Gen. sp.	0	175	0	375		
<i>Erpobdella octoculata</i>	350	0	50	0		
<i>Helobdella stagnalis</i>	400	0	50	150		
MOLLUSCA						
<i>Ancylus fluviatilis</i>	50	0	0	0		
<i>Radix peregra</i>	0	25	25	0		
EPHEMEROPTERA						
<i>Baetis rhodani</i>	25	25	250	325		
<i>Habrophlebia lauta</i>	0	0	0	500		
<i>Rhithrogena</i> sp.	0	0	0	500		
DIPTERA						
Empididae Gen. sp. 1	0	25	0	0		
<i>Antocha</i> sp.	0	0	250	0		
Tanypodinae Gen. sp.	1105	15550	5930	12050		
Orthocladiini Gen. sp. 1	280	5770	6740	12400		
<i>Prodiamesa olivacea</i>	0	0	0	1060		
Chironomini Gen. sp.	0	0	0	710		
<i>Polypedilum</i> sp.	280	10660	810	4960		
<i>Chironomus riparius</i> AGG.	0	0	540	350		
Tanytarsini Gen. sp.	3870	10250	8090	13460		
COLEOPTERA						
<i>Elmis</i> sp.	0	375	0	0		

Im Herbst 1983 wurden juvenile und daher unbestimmbare Tubificiden vorgefunden, 1984 fand sich kein Oligochaet in den Proben.

Die Charakterform der belasteten Redl war in beiden Jahren die Zuckmücke *Chironomus riparius* Agg., gefolgt von zwei Chironomini-Arten der Gattung *Polypedilum* (*P. laetum* Agg. und *P. pedestre* Agg.) sowie *Brillia modesta* und *B. longifurca*.

Fische konnten in diesem Redlabschnitt nicht nachgewiesen werden.

Auffallend ist, daß trotz der Dominanz polysaprober Leitorganismen der zu erwartende Biomasseanstieg nach der Abwassereinleitung (vgl. Moog 1984) nicht nur ausbleibt, sondern die Biomasse der Bodenfauna im Vergleich zum Oberlauf absinkt.

Dies ist umso erstaunlicher, als Brauereiabwässer nährstoffreiche organische Abwässer sind, die ein reichliches Aufblühen der „Selbstreinigungs-Organismen“ begünstigen sollten. Der Aufwuchs von Abwasserbakterien in der unteren Redl legt Zeugnis von überreicher Nährstoffversorgung ab und ist auch Indikator für zumindest mikroaerobe Bedingungen.

Tab. 7 c: Vöckla. Flußkilometer 11,29. Makrozoobenthos – Individuenzahl pro m²

Parallelproben	Numbers of macrozoobenthic individuals per m ² , – Vöckla			
	1 Okt. 1983	2 Okt. 1983	3 Okt. 1983	4 Okt. 1983
NIEDERE WÜRMER				
<i>Hydra</i> sp.	0	400	140	200
Mermithoidea Gen. sp.	660	460	320	0
HÖHERE WÜRMER				
Oligochaeta	4120	22820	3250	1860
<i>Erpobdella octoculata</i>	600	1460	320	150
<i>Helobdella stagnalis</i>	0	280	0	530
MOLLUSCA				
<i>Ancylus fluviatilis</i>	10	410	0	2250
HYDRACARINA				
Hydracarina Gen. sp. 1	0	400	140	0
CRUSTACEA				
<i>Asellus aquaticus</i>	290	1270	780	40
<i>Gammarus fossarum</i>	0	10	10	0
<i>Gammarus roeselii</i>	160	0	0	0
PLECOPTERA				
<i>Leuctra</i> sp.	0	0	10	0
<i>Dinocras cephalotes</i>	0	0	0	10
EPHEMEROPTERA				
<i>Baetis rhodani</i>	1900	7800	4120	1370
<i>Ecdyonurus</i> sp.	0	0	10	0
<i>Rhithrogena</i> sp.	10	0	0	0
TRICHOPTERA				
Trichoptera Gen. sp.	40	0	0	0
<i>Hydropsyche</i> sp.	900	1270	310	1090
DIPTERA				
<i>Atherix marginata</i>	0	10	0	0
Empididae Gen. sp. 1	0	2150	30	50
<i>Bezzia</i> sp.	0	400	0	800
Tipulidae Typ 1	0	0	10	0
<i>Dicranota</i> sp.	0	10	0	0
Simuliidae Gen. sp.	290	830	300	1000
Tanypodinae Gen. sp.	0	0	2640	0
Orthocladiinae juvenil	4340	45870	6160	3160
Orthocladiini Gen. sp.	40	0	0	0
<i>Diamesa</i> sp. 1	840	0	0	0
<i>Micropsectra</i> sp.	3670	44400	9675	6250
COLEOPTERA				
Gyrinidae Gen. sp.	0	20	10	0
<i>Limnius</i> sp.	0	0	0	10

Diese Diskrepanz zwischen der zu erwartenden Biomasse aufgrund der Einleitung organischer Abwässer bei relativ genügender Sauerstoffversorgung (starke Strömung, keine Stillwasserbereiche) und der vorgefundenen Organismenmenge ist im Sinne der herrschenden Lehrmeinung der Saprobiologie ein eindeutiges Indiz für eine toxische Belastung der Redl.

Tab. 8: Biomasse (Makrozoobenthos) der Vöckla. Prozentuelle Zusammensetzung (Herbst 1983)
Macrozoobenthic biomass (Formalin-freshweight) – Vöckla

Taxa	Oberhalb Redlmündung	Unterhalb Redlmündung	6 km nach Redlmündung
Oligochaeta	14,8	38,7	5,8
Hirudinea	12,0	28,7	77,7
Gastropoda	17,2	12,3	1,2
<i>Gammarus fossarum</i>	1,2	–	0,2
<i>Asellus aquaticus</i>	–	–	1,3
Plecoptera	27,3	–	0,8
Ephemeroptera	0,3	–	0,1
<i>Baetis rhodani</i>	3,7	0,4	2,0
Diptera	3,7	1,1	4,1
Chironomidae	1,4	19,8	1,5
Trichoptera	18,2	–	5,1
Coleoptera	0,1	–	0,1

Als Quelle dieser toxischen Belastung kommen im Fall der Redl die aggressiven Waschflüssigkeiten der Flaschenreinigungsanlage in Betracht.

Das Mißverhältnis zwischen Abwassermenge und Vorflutwasser führt zu einer Dezimierung der – am Beispiel der Frankfurter Abwässer so glänzend unter Beweis gestellten – Selbstreinigungskraft der Redl.

Verstärkt wird dieser Effekt durch die Regulierung: den vorwiegend im Bakterienrasen *Sphaerotilus*-rasen auf Steinplatten lebenden Organismen ist es nicht möglich, bei toxischen Abwasserschüben in das Substrat zu flüchten.

Die Tatsache, daß die Redl nach etwa eineinhalb Kilometern in die wesentlich wasserreichere Vöckla mündet (vgl. Tabelle 2), gibt uns die Möglichkeit, die Auswirkungen der Brauereiabwässer bei stärkerer Verdünnung zu studieren.

Im Herbst 1983 (Tabelle 9) ist der Gütezustand der Vöckla vor dem Redlzufluß als gering bis mäßig belastet einzustufen (Saprobitätsindex 1,7). Auf das Gewicht bezogen dominieren hier die gegenüber Verschmutzung empfindlichen Steinfliegen mit einem Anteil von 27,3%, gefolgt von Köcherfliegen und Gastropoden (Tabelle 8). Insgesamt wurden 36 Taxa unterschieden.

Nach Einmündung der verschmutzten Redl sinkt die Taxazahl auf 25, die Individuenzahlen und die Biomasse steigen an. Wie in der unteren Redl prägen zwei Organismengruppen – die Bachröhrenwürmer und elf Taxa der Zuckmücken – das Faunenbild. Daneben finden sich drei Arten Eintagsfliegen, zwei Gastropoden, zwei Egelarten, Dipteren und in einer Probe der strömungsliebende Wasserkäfer *Elmis* (Tab. 8). Der Saprobienindex beträgt 2,3, der Fluß ist als kritisch belastet einzustufen.

Die tierische Besiedlung des Ufer-Blocksteinwurfes übertrifft bei fast identischer Faunenzusammensetzung mit einer Biomasse von 16,8 g/m² den hart verbauten Redlbereich um das Doppelte. Hier scheinen sich die auf Grund größerer Blockdurchmesser auftretenden größeren Leebereiche positiv auf den tierischen

Tab. 9: Gütecharakteristik der Vöckla im Bereich der Redlmündung – Makrozoobenthos im Herbst 1983

Saprobic characteristic – Vöckla

	Oberhalb Redlmündung	Unterhalb Redlmündung	6 km nach Redlmündung
Individuenzahl (m ²)	52.100	72.150 (6.450)	48.900
Biomasse (g/m ²)	50,88	58,51 (16,76)	54,50
Taxazahl	36	25	32
Gewässergüte 1976 (WERTH et. al. 1980)	II	II–III	II
Makrozoobenthos 1983 (eigene Daten)	1,68	2,31	1,98
Makrozoobenthos 1983 – bei Berechnung nach vierstufiger Saprobitätsskala wie WERTH et. al. und HINTEREGGER 1981	II	II–III	II
Gewässergüte 1981 (HINTEREGGER 1982)	II	III	II–III

(Zahlen in Klammern: Blocksteinwurf)

Aufwuchs auszuwirken. Im Schottersubstrat leben 60,6 g Organismen pro m², das gewichtete Mittel beträgt 58,5 g (Tabelle 9). Nach der zehnstufigen Skala von HUET ist die Vöckla in allen drei untersuchten Abschnitten als „nahrungsreiches“ Gewässer der Stufe 8 zu bezeichnen.

Nach etwa 6 Kilometern Laufstrecke weist die Vöckla wieder beta-mesosaprobe Gewässergüte auf, wenn auch in der Faunenzusammensetzung das ursprüngliche Bild nicht mehr erreicht wird.

Zahlenmäßig sind Oligochaeten und Chironomiden häufig, in der Biomasse dominieren die Egel (*Helobdella stagnalis*, *Erpobdella octoculata*) und Köcherfliegen. Neben Bachröhrenwürmern und den Zuckmücken sind *Baetis rhodani* und *Ancyclus fluviatilis* von gewichtsmäßiger Bedeutung.

Fischereilich entspricht die Vöcklastrecke der unteren Forellenregion, nach Einmündung der Redl der Äschenregion. Aus technischen Gründen erfolgte die Befischung der Vöckla nach Einmündung der Redl etwa 1,4 km unterhalb der Benthosentnahmestelle, weist jedoch hier vergleichbare Gütebedingungen auf (WERTH et. al. 1978, HINTEREGGER 1982). Wie aus Tabelle 10 ersichtlich, nimmt der Bachforellenanteil von 70 auf 32% ab, der Regenbogenforellen- und Äschenanteil steigt von 16 auf 29%, beziehungsweise von 14 auf 39%.

Die nicht quantitativ erfaßten Koppen, oberhalb noch in größerer Anzahl vorhanden, sind nach dem Redlzulauf nur noch vereinzelt vorhanden, Schmerlen (*Noemacheilus barbatulus*) treten erstmals auf.

Die Zunahme des Regenbogenforellenanteils ist neben der verminderten

Tab. 10: Fischbestand in der Vöckla im Herbst 1983
Fish-stock – Vöckla

	Prozentanteil			Bestand pro 100 m Bachstrecke		mittleres Stückgewicht (g)		
	Bach- forelle	Regen- bogen- forelle	Äsche	Stück	kg	Bach- forelle	Regen- bogen- forelle	Äsche
Oberhalb der Redlmündung	70	16	14	226	40,9	144	185	363
Unterhalb der Redlmündung	32	29	39	258	69,4	214	481	305

Gewässergüte auch auf die Bewirtschaftungsart in der Vöckla unterhalb des Redleinrins zurückzuführen. Der hohe Besatz von durchschnittlich 5.000 einsömmrigen Bachforellen, Regenbogenforellen und Äschen (1 : 2 : 2) ist notwendig, da das natürliche Aufkommen der Salmonidenbrut flußabwärts der Redlmündung äußerst gering ist. Dies wird durch die Tatsache bekräftigt, daß flußabwärts bis Wartenburg kaum Jungfische der Altersklasse 0+ festgestellt werden konnten, die nicht von Besatzmaßnahmen herstammten.

Der hohe Äschenbestand läßt sich durch die nach Einrinn der Vöcklamarkter und Frankfurter Redl veränderte Bachmorphologie erklären. Insgesamt liegt in diesem Abschnitt mit 70 kg pro 100 m Flußstrecke ein hoher Fischbestand im Vergleich zu den 40 kg der oberen Strecke vor.

In der Untersuchung der Gewässergüte der Vöckla im Herbst 1976 kommen WERTH et. al. (1978) auf eine beinahe identische saprobielle Einstufung der Vöckla vor und nach Redleinrinne wie in vorliegender Studie angeführt (vgl. Tabelle 9). HINTEREGGER (1982), der vorwiegend den algologischen Aspekt zur Gütebestimmung heranzieht, beurteilt die Vöckla nach Einmündung der verschmutzten Redl um eine Güteklasse schlechter. Dies ist verständlich, da der *Sphaerotilus*bewuchs das phytobenthische Gütebild dominiert. Auch noch 6 km nach dem Redleinrinne – *Sphaerotilus* fällt nur etwa 3 km ins Auge – weist die Gütebestimmung nach HINTEREGGER einen Unterschied von einer halben Güteklasse auf. Es ist aber bekannt, daß sessile Organismen und die Biozöosen strömungsarmer Bachabschnitte (bei Abwasserbelastung) die Wasserqualität bis zu einer Güteklasse schlechter charakterisieren. In guter Übereinstimmung dazu stehen auch die Beobachtungen von MOOG (1985) nach der Abwassereinleitung von Molkereiabwässern.

Die Fische selbst sind als Indikatoren für die biologische Analyse nicht geeignet. Hier ergäbe die Güteberechnung im verschmutzten Vöcklaabschnitt einen Saprobitätsindex von 1,1 (Tabelle 9). Dies deckt sich mit der Auffassung von WUNDSCH (1958), bestimmte Fischarten nicht als Indikatororganismen des Saprobien-systems zu verwenden. Bei Berücksichtigung der Fischfauna als Grundlage der

Gütebestimmung darf nicht das von Besatzmaßnahmen geprägte Bild, sondern muß die natürliche Reproduktion die Diskussionsgrundlage bilden.

Literatur

- HINTEREGGER, J. D. (1982): Zur Situation der oberösterreichischen Fließgewässer im „Natur- und Umweltschutzjahr“ 1982. Sond.Nr. Mitteilungsbl. Landes-Fischereirat OÖ.
- JUNGWIRTH, M., O. MOOG & H. WINKLER (1980): Vergleichende Fischbestandsuntersuchungen an elf niederösterreichischen Fließgewässerstrecken. Jubiläumsband 1880–1980 der Österr. Fischereiges. Wien: 81–104.
- KAINZ, E. & O. MOOG (1985): Gütelängsschnitt der Frankenburg Redl – der Einfluß kommunaler und industrieller Abwässer. Österr. Fischerei, **38**: 311–321.
- MARGREITER-KOWNACKA, M., R. PECHLANER, H. RITTER & R. SAXL (1984): Die Bodenfauna als Indikator für den Saprobitätsgrad von Fließgewässern in Tirol. – Ber. nat. med. Verein. Innsbruck, **71**: 119–135.
- MARVAN, P., J. ROTHSCHHEIN & M. ZELINKA (1980): Der diagnostische Wert saprobiologischer Methoden. – Oecologica, **12**: 299–312.
- MOOG, O. (1984): Die Auswirkungen organischer Industrieabwässer auf Fische und Bodenfauna eines Voralpenflusses (Ager, OÖ.) Wiss. Berichte der 24. Arbeitstag. d. IAD, Szentendre, Ungarn, **1984**: 171–174.
- (1985): Die Auswirkungen von Molkereiabwässern auf die Gewässergüte der Vorfluter. Stud. Forsch. Salzburg, 2 (in print).
- PAL, G. (1983): KGST, Biologiae Modszerek, Viz Dok. Budapest.
- PANTLE, R. & R. BUCK (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas- und Wasserfach **96**.
- SIERP, F. (1953): Die gewerblichen und industriellen Abwässer. (Springer). 555 S.
- SLADECEK, V. (Ed.) (1981): Biologicky rozbor povrchove vody. Komentar k CSN 83 0532 – casti **6**: Stanoveni saprobního indexu.
- WERTH, W., J. HINTEREGGER & P. MEISRIEMLER (1978): Auszüge aus dem oberösterreichischen Wassergüteatlas, Nr. 6, Linz. 689 S.
- WUNDSCH, H. (1958): Die Stellung der fischereibiologischen Abwasseranalyse im Abwasserproblem. Z. f. Fischerei **7**: 555–562.