

Lauterbornia H. 5: 49-66, Dinkelscherben, September 1990

Die Auswirkungen der Gewässerversauerung auf das Makrozoobenthon ausgewählter Mittelgebirgsbäche im Sauer- und Siegerland

[The effects of acidification on the macroinvertebrate fauna in selected mountain brooks in Sauer- and Siegerland (Nordrhein-Westfalen, West Germany)]

Hannes Schimmer und Günther Friedrich

mit 3 Abbildungen und 3 Tabellen

Schlagwörter: Makrozoobenthon, Sieg, Lenne, Möhne, Ruhr, Rhein, Sauerland, Siegerland, Nordrhein-Westfalen, Versauerung, pH-Wert

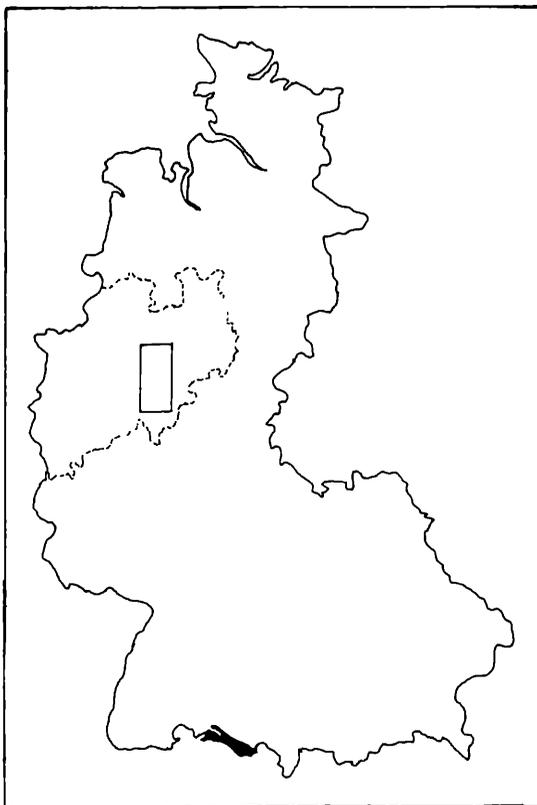
Zwischen Juni 1986 und März 1989 wurden die Auswirkungen der Gewässerversauerung in 132 Mittelgebirgsbächen in Sauer- und Siegerland, Nordrhein-Westfalen, untersucht. Die Versauerungsgefährdung dieses Gebietes resultiert aus dem kalkarmen Ausgangsgestein und dem Schadstoffeintrag aus der Luft. Untersucht wurden das Makrozoobenthon sowie der Wasserchemismus. Die Beschreibung und Bewertung der Versauerungserscheinungen erfolgte durch die Analyse von Anzahl und Häufigkeit der säuresensiblen Arten. Die Folgen der Gewässerversauerung sind in einem Teil der untersuchten Bäche unübersehbar. Die Bäche im Einzugsgebiet der Heve zeigen die stärksten Schädigungen durch die Versauerung. In dem im Hundembach-Gebiet liegenden Lüttke Aabach wurde eine Verarmung der Fauna festgestellt. Im Einzugsgebiet der Lenne zeigten 2 von 42 untersuchten Bächen durch Säureeinwirkung verursachte Schädigungen. Im Sieggebiet wurden keine durch den sauren Regen bedingten Schäden der Fließgewässerbiozönose gefunden.

From June 1986 to March 1989 acidification of 132 mountain brooks in Sauer- and Siegerland has been investigated. Danger of acidification considers from bedrock which is poor in limestone and the imissions out of atmosphere. The investigation covered makroinvertebrate fauna and water chemistry. Description of acidification was done by reporting spread and number of acid sensitive species. The signs of acidification in some of the investigated brooks must not be neglected. Brooks in 'Heve' catchment show the strongest damage by acidification. In 'Hundembach' catchment the fauna of Lüttke Aabach becomes impowerished

by acid rain. In the 'Lenne' sub area 2 of the investigated 42 brooks show damage by acid inputs. In 'Sieg' area no changes in makrozoobenthon, caused by acid rain were found.

1. Einleitung

Nachdem die sauren Depositionen als ernstzunehmendes Problem für schlechtgepufferte Fließgewässer erkannt waren, begann die Erfassung der Gewässerversauerung mit Hilfe säureempfindlicher Indikatororganismen. Diese werden als exzellente Indikatoren für Geschichte, Ausmaß und Dauer der Versauerung angesehen (DICKSON 1983). Durch Schadstoffeinträge aus der Luft verursachte Fließgewässerschäden sind in zahlreichen deutschen Mittelgebirgen dokumentiert worden (MATTHIAS 1983; BAUER et al. 1988; BRAUKMANN 1987; HEITKAMP et al. 1985; SCHOEN et al. 1984;).



Durch Schadstoffeinträge aus der Luft verursachte Fließgewässerschäden sind in zahlreichen deutschen Mittelgebirgen dokumentiert worden (MATTHIAS 1983; BAUER et al. 1988; BRAUKMANN 1987; HEITKAMP et al. 1985; SCHOEN et al. 1984;).

Für die vorliegende Untersuchung wurden 132 Bäche in einem etwa 560 km² großen Gebiet des Rheinisch-Westfälischen Schiefergebirges bearbeitet (Abb 1). Das Ausgangsgestein sind kalkarme Tonschiefer, die

Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes in Nordrhein-Westfalen

Böden sind karbonatarm bis karbonatfrei. Das Pufferungsvermögen der Böden im

Untersuchungsgebiet wird als gering bis mittel eingeschätzt, das Gebiet ist als stark versauerungsgefährdet zu bezeichnen (UBA 1987).

An der etwa 30 km westlich des Untersuchungsgebietes (USG) gelegenen Luftmeßstelle Meinerzhagen wird für die SO_2 Konzentration in der Luft ein Jahresmittelwert von 30-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben, die Schwefeldepositionsrate beträgt etwa 10 g $\text{S}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ (Schoen et al. 1984, UBA 1989). DICKSON (1983) fordert eine Reduktion des Schwefeleintrags auf weniger als 0,5 g $\text{S}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$, um sensible Gewässer vor Schädigungen zu bewahren.

2. Material und Methode

Die Erfassung der Makrozoobenthonfauna durch kick-sampling mit einem Kescher von 20 cm Kantenlänge und 250 μm Maschenweite erfolgte zu allen Jahreszeiten, da sowohl herbstliche Niedrigwasserstände als auch Hochwässer im Frühjahr große Bedeutung für den Wasserchemismus haben. Die Häufigkeit der Organismen wurde nach einer siebenstufigen Skala (1 = Einzelfund bis 7 = massenhaft) geschätzt (DIN 38410 T1). Die Determination wurde bis zur niedrigsten, im Feld sicher anzusprechenden taxonomischen Einheit sofort durchgeführt und später am konservierten Material ergänzt und vervollständigt; bei den Wasserinsekten wurde nach den gefangenen Larven bestimmt. Zusätzlich wurden bei jeder Probenahme pH-Wert und Leitfähigkeit elektrometrisch erfasst. Im Mai und Juni 1987 wurden an 64 Probestellen Wasserproben entnommen und im Labor des Landesamtes für Wasser und Abfall nach den jeweiligen DIN und DEV Verfahren analysiert. Bei 11 weiteren Probestellen konnte auf bereits vorhandene Daten zurückgegriffen werden.

3. Das Untersuchungsgebiet

Das USG wurde in 4 Teileinzugsgebiete gegliedert (Abb. 2) und jedes nach seinem wichtigsten Bachlauf benannt.

1. Gebiet der Heve; Gewässerfolge: Möhne, Ruhr, Rhein
2. Gebiet der Lenne; Gewässerfolge: Ruhr, Rhein
3. Gebiet der Hundem; Gewässerfolge: Lenne, Ruhr, Rhein
4. Gebiet der Sieg; Gewässerfolge: Rhein

Es handelt sich um einen Mittelgebirgsbereich überwiegend paläozoischen Alters mit Höhenlagen von 240 bis 700 m über NN. Das Gebiet ist durch einen außerordentlich hohen Waldanteil gekennzeichnet. Tab. 1 gibt einen Überblick über Ge-

hölzvegetation und die Substratverhältnisse an den Probestellen. An die Stelle des bodenständigen, artenarmen Buchenwaldes sind heute großflächig Fichtenmonokulturen getreten. Nur im Sieggebiet wird wegen der mit der frühen Besiedlung verbundenen Niederwaldwirtschaft das Landschaftsbild auch heute noch von Laubwald aus Eichen und Birken bestimmt.

Teiluntersuchungsgebiet	Heve	Lenne	Hundem	Sieg
Höhenlage der Probestellen (m ü.NN)	240-475	295-700	360-540	300-520
Vorherrschende Vegetation an den Probestellen (%)				
Nadelwald	69	63	52	24
Mischwald	15	12	0	10
Laubwald	8	8	10	48
Brachflächen	8	17	38	17
Vorherrschendes Substrat an den Probestellen (%)				
Fels und Platten	4	13	12	0
grobes Geschiebe	50	50	50	38
Kies	38	16	17	41
Sand	4	0	7	7
Lehm	4	6	5	7
Schlamm	0	0	5	0
Sonstiges	0	15	5	7
Anzahl der Probestellen	26	42	28	17

Tab.1: Vorherrschende Substrat- und Vegetationsverhältnisse an den Probestellen in den vier Teiluntersuchungsgebieten.

4. Ergebnisse

4.1. Makrozoobenthon

Im Heve - Gebiet wurden im Untersuchungszeitraum (03.1988-03.1989) starke Schwankungen von Artenzahl und Individuendichten des Makrozoobenthons festgestellt. Am stärksten betroffen waren die säuresensiblen Formen. Hier war pH 6,7 der niedrigste Wert, bei dem die Eintagsfliegenart *Ecdyonurus venosus* nachgewiesen werden konnte. Bei pH-Werten unter 6,5 ist für diese Art ein deutlicher Rückgang der Abundanz festgestellt worden (ZIEMANN 1975). Im Heve-Gebiet konnten sie nur an 19% der Probestellen nachgewiesen werden, im Sieg-Gebiet lag die Konstanz dagegen bei 50% (Tab. 2).

Epeorus sylvicola kann als Indikatorart für pH-Werte über 5,5 angesehen werden (HEITKAMP et.al. 1985). Im Frühjahr 1988 wurden sie in keinem Bach im Heve-Gebiet erbeutet. Im Herbst des gleichen Jahres wurde die Art in acht Bächen nachgewiesen. Im März 1989 waren sie noch in drei Bächen anzutreffen (5,19,26), deren pH-Wert im Untersuchungszeitraum nicht unter pH 6 gefallen war.

In sechs Bächen des Heve-Gebietes konnten zu keinem Untersuchungszeitpunkt Ephemeroptera festgestellt werden.

Eng mit den gemessenen minimalen pH-Werten ist auch das Auftreten von *Gammarus fossarum* verknüpft. Diese Art wurde nur bis zu pH 6,2 nachgewiesen. PH-Werte unter 5 überleben Gammaridae nur etwa 12 Stunden (BREHM & MEIJERING 1982). Der mit einer Konstanz von 27% ebenso häufig wie *Gammarus* angetroffene Höhlenkrebs *Niphargus* trat bis pH 4,8 in den Untersuchungsgewässern auf. Für diese Art hat der aktuelle pH-Wert weniger Bedeutung, da er bei ungünstigen Bedingungen in das grundwasserbeeinflusste Lückensystem auszuweichen vermag.

Die ebenfalls säureempfindlichen Arten *Dugesia gonocephala* und *Ancylus fluviatilis* wurden im gesamten Untersuchungszeitraum nur in zwei Bächen des Heve-Gebietes gefunden. Der niedrigste pH-Wert, den *Dugesia gonocephala* toleriert, wird zwischen 6,0 und 6,4 angegeben (FLÖSSNER 1962, MATTHIAS 1983). Im Sieg-Gebiet ist die Art in 79% der Bäche anzutreffen, im Heve-Gebiet findet man sie jedoch nur in 8% der untersuchten Bäche.

Für Mollusken sind pH-Werte unter 7 kritisch, da die Kalkschale der Tiere im sauren Wasser hochgradig löslich wird (SINGER 1982). Im Untersuchungsgebiet wurden sie nur bei pH-Werten um den Neutralpunkt angetroffen. *Ancylus fluviati-*

Tab. 2: Konstanz der Organismen in % der Probestellen im Untersuchungsgebiet

Teiluntersuchungsgebiet Anzahl Probestellen	HEVE	LENNE	HUNDEM	SIEG
	26	42	28	17
Versauerungssensibilität	Konstanz in %			
TURBELLARIA				
<i>Crenobia alpina</i> DANA		10		4
<i>Dugesia gonocephala</i> DUGES	8	67	47	79
<i>Polycelis felina</i> DALYELL		14	6	11
NEMATOMORPHA				
<i>Gordius aquaticus</i> L.		14		4
GASTROPODA				
<i>Ancylus fluviatilis</i> MÖLLER	8	28	18	18
<i>Bythinella</i> spp.		7	12	11
<i>Lymnaea truncatula</i> MÖLLER				4
<i>Lymnaea auricularia</i> L.			6	
<i>Lymnaea peregra</i> MÖLLER				4
BIVALVIA				
<i>Dreissena polymorpha</i> PALLAS		2		4
<i>Placidium</i> spp.		2		
CLITELLATA				
<i>Erpobdella octoculata</i> L.				4
<i>Oligochaeta</i>	12	14	12	11
CRUSTACEA				
<i>Asellus aquaticus</i>		2		4
<i>Gammarus fossarum</i> KOCH	31	83	47	25
<i>Gammarus pulex</i> L.	27	2		
<i>Niphargus</i> sp.	23	10	24	25
EPHEMEROPTERA				
<i>Ameletus inopinatus</i> ETN.				4
<i>Baetis</i> sp.	62	88	71	86
<i>Baetis rhodani</i> PICT.	8	60	35	43
<i>Epeorus sylvicola</i> PICT.	35	38	41	36
<i>Ecdyonurus dispar</i> CURT.				4
<i>Ecdyonurus venosus</i> F.	19	45	18	50
<i>Ephemerella ignita</i> PODA		33	24	46
<i>Ephemerella mucronata</i> BGTSS.		5		
<i>Ephemera danica</i> MÖLL.	12	2		
<i>Heptagenia</i> sp.		24	12	32
<i>Habroleptoides modesta</i> HAG.	8	74	12	68
<i>Habrophlebia fusca</i> CURT.	31		5	4
<i>Leptophlebia marginata</i> L.	15			
<i>Paraleptophlebia cincta</i> RETZ.	39			
<i>Rhithrogena semicolorata</i> Gr.	42	86	53	77
<i>Siphonurus lacustris</i> ETN.		6	4	
PLECOPTERA				
<i>Amphinemura</i> spp.	42	31	24	54
<i>Brachyptera risi</i> MORTON	7		18	

Säuresensible Arten |; Säuretolerante Arten *

Teiluntersuchungsgebiet Anzahl Probestellen	HEVE 26	LENNE 42	HUNDEM 28	SIEG 17
Versauerungssensibilität	Konstanz in %			
<i>Brachyptera seticornis</i> KLP.	19	60	69	58
<i>Chloroperla</i> sp.	12	7	6	
<i>Diura bicaudata</i> L.	16	12		7
<i>Dinocras cephalotes</i> CURT.	1	31	6	14
<i>Isoperla</i> spp.	1	64	88	89
<i>Leuctra</i> spp.	1	92	83	88
<i>Nemoura</i> spp. vel <i>Nemurella picteti</i>	1	81	40	63
<i>Protonemura</i> sp.		31	60	57
<i>Protonemura praecox</i> MORTON		4	21	29
<i>Perlodes</i> spp.		64	88	69
<i>Perla</i> sp.	1		31	6
<i>Perla marginata</i> PZ.	1	12	21	18
<i>Taeniopteryx hubaulti</i> AUBERT			2	
ODONATA				
<i>Cordulegaster bidentatus</i> SELYS	12			
COLEOPTERA				
<i>Anacaena globulus</i> PAYK.	4	12	36	32
<i>Elmis aenea</i> PH. MÜLLER	1	48	41	50
<i>Elmis maugetii</i> LATREILLE	1	7	18	21
<i>Esolus angustatus</i> PH. MÜLLER		4	33	47
<i>Hydraena</i> sp.	1	4	26	24
<i>Helodes</i> sp.		27	52	47
<i>Gyrinus substriatus</i> STEPHENS		4		68
<i>Laccophilus</i> sp.			6	7
<i>Limnebius papposus</i> MULS.				11
<i>Limnius voickmari</i> PANZER	1	27	43	41
<i>Oreodytes rivalls</i> GYLL.			12	29
<i>Platambus maculatus</i> L.				4
MEGALOPTERA				
<i>Stalls fuliginosa</i> PICTET	15	2	6	7
TRICHOPTERA				
<i>Chaetopterygini</i>			21	65
<i>Drusus</i> sp.		5		
<i>Drusus biguttatus</i> PICTET			14	12
<i>Drusus discolor</i> RAMB.			5	6
<i>Glossosoma boltoni</i> CURTIS			10	4
<i>Hydropsyche angustipennis</i> CURTIS	1	4	2	
<i>Hydropsyche instabilis</i> CURTIS	1	38	60	24
<i>Hydropsyche pellucidula</i> CURTIS	1	23	12	
<i>Hydropsyche siltalai</i> DÖHLER	1		7	18
<i>Lithax niger</i> HAGEN			2	12
<i>Lithax obscurus</i> HAGEN				6
<i>Lepidostoma hirtum</i> FBR.			2	12
<i>Micropterna testacea</i> GMELIN			2	
<i>Odontocerum albicorne</i> SCOP.		12	5	12
<i>Phlopotamus ludificatus</i> Mc.L.	1	4	67	35
<i>Phlopotamus montanus</i> DON.	1	19	24	12
<i>Phlopotamus variegatus</i> SCOP.	1			4

Säuresensible Arten i; Säuretolerante Arten *

Teiluntersuchungsgebiet Anzahl Probestellen	HEVE	LENNE	HUNDEM	SIEG
	26	42	28	17
Versauerungssensibilität	Konstanz in %			
<i>Plectrocnemia conspersa</i> CURTIS	42	21	41	7
<i>Plectrocnemia geniculata</i> Mc.L		7		4
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> PICT.		7	4	4
<i>Rhyacophila</i> sp.	4			
<i>Rhyacophila dorsalis</i> CURTIS	*	10	12	7
<i>Rhyacophila evoluta</i> Mc.L.	*	5		
<i>Rhyacophila fasciata</i> HAGEN	*	12	12	
<i>Rhyacophila laevia</i> PICTET		2		
<i>Rhyacophila nubila</i> ZETT.		12		
<i>Rhyacophila obliterata</i> Mc.L.	15	21	24	25
<i>Rhyacophila phillopotamoides</i> Mc.L.	2			
<i>Rhyacophila tristis</i> PICTET	5	6	11	
<i>Stenophylacini</i>	19	19	12	7
<i>Silo pallipes</i> FABR.			6	
<i>Sericostoma</i> sp.	50	66	82	96
<i>Tinodes rostocki</i> Mc.L.			6	
<i>Wormaldia</i> sp.		2		
DIPTERA				
<i>Atherix</i> sp.	15	29	29	25
Chironomidae	15	21	29	43
<i>Dicranota</i> sp.	12	34	35	54
<i>Dixa</i> sp.		5	24	29
<i>Liponeura</i> sp.		50		7
Limoniidae		5		7
<i>Rheotanytarsus</i> sp.		2	12	14
Simuliidae	46	86	94	82
<i>Tipula</i> sp.	23	50	53	32

Säuresensible Arten !; Säuretolerante Arten *

lis besiedelt im Lenne-Gebiet 28% der Bäche, im Heve-Gebiet wird sie an 8% der Probestellen gefunden (Tab 2). Diese Schnecke war früher im gesamten Sauerland ab dem unteren Bereich der Quellbäche sehr häufig anzutreffen (THIENEMANN 1912; DITTMAR 1953). Heute fehlt sie in vielen Bächen.

Für die säuresensible *Hydropsyche* (Trichoptera) wurde eine limitierende Wirkung von pH-Werten unter 5,7 festgestellt (HAINES 1981). Im Heve-Gebiet wurde die Art nur in den Bächen ganzjährig angetroffen, deren pH-Wert 5,5 nicht unterschreitet.

In den zumindest zeitweilig versauerten Bächen erreichen die Plecoptera (*Amphinemura*, *Leuctra*, *Protonemura*, *Isoperla*) und die Trichoptera (*Plectrocnemia*, *Sericostoma*, *Rhyacophila*) hohe Artenzahlen und hohe Abundanz-Werte. Individuen der Gattungen *Plectrocnemia*, *Isoperla* und *Leuctra* kamen bis pH 3,8 vor (23 - Bilsteinbach). Die als versauerungstolerant bekannten Plecoptera-Arten sind in den untersuchten Bächen in hoher Konstanz (*Leuctra* 92%, *Nemoura* 81%, *Amphinemura* 46%) vertreten. Versauerungssensible Plecoptera wie *Dinocras cephalotes* und *Perla sp.* werden im Heve- und Hundem-Gebiet in geringerer Abundanz als in den beiden anderen Teiluntersuchungsgebieten gefunden.

Auch in einigen Bächen des H u n d e m b a c h - Gebietes konnten Versauerungserscheinungen dokumentiert werden. Der Lüttke Aabach ist hier von besonderem Interesse, da DITTMAR 1955 eine detaillierte Beschreibung dieses Baches gab. Bei den Untersuchungen in den Jahren 1986/87 konnten die von DITTMAR nachgewiesenen säuresensiblen Tricladida *Dugesia gonocphala*, *Crenobia alpina* und *Planaria vitta* sowie die Mollusca *Ancylus fluviatilis* und *Pisidium spp.* nicht gefunden werden. Nur vier der 19 von DITTMAR nachgewiesenen Eintagsfliegenarten sind heute noch zu finden. Nach der Schneeschmelze im April 1987 waren sie aus dem gesamten Lüttke Aabach verschwunden. Von den 13 Plecoptera-Arten die DITTMAR nachwies, wurden zehn wiedergefunden. Zwei der drei nicht wiedergefundenen Arten sind säureempfindlich (*Perla marginata*, *Dinocras cephalotes*). Das Fehlen der Gammaridae in einigen der untersuchten Gewässer wurde auch schon von DITTMAR festgestellt. Als Grund hierfür sind vermutlich die niedrigen Calcium Konzentrationen von unter 6 mg/l anzusehen.

Die Bäche im S i e g - und L e n n e - Gebiet zeigen eine weitgehend normale Verbreitung des Makrozoobenthon. Im Sieg-Gebiet wurden in keinem, im Lenne-Gebiet in zwei (49,50) von 42 Bächen versauerungsbedingte Besiedlungsdefizite festgestellt.

Abb.2 zeigt die Verbreitung der Ephemeroptera und Gammaridae im gesamten Untersuchungsgebiet am Beispiel ausgewählter Probestellen. Beim Betrachten der Karte fallen Areale im Gebiet von Heve und Hundembach auf, die frei von Gammaridae und Ephemeroptera sind. Zusätzlich gibt die Karte die gemessenen pessimalen pH-Werte der jeweiligen Probestelle an. Im Einzugsgebiet der Lenne kommen an fast allen Probestellen sowohl Gammaridae als auch Ephemeroptera vor. Es ist anzunehmen, daß die geringe Verbreitung der Gammaridae im Sieggebiet ebenfalls auf die niedrigen Calcium-Gehalte zurückzuführen ist, da die übrige Zönose keine Hinweise auf Versauerungserscheinungen gibt.

Abb. 3 zeigt die Konstanz der Organismen, die für die Beurteilung der Gewässer-versauerung von Bedeutung sind. Die Einteilung in säuresensitive (*Dugesia bis Philopotamus*) und säuretolerante (*Niphargus bis Plectrocnemia*) wurde mit Hilfe der Literatur vorgenommen. Die Konstanz (= Stetigkeit) besagt, in wieviel getrennten Beständen des gleichen Biotops eine bestimmte Art (innerhalb eines größeren Gebietes) vorkommt. Folgenden Organismengruppen werden unterschieden:

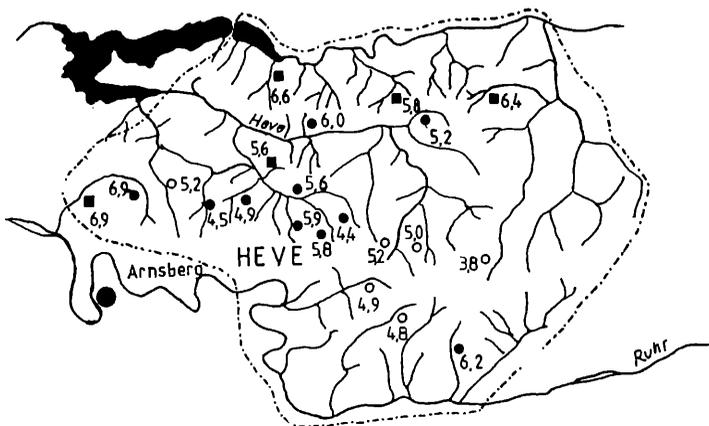
- säureunempfindliche Arten (*Plectrocnemia* bis *Nemoura*)
- indifferente Arten (*Baetis*, *Niphargus*)
- säureempfindliche Arten (*Hydropsyche* bis *Dugesia*).

Deutlich ist die geringere Konstanz der säureempfindlichen Organismen im Einzugsgebiet von Heve und Hundembach zu erkennen. Dagegen wird in den Gebieten von Lenne und Sieg eine gleichmäßige Verteilung dieser beiden Gruppen gefunden.

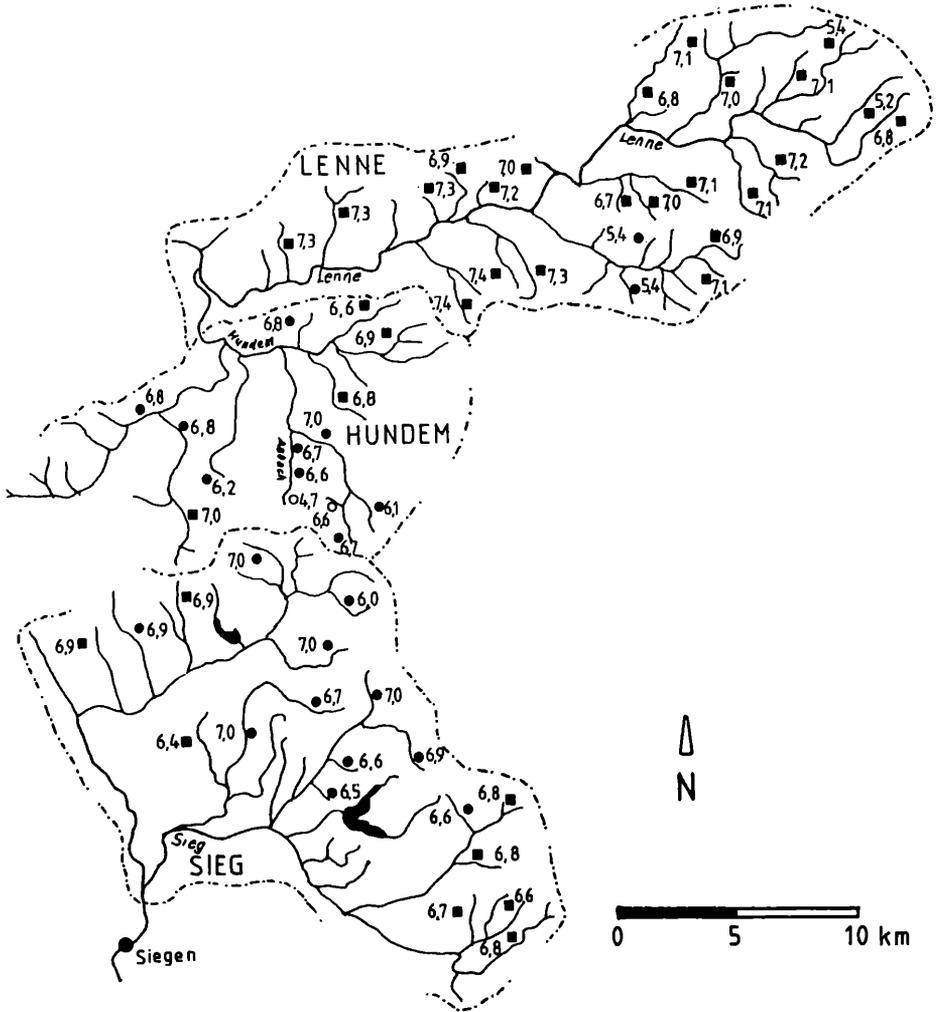
Abb. 2: Verbreitung der säuresensiblen Gammaridae und Ephemeroptera in den Bächen des Untersuchungsgebietes.

- *Gammarus* und Ephemeroptera
- Nur Ephemeroptera
- Weder *Gammarus* noch Ephemeroptera

An den Probestellen (Auswahl) ist der jeweils niederste pH-Wert angegeben.



noch Abb. 2



T
a
x
o
n

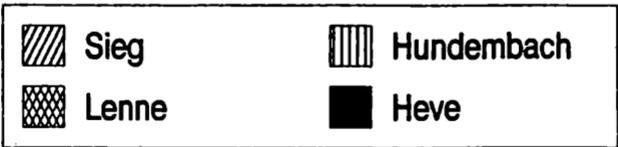
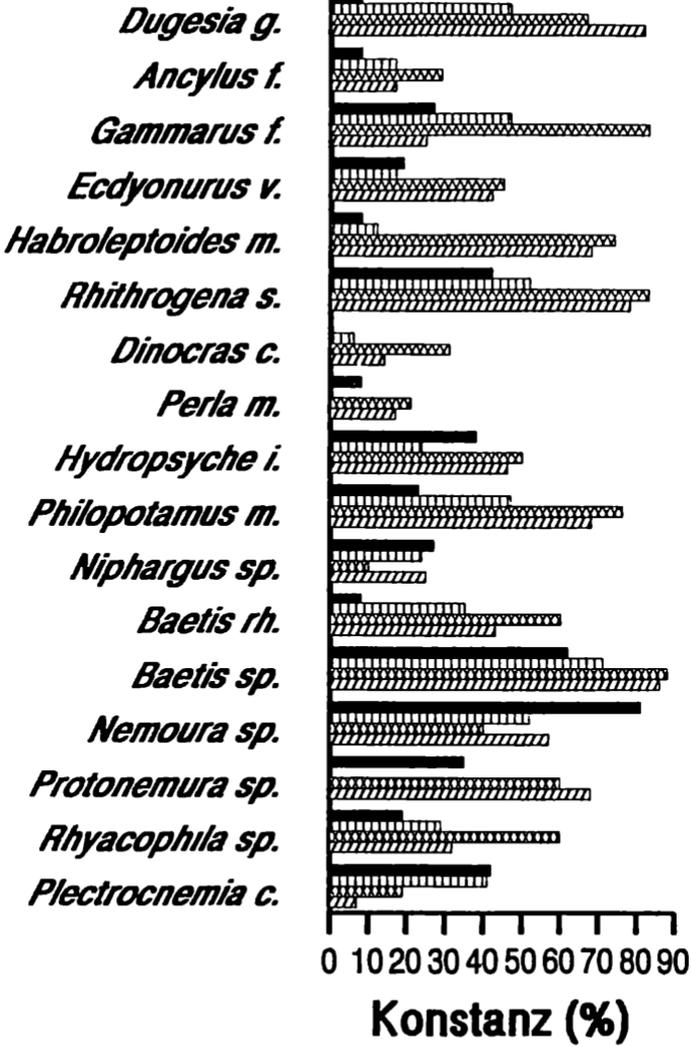


Abb. 3: Konstanz ausgewählter Organismen in den Teiluntersuchungsgebieten

4.2. Wasserchemismus

Der pH-Wert ist ein wichtiger hydrochemischer Indikator der Versauerung. Im Heve-Gebiet, das von der Gewässerversauerung am stärksten betroffen ist, wurden im Frühjahr 1988 in 12 von 26 untersuchten Bächen pH-Werte unter 5,5 gemessen. Im Frühjahr 1989 war dies noch in 4 Bächen (21,22,24,25) der Fall. Im Jahresgang traten in einem Bach (16) Schwankungen des pH-Wertes um maximal 2,9 Einheiten auf. Der niedrigste, nicht auf Mooreinflüsse zurückzuführende pH-Wert betrug 4,4 (11). Die konstant stark sauren pH-Werte (pH 3,8-4,8) an einer Probestelle (23) sind auf den Abfluß eines nahe gelegenen Kleinsthochmoores zurückzuführen. Im restlichen USG wurden überwiegend pH-Werte im leicht alkalischen oder circumneutralen Bereich registriert. Lediglich drei Probestellen, zwei (49,53) im Lenne-Gebiet und die Quelle des Lüttke Aabaches (97), wiesen einen konstant oder zeitweilig erniedrigten pH auf.

Erhöhte Schwermetallgehalte, wie sie im Wasser von vier Bächen im Einzugsgebiet der Sieg gemessen wurden, finden ihre Erklärung in den im Siegerland häufigen Erzgängen.

Die Leitfähigkeit ist als Summenparameter für die gelösten und dissoziierten organischen und anorganischen Substanzen in starkem Maß von den geologischen Verhältnissen im Einzugsgebiet abhängig. In dem von Quarzkeratophyr und Quarzkeratophyrtuffen aus dem Unterdevon sowie von quarzitischen Sandsteinen geprägten Einzugsgebiet des Hundembaches werden Leitfähigkeiten von 68 bis 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen. Im übrigen Untersuchungsgebiet bestreiten unter- und mitteldevonischer Tonstein, Schiefer und Grauwacken den Untergrund. Hier werden etwas höhere Leitfähigkeiten von 72 bis 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen.

Tab. 3 zeigt die im Untersuchungszeitraum an den einzelnen Probestellen gemessenen minimalen und maximalen pH-Werte sowie die Werte für die Leitfähigkeit.

5. Diskussion

Um die Gewässerversauerung im Untersuchungsgebiet zu erfassen, wurde die Indikatorfunktion der Arten des Makrozoobenthons herangezogen. Die durch die Versauerung verursachte Verarmung der Bachfauna führt letztendlich zu einer für saure Gewässer typischen, artenarmen Biozönose.

Im Gebiet der Heve ist diese in vier der 26 beprobten Bäche ausgebildet. In

Tab. 3: Minimaler und maximaler pH-Wert und durchschnittliche Leitfähigkeit der untersuchten Bäche

Heve- Gebiet			Lenne- Gebiet		
Nr.	pH (Min-Max)	Leitf ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Nr.	pH (Min-Max)	Leitf. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
23	3,8-4,2	97	28	5,2-7,2	169
11	4,4-6,2	112	53	5,2-7,6	139
16	4,5-7,5	133	29	5,4-7,5	174
25	4,8-5,6	96	49	5,4-5,7	167
15	4,9-7,5	124	72	6,4-7,3	134
18	4,9-7,3	133	44	6,6-6,9	164
24	4,9-5,4	108	42	6,7-7,5	165
22	5,0-6,0	97	50	6,7-7,7	224
6	5,1-6,8	138	27	6,8-7,4	133
3	5,2-7,0	97	31	6,8-7,4	150
17	5,2-7,4	146	37	6,8-7,4	176
21	5,2-6,3	92	45	6,9-7,3	128
9	5,3-6,9	101	64	6,9-7,5	118
8	5,6-7,0	93	33	7,0-7,4	129
14	5,6-7,5	111	36	7,0-7,4	140
2	5,8-6,9	107	48	7,0-7,6	158
12	5,8-7,5	109	52	7,0-7,5	170
7	5,9-6,5	127	64	7,0-7,7	162
13	5,9-7,4	131	71	7,0-7,5	117
5	6,0-7,5	184	30	7,1-7,7	128
10	6,0-6,7	108	35	7,1-7,6	109
4	6,4-7,0	115	40	7,1-7,5	108
1	6,6-7,2	183	43	7,1-7,2	151
19	6,9-7,5	144	46	7,1-7,4	130
20	6,9-7,2	168	56	7,1-7,5	162
26	6,2-6,9	125	57	7,1-7,8	144
			60	7,1-7,6	137
			73	7,1-7,6	95
			32	7,2-7,7	209
			34	7,2-7,7	212
			38	7,2-7,4	218
			39	7,2-7,7	171
			41	7,2-7,5	215
			62	7,2-7,6	141
			63	7,2-7,5	151
			69	7,2-7,6	111
			51	7,3-8,9	203
			55	7,3-8,0	245
			58	7,3-7,8	128
			61	7,3-7,9	240
			65	7,3-7,8	152
			66	7,3-7,6	109
			74	7,3-7,7	164
			76	7,3-7,8	188
			79	7,3-7,7	216
			59	7,4-7,8	137
			68	7,4-7,7	133
			75	7,4-7,6	144
			78	7,4-8,4	210
			80	7,4-7,9	181
			77	7,5-7,8	252
			47	7,6-7,8	193
			67	7,6-7,8	139
			70	7,6-8,3	211

Hundembach- Gebiet			Sleg- Gebiet		
Nr.	ph (Min-Max)	Leitf. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Nr.	ph (Min-Max)	Leitf. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
97	4,7-5,2	87	107	6,0-7,3	129
100	6,1-6,8	122	113	6,4-6,7	137
87	6,2-7,8	127	117	6,4-6,9	73
102	6,2-6,5	82	123	6,5-7,2	113
82	6,3-7,2	140	118	6,6-7,3	117
96	6,3-6,8	71	122	6,6-7,1	96
104	6,5-7,4	90	125	6,6-7,0	95
84	6,6-7,3	130	131	6,6-6,8	128
95	6,6-6,8	75	114	6,7-6,9	105
98	6,6-6,8	68	115	6,7-6,9	186
99	6,6-6,7	75	130	6,7-7,3	91
92	6,7-7,5	191	124	6,8-7,5	283
94	6,7-7,2	80	128	6,8-7,1	83
101	6,7-7,2	68	129	6,8-7,1	122
81	6,8-7,0	120	132	6,8-7,7	99
90	6,8-7,4	84	106	6,9-7,2	77
91	6,8-7,5	193	109	6,9-7,7	98
85	6,9-7,3	128	110	6,9-7,7	83
83	7,0-7,7	164	111	6,9-7,0	72
93	7,0-7,3	192	120	6,9-7,2	84
103	7,0-7,5	140	121	6,9-7,9	108
86	7,1-7,8	143	127	6,9-7,3	136
88	7,2-7,7	200	105	7,0-7,2	75
89	7,3-7,6	157	112	7,0-7,5	219
			116	7,0-7,3	121
			119	7,0-7,6	138
			126	7,0-7,2	75
			108	7,2-7,6	150

Klammern ist der jeweils niedrigste pH- Wert angegeben, bei dem die Art im Untersuchungsgebiet nachgewiesen wurde. Die dominierenden Elemente dieser Zönose sind *Plectrocnemia conspersa* (pH 3,8), *Amphinemura sp.* (pH 5,1), *Protone-mura sp.* (pH 4,9), *Nemoura sp.* (pH 4,1) und *Leuctra sp.* (pH 3,8). Diese Taxa erreichen dank verminderter Konkurrenz hohe Individuendichten. 13 weitere Bäche im Heve-Gebiet sind durch die Säureeinträge aus der Atmosphäre geschädigt.

Abb. 2 zeigt den Zusammenhang zwischen den (zeitweilig) erniedrigten pH- Werten und der Besiedlung durch die säuresensiblen Ephemeroptera und Gammari-dae. Auch das jahreszeitlich bedingte Auftreten einiger säuresensibler Arten ist ein deutlicher Hinweis auf die Belastung der Bäche in diesem Gebiet. Im Heve Gebiet wird während der Wintermonate eine starke Reduktion von Artenzahl und Individuendichte des Makrozoobenthons festgestellt. Als Ursache hierfür kann die pH-Depression während herbstlicher Starkregenereignisse und der

Schneeschnmelze im Frühjahr angesehen werden. Nicht von Versauerungserscheinungen betroffene Fließgewässer zeigen diese Schwankungen nicht oder nur in geringerem Ausmaß, da auch natürliche Faktoren wie Hochwässer die Bachfauna zeitweilig reduzieren können.

Nach Aussage eines Försters war vor 20 bis 30 Jahren im gesamten Gebiet der Heve die Bachforelle häufig anzutreffen. In den Jahren 1988/89 waren keine Hinweise auf eine Besiedlung durch Bachforellen zu finden. Groppen konnten nur an zwei Probestellen nachgewiesen werden. Im Laborexperiment wurde für Bachforellen ein letaler pH-Wert von 4,0 bis 4,3 festgestellt. Im Freiland zeigen sich ab pH 5,0 negative Auswirkungen der hohen Wasserstoffionenkonzentration (LEIVESTAD et al. 1980). Veränderter Altersaufbau bis hin zum völligen Verschwinden der Fischpopulation durch eine erhöhte Mortalität von Brut und Jungfischen wurden bei Freilanduntersuchungen in deutschen Mittelgebirgsbächen festgestellt (MATTHIAS 1983; LESSMANN & HEITKAMP 1988). Auch im Lüttke Aabach scheint das Weiterbestehen einer autochtonen Bachforellenpopulation fraglich, da das natürliche Brutaufkommen als zu gering für deren Erhalt angesehen wird (LUBIENICKI & STEINBERG 1987).

Die Abnahme der Artenzahl des Makrozoobenthons in den vergangenen 30 Jahren im Lüttke Aabach (H u n d e m b a c h - Gebiet) konnte anhand einer älteren Untersuchung (DITTMAR 1955) gezeigt werden. Von den 19 durch DITTMAR nachgewiesenen Ephemeroptera-Arten wurden nur vier wiedergefunden. Zeitweilig waren die Ephemeroptera im gesamten Lüttke Aabach vernichtet (Schneeschnmelze 1987). Von den drei hier nicht mehr vorkommenden Plecoptera-Arten sind zwei als säuresensibel anzusehen (*Perla marginata*, *Dinocras cephalotes*). Auch die säuresensiblen Tricladida *Dugesia gonocephala* und *Croenobia alpina* sowie die Mollusca *Ancylus fluviatilis* und *Pisidium spp.* konnten nicht mehr nachgewiesen werden. Das zeitweilige Verschwinden der Ephemeroptera in Perioden erhöhter Säurebelastung an insgesamt sechs Probestellen zeigt die Versauerungsfährdung des Hundembachgebietes.

In den beiden übrigen Teiluntersuchungsgebieten S i e g und L e n n e wurden nur geringfügige Hinweise auf versauerungsbedingte Schäden gefunden.

Die ausgedehnten Fichtenbestände des gesamten Untersuchungsgebietes tragen ebenfalls zur Versauerung der Bäche bei. Zum einen werden bei der Humifizierung der Fichtenstreu große Mengen an Fulvo- und Huminsäuren gebildet, zum anderen führt der Auskämmeffekt zu einer erhöhten Schwefeldepositionsrate in Fichtenbeständen. In drei Teiluntersuchungsgebieten liegen zwischen 52% (Hundembach) und 69% (Heve) der Probestellen in Fichtenkulturen, lediglich im Sieg-

Gebiet ist dieser Anteil mit 24% (Tab. 1) deutlich geringer. Die im Gebiet relativ häufigen Torfmoose tragen wegen ihrer Fähigkeit, H^+ Ionen gegen Metallionen einzutauschen ebenfalls zur Gewässerversauerung bei.

Durch die Folgen der Versauerung werden die letzten Refugien zahlreicher Arten, die durch die von den besiedelten Gebieten ausgehenden Einflüsse ohnehin schon stark bedroht sind, vernichtet.

Literatur

BAUER, J., R. LEHMANN & A. HAMM (1988) : Gewässerversauerung im nord- und nordostbayerischen Grundgebirge. Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung, München.

BRAUKMANN, U. (1987) : Zoologische Untersuchungen zur Gewässerversauerung in Schwarzwald-Bächen. Vortrag: Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie - Seon.

BREHM, J. & M. P. D. MEIJERING (1982) : Zur Säureempfindlichkeit ausgewählter Süßwasserkrebse (*Daphnia*, *Gammarus*, *Crustacea*).- Arch. Hydrobiol. **95**: 17-27, Stuttgart.

DICKSON, W. (1983) : Characterisation of acid waters. VDI-Berichte **500**: 387-391, Düsseldorf.

D'TTRI, F.M. (ed.) (1982) : Acid precipitation: Effects on ecological systems.- East Lansing, Michigan 1-3 April 1981, Michigan, Ann Arbor.

DITTMAR, H. (1953) : Hat das Verhältniss von Kalzium zu Magnesium eine Einfluß auf die Besiedlung der Forellengewässer durch *G. pulex*? -Natur und Heimat**13,2**: 56-60, Münster.

DITTMAR, H. (1955) : Ein Sauerlandbach.- Archiv für Hydrobiologie **50**: 304-552, Stuttgart.

DRABLOS, D. & A. TOLLAN (ed.) (1980) : Ecological impact of acid precipitation.- SNSF Projekt, Oslo.

FLÖSSNER, D. (1962) : Zur Ökologie der Bergbachtricladien im Erzgebirge. -Limnologica **1**: 304-305, Berlin.

HEITKAMP, U., D. LESSMANN, & C. PIEHL (1985) : Makrozoobenthos-, Moos- und Interstitialfauna des Mittelgebirgsbachsystems der Sieber im Harz (Süd- Niedersachsen).- Arch. Hydrobiol. Suppl. **70**: 279-364, Stuttgart.

LEIVESTAD, H., J. P. MUNITZ & B. O. ROSSELAND (1980) : Acid Stress in trout from a dilute mountain stream.- in DRABLOS, D & A. TOLLAN (ed.), Ecological impact of acid precipitation.- SNSF Project, Oslo.

LESSMANN, D. & U. HEITKAMP (1988) : Auswirkungen der Gewässerversauerung auf die Fischpopulation in Bergbächen des Harzes.- Vortrag: Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie, Goslar.

LUBIENICKI, B. & L. STEINBERG (1987) Die Auswirkungen der anthropogenen Gewässerversauerung auf die Ichthyofauna, insbesondere der Bachforelle (*Salmo trutta f. fario L.*) in ausgesuchten Mittelgebirgsbächen.- Der Fischwirt **37**: 33-38, Düsseldorf.

MATTHIAS, U. (1983) : Der Einfluß der Versauerung auf die Zusammensetzung der Bergbachzöno-
sen.- Arch. Hydrobiol. Suppl. 65: 407-483, Stuttgart.

SCHOEN, R., R. WRIGHT & M. KIEFER (1984) : Gewässerversauerung in der BRD; erster regio-
naler Überblick.- Naturwiss. 17 :95-97, Berlin.

SINGER, R. (1982) : Effects of acid precipitation on benthos.- in D'itri, F. M. (ed.), Acid precipitati-
on: Effects on ecological systems.- East Lansing, Michigan 1-3 April 1981, Michigan, Ann Arbour.

THIENEMANN, A. (1912) Beiträge zur Kenntniss der westfälischen Süßwasserfauna.- Jahresbe-
richt der zoologischen Sektion des Westfälischen Provinzialvereins 40: 43-83, Münster.

UMWELTBUNDESAMT (1987) : Gewässerversauerung in der BRD. Texte 22/87 Teil II, Berlin.

UMWELTBUNDESAMT (1989) : Daten zur Umwelt.- 613 S., (Erich Schmidt Verlag) Berlin.

ZIEMANN, H. (1975) : Über den Einfluß von Wasserstoffionenkonzentrationen und Hydrogencarbo-
natgehalt auf die Ausbildung von Bergbachzönozen.- Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. 60: 523-555, Berlin.

Anschriften der Verfasser : Dipl.-Biol. Hannes Schimmer, Pappelstraße 82, 2800 Bremen 1 und Prof.
Dr. Günther Friedrich, Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen, Auf dem Draap 25,
4000 Düsseldorf 1

Manuskripteingang : 04.04.1990

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lauterbornia](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [1990_05](#)

Autor(en)/Author(s): Schimmer Hannes, Friedrich Günther

Artikel/Article: [Die Auswirkungen der Gewässerversauerung auf das Makrozoobenthon ausgewählter Mittelgebirgsbäche im Sauer- und Siegerland 49-66](#)