

Lauterbornia H. 25: 31-40, Dinkelscherben, Juni 1996

Über die Wiederbesiedlung durch Wasserinsekten in der ehemals säuregeschädigten Nieste/Fulda (Hessen)

[The recolonization by freshwater-insects in the formerly acid-stressed brook Nieste/Fulda (Hesse)]

Werner Meinel, Jörg Gronostay und Ingo Siegmund

Mit 2 Abbildungen und 3 Tabellen

Schlagwörter: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Insecta, Fulda, Weser, Nordhessisches Bergland, Hessen, Deutschland, Versauerung, pH, Wiederbesiedlung, Faunistik

Limnologische Langzeit-Untersuchung der Nieste/Fulda 1980/1995. Parallel zu einem Anstieg des pH-Werts seit 1990 von pH 4 auf ein jetzt stabiles Niveau von 6,2 kam es zu einer Wiederbesiedlung durch säureempfindlichere Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera und damit zu einer Zunahme der Arten- und Individuendichte. Dies wird dokumentiert und besprochen.

Limnological long term study of the Nieste/Fulda 1980/1995. Parallel to an increase of the pH-values since 1990 from pH 4 up to a stable level around 6,2 there was a recolonization with acid-sensitive Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera followed by an increase of the species and individual density. This will be documented and discussed.

1 Einleitung

Die sauren Niederschläge der siebziger und achtziger Jahre schädigten große Areale der Bundesrepublik Deutschland. Der nordhessische Kaufunger Wald ist eines der in diesem Sinne am stärksten in Mitleidenschaft gezogenen Gebiete Deutschlands. Die Ursachen hierfür sind einerseits expositionsbedingt, andererseits geogener Natur. Die dominierenden Buntsandsteinformationen Nordhessens waren seit langem nicht mehr in der Lage, die Säureeinträge abzupuffern. Der jahrelange und großflächige Anbau von Fichtenmonokulturen verstärkte diesen Effekt. Eine zunehmende Versauerung der Fließgewässer war die Folge, was einen dramatischen Rückgang im Bereich des Makrozoobenthon nach sich zog.

Seit Ende der siebziger Jahre untersucht die Arbeitsgruppe Zoologie-Limnologie der Universität Kassel im Rahmen einer Langzeitstudie die Auswirkungen der niedrigen pH-Werte auf Bachbiozönosen, besonders des Kaufunger Waldes. Die Ergebnisse wurden in mehreren Publikationen kenntlich gemacht: SCHÖCKE (1980), MATTHIAS (1982, 1984), MEINEL, MATTHIAS, SCHÖCKE (1982), MEINEL, MATTHIAS, ZIMMERMANN (1985) MEINEL, KRAUSE (1988) MEINEL,

KRAUSE, MUSKO (1989), MUSKO, MEINEL, KRAUSE, BARLAS (1990), MEINEL, PIEPER (1993), KUHN (1993) und WESTFALL (1992)

MATTHIAS (1982) untersuchte anhand einiger ausgewählter Bäche des Kaufunger Waldes den Einfluß der absinkenden pH-Werte auf die Zusammensetzung der Bachbiozönosen. Er stellte bei den von ihm erfaßten Ordnungen Plecoptera, Ephemeroptera und Trichoptera einen deutlichen Rückgang der Artenzahl parallel zur zunehmenden Versauerung der Fließgewässer fest.

1987-1991 konnte v. KEITZ (1993) anfänglich einen Stillstand und gegen Ende seiner Untersuchung einen signifikanten Rückgang der sulfatbedingten Säureeinträge in das Gebiet des Kaufunger Waldes nachweisen. Die Sulfatdeposition verringerte sich innerhalb des vierjährigen Untersuchungszeitraumes von 66kg/ha auf 30,4kg/ha, also um 46%. Auswirkungen hieraus auf die pH-Wert-Verhältnisse der Bäche waren damals jedoch noch nicht feststellbar.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte im Jahr 1994 erstmals ein Anstieg der pH-Werte in fünf Bächen des Kaufunger Waldes gemessen werden, in Nieste, Wengebach, Ingelheim-Bach, Endschlag-Bach und Schwarzbach. Die Bäche entspringen und verlaufen in einer Buntsandsteinformation, sind also kalkarm und haben einen niedrigen Gesamtkationengehalt, sie verfügen somit kaum über Pufferkapazität (Abb. 1). Im folgenden wird über die Verhältnisse in der Nieste berichtet.

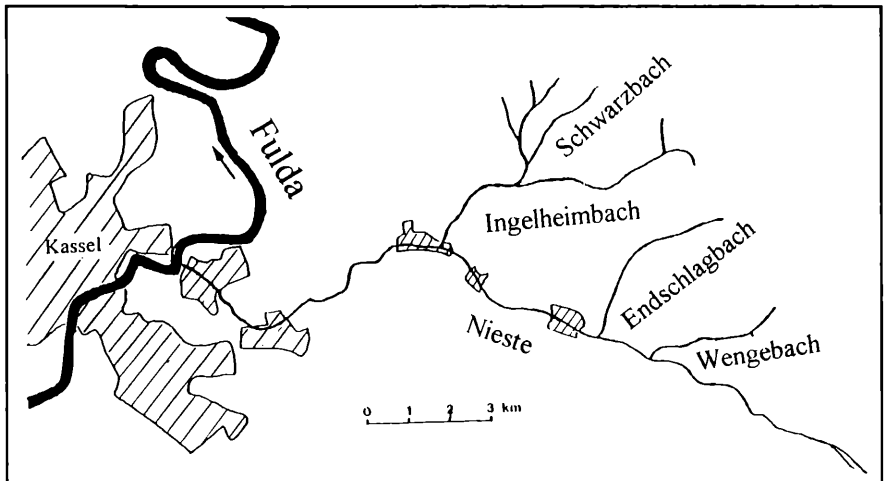


Abb. 1: Das Gewässersystem des Kaufunger Waldes

2 Material und Methoden

Die von MATTHIAS (1982) in den Jahren 1980 und 1981 erfaßten Daten und in der Folgezeit erbrachte Ergebnisse von MEINEL & al. (1982, 1985, 1988, 1992, 1990, 1993) wurden mit einer aktuellen Bestandsaufnahme verglichen. Aus diesem Grunde wurden die benutzten Standard-Methoden übernommen und z. B. neu errichtete Emergenzfallen am gleichen Standort aufgestellt. Auch die Probestellen wurden unter diesen Voraussetzungen ausgewählt.

Die derzeitigen Untersuchungen werden seit August 1994 durchgeführt. Zur möglichst vollständigen Erfassung der Bachbiozönose wurden an der Nieste Emergenzfallen mit einer Grundfläche von 3 m² aufgestellt und einmal in der Woche abgesammelt. Weiterhin werden im gleichen Zeitraum monatliche Benton-Aufsammlungen mittels der Kick-Sampling-Methode durchgeführt.

Die chemischen Parameter werden wöchentlich und nach besonderen Ereignissen, wie Sommergewittern oder Schneeschmelze, zusätzlich erfaßt.

Die gewonnen Zahlen der Ephemeroptera-, Plecoptera- und Trichoptera-Bestände wurden nach dem Verfahren von SCHWERTFEGER (1975) ausgewertet. Anhand der Anteile einer Art an der Gesamtabundanz wurde die Dominanzstruktur der Artenzusammensetzung ermittelt, wobei:

mehr als 10%	eudominant	Klasse I
10 - 5%	dominant	Klasse II
5 - 2%	subdominant	Klasse III
2 - 1%	rezedent	Klasse IV
weniger als 1%	subrezedent	Klasse V

Die Arten wurden in den Tabellen mit den Ziffern I = eudominant bis V = subrezedent versehen. Die Zahlen in Klammern zeigen die Anzahl der gefundenen Individuen einer Art.

Außerdem wurde, wenn bekannt, der Aciditätsindex der Art nach BRAUKMANN (1994) angegeben. Nach seiner Klassifizierung werden die Arten in säureempfindliche = 1, mäßig säureempfindliche = 2, säuretolerante = 3 und säureresistente Taxa = 4 eingeteilt.

3 Ergebnisse

3.1 pH-Wert

Für die beiden Untersuchungsjahre 1980 und 1981 ermittelte MATTHIAS in der Nieste einen durchschnittlichen pH-Wert von 6,24. Die insgesamt 114 Einzelmessungen schwankten zwischen pH 4,8 und 8,0. Die Werte der derzeitigen Untersuchungen liegen auf einem höheren Niveau. Der durchschnittliche pH-Wert liegt bei 6,75 und zeigt somit einen signifikanten Anstieg von 0,5. Auch die Amplitude der Schwankungen der pH-Werte ist mit dem niedrigsten Wert 6,03 und dem höchsten Wert von 7,58 deutlich geringer (Abb. 2).

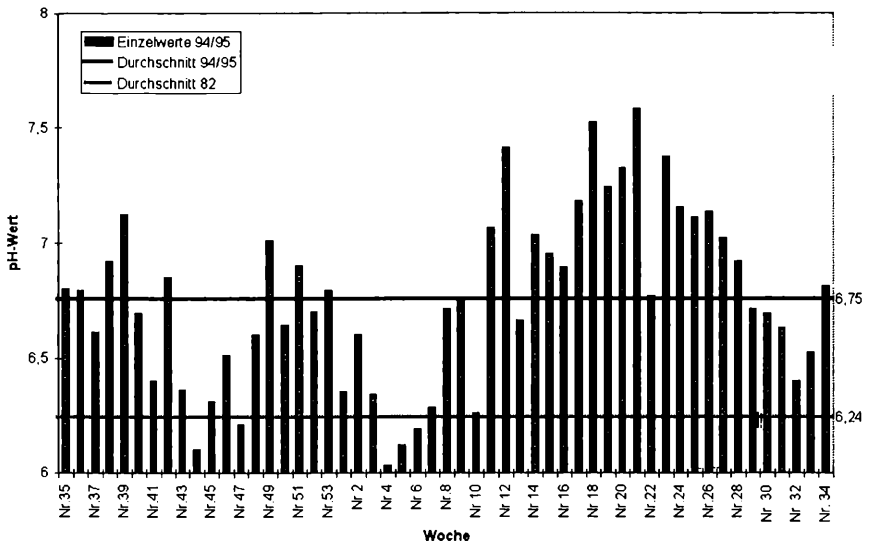


Abb. 2: pH-Messungen in der Niester. Wöchentliche Einzelwerte 1994/95 sowie Durchschnitt 1980/81 und 1994/95

3.2 Ephemeroptera (Tab. 1)

Im Untersuchungszeitraum fand MATTHIAS (1982) an der Niester weder Larven bei Benthon-Aufsammlungen noch adulte Ephemeroptera in der aufgestellten Emergenzfallle.

Nachdem erste stichprobenartige Messungen im Juli 1994 zur Wasserqualität der Niester anzeigten, daß die pH-Werte stabil oberhalb 6 lagen und Ephemeroptera-Larven gefunden wurden, war es sinnvoll, an der Niester Emergenzfallle zu errichten. Im Juli 1994 fanden sich im Benthon *Baetis spp.*, *Ecdyonurus spp.*, *Epeorus sylvicola* und *Ephemerella mucronata*. Imagines konnten in diesem Jahr in den Emergenzfallle jedoch noch nicht nachgewiesen werden. Bei den seit Januar 1995 monatlich durchgeführten Aufsammlungen wurden regelmäßig Larven festgestellt. Die niedrigen pH-Werte als Folge der Schneeschmelze im Frühjahr mit einem Minimum von pH 6,03 überstanden die Larven, ohne daß ein Rückgang der Bestandsdichte zu verzeichnen gewesen wäre.

Ab Mai 1995 wurden adulte Ephemeroptera in den Emergenzfallle gefangen. Bislang konnten 6 Arten aus 4 Familien nachgewiesen werden. Im Benthon fanden sich 9 Arten aus ebenfalls 4 Familien. Der kontinuierliche Anstieg der pH-Werte in jüngster Zeit, läßt jetzt eine Rückbesiedlung mit den säureempfindlichen Ephemeroptera zu.

Tab. 1: Ephemeroptera in der Nieste - röm. Zahl = Dominanzklasse; arab. Zahl = Individuenzahl

	Emergenz und Benthon 1995		Emergenz 1995	Aciditätsindex
	Benthon 1980/81			
Baetidae				
Baetis spp.	0	III (7)	I (8)	2
Heptageniidae				
Epeorus sylvicola	0	IV (4)	IV (1)	2
Rhitrogena semicolorata	0	I (134)	I (12)	2
Ecdyonurus forcipula	0	V (2)	0	
Ecdyonurus venosus	0	I (51)	II (4)	1
Ephemerellidae				
Ephemerella ignita	0	III (7)	0	1
Ephemerella mucronata	0	IV (4)	IV (1)	
Leptophlebiidae				
Habroleptoides confusa	0	V (1)	0	1
Habrophlebia lauta	0	III (8)	I (29)	2
Gesamtartenzahl:	0	9	6	
Anzahl der Individuen:	0	(218)	(52)	

3.3 Plecoptera (Tab. 2)

Im Gegensatz zu den Ephemeroptera konnten Plecoptera sofort nach dem Aufstellen der Emergenzfallen nachgewiesen werden. Zwischen August 1994 und Juli 1995 fanden sich 25 Arten aus 5 Familien.

Die ehemals dominanten Ubiquisten *Nemoura cinerea*, *Nemurella picteti* und *Leuctra nigra* wurden völlig zurückgedrängt, säureempfindlichere Arten stehen jetzt im Vordergrund. Während die Abundanz konstant geblieben ist, hat die Artenzahl deutlich zugenommen.

Tab. 2: Plecoptera in der Nieste - röm. Zahl = Dominanzklasse; arab. Zahl = Individuenzahl

Emergenz	1980	1981	1994/95	Aciditätsindex
TAENIOPTERYGIDAE				
Brachyptera seticornis	0	0	I (119)	4
Brachyptera risi	0	0	I (402)	
NEMOURIDAE				
Protonemura auberti	III (38)	III (41)	V (1)	
Protonemura intricata	I (168)	IV (17)	I (144)	3
Protonemura meyeri	II (70)	II (48)	II (84)	
Protonemura nitida	V (2)	0	IV (20)	3
Protonemura praecox	0	V (1)	V (6)	
Amphinemura standfussi	I (609)	I (272)	V (8)	
Amphinemura sulcicollis	IV (22)	III (31)	IV (12)	
Nemoura avicularis	0	0	V (4)	

Emergenz	1980	1981	1994/95	Aciditätsindex
<i>Nemoura cambrica</i>	III (51)	III (27)	V (9)	
<i>Nemoura cinerea</i>	I (316)	I (149)	V (1)	
<i>Nemoura flexuosa</i>	0	0	V (2)	
<i>Nemoura marginata</i>	0	0	V (3)	
<i>Nemurella picteti</i>	I (307)	I (309)	0	
LEUCTRIDAE				
<i>Leuctra albida</i>	V (10)	III (19)	I (173)	
<i>Leuctra aurita</i>	IV (17)	III (29)	V (4)	
<i>Leuctra digitata</i>	0	0	V (2)	
<i>Leuctra hippopus</i>	III (54)	I (99)	III (42)	
<i>Leuctra inermis</i>	V (13)	IV (10)	III (52)	
<i>Leuctra nigra</i>	I (260)	I (249)	V (4)	
<i>Leuctra prima</i>	V (4)	V (5)	V (7)	
PERLODIDAE				
<i>Diura bicaudata</i>	0	0	V (2)	4
<i>Perlodes microcephala</i>	0	0	V (7)	2
<i>Isoperla</i> spp. (<i>goertzi</i> , <i>grammatica</i> , <i>oxylepis</i>)	0	0	II (70)	3
CHLOROPERLIDAE				
<i>Chloroperla torrentium</i>	IV (26)	IV (15)	V (6)	3
Gesamtartenzahl:	15	15	25	
Anzahl der Individuen:	(1333)	(860)	(1166)	

3.4 Trichoptera (Tab. 3)

Wie die Plecoptera konnten auch die Trichoptera nach Errichten der Emergenzfallen gefunden werden. Ihre Abundanz ist allerdings deutlich niedriger. Bislang konnten 15 Arten aus 6 Familien nachgewiesen werden.

Neben säuretoleranten Arten lassen sich vermehrt säureempfindliche, wie *Glossosoma conformis* und *Hydropsyche* spp. nachweisen. Die Artendichte nimmt leicht ab, die Abundanz steigt durch das starke Auftreten von *Glossosoma conformis*.

Tab. 3: Trichoptera in der Nieste - röm. Zahl = Dominanzklasse; arab. Zahl = Individuenzahl

Emergenz	1980	1981	1994/95	Aciditätsindex
RHYACOPHILIDAE				
<i>Rhyacophila fasciata</i>	IV (1)	III (3)	IV (3)	4
<i>Rhyacophila nubila</i>	II (4)	IV (1)	IV (5)	
<i>Rhyacophila obliterata</i>	II (8)	II (5)	V (2)	4
<i>Rhyacophila praemorsa</i>	IV (1)	0	V (1)	4
GLOSSOSOMATIDAE				
<i>Glossosoma conformis</i>	0	0	I (196)	2
PHILOPOTAMIDAE				
<i>Philopotamus montanus</i>	II (7)	III (3)	0	2

Emergenz	1980	1981	1994/95	Aciditätsindex
HYDROPSYCHIDAE				
Hydropsyche spp.	0	0	III (6)	
Hydropsyche saxonica	0	IV (1)	0	2
POLYCENTROPODIDAE				
Plectrocnemia conspersa	II (8)	II (6)	IV (3)	4
LIMNEPHILIDAE				
Drusus annulatus	0	IV (1)	V (1)	
Limnephilus centralis	II (22)	II (24)	0	
Limnephilus auricula	III (2)	IV (1)	0	
Limnephilus sparsus	III (3)	IV (1)	0	
Potamophylax cingulatus	III (3)	II (6)	II (18)	4
Potamophylax luctuosus	0	0	IV (3)	
Halesus digitatus	IV (1)	III (2)	0	
Halesus radiatus	0	0	V (2)	
Parachiona picicornis	0	II (5)	0	
Enoicyla reducta	II (4)	IV (1)	0	
Micropterna lateralis	II (7)	I (10)	V (1)	
Allogamus uncatas	0	0	IV (4)	
Hydatophylax infumatus	0	IV (1)	0	
Chaetopteryx villosa	II (6)	I (15)	II (15)	
LEPTOCERIDAE				
Adicella reducta	III (3)	0	0	
SERICOSTOMATIDAE				
Sericostoma personatum	III (3)	0	IV (1)	3
ODONTOCERIDAE				
Odontocerum albicorne	IV (1)	0	0	3
Gesamtartenzahl:	18	17	15	
Anzahl der Individuen:	(84)	(86)	(261)	

4 Diskussion

BRAUKMANN (1994) teilt kalkarme, versauerungsgefährdete Fließgewässer nach Säurezustandstypen in vier verschiedene Klassen ein. Nach seiner Definition hat sich der Zustand der Nieste in den vergangenen 15 Jahren von einem Gewässer der Klasse 3, d.h. einem periodisch (kritisch) versauertem Gewässer mit durchschnittlichen pH-Werten unter 6,5 und pH-Minima bei Säureschüben unter 5,5, zu einem Gewässer der Klasse 2 verbessert. Diese Klasse charakterisiert episodisch schwach versauerte, überwiegend neutrale Gewässer mit im Durchschnitt mehr oder weniger neutralen pH-Werten und pH-Minima, die selten unter 6 in der Regel kaum unter 5,5 liegen.

Bei den Ephemeroptera sind im Vergleich zum Vorkommen 1980/81 im Jahre 1995 deutliche Änderungen in der Abundanz und in der Artenzahl erkennbar. Fanden sich vorher weder im Benthon noch in der Emergenz Ephemeroptera, so konnten in der aktuellen Erhebung insgesamt 9 Arten aus 4 Familien bestimmt werden. Das Auftreten dieser Wiederbesiedler ist ganz zweifellos eine Folge des

verminderten SO_4 -Eintrags und des damit verbundenen pH-Wert-Anstiegs im Gewässer. Dies belegt, daß der Rückbesiedlungsprozeß in Korrelation zum Rückgang der H_2SO_3^- , H_2SO_4 -Einträge gerade begonnen hat.

Nach BRAUKMANN (1992) werden *Baetis spp.*, *Rhithrogena semicolorata* und *Epeorus sylvicola* als mäßig säureempfindliche Taxa eingestuft. *Ecdyonurus spp.*, *Habroleptoides confusa* und *Ephemerella ignita* gelten sogar als säureempfindlich. Das Vorkommen dieser Arten bestätigt eindeutig die durch die Messung festgestellte Verbesserung der Wasserqualität der Nieste.

Beim Vergleich der Plecoptera-Besiedlung der Nieste fällt auf, daß die damals dominierenden Ubiquisten *Nemoura cinerea*, *Nemurella picteti* und *Leuctra nigra* stark zurückgedrängt wurden und hinsichtlich der Abundanz nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. *Nemurella picteti* ist in der Nieste mittlerweile überhaupt nicht mehr nachzuweisen. Stattdessen dominieren jetzt *Leuctra albidula*, *Protonemura intricata*, *Brachyptera risi* und *Brachyptera seticornis*. Letztere konnten in früheren Untersuchungen nicht festgestellt werden und kommen heute in der Nieste und in geringerem Umfang auch in den zufließenden Seitengewässern vor. In einem Zeitraum von 15 Jahren erhöhte sich die Anzahl der nachgewiesenen Arten von 15 auf 25, bei gleichzeitiger Verschiebung des Artenspektrums hin zu säureempfindlicheren Arten.

Die Artenzahl der Trichoptera hat von 18 auf derzeit 15 leicht abgenommen. Die Abundanz hat sich deutlich erhöht; dabei ist die säureempfindliche Art *Glossosoma conformis* mit 196 Individuen und einem Anteil von fast 75 % deutlich repräsentiert. Das Vorkommen von *Allogamus uncatulus* ist der erste Nachweis dieser Art in der Region des Kaufunger Waldes. Die Art ist als Bewohner aus höheren Lagen bekannt, im Kaufunger Wald wurde sie aber auf einer auf einer Höhe von 310 m üNN festgestellt. FISCHER & al. (1985) fanden *Allogamus uncatulus* am "Alten Hagen", Ostsauerländer Gebirgsrand, 760 m üNN; der erste hessische Nachweis stammt aus der Hochrhön aus dem Jahre 1983 (ECKSTEIN 1994).

MATTHIAS (1982) stellte in seiner Untersuchung eine dramatische Verarmung der Bachbiozönose parallel zu absinkenden pH-Werten fest. Zunehmend mit den Jahren 1991, 1992, 1993 läßt sich jetzt erstmals der umgekehrte Prozeß beobachten: Beim Wiederanstieg des pH-Werts hin zum neutralen Bereich, kehren zunächst mäßig säureempfindliche und später säureempfindliche Arten in das Gewässer zurück. Insgesamt läßt sich eine signifikante Zunahme der Artenvielfalt aller untersuchten Gruppen feststellen.

Die Tatsache, daß die Nieste Zuflüsse besitzt, die in den vergangenen Jahren pH-neutral und artenreich blieben, erleichtert diese Wiederbesiedlung. Zuflüsse wie der Wengebach stellen ein Reservoir dar, aus dem eine Wiederbesiedlung stattfinden kann, entweder durch aktive Einwanderung oder durch Drift oder durch Kompensationsflug.

Der deutliche Rückbesiedlungsprozeß des Mittelgebirgsbaches Nieste scheint sicher eine Folge des Anstiegs des pH-Wertes nach Rückgang der SO_4 -Emissionen zu sein. Dieser Rückgang erklärt sich durch das Wirksam werden gesetzlicher Vorschriften und dem damit verbundenen Einbau spezieller Filtersysteme in Großfeuerungsanlagen. Auch die Reduktion des Schwefelgehalts der Kraftstoffe und der deutliche Rückgang der Fernemissionen aus der ehemaligen DDR sind in diesem Zusammenhang zu erwähnen.

Die in den Wäldern des nordhessischen Berglandes durchgeführten Kalkungsmaßnahmen halten wir in ihrem Einfluß auf die Hydrochemie der Fließgewässer für wenig effizient. Auch MAUDEN (1993) beschreibt die Effekte der Kalkung als kurzfristig.

Die aus der Säuredeposition stammenden negativen Einflüsse auf terrestrische und limnische Biotope sind ausschließlich durch die Rücknahme der Säuredeposition umkehrbar.

Der bereits durch v.KEITZ (1992) festgestellte signifikante Rückgang der Säureeinträge wird sich früher oder später in einem Anstieg des pH-Werts der ableitenden Fließgewässer noch deutlicher bemerkbar machen. Allerdings fließt nur ein geringer Teil der Niederschläge oberirdisch ab. Der Großteil versickert, gelangt durch den Bodenkörper ins Grundwasser und tritt dann aus Quellen wieder an die Oberfläche.

Die Zunahme der Versauerung ist als langfristiger, mehrjähriger Prozeß erkannt worden. Es ist anzunehmen, daß dieses auch für den hier beschriebenen "Entsauerungsprozeß" gilt. Die in den nordhessischen Buntsandstein-Arealen völlig erschöpfte Pufferkapazität wirkt im Sinne dieses Prozesses verlangsamend. Immerhin erbringt der von uns gemessene Anstieg des pH-Werts eine erste positive Voraussetzung zum Wiedererreichen der für Mittelgebirge typischen Bachbiozöosen.

Literatur

- BRÄUKMANN, U. (1992): Biological indication of stream acidity in Baden-Württemberg by the use of macroinvertebrates.- in: BÖHMER, J. & H. RAHMANN: Bioindikationsverfahren zur Gewässer-versauerung - Literaturstudie.- Projekt angewandte Ökologie Heft 3. S. 58-71, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- ECKSTEIN, R. (1994): Bemerkenswerte Funde von Köcherfliegen (Trichoptera) aus der Hohen Rhön (Lankreis Fulda, Hessen).- *Lauterbornia* 16: 29-42, Dinkelscherben.
- FISCHER, J., D. HERING, A. HOFFMANN, T. WIDDIG & H.-W. BOHLE (1992): Beitrag zur Kenntnis der Wasserinsektenfauna Nordwest-Hessens. Teil 1: Köcherfliegen (Trichoptera).- *Lauterbornia* 12: 21-55, Dinkelscherben.
- v. KEITZ, S. (1993): Die Versauerung terrestrischer und aquatischer Ökosysteme in Hessen - Ursachen, Auswirkungen, Maßnahmen.- 145 S., Diss. Univ. Kassel.
- KUHN, B. (1993): Zur Frage der Entwicklung der Trichopterenfauna an ausgewählten Bächen des Kaufunger Waldes.- 112 S., Dipl.-Arb. Univ. Kassel.
- MATTHIAS, U. (1982): Der Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration auf die Zusammensetzung von Bergbachbiozöosen, dargestellt an einigen Mittelgebirgsbächen des Kaufunger Waldes (Nordhessen/Südniedersachsen).- 133 S., Diss. Univ. Kassel.

- MATTHIAS, U. (1983): Der Einfluß der Versauerung auf die Zusammensetzung von Bergbachbiozözen.- Arch. Hydrobiol. **65**: 407-483, Stuttgart.
- MAUDEN, R. (1993): Die Auswirkungen von Säureimmissionen und von Waldschutzkalkungen auf das Makrozoobenthon basenarmer Bäche im Hunsrück.- 123 S., Dipl.-Arb. Univ. Mainz.
- MEINEL, W. & R. KRAUSE (1988): Zur Korrelation zwischen Zink und verschiedenen pH-Werten in ihrer Wirkung auf einige Grundwasserorganismen.- Angew. Zool. **2/88**: 159-182, Berlin.
- MEINEL, W., R. KRAUSE & I. MUSKO (1989): Experimente zur pH-Wert abhängigen Toxizität von Cadmium bei einigen Grundwasserorganismen.- Angew. Zool. **1/89**: 101-125, Berlin.
- MEINEL, W., U. MATTHIAS & K. SCHÖCKE (1982): Chemisch-physikalische und faunistische Untersuchungen an einem Mittelgebirgsbach (Nieste, Kaufunger Wald, Nordhessen).- Philippia **5**: 357-367, Kassel.
- MEINEL, W., U. MATTHIAS & S. ZIMMERMANN (1985): Ökologische Untersuchungen zur Säuretoleranz von Gammarus fossarum (Koch).- Arch. Hydrobiol. **104**: 287-302, Stuttgart.
- MEINEL, W. & H.-G. PIEPER (1983): Zur Prognostizierbarkeit von Waldschäden durch Indikatoren der Gattung Gammarus in Fließgewässern der Mittelgebirge.- Beitr. Naturkde. Ostheßens **19**: 85-89, Fulda.
- MUSKO, B., W. MEINEL, R. KRAUSE & M. BARLAS (1990): The impact of Cd and different pH on the Amphipod Gammarus fossarum Koch (Crustacea: Amphipoda).- Comp. Biochem. Physiol. **96C1**: 11-16, London.
- SCHWERDTFEGER, F. (1975): Ökologie der Tiere III. Synökologie.- 451 S., (Parey) Hamburg
- WESTFALL, M. (1992): Vergleichende Untersuchungen zur Entwicklung der Plecopterenfauna des Kaufunger Waldes.- 98 S., Dipl.-Arb. Univ. Kassel.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. W. Meinel, Dipl.-Biol. J. Gronostay und Dipl.-Biol. I. Siegmund, Institut für Zoologie und Limnologie der Universität Kassel, Heinrich-Plett-Straße 40, D-34132 Kassel

Manuskripteingang: 25.10.1995