Ökol. Vögel (Ecol. Birds) 7, 1985: 327-351

Aus dem Biologischen Institut der Universität Stuttgart
— Abteilung Tierphysiologie —

Schwermetalle in Nahrungstieren und Eiern der Wasseramsel *(Cinclus cinclus)* und Gebirgsstelze *(Motacilla cinerea)* im Kirchheimer Raum

Heavy metals in food and eggs of the Dipper *(Cinclus cinclus)* and Grey Wagtail *(Motacilla cinerea)* in the area of Kirchheim u.T. (SW-Germany)

Von **Edgar Lachenmayer, Peter Kunze** und **Jochen Hölzinger**

Key words: Dipper, *Cinclus cinclus aquaticus,* Grey Wagtail, *Motacilla cinerea;* metals (Al, Cr, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) food, eggs, food chain.

Zusammenfassung

LACHENMAYER, E., P. KUNZE & J. HÖLZINGER (1985): Schwermetalle in Nahrungstieren und Eiern der Wasseramsel *(Cinclus c. aquaticus)* und Gebirgsstelze *(Motacilla cinerea)* im Kirchheimer Raum. Ökol. Vögel 7: 327-351.

Die Nahrungstiere und Eier von Wasseramsel und Gebirgsstelze wurden mit der AES-ICD-Methode auf Schwermetalle untersucht. Tier- und Eiproben wurden in 2 Entnahmezeiträumen an 9 Stellen des Flußsystems Kirchheimer Lauter, Lindach und Donn entnommen.

Alle Nahrungstiere (Gammaridae, Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera) zeigen eine identische Größenabfolge der Metallgehalte (in abnehmender Reihenfolge):
Al, Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, Cr, Cd.

Für die Eiproben ergab sich eine Größenabfolge der Metallgehalte (in abnehmender Reihenfolge):
Fe, Zn, Pb, Ni, Al, Cu, Cr, Cd.
Die Metallgehalte an Cd, Cr und Ni liegen für Eier und Nahrungstiere in der gleichen Größenordnung; Al, Cn, Fe und Zn liegen in den Eiern niedriger, Pb etwas höher als in den Nahrungstieren.

Insgesamt muß das untersuchte Flußsystem als metallbelastet angesehen werden, wobei Blei und Nickel besonders hervortreten.

Anschriften der Verfasser:
Edgar Lachenmayer, Ebniseestr. 6, D-7000 Stuttgart-61
Prof. Dr. Peter Kunze, Biolog. Inst. der Universität Stuttgart, Ulmer Str. 227, D-7000 Stuttgart-60
Dr. Jochen Hölzinger, Auf der Schanz 23/2, D-7140 Ludwigsburg

Summary

LACHENMAYER, E., P. KUNZE & J. HÖLZINGER (1985): Heavy metals in food and eggs of the Dipper *(Cinclus c. aquaticus)* and Grey Wagtail *(Motacilla cinerea)* in the area of Kirchheim u.T. (SW-Germany). Ecol. Birds 7: 327-351. Heavy metal contents of nutritive animals and of eggs of *Cinclus c. aquaticus* and *Motacilla cinerea* have been determined with the AES-ICD-method. Animal and egg samples were collected during two periods in 1983 from 9 places of the streamsystem Lauter - Lindach - Donn near Kirchheim/Teck (W-Germany).

For all nutritive animals (Gammaridae, Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera) the ranking of metal contents is identical (in decreasing order):
Al, Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, Cr, Cd.
In the egg samples the ranking of metal contents is (in decreasing order):
Fe, Zn, Pb, Ni, Al, Cu, Cr, Cd.
The contens of Cd, Cr and Ni are about the same in nutritive animals and in eggs; Al, Cu, Fe and Zn are less concentrated in the eggs than in the nutritive animals, Pb slightly higher.

On the whole, the investigated stream system has to be regarded as metal contaminated, lead and nikkel being especially noticeable.

Inhalt

Seite
1. Einleitung und Problemstellung . . . 329
2. Die untersuchten Nahrungstiere . . . 329
2.1 Bachflohkrebse . . . 329
2.2 Eintagsfliegen . . . 330
2.3 Steinfliegen . . . 330
2.4 Köcherfliegen . . . 331
3. Biotop und Entnahmestellen . . . 332
4. Methoden . . . 336
4.1 Entnahmemethoden . . . 336
4.1.1 Entnahme der Tiere . . . 336
4.1.2 Entnahme der Eier . . . 336
4.2 Die Entnahmezeiträume . . . 336
4.3 Aufarbeitung . . . 336
4.3.1 Trocknen, Homogenisieren und Konservieren . . . 336
4.3.2 Der Aufschluß nach TÖLG (1972) . . . 336
4.3.3 Bestimmung der Meßvolumina . . . 336
4.4 Die Messung von Schwermetallen . . . 337
4.4.1 Grundlagen der ICP-Methode . . . 337
4.4.2 Die untersuchten Metalle und ihre Nachweisgrenzen . . . 337
4.4.3 Meßwerte und Auswertung der Resultate . . . 337
5. Ergebnisse . . . 338
5.1 Tabellen und Diagramme . . . 338
5.2 Die Metalle im Einzelnen . . . 345
6. Diskussion . . . 349
7. Dank . . . 351
Literatur . . . 351

1. Einleitung und Problemstellung

Erhöhte Schwermetallgehalte im Wasser und Sediment von Gewässern (FÖRSTNER & MÜLLER 1974) finden wegen der damit verbundenen Anreicherung dieser Metalle in der Nahrungskette zunehmende Beachtung (DFG-Bericht Schadstoffe im Wasser, Metalle, 1982). In diesem Zusammenhang sind Anreicherung im Sediment, Remobilisierung und Aufnahme durch limnische Organismen von besonderem Interesse.

Die vorliegende Arbeit schließt insbesondere an Arbeiten von HÖLZINGER (1977) und PROSI (1979) an. In ihnen werden die spezifische Aufnahme von Schwermetallen durch verschiedene limnisch lebende Tiergruppen (Tubificiden, Chironomidenlarven, Wasserasseln, Egel), die als Produzenten angesehen werden, mit der Aufnahme dieser Metalle durch Konsumenten (Fische und Vögel) verglichen. Hieraus konnten Aussagen über den Verbleib der Schwermetalle in der Nahrungskette abgeleitet werden.

Im folgenden soll an einem weiteren Nahrungskettenpaar die Aufnahme und der Verbleib von Schwermetallen untersucht werden. Nahrungstiere und taube Eier der Wasseramsel (vergleichend auch Eier der Gebirgsstelze, *Motacilla cinerea)* wurde gewählt, da die Nahrungstiere der Wasseramsel bekannt (JOST 1975) und die tauben Eier bei vollständiger Schonung der Vögel leicht zu gewinnen sind. Die ausgeprägte Reviertreue brütender Wasseramselpaare grenzt die Herkunft ihrer Nahrungstiere eindeutig ab.

2. Die untersuchten Nahrungstiere

Die Zusammensetzung der Nahrung der Wasseramsel wurde von JOST (1975) an Wasseramseln untersucht, denen ein Kropfring eingesetzt wurde (vgl. auch die Untersuchungen von Spitznagel 1985). Sie läßt sich aus den im Kropf angesammelten Tier-Fragmenten ermitteln. Die Hauptnahrung der Wasseramseln besteht aus Fluginsekten und Bachflohkrebsen sowie Köcherfliegen, Steinfliegen- und Eintagsfliegenlarven. Die Vögel entnehmen kleine Krebstiere und Insektenlarven direkt aus dem aquatischen System und fressen oder verfüttern sie. Bei unserer Untersuchung wurden diese Tiere aus den Gewässern entnommen und vor dem Trocknungsvorgang bestimmt.

Die vorgefundenen Crustaceen gehören zur Familie Gammaridae, die Insektenlarven zu den Ordnungen Ephemeroptera (Eintagsfliegen), Plecoptera (Steinfliegen) und Trichoptera (Köcherfliegen).

2.1 Bachflohkrebse

Die im Untersuchungsgebiet gefundenen Flohkrebse gehörten ausschließlich zur Art *Gammarus pulex* (Gemeiner Flohkrebs), Gammaridae, Amphipoda. Diese Art kommt in relativ sauberen, schnellfließenden Gewässern der Mittelgebirge vor und

wurde bei den Entnahmen an jeder Entnahmestelle in großer Zahl angetroffen. *Gammarus pulex* wird ein Saprobienindex (Maß für die Gewässergüte) von etwa 1,5-2,0 zugeordnet.

2.2 Eintagsfliegen

Die Larven der Ephemeriden können auf Grund ihrer unterschiedlichen Lebensweise eingeteilt werden. Grabende Formen (z.B. Fam. Ephemeridae) kommen in langsam fließenden Gewässern oder Seen vor. Schwimmende Formen (z.B. Fam. Baetidae) stellen sog. runde Eintagsfliegenlarven dar, die in langsam fließenden Bächen oder im Strömungsschatten von schnellfließenden Bächen vorkommen. Flache Formen (z.B. Fam. Heptageniidae) kommen in schnellfließenden Gewässern vor. Ihr flacher Körperbau ermöglicht es ihnen, sich an Steine gepresst in stärkeren Strömungen aufzuhalten.

Aus der Familie der Heptageniidae wurde *Ecdyonurus sp.* gefunden (Abb. 1). Dieser Larve kann man einen Saprobienindex von 1,2 zuordnen.

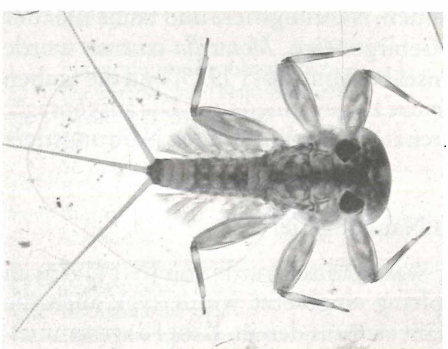

Abb. 1 Larve von Ecdyonurus sp. (Heptageniidae).
Fig. 1 Larva of Ecdyonurus sp. (Heptageniidae).

2.3 Steinfliegen

Steinfliegenlarven reagieren am empfindlichsten auf Gewässerverschmutzungen. Sie sind Indikatororganismen für Gewässergüte 1 und 1-2. Durch ihr hohes Sauerstoffbedürfnis kommen sie nur in schnellfließenden und klaren Gewässern vor. Dort halten sie sich überwiegend im Stromschatten von Steinen oder zwischen angeschwemmten Ästchen und in Wasserpflanzen auf. Junglarven ernähren sich von Detritus. Ältere Larven können sich entweder zu Algenfressern entwickeln oder zu räuberischer Lebensweise übergehen.

Die entnommenen Steinfliegenlarven gehören zur Familie der Perlodidae. Ihnen kann ein Saprobienindex von 1,3 zugeordnet werden.

2.4 Köcherfliegen

Die Larven der Köcherfliegen können in zwei Larvengruppen eingeteilt werden: Campodeaförmige Larven sind Larven, die in der Regel keinen transportablen Köcher ausbilden oder ohne Köcher leben. Körperachse und Kopfachse der Larven bilden etwa eine Gerade. Seitenlinien und Höcker fehlen. Hier wurde ein Vertreter der Gattung *Agapetus sp.* (Glossosomatidae) gefunden. Dieser Larve kann ein Saprobienindex von 1,0 zugeordnet werden.

Nicht campodeaförmige Larven haben immer einen transportablen Köcher. Körper- und Kopfachse bilden einen rechten Winkel. Seitenlinien können vorhanden sein. Auf dem 1. Abdominalsegment befinden sich meist Höcker. Die Kiemen sind fädig und in Reihen angeordnet. Hauptanteil dieser nicht campodeaförmigen Larven bildet die Familie der Limnephilidae (vgl. Abb. 2,3). Bei einer Vielzahl der gefundenen Larven dieser Familie konnten die Gattungen nicht bestimmt werden. Bei einem Gehäusetypus konnte die Art *Anabolia nervosa* bestimmt werden. Ihr wird ein Saprobienindex von 1,0 zugeordnet. Die Werte für die ganze Familie liegen zwischen 1,0 und 1,4. Aus der Familie Odontoceridae konnte *Odontocerum albicorne* bestimmt werden.

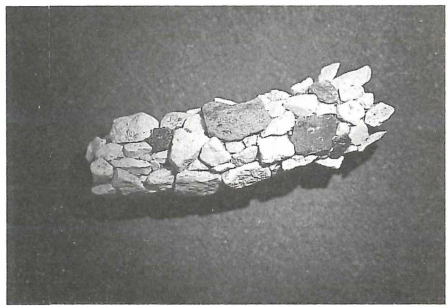

Abb. 2. Larvenköcher der Fam. Limnephilidae, aus unterschiedlich großen Steinen aufgebaut.
Fig. 2. Case of Limnephilidae, constructed from pebbles of different size.

Abb. 3. Larvenköcher der Fam. Limnephilidae, verkalkt. Entnahmestelle Donn.
Fig. 3. Case of Limnephilidae, calcified. Collected in the Donn.

3. Biotop und Entnahmestellen

Das Flußsystem Kirchheimer Lauter, Donn und Lindach liegt zwischen Schwäbischer Alb und Neckar bei Wendlingen und erstreckt sich über etwa 20 km². Das Untersuchungsgebiet umfaßt alle Flußbereiche. Quellbereich, Mittellauf und Unterlauf wurden untersucht.

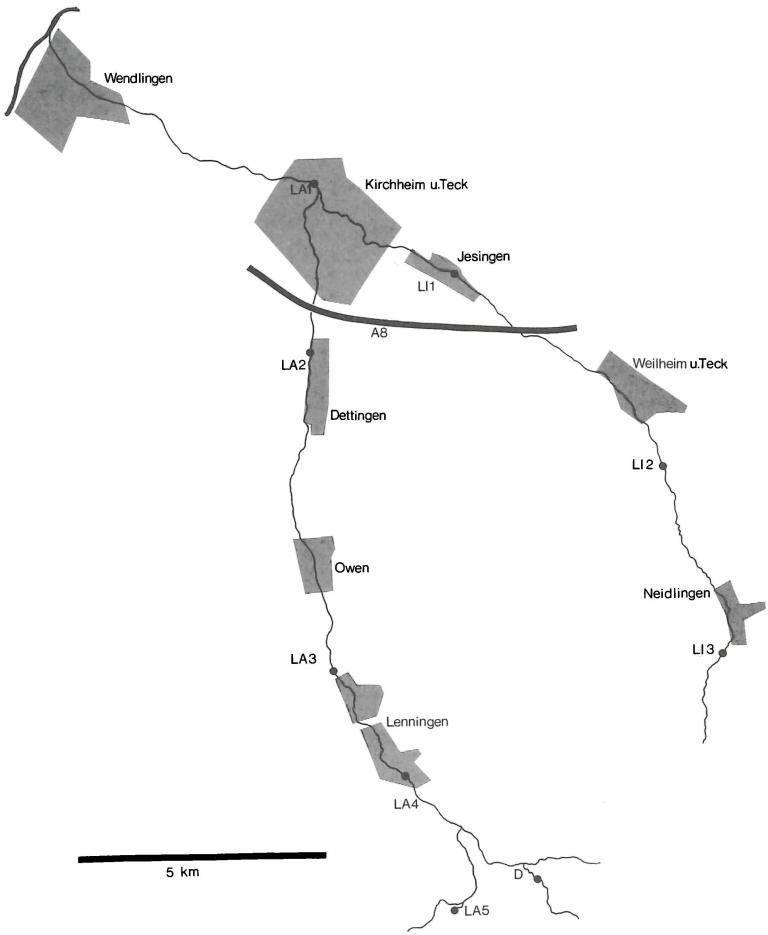

Abb. 4 Topographie des untersuchten Flußsystems. Entnahmestellen LA 1-5 an der Lauter, LI 1-3 an der Lindach, D am Donn.
Fig. 4 Topographie of the investigated stream system. Collecting sites LA 1-5 on Lauter, LI 1-3 on Lindach, D on Donn.

Dieses Gebiet wurde gewählt, da sich hier etwa 60 Wasseramselpaare angesiedelt haben. Die Ansiedelung einer so großen Zahl an Paaren konnte nur durch das Anbringen von Nisthilfen erreicht werden. Die Kontrolle der Vögel, Bruten und Nistkästen wird von der DBV-Ortsgruppe Wendlingen durchgeführt. Die Zahl der Brutpaare ist seit Jahren konstant.

Die Bäche umfassen mehrere »Verschmutzungsgrade«, die subjektiv an Hand des Vorhandenseins von Insektenlarven, Gammariden und Egeln abgeschätzt wurden.

Es wurden 9 Entnahmestellen von Nahrungstieren und Eiern ausgewählt. Kriterien waren die Zugänglichkeit der Bachabschnitte und Nester, die vermutete unterschiedliche Belastung einzelner Flußabschnitte (Autobahnnähe, Einleitung von Industrieabwässern) und eine flächendeckende Erfassung des Flußlaufs.

Die Zugänglichkeit hing von Ufersteilheit und Wassertiefe ab. Die Entnahmestelle mußte im Revier wenigstens eines Wasseramselpaares liegen.

Abb. 5 Quellnahe Entnahmestelle LI 3 (Lindach) bei Neidlingen, Brücke oberhalb des Wanderparkplatzes.
Fig. 5 Collecting site LI 3 close to the source of Lindach.

Eine Übersicht über die Flußverläufe wurde den topographischen Karten entnommen, darin Ortschaften und Entnahmegebiete eingetragen und Entnahmestellen gekennzeichnet (Abb. 4).

In den Quellbereichen wurden an Lindach und Lauter je eine Entnahmestelle festgelegt. Zusammen mit der Entnahmestelle am Donn wurden hier unbelastete Bachabschnitte vermutet. Eine weitere Entnahmestelle wurde nach der Mündung der Lindach in die Lauter gewählt. An dieser Stelle konnte das höchste Maß an Belastung vermutet werden. Eine weitere Entnahmestelle stellte das Revier des Paares

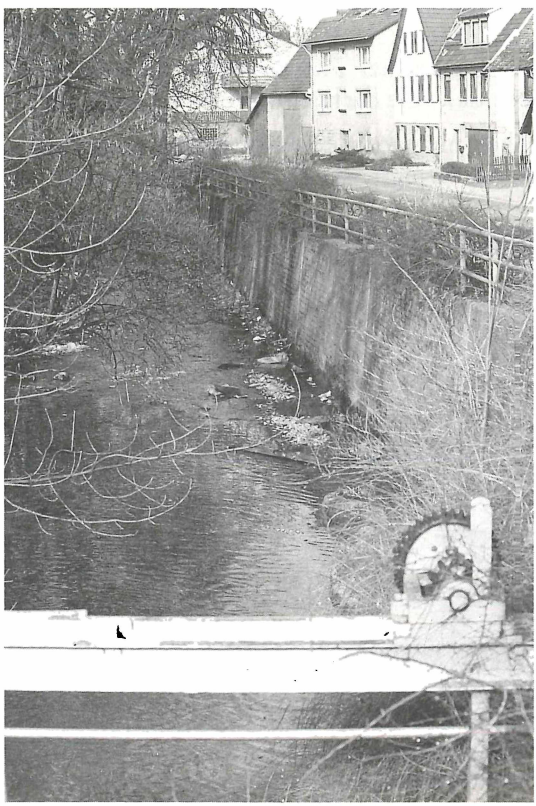

Abb. 6 Entnahmestelle LA 3 im Mittellauf der Lauter. Unterlenningen, Unterwasser des Wehres an der Steinbrücke.
Fig. 6 Collecting site LA 3, middle stream Lauter. Unterlenningen, Steinbrücke.

dar, welches nach dem Zusammenfluß von Lauter und Donn brütete. Eine Probeentnahme wurde unterhalb der Papierfabrik Scheuffelen und dem Einlaß der Kläranlage in Lenningen gewählt. An Lindach und Lauter wurde je eine Entnahmestelle an den Mittelläufen festgelegt. Am Unterlauf der Lindach wurden Proben in Jesingen entnommen.

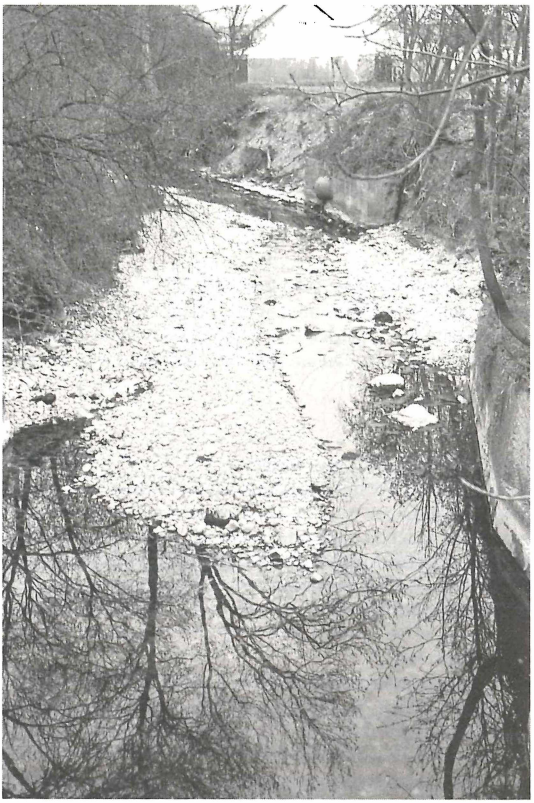

Abb. 7 Entnahmestelle LA 2 im Unterlauf der Lauter. Dettingen, Unterwasser des Wehres am nördlichen Ortsrand.
Fig. 7 Collecting site LA 2 lower stream Lauter. Dettingen, northern end of town.

4. Methoden

4.1 Entnahmemethoden

4.1.1 Entnahme der Tiere

Die Einzeltiere wurden von der Unterseite von Steinen des Gewässergrundes entnommen (Steindreh-Methode) oder von Wasserpflanzen am Bachrand abgesammelt. Sie wurden in Entnahmegläser überführt, die mit frischem Bachwasser gefüllt waren. Dabei wurde vorsortiert in: Gammaridae (Bachflohkrebse), Trichoptera (Köcherfliegenlarven), Ephemeroptera (Eintagsfliegenlarven) und Plecoptera (Steinfliegenlarven).

Für das benötigte Probengewicht von 150 bis 300 mg entsprach dies 40-60 Gammariden, 20-30 Trichopterenlarven und 20-30 Plecopteren- und Ephemeridenlarven. Die Entnahmen erfolgten in den ausgewählten Wasseramselrevieren über eine Entnahmestrecke zwischen 100 und 300 Metern.

4.1.2 Entnahme der Eier

Neben den Nahrungstieren wurden auch taube Eier von Wasseramseln und Gebirgsstelzen gesammelt. Dies sind Eier, die nicht befruchtet waren oder bei denen der Embryo abgestorben war. Die Entnahme der Eier war nur durch ständige Kontrolle der Nester möglich. Die Bruten wurden täglich kontrolliert und etwa 1-2 Tagen nach Schlüpfen der Jungvögel wurden die tauben Eier aus dem Nest entnommen.

4.2 Die Entnahmezeiträume

Durch die starken Frühjahrshochwasser 1983 konnten nur 2 vollständige Probenentnahmen erfolgen. Die ersten Tierproben wurden im Zeitraum vom 10. bis 25. April entnommen. Das Absammeln von tauben Eiern erfolgte zwischen dem 10. April und 7. Mai. Eine zweite Tierprobe wurde zwischen dem 12.Mai und dem 1. Juni entnommen. Die tauben Eier der Zweitbrut wurden zwischen dem 18. Mai und dem 26. Juni abgesammelt.

4.3 Aufarbeitung

4.3.1 Trocknen, Homogenisieren und Konservieren

Nachdem die Proben am Tag der Probenentnahme sortiert waren, wurden sie in Blockschälchen aus Glas überführt. Bei allen Arbeitsgängen wurden nur Geräte aus Glas, Kunststoff oder Achat verwendet, um eine Kontamination mit Metallen zu verhindern. Die Proben wurden bei 50° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Dies ergab eine Trocknungszeit von 2 bis 3 Tagen. Nach dem Trocknungsprozess wurden die Proben einzeln im Achatmörser zerkleinert und in Schnappdeckelgläser eingefüllt. Die Proben wurden so bei minus 4° C aufbewahrt.

4.3.2 Der Aufschluß nach Tölg (1972)

Die aus der Gefriertruhe entnommenen Proben wurden nochmals kurz getrocknet. Trockensubstanz zwischen 30 und 70 mg oder zwischen 70 und 200 mg wurde in die Teflonhülsen der Tölgbomben eingewogen. Diese Trockensubstanz wurde dann mit 1 bzw. 2 ml Salpetersäure (suprapur 65%ig, 1,6) versetzt. Nach dem Verschliessen der Bomben wurden diese in den Heizblock eingesetzt und nach einer Aufheizphase von etwa 0,5 h bei 180° C Blocktemperatur 2 Stunden belassen. Nachdem die Proben abgekühlt waren, wurden die Bomben geöffnet und mit bidest. Wasser in Messkolben überspült. Diese Kolben wurden zuvor mit HNO_3 behandelt und mit dest. Wasser ausgespült.

4.3.3 Bestimmung der Meßvolumina

Bei der AES-ICP-Methode (siehe 4.4.1) ist es erforderlich, eine ca. 2%ige HNO_3 Probenlösung bei der Messung zu haben. Da eine 65%ige Salpetersäure verwendet wurde und beim Aufschluß mit einem geringen Volumenverlust gerechnet werden mußte, wurden beim Aufschluß von 70 bis 100 mg 1 ml HNO_3 und beim Aufschluß von Proben über 100 mg 2 ml HNO_3 eingesetzt. Anschließend wurden die kleinen Aufschlußvolumina auf 20 ml Meßvolumen und die großen Aufschlußvolumina auf 50 ml Meßvolumen aufgefüllt. Damit hatte man die gewünschte 2%ige HNO_3-Lösung erreicht.

4.4 Die Messung von Schwermetallen

4.4.1 Grundlagen der ICP-Methode

Die ICP-Meßmethode stellt eine besondere Art der Atomemmissionsspektroskopie (AES) dar. Sie wurde 1962 erstmals beschrieben und so weiterentwickelt, daß 1975 ein ICP-Meßgerät erhältlich war. Diese Methode wird so genannt, da mit einem induktiv gekoppelten Plasma (ICP) gearbeitet wird (SCHRADER et al 1981).

4.4.2 Die untersuchten Metalle und ihre Nachweisgrenzen

Für die Beurteilung der ICP-Messungen ist es wichtig, die Nachweisgrenzen dieser Methode mit denen der Atom Absorptions Spektroskopie (AAS) zu vergleichen.

Element	ICP-AES	AAS	
		Flamme	Graphitrohr
Al	20	10	0,02
Cd	2	1	0,003
Cr	4	2	0,005
Cu	3	1	0,02
Fe	3	10	0,02
Ni	8	10	0,05
Pb	30	10	0,02
Zn	2	1	0,005

Alle Werte in ppb (aus: SCHRADER et al. 1981)

Vor jeder Messung der hier untersuchten Tierproben mit dem ICP-AES wurde eine Standardisierung durchgeführt. Dazu wurden Standardlösungen der einzelnen Metalle gemessen und die entsprechenden Standardabweichungen bestimmt. Diese Standardabweichungen wurden in ppm angegeben. Zusätzlich wurden Werte für die relative Standardabweichung (in %) berechnet.

Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
0,36	47,2	9,13	0,42	0,36	3,68	2,42	0,78

Diese Werte stellen Angaben in % dar. Sie wurden aus 5 Standardisierungen gemittelt. Man kann sie also als mittlere relative Standardabweichungen bezeichnen.

4.4.3 Meßwerte und Auswertung der Resultate

Bei der Messung wurden die entsprechenden Konzentrationen der einzelnen Metalle bestimmt und in mg/l Probenlösung angegeben. Diese Werte wurden über einen am Messgerät angeschlossenen Rechner bestimmt und über einen Drucker ausgedruckt.

Um einen Bezug zum Trockengewicht der Tierproben herstellen zu können, wurde der Gesamtmetallgehalt der einzelnen Probe bestimmt und mit der dazugehörigen Einwaage (Trockengewicht der Probe) verrechnet. Diese Umrechnung ermöglichte die Darstellung der Metallgehalte in einer einheitlichen Bezugsgröße. Die Metallgehalte werden im Weiteren in ppm (parts per million) angegeben. Diese ppm bedeuten also mg Metallgehalt pro kg Trockengewicht der Proben.

5. Ergebnisse

5.1 Tabellen und Diagramme

In den Tabellen 1-10 sind die gemessenen Metallkonzentrationen in Nahrungstieren und Eiern getrennt nach Tiergruppen und Entnahmezeiträume aufgeführt. Die Werte sind als ppm bezogen auf Trockengewicht angegeben.

In den Abb. 8-11 wird für einige Metalle die Verteilung über das (schematisch dargestellte) Flußsystem gezeigt. Hier werden für jede Sammelstelle die über alle Nahrungstiere gemittelten Werte den über alle Eier gemittelten Werten gegenübergestellt.

Tabelle 1. Metallgehalte in Nahrungstieren der Wasseramsel: Gammaridae; ppm Trockengewicht, EW = Einwaage in mg. Entnahmezeitraum: I 4./5. 1983.
Tab. 1. Metal contents in nutrive animals of the Dipper: Gammaridae; ppm dry weight, EW = amount weighed in (mg)

Standort	EW	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
LA 1	50	1756	1,11	4,66	43,71	974	5,62	5,82	110
LA 2	137	1843	0,28	3,25	37,78	1248	4,24	5,09	868
LA 3	219	589	0,55	2,72	28,14	426	22,40	3,11	199
LA 4	133	533	1,35	1,94	27,44	404	21,44	4,44	337
LA 5	165	1638	10,83	3,99	30,03	1105	33,04	63,06	230
D	138	1083	1,01	11,42	44,66	841	49,32	0,94	498
LI 1	42	1783	1,78	2,68	35,52	1061	35,76	4,59	326
LI 2	96	1896	0,50	9,31	40,13	2283	31,21	17,40	104
LI 3	195	476	0,43	1,38	16,27	394	6,74	3,63	202

Tabelle 2. Metallgehalte in Nahrungstieren der Wasseramsel: Gammaridae; ppm Trockengewicht, EW = Einwaage in mg. Entnahmezeitraum: II 5./6. 1983.
Tab. 2. Metal contents in nutrive animals of the Dipper: Gammaridae; ppm dry weight, EW = amount weighed in (mg).

Standort	EW	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
LA 1	111	3680	1,98	9,80	52,19	3483	61,37	8,61	449
LA 2	141	2085	1,10	7,81	34,78	1369	24,36	10,73	301
LA 3	136	1539	1,22	6,44	35,71	173	39,37	6,31	328
LA 4	155	324	0,84	1,04	112,10	598	5,90	0,85	205
LA 5	151	507	0,60	2,58	19,64	413	25,79	4,30	238
D	139	4211	0,29	55,00	46,50	2392	191,20	99,98	87
LI 1	129	2397	0,43	13,01	24,11	1195	0,17	132,00	159
LI 2	159	2431	1,32	12,97	25,60	1651	21,48	2,63	101
LI 3	140	2187	1,25	6,01	12,79	1377	3,26	6,11	65

Tabelle 3. Metallgehalte in Nahrungstieren der Wasseramsel: Trichoptera; ppm Trockengewicht, EW = Einwaage in mg. Entnahmezeitraum: I 4./5. 1983.
Tab. 3. Metal contents in nutrive animals of the Dipper: Trichoptera; ppm dry weight, EW = amount weighed in (mg).

Standort	EW	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
LA 1	190	3164	0,97	4,85	38,08	2878	11,41	6,13	198
LA 2	178	1330	0,98	4,29	29,56	870	31,37	4,94	230
LA 3	230	2436	0,64	8,31	41,32	1572	5,66	3,85	499
LA 4	178	885	0,59	3,41	37,75	608	28,35	8,68	67
LA 5	139	4017	0,50	8,02	47,09	2476	10,70	10,01	564
D	159	378	0,24	0,95	4,52	259	1,96	1,44	50
LI 1	158	4175	0,47	8,58	38,41	2256	8,61	5,57	838
LI 2	169	5542	0,15	12,82	40,53	3466	13,06	2,95	692
LI 3	167	1819	0,54	9,89	11,94	1093	42,96	1,23	116

Tabelle 4. Metallgehalte in Nahrungstieren der Wasseramsel: Trichoptera; ppm Trockengewicht, EW = Einwaage in mg. Entnahmezeitraum: II 5./6. 1983.
Tab. 4. Metal contents in nutrive animals of the Dipper: Trichoptera; ppm dry weight, EW = amount weighed in (mg).

Standort	EW	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
LA 1	234	781	0,60	11,09	5,41	1086	30,35	0,81	100
LA 2	182	2844	0,08	9,89	76,32	1768	6,70	10,41	1153
LA 3	172	3448	0,29	14,86	44,53	1907	10,51	7,36	478
LA 4	140	2872	0,64	5,85	28,73	1870	6,43	1,91	442
LA 5	154	3390	0,39	7,34	35,07	1739	7,88	4,86	302
D	137	591	0,40	28,39	20,83	626	128,20	93,18	194
LI 1	228	4010	0,55	10,81	31,86	2819	11,34	5,22	968
LI 2	121	3304	0,26	16,59	40,06	2343	62,01	132,20	292
LI 3	220	466	0,80	1,59	18,44	310	19,62	1,66	205

Tabelle 5. Metallgehalte in Nahrungstieren der Wasseramsel: Ephemeroptera + Plecoptera; ppm Trockengewicht, EW = Einwaage in mg. Entnahmezeitraum: I 4./5. 1983.
Tab. 5. Metal contents in nutrive animals of the Dipper: Ephemeroptera + Plecoptera; ppm dry weight,
EW = amount weighed in (mg).

Standort	EW	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
LA 1	162	3705	0,12	5,30	37,02	2132	8,71	6,82	716
LA 2	151	2442	0,02	4,33	31,69	1585	8,43	4,70	488
LA 3	84	486	0,55	12,06	26,54	340	10,60	1,73	49
LA 4	145	1384	0,89	3,07	35,87	840	6,00	0,73	85
LA 5	76	644	0,60	34,53	32,34	734	16,77	4,76	52
D	115	1750	1,26	2,77	2,98	1540	3,37	5,05	93
LI 1	69	3281	1,02	5,23	21,01	2158	34,38	8,05	192
LI 2	85	798	0,49	2,00	34,18	467	7,42	0,09	62
LI 3	147	933	0,78	3,71	19,77	655	6,00	4,83	65

Tabelle 6. Metallgehalte in Nahrungstieren der Wasseramsel: Ephemeroptera + Plecoptera; ppm Trockengewicht, EW = Einwaage in mg. Entnahmezeitraum: II 5./6. 1983.
Tab. 6. Metal contents in nutrive animals of the Dipper: Ephemeroptera + Plecoptera; ppm dry weight,
EW = amount weighed in (mg).

Standort	EW	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
LA 1	24	9983	2,56	25,16	86,58	7248	52,02	11,51	589
LA 2	40	1441	1,84	3,37	26,67	893	5,31	1,17	107
LA 3	42	1494	1,81	3,52	34,82	951	2,82	13,46	109
LA 4	114	3491	1,49	13,73	41,64	2653	70,13	4,39	109
LA 5	76	3581	0,29	11,57	24,80	2175	59,18	4,98	429
D	85	6258	0,57	7,04	28,99	3301	25,48	4,21	289
LI 1	144	3968	0,41	10,89	28,43	2438	9,84	12,88	416
LI 2	57	4506	0,81	25,59	31,42	3229	17,39	10,22	660
LI 3	49	1690	1,03	4,69	21,02	1060	5,44	3,56	154

Tabelle 7. Metallgehalte in Eiern der Wasseramsel, ppm Trockengewicht des Ei-Inhaltes (ohne Schale). EW = Einwaage in mg. Entnahmezeitraum: I 4./5. 1983.
Tab 7. Metal contents in eggs of the Dipper, ppm dry weight of soft parts (without shell). EW = amount weighed in (mg).

Standort	Gelege	Ei	EW	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
LA 1	WA 1	E 9	210,0	8,1	0,13	9,74	7,00	249	64,15	33,87	86,7
		E 10	159,5	20,2	0,18	20,23	15,50	212	95,77	80,12	116,2
	WA 2	E 18	150,1	18,9	0,10	1,66	5,49	110	11,31	90,92	84,9
LA 2	WA 3	E 8	130,5	31,2	0,43	34,08	15,21	248	189,80	106,20	136,8
LA 3	WA 4	E 2	178,9	14,3	0,36	3,29	12,57	261	33,77	77,17	92,9
	WA 5	E 13	145,0	8,1	0,14	3,16	5,16	153	18,25	57,40	71,3
		E 14	157,3	17,6	0,17	6,63	12,64	136	22,21	86,94	97,0
	WA 6	E 15	140,8	11,4	1,25	1,57	7,28	235	2,67	105,20	130,9
		E 16	152,8	15,6	0,07	1,87	3,87	119	7,87	63,02	74,5
		E 17	158,2	12,5	0,31	1,45	5,00	115	7,64	78,89	97,0
LA 4	WA 7	E 1	151,8	164,7	0,15	2,86	9,16	138	38,92	76,61	83,9
LA 5	WA 8	E 3	199,2	8,4	0,06	3,10	12,46	136	28,99	68,15	101,8
D	WA 9	E 6	181,8	11,3	0,19	6,91	16,97	163	80,30	59,63	163,7
		E 7	143,3	9,7	0,22	10,02	11,33	173	55,48	73,48	117,4
LI 1	WA 10	E 11	143,3	9,0	0,26	5,23	8,31	145	48,84	81,23	72,6
LI 2	WA 11	E 4	156,3	22,8	0,83	14,73	9,58	192	95,14	99,31	158,2
LI 3	WA 12	E 5	136,7	24,5	0,27	4,21	7,21	133	52,12	74,89	64,4
	WA 13	E 12	155,1	6,8	0,03	6,10	14,15	187	61,03	135,30	98,3

Tabelle 8. Metallgehalte in Eiern der Wasseramsel. ppm Trockengewicht des Ei-Inhaltes (ohne Schale). EW = Einwaage in mg. Entnahmezeitraum: II 5./6. 1983.
Tab. 8. Metal contents in eggs of the Dipper. ppm dry weight of soft parts (without shell). EW = amount weighed in (mg).

Standort	Gelege	Ei	EW	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
LA 1	WA 14	E 24	143,1	38,6	0,66	0,84	2,17	2,48	1,15	5,64	0,9
LA 2	WA 15	E 25	173,3	1,9	0,55	1,63	4,86	161	1,53	47,67	90,2
		E 26	173,2	30,8	0,74	2,45	7,11	122	11,92	61,65	77,1
		E 27	154,3	48,6	0,46	2,65	4,79	141	22,75	53,85	91,2
		E 28	156,7	34,3	0,72	4,99	7,31	124	54,45	48,22	114,8
	WA 16	E 31	175,7	35,4	0,41	2,94	5,09	154	20,71	42,34	75,6
		E 32	163,4	56,8	0,19	1,15	5,98	149	4,68	9,63	69,5
LA 3	WA 17	E 30	175,3	26,9	0,28	5,81	7,30	143	14,17	56,45	97,4
LI 1	WA 18	E 19	142,4	19,6	0,20	3,10	4,73	135	19,62	69,96	78,7
		E 20	155,1	12,3	0,22	3,19	4,23	123	4,94	58,54	79,7
		E 21	170,5	0,1	0,09	6,21	7,91	146	29,83	49,59	78,2
		E 22	177,7	28,3	0,05	1,72	4,36	152	13,29	42,78	83,8
		E 23	153,5	35,9	0,59	0,85	2,02	2,35	0,29	6,01	0,9
LI 3	WA 19	E 29	166,1	39,9	0,31	2,15	3,84	145	12,19	50,38	61,5
	WA 20	E 33	153,0	49,1	0,36	2,48	5,50	185	14,61	26,40	86,0

LA 4, LA 5, D, LI 2 keine Eier vorhanden

Tabelle 9. Metallgehalte in Eiern der Gebirgsstelze. ppm Trockengewicht des Ei-Inhaltes (ohne Schale). EW = Einwaage in mg. Entnahmezeitraum: I 4./5. 1983.
Tab 9. Metal contents in eggs of the Grey Wagtail. ppm dry weight of soft parts (without shell).
EW = amount weighed in (mg).

Standort	Gelege	Ei	EW	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
LA 2	GS 1	E 40	141,8	79,7	0,30	23,51	7,38	116	44,61	24,96	90,4
LA 3	GS 2	E 35	120,8	50,3	0,19	3,73	8,78	177	8,49	6,79	126,8
	GS 3	E 41	148,1	126,2	0,32	15,82	9,00	178	74,33	19,16	100,3
		E 42	167,3	102,8	0,21	12,14	8,06	165	54,50	15,15	87,7
		E 43	144,8	42,3	0,39	1,27	4,41	157	5,44	22,37	87,0
	GS 4	E 55	153,2	41,9	0,74	39,43	17,41	183	88,67	12,93	111,3
LA 5	GS 5	E 54	101,2	51,1	0,56	2,11	11,81	414	2,11	15,17	210,6
LI 1	GS 6	E 47	154,0	29,0	0,24	2,94	7,23	261	5,86	11,71	79,1
		E 48	78,9	103,6	0,70	7,55	11,95	149	20,75	23,49	96,7
LI 2	GS 7	E 37	149,3	99,4	0,28	13,52	10,85	176	23,66	12,84	78,0
		E 38	139,0	205,4	0,50	5,34	11,56	169	30,88	23,62	86,2
		E 39	157,9	67,8	6,38	2,36	5,66	149	11,89	13,23	70,3
	GS 8	E 44	155,5	108,7	0,60	13,18	10,09	233	58,97	22,24	72,7
		E 45	142,4	58,5	0,28	31,85	6,63	183	44,58	14,67	68,1
		E 46	150,7	57,1	0,37	1,67	6,82	163	8,64	18,23	87,4
	GS 9	E 49	139,0	27,9	0,53	4,43	6,55	165	13,50	14,18	120,0
		E 50	151,5	37,9	0,20	2,96	5,55	169	5,20	7,97	99,0
		E 51	154,1	28,7	0,39	36,03	7,99	164	9,02	13,84	83,5
	GS 10	E 52	151,0	29,2	0,18	5,17	5,58	159	5,20	15,75	77,8
		E 53	150,6	49,8	0,28	8,05	6,60	154	15,27	20,11	97,5
LI 3	GS 11	E 34	139,7	43,6	0,52	6,73	9,66	131	27,44	10,52	150,5
	GS 12	E 56	169,3	36,6	0,06	5,39	6,88	162	17,43	20,18	109,3
		E 57	150,7	32,5	0,63	1,51	4,92	123	1,96	16,46	71,8
		E 58	156,9	36,5	0,49	1,52	5,17	117	4,82	12,12	70,5

LA 1, LA 4, D keine Eier vorhanden

Tabelle 10. Metallgehalte in Eiern der Gebirgsstelze. ppm Trockengewicht des Ei-Inhaltes (ohne Schale). EW = Einwaage in mg. Entnahmezeitraum: II 5./6. 1983.
Tab. 10. Metal contents in eggs of the Grey Wagtail. ppm dry weight of sort parts (without shell). EW = amount weighed in (mg).

Standort	Gelege	Ei	EW	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
LA 1	GS 13	E 61	147,3	48,5	0,34	2,33	8,37	153	10,89	17,88	106
LA 2	GS 14	E 60	153,8	35,5	0,79	3,56	7,59	138	15,10	19,38	127
	GS 15	E 64	120,8	45,5	0,62	3,56	11,33	147	24,67	34,07	110
LI 2	GS 16	E 59	161,5	44,3	0,60	1,55	13,83	101	8,16	23,70	111
	GS 17	E 62	134,1	44,6	0,71	2,10	10,96	162	10,00	19,57	137
LI 3	GS 18	E 63	106,6	222,1	2,05	25,14	33,77	304	95,21	42,35	167

LA 3, LA 4, LA 5, D, LI 1 keine Eier vorhanden

5.2 Die Metalle im Einzelnen

Aluminium:

Die Werte der Nahrungstiere liegen insgesamt zwischen 324 und 9983 ppm. In der Lindach steigen die Werte vom Quellbereich zur Mündung hin an mit einem Sprung zwischen LI 3 und LI 2, im System Lauter/Donn sinken die im Quellbereich relativ höheren Werte im Flußverlauf zunächst ab, um unterhalb LA 3 wieder anzusteigen (vgl. Eisen).

Abb. 8-11 Mittlere Metallkonzentrationen je Entnahmestelle in Nahrungstieren (linke Säule) und Eiern (rechte Säule) der Wasseramsel. Flußsystem schematisiert. Entnahmezeitraum I (April/Mai 1983).
Fig. 8-11 Mean metal concentrations in nutritive animals (black column) and eggs (dotted column) of the Dipper. Stream system schematic. Collecting period I (April/Mai 1983).

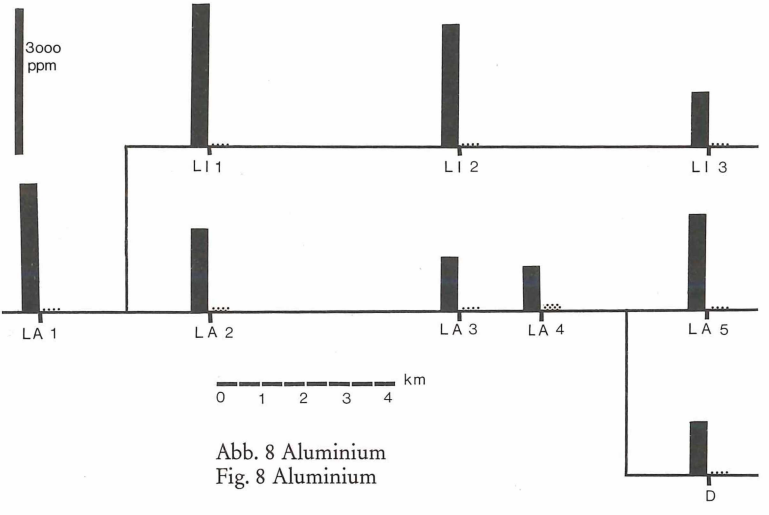

Abb. 8 Aluminium
Fig. 8 Aluminium

Die hohen Konzentrationen im Quellbereich der Lauter können nicht begründet werden, die anschließende Abnahme wäre als Verdünnungseffekt zu erklären. Die Anstiege unterhalb LI 3 und LA 3 fallen mit einer Region zusammen, in der Brauner Jura ß im Einzugsbereich von Lauter und Lindach an die Oberfläche tritt. Der Kontakt der Gewässer mit diesem sauren Gestein könnte zu einer pH-Erniedrigung und so zu einer Mobilisierung von Al aus Al (III)-Verbindungen führen.

	LA 1	LA 2	LA 3	LA 4	LA 5
pH =	7,7	7,6	7,5	7,9	8,1
	–	LI 1	LI 2	–	LI 3
	–	7,6	7,6	–	7,8

Die hohen pH-Werte im Quellbereich entsprechen zumindest in der Lauter den für Karstquellen üblichen, ab LI 2 und LA 3 sind die Werte deutlich erniedrigt.

Die Konzentrationen in den Eiern liegen um ca. zwei Zehnerpotenzen niedriger als in den Nahrungstieren und sind über das gesamte Flußsystem etwa gleich.

Eisen

Die Werte der Nahrungstiere für Eisen liegen zwischen 173 und 7248 ppm. Für die Änderungen im Flußsystem gilt das gleiche wie für Al: ein deutlicher Anstieg zwischen LI 3 und LI 2, sowie in der Lauter Abnahme von LA 5 nach LA 3 und dann wieder Anstieg. Dies weist darauf hin, daß für beide Metalle gleiche Ursachen zu Grunde liegen.

Auch Fe könnte durch pH-Erniedrigung mobilisiert worden sein und so für einen Einbau in die Nahrungstiere zu Verfügung stehen.

Die Werte in den Eiern liegen zwischen 100 und 200 ppm, also deutlich unter denen der Nahrungstiere.

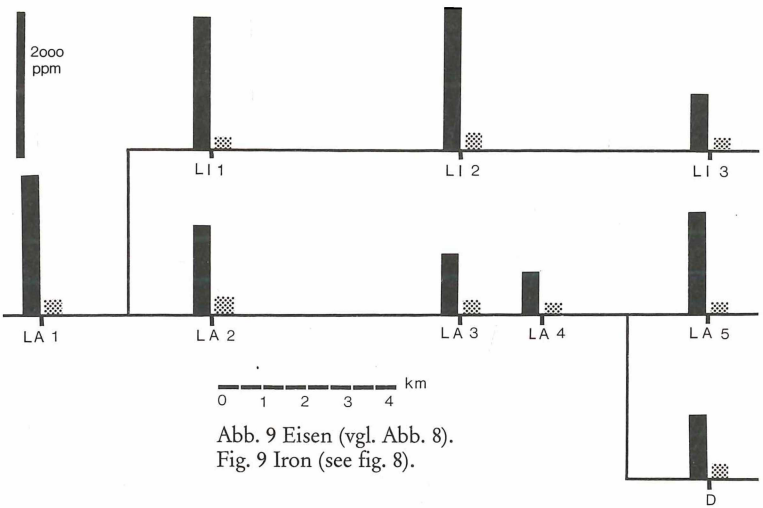

Abb. 9 Eisen (vgl. Abb. 8).
Fig. 9 Iron (see fig. 8).

Cadmium

Die Cd-Werte in den Nahrungstieren sind deutlich die niedrigsten aller gemessenen Metalle, sie liegen zwischen 0,02 und 10,83 ppm. Bei Beachtung der hohen mittleren relativen Standortabweichung von 47,2 % kommt dem leichten Anstieg der Werte zum Unterlauf hin keine Bedeutung zu.

Die Werte in den Eiern liegen etwa im gleichen Bereich wie in den Nahrungstieren.

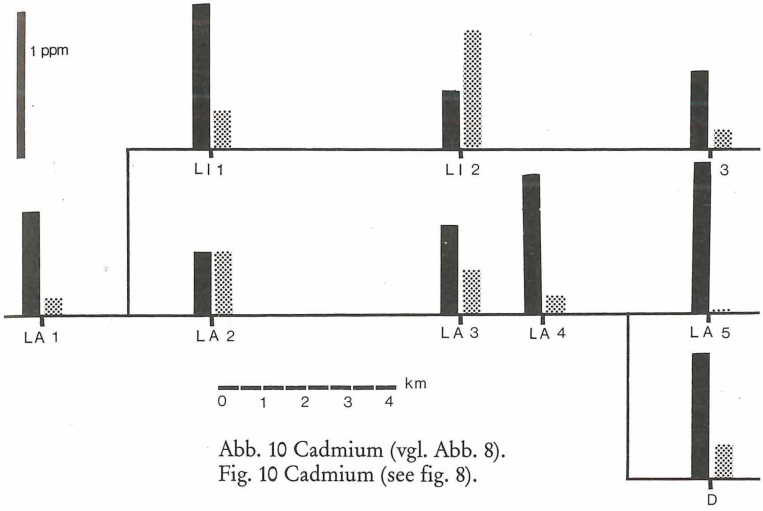

Abb. 10 Cadmium (vgl. Abb. 8).
Fig. 10 Cadmium (see fig. 8).

Nickel

Die Werte für Nickel in den Nahrungstieren variieren zwischen 0,17 und 191,2 ppm ohne auffallende Änderungen über das Flußsystem hin.

Die Ni-Werte in den Eiern bewegen sich in der gleichen Größenordnung wie in den Tieren.

Kupfer

Die Werte für Kupfer liegen in den Nahrungstieren zwischen 2,98 und 112,1 ppm, die der Eier deutlich niedriger bei etwa 1/3 bis 1/4 der Tiergehalte. Eine Variation über das Flußsystem ist nicht festzustellen.

Chrom

Die Cr-Werte variieren zwischen 0,95 und 55 ppm in den Nahrungstieren, ähnlich in den Eiern; sie sind im gesamten Flußsystem etwa gleich hoch.

Blei

Die Pb-Gehalte der Nahrungstiere variieren zwischen 0,09 und 132,2 ppm. Sie sind über das Flußsystem hin etwa gleich hoch; dies gilt auch für die Quellbereiche. Die Pb-Konzentrationen der Eier liegen zwischen 5,64 und 135,3 ppm. Obwohl dieser Bereich den der Nahrungstiere weitgehend überdeckt, ist doch festzuhalten, daß bis auf eine Ausnahme an jeder Sammelstelle die mittleren Pb-Konzentrationen in den Eiern deutlich über den mittleren Pb-Konzentrationen in den Nahrungstieren liegen.

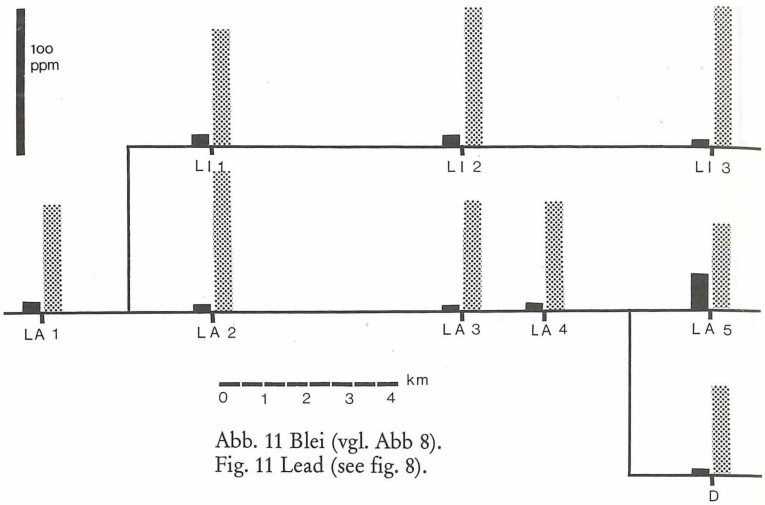

Abb. 11 Blei (vgl. Abb 8).
Fig. 11 Lead (see fig. 8).

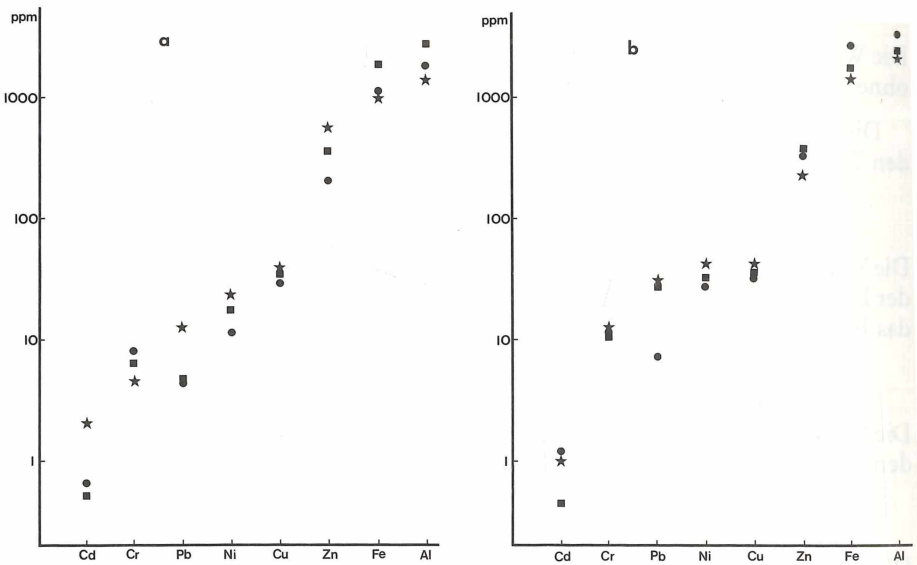

Abb. 12a, b. Metallkonzentrationen in Nahrungstieren der Wasseramsel, gemittelt über das untersuchte Flußsystem. Stern: Gammaridae, Kreis: Plecoptera und Ephemeroptera, Quadrat: Trichoptera.
a) Entnahmezeitraum 10.-25.4.83, b) Entnahmezeitraum 12.5.-1.6.83.
Fig. 12a, b. Metal concentrations in nutritive animals of the Dipper. Means of the entire stream system. Star: Gammaridae, disk: Plecoptera + Ephemeroptera, square: Trichoptera.
a) Collecting period April 10-25, 1983; b) collecting period May 5 - June 1, 1983.

6. Diskussion

Die Messungen zeigen, daß die Metallgehalte in den Nahrungstieren je nach Metall sehr unterschiedlich sind. Das am wenigsten konzentrierte Metall, Cadmium, liegt z.B. um vier Zehnerpotenzen unter dem höchstkonzentrierten, Aluminium. Dies gilt unabhängig von der Entnahmestelle. Denn die Schwankungsbreite der Meßwerte zwischen Nahrungstieren derselben Entnahmestelle liegt in der gleichen Größenordnung wie die zwischen verschiedenen Entnahmestellen.

In den Abb. 12a und b sind die über alle Entnahmestellen des Gebietes gemittelten Metallkonzentrationen für die untersuchten Gruppen von Nahrungstieren aufgetragen. Die Metalle wurden dabei willkürlich in der natürlichen Reihenfolge der Konzentrationen, wie sie bei Gammariden gemessen wurden, geordnet. Es zeigt sich anschaulich, daß die entsprechenden Metalle auch in den anderen Nahrungstieren ähnlich hoch konzentriert sind und zwar unabhängig vom Entnahmezeitraum. Für alle drei Tiergruppen sind die Konzentrationsprofile der hier betrachteten Metalle nahezu gleich. Offenbar werden diese Metalle von den untersuchten Nahrungstieren in gleichem Maße aufgenommen. Dabei werden sie auch erheblich angereichert (HÖLZINGER 1977).

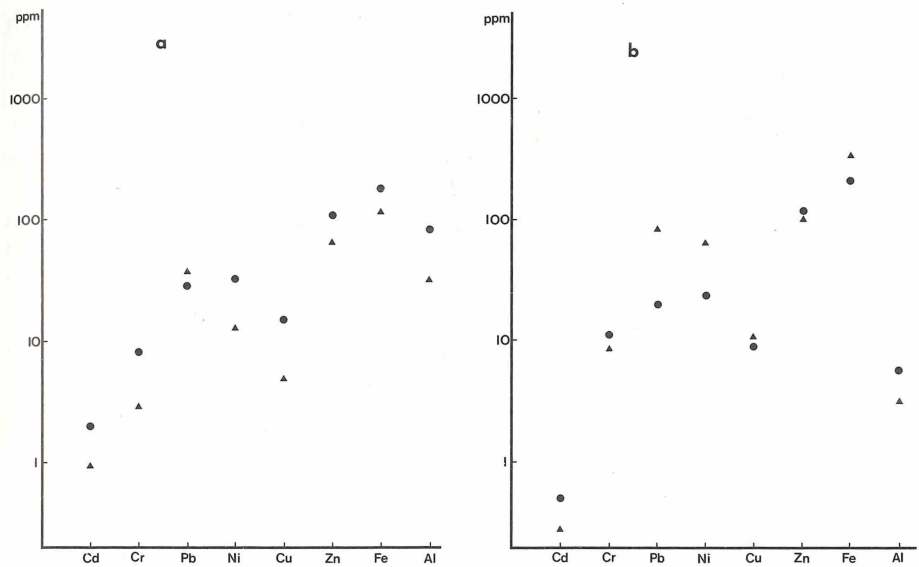

Abb. 13a, b. Metallkonzentrationen in Eiern der Wasseramsel (Dreieck) und der Gebirgsstelze (Kreis), gemittelt über das untersuchte Flußsystem.
a) Entnahmezeitraum 10.4.-7.5.83, b) Entnahmezeitraum 18.5.-26.6.83.
Fig. 13a, b. Metal concentrations in eggs of Dipper (triangle) und Grey Wagtail (disk), means of the entire stream system.
a) Collecting period April 10 - May 7, 1983; b) collecting period May 18 - Juni 26, 1983.

Die Konzentrationsprofile der Metalle für die Eier in Abb. 13a und b (gleiche Basis wie in den Abb. 12a und b) verlaufen anders als für die Nahrungstiere. Die Werte für Cadmium, Chrom und Nickel sind etwa gleich. Blei liegt in den Eiern deutlich höher, wird also angereichert. Kupfer, Zink, Eisen und Aluminium sind in den Eiern, zum Teil erheblich, niedriger konzentriert.

Ein Vergleich der hier vorgelegten Meßwerte in Nahrungstieren der Wasseramsel und Gebirgsstelze ist für eine Reihe von Metallen mit den von Hölzinger (1977) gemessenen Werte in Tubificiden und Chironomiden, den Nahrungstieren von Wasservögeln, des Öpfinger Stausees möglich. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Bezugsgrößen (Trockengewicht/Frischgewicht) ergeben sich etwa gleiche mittlere Metallkonzentrationen für Blei, Nickel, Kupfer und Zink. Diese Metallgehalte werden in allen diesen Fällen von Hölzinger (1977) als bedenklich oder zu hoch angesehen.

Cadmium liegt in den Nahrungstieren aus der Lauter etwas, Chrom und Eisen deutlich niedriger als in Nahrungstieren aus dem Öpfinger Stausee.

Trotz der etwas besseren Verhältnisse in der Lauter wird doch deutlich, daß hier ein dem Quellgebiet naher Teil eines Flußsystems bereits deutliche Belastungserscheinungen aufweist und zwar von der Quelle an, wie insbesondere die hohen Bleigehalte deutlich machen (Abb. 11). Wahrscheinlich beruht dies darauf, daß es sich hier um Karstquellen handelt, die einen recht unmittelbaren Kontakt zu Oberflächenwasser haben.

Ein Vergleich der Wasseramsel- und Gebirgsstelzeneier aus dem Gebiet der Lauter mit »unbelasteten« Eiern ist nicht möglich, da Vergleichsmaterial nicht vorliegt. Wir ziehen daher Werte heran, die Franzke (1981) für Hühnereier angibt. Diese liegen (wiederum unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Bezugsgrößen Frischgewicht/Trockengewicht) für die Metalle Cr, Cu, Zn und Fe im gleichen Bereich wie in dieser Arbeit gemessen; die Werte für Ni sind in den Wasseramsel- und Gebirgsstelzeneiern allerdings um etwa eine Zehnerpotenz höher.

Für Blei in Hühnereiern werden Mittelwerte bis zu 0,109 mg/kg Frischsubstanz angegeben (ZEBS-Hefte 1984), der Richtwert 1979 ist 0,2 mg/kg zum Verzehr bestimmter Teile (ZEBS-Berichte 1979). Auch hier liegen die Werte in den Eiern der Wasseramsel und Gebirgsstelze (bei Berücksichtigung der unterschiedlichen Bezugsgrößen) um mehr als den Faktor 10 höher.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß das Flußsystem Kirchheimer Lauter, Donn und Lindach trotz seiner ausgesprochenen Oberlaufcharakteristik bereits von einer Reihe von Metallen belastet ist, unter denen besonders Nickel und Blei zu führen scheinen.

7. Dank

Herrn Prof. Dr. R. WAGNER, Abt. Chemie des Instituts für Siedlungswasserbau der Universität Stuttgart, gilt unser Dank für die Diskussion analytischer Probleme und insbesondere für den Zugang zum AES-ICP-Meßgerät der Willy-Hager-Stiftung, an dem alle Messungen durchgeführt wurden.

Herrn WILFRIED SCHMID, Wendlingen, danken wir für die Einführung in das von ihm betreute Wasseramsel-Gebiet und für die Hilfe bei der Entnahme von Eiproben.

Literatur

FÖRSTNER, U. & G. MÜLLER (1974): Schwermetalle in Flüssen und Seen als Ausdruck der Umweltverschmutzung. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York. — FÖRSTNER, U. & G.T.W. WITTMANN (1983): Metall Pollution in Aquatic Environment. 2. Auflage Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. — FRANZKE, C.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, Bd. 1. Akademie Verlag, Berlin 1981 — HÖLZINGER, J. (1977): Der Einfluß von Sulfitzellstoff-Abwässern und Schwermetallen auf das Ökosystem des Öpfinger Donaustausees. J. Orn. 118: 329-415 — JOST, O. (1975): Zur Ökologie der Wasseramsel *Cinclus cinclus)* unter besonderer Berücksichtigung ihrer Ernährung. Dissertation Bonn (1975), Bonner zoologische Monographien, Nr. 6 — PROSI, F. (1979): Schwermetallbelastung in den Sedimenten der Elsenz und ihre Auswirkung auf limnische Organismen. Dissertation, Heidelberg (1979) — REICHERT, J. & U. DE HAAR (1982): Schadstoffe im Wasser, Band 1 Metalle. DFG Forschungsberichte — SCHRADER, W., Z.R. GROBENSKI & H. SCHULZE (1981): Angewandte Atomspektroskopie, Einführung in die AES mit dem ICP. Bodenseewerk Perkin-Elmer + Co. GmbH, Überlingen, Heft 28, 1981 — SPITZNAGEL, A. (1985): Jahreszeitliche Veränderungen im Nahrungsangebot und in der Nahrungswahl der Wasseramsel *(Cinclus c. aquaticus).* Ökol. Vögel 7: 239-325. — TÖLG u.a. (1972): Aufschluß biologischen Materials. Zeitschr. analyt. Chem. 260: 207-209 — WACHS, B. (1983): Bioindikatoren für erhöhte Metallgehalte in Fließgewässern. Naturwissenschaften 70: 577-580 — ZEBS-Berichte 1/1979, Dietrich-Reimer-Verlag, Berlin — ZEBS-Hefte 1/1984, Dietrich-Reimer-Verlag, Berlin.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Ökologie der Vögel. Verhalten Konstitution Umwelt

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Lachenmayer Edgar, Kunze Peter, Hölzinger Jochen

Artikel/Article: Schwermetalle in Nahrungstieren und Eiern der Wasseramsel (Cinclus cinclus) und Gebirgsstelze (Motacilla cinerea) im Kirchheimer Raum 327-351