©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Osnabrücker naturwiss. Mitt.	13	S. 57–64	3 Tab.	Osnabrück, März 1987

Schwermetalle in Eiern und Federn von Elstern *(Pica pica)* Ein Beitrag zur Bioindikation

mit 3 Tabellen

Gerhard Kooiker*

Kurzfassung: Eier und Handschwingen (juvenile und adulte) von Elstern aus der Stadt Osnabrück, dem Osnabrücker Umland und aus dem Kreis Vechta wurden mit Hilfe der Atomabsorptionstechnik auf die Schwermetalle Blei, Cadmium, Eisen, Kupfer und Zink analysiert. Die Belastung von Landschaftsteilen mit Schwermetallen läßt sich mit Ausnahme von Eisen durch die Metallgehalte in den Federn ermitteln. Elstereier eignen sich im Gegensatz zu Federn nicht – oder aber nur in beschränktem Maße –, um als Bioindikatoren für die untersuchten Metalle verwendet zu werden. Die Elster erfüllt die Anforderungen an einen Biomonitor für die Kontaminierung von Nahrungsnetzen oder -ketten durch diese Schwermetalle.

1 Einleitung

Die Wirkung der Schwermetalle als Umweltgifte steht seit einiger Zeit im Brennpunkt des öffentlichen Interesses, nachdem es in Japan zu Quecksilber- (NUORTEVA 1971) und Cadmiumvergiftungen (KLAUSEWITZ et al. 1971) bei Menschen kam.
Zum erstenmal traten ab den 50er Jahren Vögel als Bioindikatoren in Erscheinung. Besonders betroffen sind fischverzehrende Wasservögel und einige Greifvögel, die als Endkonsumenten im großen Maßstab die Belastung der Ökosysteme anzeigen (s. CONRAD 1977, PRINZINGER & PRINZINGER 1980, ELLENBERG 1981).
Inzwischen liegt eine Fülle von Untersuchungen über Schwermetallrückstände in Vögeln vor. Bei diesen Arbeiten wurden vor allen Dingen Gewebe, Knochen, Blut, Leber und Niere auf Metalle analysiert. Dagegen liegen über Untersuchungen von Schwermetallen in Federn und Eiern landbewohnender Vögel vergleichsweise wenige Arbeiten vor. Die meisten Publikationen beschäftigen sich mit Greifvögeln, da diese als Endglieder der Nahrungsketten viele Metalle akkumulieren (s. u. a. KRANTZ et al. 1970, SNYDERS et al. 1973, BROO & ODSJÖ 1981, ELLENBERG & DIETRICH 1982, PARRISH et al. 1983, LINDBERG et al. 1983).
Im folgenden lege ich in Kurzfassung die wichtigsten Ergebnisse meiner Untersuchung vor, die sich mit dem passiven Monitoring befaßt hat. Es sollte geklärt werden, ob Eier und Federn von der Elster geeignet sind, um als Bioindikatoren für Schwermetalle verwendet zu werden. Oder anders ausgedrückt: Spiegeln Eier und Federn den Schwermetallgehalt der Umwelt wider?

* Dipl.-Biol. Gerhard Kooiker, Fachbereich Biologie/Chemie, Arbeitsgruppe Ökologie der Universität Osnabrück, Barbarastr. 11, D-4500 Osnabrück

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

2 Bioindikatoren

Zur Erforschung über den Gehalt an Giften in der Umwelt als eine Voraussetzung zum Schutze unseres Lebens vor negativen Einflüssen sind Bioindikatoren im Gespräch. Beim passiven Monitoring werden die Organismengruppen als natürliche Lebensgemeinschaft in ihrer ökologischen Funktion und Reaktion synökologisch analysiert (HECKMANNS 1980). Die Probleme bei dieser Art von Monitoring sind mannigfacher als beim aktiven Monitoring, da die Interpretation von Rückstandsanalysen aus Freilandpopulationen ohne Kenntnis ökologischer Daten wie Beutetiere, Habitatgröße, Standorttreue, Nahrungsketten, Anreicherung und Abbau von Schadstoffen usw. häufig sinnlos ist (HECKMANNS 1980).
Höher entwickelte Lebewesen wie Säugetiere oder Vögel geben u. U. wesentlich bessere Indikatoren ab als niedere Tiere (Wirbellose) oder Pflanzen, weil sie stammesgeschichtlich dem Menschen nahe verwandt sind und hier die Übertragbarkeit eher gewährleistet erscheint (s. Testorganismen im medizinischen Bereich: Affen, Hunde, Schweine u. ä.).

3 Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsgebiete liegen im südwestlichen Niedersachsen.
(I): **Stadt Osnabrück** (150000 Einwohner): Als Schwermetall-Emitenten kommen Kraftfahrzeuge, Industriebetriebe (Autoproduktion, Schwermetallverhüttung, Kabel- und Metallwerke) sowie der kommunale Hausbrand in Frage.
(II): Das **Osnabrücker Umland** kann man als einen agrarisch-städtischen Mischraum bezeichnen. Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen 4 und 10 km vom Stadt-Zentrum entfernt. Es besteht zu 40 % aus Ackerland und jeweils zu 20 % aus Grünland, Wald und Wohnsiedlungen bzw. Straßen.
(III): **Kreis Vechta:** Er gehört heute zu den Agrarregionen mit der höchsten Viehdichte auf der Welt! Daher fallen in diesem Kreis, der 1979 83 % landw. Nutzfläche auswies, davon 67 % Ackerland und 32 % Grünland, jährlich etwa 4 Mill. m^3 Flüssigmist an (WINDHORST 1983). Dies führt zur Überdüngung der Flächen. Der Dunganfall liegt zwischen 20 und 45 m^3/ha landw. Nutzfläche. Mit der Gülle gelangen Cadmium (WILLIAMS & DAVID 1977) und Kupfer (DAVIS 1974) auf die Felder. Der riesige Anfall an Gülle ist somit der dominierende ökologische Faktor.

4 Freilandarbeit

Ab Anfang April wurden die ersteigbaren Bäume erklommen und aus den Elsternestern je nach Umfang der Gelegestärke 2 bis 3 Eier entwendet. Die Federentnahme von Nestlingen erfolgte von Ende Mai bis Anfang Juli. Die Ersteigbarkeit der Bäume erwies sich hier als limitierender Faktor! Da die Schwungfedern viel früher ausgewachsen sind als die Schwanzfedern, schnitt ich, kurz vor dem Ausflug der Jungelstern, von den Handschwingen beidseitig die (zu diesem Zeitpunkt größten) 7. und 8. ab. Bei den adulten Vögeln, die mir von Jägern geschossen wurden, habe ich die gleichen Handschwingen genommen.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Tab. 1: Variationsbreiten, Mittelwerte, Streuungen und Variationskoeffizienten der Schwermetallgehalte von Elstereiern (Schale) in Abhängigkeit der Gebiete I, II und III

Gebiete	stati. Kenngrößen	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Pb ppb)	Cd (ppb)
Alle	Bereich	13-170	0,8-16,7	0,83-2,34	150-1080	n.n.*-181
	$\bar{x}$ (n)	49(46)	6,3(45)	1,53(51)	500(49)	55(45)
	s	32	6,4	0,35	210	39
	V (%)	64,9	101,2	23,2	43,0	71,1
OS-Stadt (I)	Bereich	13-170	0,8-16,7	1,10-2,34	150-1080	n.n.-181
	$\bar{x}$ (n)	58(26)	6,0(26)	1,60(31)	540(29)	54(29)
	s	38	6,0	0,33	220	40
	V (%)	66,4	100,1	20,5	41,7	74,8
OS-Land (II)	Bereich	21-62	1,7-5,9	0,83-2,27	190-680	n.n.-119
	$\bar{x}$ (n)	38(8)	4,5(7)	1,53(8)	430(8)	63(6)
	s	12,5	1,4	0,49	180	37
	V (%)	32,8	31,1	31,8	41,9	58,4
Kreis Vechta (III)	Bereich	17-66	0,8-23,7	0,89-1,90	210-710	n.n.-120
	$\bar{x}$ (n)	39(12)	7,8(12)	1,37(12)	480(12)	56(10)
	s	21	8,7	0,31	160	36
	V (%)	52,9	111,0	23,0	33,7	64,4

* Bei der Berechnung der statistischen Werte wurde für n.n. jeweils der Wert für die Nachweisgrenze (= 20 ppb Cd) zugrunde gelegt!

5 Analysenmethode

Den Aufschluß des organischen Materials führte ich naßchemisch in einem Gemisch aus Salpetersäure/Perchlorsäure durch. Die Bestimmung der Elemente Cd, Cu und Pb erfolgte mit einem Atomabsorptionsspektrophotometer (IL 357) in der Graphitrohrküvette (Typ 655) mit D_2-Untergrundkompensaton. Fe und Zn wurden mit der Flammenmethode analysiert (ausführliche Hinweise hierzu s. GAST 1984, KOOIKER 1986).

6 Ergebnisse

6.1 Schwermetalle in Eiern

Es existierten bei allen 5 untersuchten Elementen erhebliche Konzentrationsunterschiede zwischen Eiinhalt und Eischale, wie nachfolgende Übersicht verdeutlicht (s. auch Tab. 1 und 2).

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Tab. 2: Variationsbreiten, Mittelwerte, Streuungen und Variationskoeffizienten der Schwermetallgehalte von Elstereiern (Eiinhalt = Dotter u. Eiweiß) in Abhängigkeit der Gebiete I, II und III

Gebiete	stati. Kenngrößen	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppb)
Alle	Bereich	79-160	48-324	2,7-12,7	n.n.*-880
	$\bar{x}$ (n)	111(46)	93(43)	5,8(48)	190(47)
	s	16	54	2,0	200
	V (%)	14,4	57,8	35,3	107,7
OS-Stadt (I)	Bereich	79-160	48-324	2,8-9,5	n.n.-540
	$\bar{x}$ (n)	113(28)	101(26)	5,4(29)	200(28)
	s	18	66	1,6	180
	V (%)	16,0	65,2	29,5	88,0
OS-Land (II)	Bereich	83-122	59-135	4,2-12,7	n.n.-540
	$\bar{x}$ (n)	109(7)	85(7)	6,9(7)	140(7)
	s	11	24	2,8	170
	V (%)	10,4	28,0	40,1	121,1
Kreis Vechta (III)	Bereich	84-129	64-94	2,7-11,8	n.n.-850
	$\bar{x}$ (n)	108(11)	79(10)	6,1(12)	190(12)
	s	15	11	2,4	270
	V (%)	13,6	14,0	39,3	142,4

* Bei der Berechnung der statistischen Werte wurde für n.n. jeweils der Wert für die Nachweisgrenze (= 30 ppb Pb) zugrunde gelegt!

Fe: Schale < Eiinhalt (Faktor 2,3)
Zn: Schale < Eiinhalt (Faktor 14,8)
Cu: Schale < Eiinhalt (Faktor 3,8)
Pb: Schale > Eiinhalt (Faktor 2,6)
Cd: Schale > Eiinhalt (Faktor – –)

Fe: Es fiel auf, daß die Schwankungsbreite der Eisenkonzentrationen im Eiinhalt nur 14,4 % betrug; im Gegensatz zu 64,9 % in der Eischale. Nur die Eisengehalte in der Eischale zeigten signifikante Unterschiede ($p < 0,5$) zwischen der Stadtpopulation ($\bar{x}$ = 58 ppm) und den ländlichen Populationen (38 ppm, Gebiet II bzw. 39 ppm, Gebiet III).

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Tab. 3: Konzentrationsbereiche, Mittelwerte, Standardabweichungen und Variationskoeffizienten von Schwermetallen in Elsterfedern von Jung- und Altvögeln für die Gebiete I, II und III

Alter/ Gebiete	stati. Kenngrößen	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppb)
Alle	Bereich	26-285	90-255	4,4-21,7	x	n.n.-331
	$\bar{x}$ (n)	133(33)	122(33)	9,2(33)		184(31)
	s	72	42	4,3		72
	V (%)	54,1	34,4	46,7		38,9
juvenil	Bereich	31-272	90-211	4,4-21,7	n.n.-2,78	n.n.-258
	$\bar{x}$ (n)	146(17)	131(17)	10,4(17)	1,27(15)	178(16)
	s	68	29	4,3	0,59	58
	V (%)	46,6	22,1	41,9	46,5	32,5
adult	Bereich	49-285	69-166	4,5-14,2	26,7-28,0	45-331
	$\bar{x}$ (n)	133(14)	96(15)	6,8(15)	16,2(15)	196(15)
	s	68	32	2,8	7,0	74
	V (%)	50,8	33,5	40,5	43,4	37,8
OS-Stadt (I)	Bereich	49-233	69-211	4,6-21,7	14,2-27,3	n.n.-258
	$\bar{x}$ (n)	124(12)	130(12)	10,9(13)	20,8(2)	187(12)
	s	59	36	4,1	6,6	70
	V (%)	47,6	27,9	37,4	31,5	37,5
OS-Land (II)	Bereich	31-272	70-147	4,4-15,5	8,2-28,0	n.n.-331
	$\bar{x}$ (n)	154(11)	109(11)	8,9(11)	20,0(4)	203(10)
	s	69	25	3,8	7,3	65
	V (%)	45,1	23,4	43,1	36,6	31,9
Kreis Vechta (III)	Bereich	57-285	66-82	4,5-5,7	6,7-17,3	45-228
	$\bar{x}$ (n)	150(6)	75(6)	5,1(6)	12,6(6)	154(6)
	s	79	6,3	0,4	4,4	60
	V (%)	52,9	8,5	8,7	33,9	39,0

x Da zwischen juv. und ad. Elstern gravierende Unterschiede in den Pb-Konz. der Federn bestehen, ist es unsinnig, hier statistische Werte anzugeben!

Zn: Mit 93 ppm lag im Mittel der Zinkgehalt im Eiinhalt in der gleichen Größenordnung wie die Eisenkonzentration (111 ppm). Die erhebliche Variabilität des Gebietes I dürfte in der heterogenen Lebensraumstruktur des Stadtgebietes zu suchen sein. Die Zinkgehalte der Eier innerhalb eines Geleges variierten erheblich.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Cu: Nach den vorliegenden Ergebnissen eignen sich Eier nicht, um die Belastung eines Gebietes mit Kupfer anzuzeigen. Cu wies von allen Elementen den geringsten Variationskoeffizienten zwischen den Gebieten auf. Der Koeffizient besaß in der Eischale von allen Metallen den kleinsten Wert.
Pb: Von den 47 auf Blei untersuchten Eiern enthielten alle Schalen dieses toxische Element. In 18 Eiinhalten konnte kein positiver Nachweis auf Pb gemacht werden, da es unterhalb der Nachweisgrenze lag, und zwar aufgeschlüsselt: achtmal (28,6 %, n = 28) in Osnabrück-Stadt; dreimal (42,9 %, n = 7) in Osnabrück-Land und siebenmal (58,3 %, n = 12) im Kreis Vechta.
Cd: Von 45 Eiern, die auf Cadmium untersucht wurden, lagen alle Eiinhaltwerte unterhalb bzw. an der Nachweisgrenze (20 ppb in der Trockensubstanz; 0,5 ppb am AAS). In den Schalen konnten nur in 9 Eiern (20 %) kein Cd nachgewiesen werden, und zwar sechsmal (20,7 %, n= 29) in Osnabrück-Stadt; einmal (16,7 %, n = 6) in Osnabrück-Land und zweimal (20 %, n = 10) im Kreis Vechta.

6.2 Schwermetalle in Federn

Im Hinblick auf die in der Einleitung erläuterte Fragestellung nach den Unterschieden der Schwermetallkonzentrationen zwischen den Gebieten (Monitor-Effekt), lassen sich aus dieser Arbeit folgende Aussagen machen (s. auch Tab. 3):
Fe: Da die Streuung der Einzelergebnisse innerhalb der Gebiete zu groß war, lassen sich keine Unterschiede der Fe-Konzentrationen zwischen den drei Gebieten erkennen.
Zn: Zink akkumuliert sich in den Federn, denn es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Gebieten I, II und III in Abhängigkeit von der technischen Belastung dieser Gebiete.
Cu: Die Untersuchung ergab, daß signifikante Unterschiede in den Kupfergehalten der Federproben je nach Kontamination dieser Räume (I, II, III) bestehen.
Pb: Es sind hochsignifikante Konzentrationsunterschiede zwischen nestjungen und alten Vögeln vorhanden. Statistisch gesichert ist der höhere Bleigehalt in den Federn von Stadt- gegenüber Landpopulationen ad. Elstern.
Cd: Mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % ($p < 0,1$) bzw. 85 % ($p < 0,15$) haben die Elstern in den Gebieten II und I einen höheren Cadmiumgehalt in den Federn als die Population im Gebiet III.

7 Schlußfolgerungen

Die Frage nach den Unterschieden der Metallkonzentrationen ungleichmäßig kontaminierter Gebiete mit Hilfe von Elstereiern kann dahingehend beantwortet werden, daß bei den 5 untersuchten Metallen kein einheitlicher Trend vorliegt. Lediglich die Zinkgehalte der Stadtpopulation weisen im Mittel höhere Werte auf als die der Landpopulation. Auch die Neststandorte, die unmittelbar an den Autobahnen liegen, weisen geringfügig höhere Bleigehalte auf (Schale: 550 ppm; Inhalt: 200 ppm) als alle übrigen Eier (Schale: 490 ppm; Inhalt: 190 ppm). Diese Aussagen lassen sich aber statistisch

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

nicht absichern, so daß man schlußfolgern darf, daß Elstereier (alle Eier?) ungeeignet sind, um als Bioindikator für Schwermetalle verwendet zu werden.
Die Federn von Elstern eignen sich aber sehr gut zum Biomonitoring dieser Metalle – mit Ausnahme von Fe. Die niedrigsten Schwermetallwerte wurden im agrarisch strukturierten Kreis Vechta gefunden. Demnach sind Düngemittel (besonders Gülle) und Pflanzenschutzmittel an der Zufuhr von Schwermetallen zum Boden und zur Pflanze nur unbedeutend beteiligt. Wichtig ist, daß eine Standardisierung der Federnahme erfolgen muß, um Gebiete miteinander zu vergleichen. Es dürfen nur bestimmte Federn aus dem Großgefieder adulter Elstern verwendet werden.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Schriftenverzeichnis

BROO, B. & T. ODSJÖ (1981): Mercury levels in feathers of Eagle-owls in a captive, a reintroduced and a native wild population in SW-Sweden. – Holarctic Ecology, **4:** 270–277.

CONRAD, B. (1977): Die Giftbelastung der Vogelwelt Deutschlands. – Vogelkundliche Bibliothek, **5,** Greven [Kilda-Verlag].

DAVIS, K. G. (1974): High-level copper feeding of swine and poultry and the ecology. – Feder. Proceedings, **33:** 1194–1196.

ELLENBERG, H. (1981): Was ist ein Bioindikator? – Sind Greifvögel Bioindikatoren? – Ökol. Vögel, **3:** (Sonderheft) 83–99.

ELLENBERG, H. & J. DIETRICH (1982): The Goshawk as a Bioindicator. – In: LINDSAY, J. & R. E. KENWORD: Understanding the Goshawk, IAF; Oxford.

GAST, F. (1984): Die Elster als Biomonitor für die Belastung von Nahrungsnetzen durch Umweltchemikalien. – Ein Beitrag zur Methodik der Umweltüberwachung am Beispiel des Stadtverbandes Saarbrücken. – Diss., Universität des Saarlandes, Saarbrücken.

HECKMANNS, U. (1980): Schwermetallgehalt und Bruchfestigkeit von Amseleiern in der Stadt Saarbrücken. – Ein Beitrag zur Bioindikation. – Wiss. Abh. Staatsprüfung, Uni Saarbrücken.

KLAUSEWITZ, W., W. SCHÄFER & W. TOBIAS (1971): Umwelt 2000. – Kleine Senckenberg Reihe, **3.**

KOOIKER, G. (1986): Empfehlungen zur Analysenmethode von Schwermetallen in Vogeleiern und Federn mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrokopie (AAS). – J. Orn., **127:** 9–23.

KRANTZ, W. C., B. M. MULHERN, G. D. BAGLEY, A. SPRUNT, A. S. LIGAS & W. B. ROBERTSON (1970): Organochloride and heavy metals residues in Bald Eagle eggs. – Pesticides Monitoring Journal, **3** (3): 136–140.

LINDBERG, P., T. ODSJÖ & M. WIKMAN (1983): Mercury in feathers of the Peregrine Falcon in Finland. – Ornis Fennica, **60:** 28–30.

NUORTEVA, P. (1971): Methylquecksilber in den Nahrungsketten der Natur. – Naturwiss. Rundschau, **24:** 233–243.

PARRISH, J. R., D. T. ROGERS & F. PRESCOTT WARD (1983): Identification of natal locales of Peregrine Falcons by Trace-Element Analysie of feathers. – The Auk, **100:** 560–567.

PRINZINGER, G. & R. PRINZINGER (1980): Pestizide und Brutbiologie der Vögel. – Vogelkundliche Bibliothek, **12;** Greven [Kilda-Verlag].

SNYDER, N. F. R., H. A. SNYDER, J. L. LINCER & R. T. RYNOLDS (1973): Organochlorines, heavy metals, and the biology of North American Accipiters. – Biosience, **23:** 300–305.

WILLIAMS, C. H. & D. J. DAVID (1977): Some effects of the distribution of cadmium and phosphate in the root zone on the cadmium content of plants. – Aust. J. Soil Res., **15:** 59–68.

WINDHORST, H.-W. (1983): Welche Zukunftsperspektiven hat die Landwirtschaft im Oldenburger Münsterland? – Jb. Oldenburger Münsterland, S. 207–225.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: 13

Autor(en)/Author(s): Kooiker Gerhard

Artikel/Article: Schwermetalle in Eiern und Federn von Elstern (Piea piea) Ein Beitrag zur Bioindikation 57-64