

Ein Freilandexperiment zur Ökologie der Schadstoff-Kontamination von Vögeln und Folgerungen für die Verwendung von Organismen als Biomonitoren

An outdoor experiment on the ecology of contamination of birds
by chlorinated hydrocarbons — and comments on the use of organisms as
pollution monitors

Von Rudolf May und Hermann Ellenberg

Key words: Bioindication, biomonitoring, contamination, ecology, experiment, food chain, *Parus major*, *Passer montanus*, sampling standardization, specimen banking.

Zusammenfassung

MAY, R. & H. ELLENBERG (1985): Ein Freilandexperiment zur Ökologie der Schadstoff-Kontamination von Vögeln und Folgerungen für die Verwendung von Organismen als Biomonitoren. Ökol. Vögel 7: 97-112.

In einem Freiland-Experiment mit Kohlmeisen (*Parus major*) und Feldsperlingen (*Passer montanus*) wurde durch interspezifischen Austausch von Nestlingen geklärt, daß die eventuell artspezifisch unterschiedliche Physiologie keine Rolle spielt für das Ausmaß der Kontamination von Nestlingen beider Arten mit verschiedenen chlorierten Kohlenwasserstoffen. Allein die von Nest zu Nest unterschiedliche Nahrung ist verantwortlich für Unterschiede zwischen den gaschromatographisch in den Lebern gemessenen Rückstandswerten, und zwar unabhängig von der Artzugehörigkeit.

Deshalb sind Organismen als Biomonitoren für die Schadstoffbelastung von Landschaftsausschnitten dann besonders geeignet, wenn ihre artspezifische — und möglichst auch individuelle — Nahrungszusammensetzung belegt werden kann.

Solange die Standardisierung der Probeziehung für Biomonitoring und Umweltprobenbanken aus biologisch-ökologischer Sicht nicht wesentlich weiterentwickelt wird, ist eine Verfeinerung der chemischen und physikalischen Analysetechnik kein Fortschritt für die Umweltüberwachung. Beispiele zeigen jedoch, daß solche biologisch-ökologische Standardisierung selbst für hochgestellte Beutegreifer möglich und praktikabel ist. Hier kann weitere Forschung mit vergleichsweise geringem Aufwand wesentliche Ergebnisse erzielen.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Hermann Ellenberg, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft,
Institut für Weltforstwirtschaft,
Leuschnerstraße 91, 2050 Hamburg 80
Dipl. biol. Rudolf May, FB6 Botanik, Universität Duisburg
PF 10 16 29, 4100 Duisburg 1

Summary

MAY, R. & H. ELLENBERG (1985): An outdoor experiment on the ecology of contamination of birds by chlorinated hydrocarbons — and comments on the use of organisms as pollution monitors. *Ecol. Birds* 7: 97-112.

An outdoor experiment was done on Great Tits (*Parus major*) and Tree Sparrows (*Passer montanus*) in order to check the impact of individual food chains or species-specific physiology on contamination levels with chlorinated hydrocarbons. The livers of nestling and of cross-fostered nestlings, that were fed by their parents or foster-parents were measured by gaschromatography.

In this experiment, physiology showed to be without importance; but the individual food chain, that was different from one nest to the next, was the main cause for the differences in residue levels of the nestlings of the two species.

That's why organisms with an individually known food composition are extremely useful for biomonitoring pollution in landscapes.

In case biological and ecological standardisation of sampling for biomonitoring and specimen banking is not further developed, sophistication in chemical and/or physical methods of residue analysis is of little advantage for an environmental survey program. There are examples for successful ecological standardisation of sampling, even for highly complicated predator-prey-systems. — In this topic, further research will provide significant results with comparably little input of funds and time.

1. Einführung

Die Erfahrung zeigt, daß Vertreter verschiedener Arten am selben Ort zur selben Zeit sehr unterschiedlich mit Schadstoffen¹⁾ belastet sein können. In ähnlichem Maße gilt dies auch für nahe benachbarte Individuen derselben Art (s.u.). Diese Situation erschwert die Verwendung von freilebenden Tieren als Biomonitoren für die Schadstoffbelastung von Landschaftsausschnitten (ELLENBERG 1981).

Das Ziel dieses Aufsatzes ist deshalb die Klärung einer Frage — und der sich daraus ergebenden Folgerungen — zur Ökologie der Schadstoffakkumulation von Vögeln mit Hilfe eines Freilandexperimentes (MAY 1983): Sind Unterschiede in der Kontamination mit chlorierten Kohlenwasserstoffen allein die Folge der unterschiedlichen Ernährungsweise zweier Arten — oder spielen verschiedene Akkumulationsraten, und damit die artspezifisch eventuell unterschiedliche Physiologie, zusätzlich eine wesentliche Rolle für die meßbare Konzentration definierter Schadstoffe in vergleichbaren Geweben?

Für beide Möglichkeiten gibt es Hinweise (MORIARTY 1975, 1983). Die Eier von Greifvögeln, die sich von pflanzenfressenden Beutetieren, z.B. Mäusen, ernähren, enthalten deutlich weniger Rückstände des Insektizids DDT als die von Vogelfressern. Dies haben z.B. CONRAD 1977, NEWTON 1979, JOIRIS et DELBEKE 1981 für Mäusebussard (*Buteo buteo*), Turmfalke (*Falco tinnunculus*), Habicht (*Accipiter gentilis*), Sperber (*Accipiter nisus*), Wanderfalke (*Falco peregrinus*), und für weitere Arten nachgewiesen. Die Mäusefresser Turmfalke und Bussard enthalten jedoch nach densel-

¹⁾ Z.B. akkumulierende, persistente chlorierte Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle usw.

ben Autoren höhere Rückstandskonzentrationen des als Saatgutbeizmittel verwendeten Fungizids Hexachlorbenzol (HCB) als die Vogelfresser Sperber und Wanderfalke. — Für den Einfluß der artspezifischen Physiologie sprechen dagegen die Ergebnisse von Kontaminationsversuchen an verschiedenen Arten bei gleicher Dosis (vgl. MORIARTY 1975, BECKER 1981, HARTNER 1981, SCHEUNERT 1981).

Bei der Verwendung von Organismen als Überwachungs-»Instrumente« für die Schadstoffbelastung von Landschaftsausschnitten müssen jedoch Fragen wie die oben aufgeworfene im Interesse der Reproduzierbarkeit und Interpretierbarkeit der Rückstandsanalyse-Ergebnisse klar beantwortet werden können. Biomonitoring im eben umrissenen Sinne wird ab 1985 nach jahrelanger Vorbereitung auch in der Bundesrepublik Deutschland besonders aktuell (LUEPKE 1979, LEWIS et al. 1984). Damit erhält unser Experiment zusätzliche Bedeutung.

2. Ansatz, Material und Methode

Gesucht werden Vertreter verschiedener Arten, die auf natürlichem Wege am selben Ort zur selben Zeit exakt gleich ernährt werden. An solchen Individuen müßten sich sehr ähnliche Rückstands-Niveaus messen lassen, wenn die Nahrungskette für das Geschehen entscheidend ist. Andernfalls wäre die artspezifische Physiologie für gemessene Unterschiede verantwortlich zu machen. — Die Natur hält diese experimentelle Situation z.B. in der Form des Kuckucks (*Cuculus canorus*) und einer seiner Wirtsarten bereit: im homogen strukturierten Röhricht dürfte sich die Nahrung junger Teichrohrsänger (*Acrocephalus scirpaceus*) und junger Kuckucke, die wenig Zig Meter voneinander entfernt von Teichrohrsängern aufgezogen werden, kaum unterscheiden.

Gegen die Verwendung von Kuckucken und ihrer Wirtsart sprachen neben Naturschutzgesichtspunkten die Seltenheit von Teichrohrsängern in unserem Untersuchungsgebiet Saarbrücken (ELLENBERG, HANDKE & PETERMANN in Vorb.)

Die Situation läßt sich aber auch experimentell herbeiführen: Viele Singvogeleltern ziehen Stiefkinder mit auf, wenn sie nur genügend intensiv nach Futter »sperrern«. Wir wählten für unser Experiment, wie in Abb. 1 dargestellt, die beiden häufigen, am selben Ort vorkommenden Höhlenbrüterarten Kohlmeise (*Parus major*) und Feldsperling (*Passer montanus*). Höhlenbrüter sind mit Hilfe von Nistkästen leicht erreichbar und manipulierbar. Zeitgleiches Schlüpfen der Jungvögel beider Arten ist für einen gegenseitigen Austausch eines Teils der Nestlinge wesentlich. Unter der Fülle der in einem größeren Nistkastengebiet vorhandenen Brutpaare lassen sich — mit etwas Beobachtungsaufwand — exakt synchrone Bruten beider Arten ausmachen. Außerdem kann man nicht ausgetauschte Jungvögel als Kontrollproben gewinnen.

Die Nahrungszusammensetzung beider Arten wird stichprobenweise mit Hilfe von »Schlundringen« nach JOHNSON et al. (1980) überprüft. Die Schlundring-Ausbeute wird mittels eines Binokulars möglichst bis zur Gattung bestimmt und quantifiziert. Die Mageninhalte der kurz vor dem Ausfliegen tiefgefrorenen Nestlinge dienen für die Analyse von Rückständen chlorierter Kohlenwasserstoffe im Labor.

Die Austauschexperimente wurden 1981 in zwei Gebieten in Saarbrücken durchgeführt, dem Hauptfriedhof (HFR; 55 ha, 199 Nisthöhlen, davon 76 mit Kohlmeisen, 28 mit Feldsperlingen besetzt) und dem Deutsch-Französischen Garten (DFG; 37,5 ha, 150 Nisthöhlen, davon 49 mit Kohlmeisen und 39 mit Feldsperlingen). Bei insgesamt 12 synchronen Paaren von Kohlmeisen- und Feldsperlingsbruten konnten Jungvögel ausgetauscht werden. Bei elf Austauschpaaren verlief die Aufzucht der Jungvögel ungestört. In einem Fall flogen die jungen Feldsperlinge kurz vor der Probenahme aus. Damit stehen

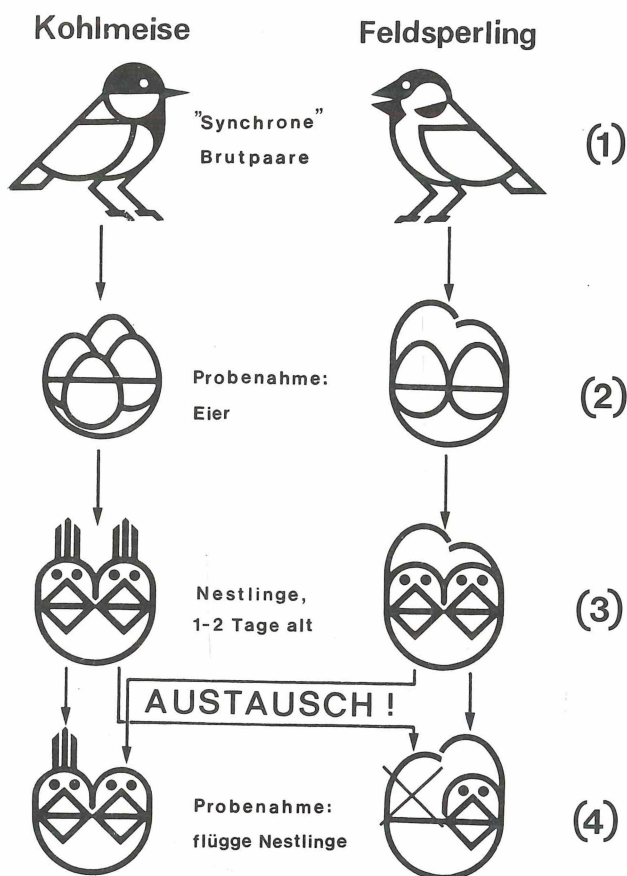


Abb. 1. Schema des experimentellen Ansatzes. — (1) Durch Nistkastenkontrollen während der Legeperiode werden je ein Kohlmeisen- und ein Feldsperlingsnest mit voraussichtlich gleichem Schlupftermin zu Austauschseinheiten zusammengefaßt. — (2) Möglichst am Tag nach dem Schlüpfen der Nestlinge erfolgt der kreuzweise Austausch von je mindestens einem der Nestlinge. — (3) Kurz vor dem Ausfliegen werden aus allen Austausch-Nestern je mindestens ein Kohlmeisen- und ein Feldsperlingsnestling als Probe für Rückstandsanalysen entnommen.

Fig. 1. Draft of the experimental approach. — (1) Nestboxes are controlled during the egg-laying period in order to recognize nests of *Parus major* and *Passer montanus* where the young will hatch on the same day. These will be paired to provide »exchange units«. — (2) The day after hatching at least one nestling of each nest will be exchanged crosswise. — (3) The day before fledging from each exchange-nest at least one nestling of both, *P. major* and *P. montanus*, will be taken for pollution analysis.

zehn vollständige Austauscheinheiten für den Vergleich zur Verfügung. — Einen Überblick über Herkunft, Art und Anzahl der Nestlinge, deren Lebern zur Rückstandsanalyse gelangten, gibt Abb. 2. Kohlmeisen-Nestlinge wurden von Feldsperlings-Stiefeltern nur ausnahmsweise akzeptiert. Dies ist in den Abbildungen berücksichtigt. Junge Feldsperlinge wurden jedoch von Kohlmeisen-Stiefeltern neben den eigenen Nestlingen problemlos mit aufgezogen. Dieser »einseitige Test« war für die Beantwortung unserer Frage ausreichend.

Die Lebern der insgesamt 63 gesammelten Nestlinge aus 42 Nestern wurden einzeln im Labor des Lehrstuhls für Biogeographie an der Universität des Saarlandes durch Dr. J. KRÜGER unter Mitwirkung von M. KONZMANN und eines der Autoren (R.M.) auf Vorhandensein und Konzentration von 15 chlorierten Kohlenwasserstoffen untersucht²⁾. Zusätzlich zu den Leberproben wurden die Mageninhalte der Jungvögel aus 12 Nestern, teilweise als Sammelprobe aus mehreren Individuen, nach derselben Methode analysiert.

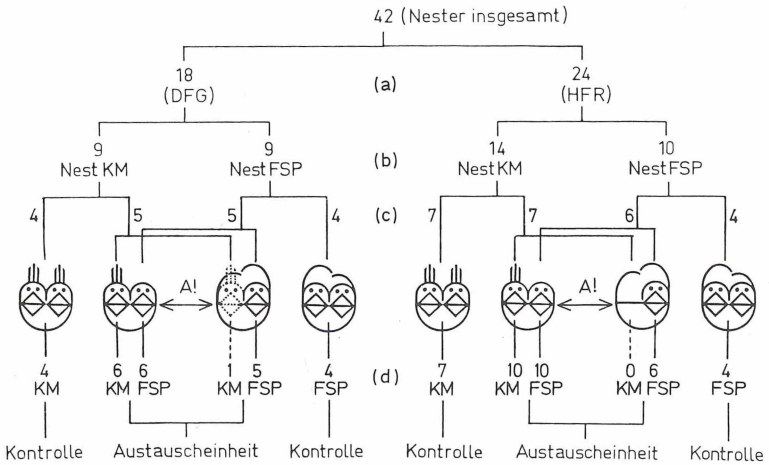


Abb. 2. Zusammenfassender Überblick über die 1981 entnommenen Nestlingsproben. — DFG=Deutsch-Französischer-Garten, HFR=Hauptfriedhof, KM=Kohlmeise, FSP=Feldsperling. — (a) Anzahl der Nester, aus denen im jeweiligen Untersuchungsgebiet Proben entnommen wurden. (b) Anzahl der Nester pro Art, aus denen Nestlinge entnommen wurden. (c) Aufteilung in Austauschnester und Kontrolleinheiten. (d) Anzahl der Nestlinge, die aus den jeweiligen Nestern als Proben entnommen wurden, insgesamt 63.

Fig. 2. Synopsis of the number of nestlings taken for analysis during 1981. — DFG, HFR = two different experimental areas, KM = *Parus major*, FSP = *Passer montanus*. — (a) Number of nests from which nestlings were taken. (b) Number of nests, dito, of the two species. (c) Number of Control (= Kontrolle) nests and of »exchange units« (= Austauscheinheiten). (d) Number of nestlings taken for analysis, total per nest category; altogether: 63 nestlings.

2) Wir danken den genannten Herren für die Durchführung und Prof. Dr. P. MÜLLER für die Möglichkeit zur Analyse.

Die Lagerzeit der in getrennten Gläschen bei -37°C aufbewahrten Leber- und Mageninhaltsproben betrug bis zur Analyse ca. vier bis sechs Monate. Das Aufschlußverfahren für beide Probensorten folgt STEINWANDTER & SCHLÜTER (1977). Zur Extraktion dient Hexan in einer Soxhlet-Apparatur. Der Roh-extrakt wird durch Elution mit Petroläther an einer mit Kieselgel gepackten Chromatographie-Säule gereinigt. Das Eluat wird durch schonendes Einrotieren bei 40°C und Aufnehmen mit exakt 1 ml Petrol-äther für die Gaschromatographie (GC) vorbereitet. — Die GC-Analyse erfolgte an je zwei Gaschroma-tographen mit Glassäulen unterschiedlicher Polarität. Für die Identifikation und Quantifizierung der in den Proben enthaltenen Substanzen dienten die jeweils charakteristischen Eich-Chromatogramme der beiden Säulen. Mit diesem Verfahren liegt die Nachweisgrenze bei einem Picogramm pro Mikroliter.

3. Ergebnisse

3.1 Zur Nahrungszusammensetzung von Kohlmeisen und Feldsperlingen

Voraussetzung für unser Experiment war, daß sich die Nahrung der beiden unter-suchten Arten unterschied. Dies ist zwar aus ökologischen Gründen bei sympatri-schen Arten zu erwarten. Die Untersuchung der Schlundring-Proben ermöglichte

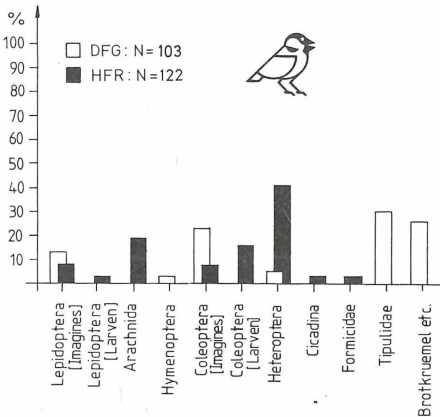


Abb. 3. Prozentuale Zusammensetzung der Nestlingsnahrung von Feldsperlingen bzw. Kohlmeisen auf zwei Probeflächen. (Abkürzungen s. Abb. 2). — N = Anzahl Nahrungsindividuen.

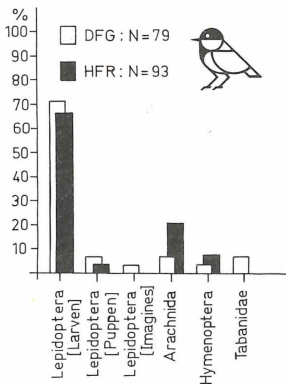


Fig. 3. Percent-distribution of nestling food in *Passer montanus* and *Parus major* nests on two experimental areas, each. (Abbreviations see Fig. 2). N = number of food-individuals.

jedoch eine exaktere Aussage (Abb. 3). Von Feldsperlingen und Kohlmeisen wurden je 48 (DFG) bzw. 50 (HFR) Nahrungsproben gesammelt, insgesamt also 196. Alle Futterobjekte konnten zumindest grob kategorisiert werden. Es waren für Kohlmeisen im DFG 79, im HFR 93, für Feldsperlinge 103 bzw. 122. Die prozentuale Übereinstimmung der Nahrung der untersuchten Arten beträgt selbst bei grober Zuordnung der Futterobjekte bestenfalls 22% (HFR), im Mittel jedoch weniger als 14%. Die Kohlmeisen-Nahrung ist an beiden Untersuchungsorten zu etwa 80% gleich. Feldsperlingsnestlinge werden jedoch im DFG zu 79% abweichend von denen im HFR ernährt.

3.2 Zur Akkumulation von Schadstoffen

Für eine Untersuchung der Beziehungen zwischen Schadstoffkonzentrationen in der Nahrung und im Organismus standen nur zwölf Sammelproben der Mageninhalte von Nestlingen zur Verfügung, deren Lebern auf dieselben chlorierten Kohlenwasserstoffe untersucht worden waren. Die Menge der Mageninhalte war quantitativ so gering, daß sie einzeln nicht ausgereicht hätten für eine Rückstandsanalyse und damit für einen individuellen Vergleich. Deshalb mußten die individuell gemessenen Leber-Rückstandswerte entsprechend gemittelt werden. Die Schlundringproben waren vollständig für die Analyse der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der Nahrungsorganismen benötigt worden.

In allen Mageninhalten konnten Polychlorierte Biphenyle (PCB's) nachgewiesen werden. Auch DDT-Derivate waren häufig enthalten, und zwar vor allem o,p-DDT, weniger p,p'-DDE. In den Lebern sind die Verhältnisse umgekehrt (s.u.). Geringe Mengen von α -HCH (Hexachlorcyclohexan) kamen bemerkenswerterweise in 11 Mageninhalts- aber in keiner der Leberproben vor. Dagegen war β -HCH in den meisten Leberproben, aber nur in einer einzigen Mageninhaltsprobe enthalten.

Die PCB-Rückstände in den Mageninhalten waren — wie auch in den Eiern (MAY 1983) und in den Nestlingslebern (s.u.) — mit Abstand am höchsten. Sie korrelieren eindeutig mit denen der Lebern (Abb. 4: $n=12$; $r=0,94$). Aus Abb. 4 läßt sich ablesen, daß etwa 50 ng PCB's pro g Nahrung vom Nestlingsorganismus anscheinend noch metabolisiert oder ausgeschieden werden können. Höhere PCB-Konzentrationen in der Nahrung führen zu einer Akkumulation in der Leber im Sinne einer Potenzfunktion mit dem Exponenten 1,75. — Bezüglich des DDT und seiner Derivate scheinen die Zusammenhänge ähnlich. Sie sind jedoch wegen größerer Streuung der wenigen Einzelwerte nicht sicher interpretierbar.

Angesichts der Tatsache, daß nur in wenigen Mageninhaltsproben andere Schadstoffe außer PCB's und DDT nachzuweisen, diese Stoffe jedoch in den zugehörigen Lebern regelmäßig zu finden waren, ist zu vermuten, daß bei diesen Stoffen (s.u.) schon sehr geringe Aufnahmearten zu Akkumulation führen. — Die Interpretation wird jedoch im Kapitel 3.2 dadurch erschwert, daß Nahrung nur von einem einzigen Zeitpunkt auf Rückstände analysiert werden konnte, während die Gehalte der

Lebern den Endpunkt einer längeren Entwicklung wiedergeben. In einer eventuellen Nachfolge-Untersuchung sollte man Wert legen auf die Gewinnung von Nahrungsproben in guter zeitlicher Verteilung und von für Rückstandsanalysen ausreichender Menge (ca. je 0,1 g Frischgewicht).

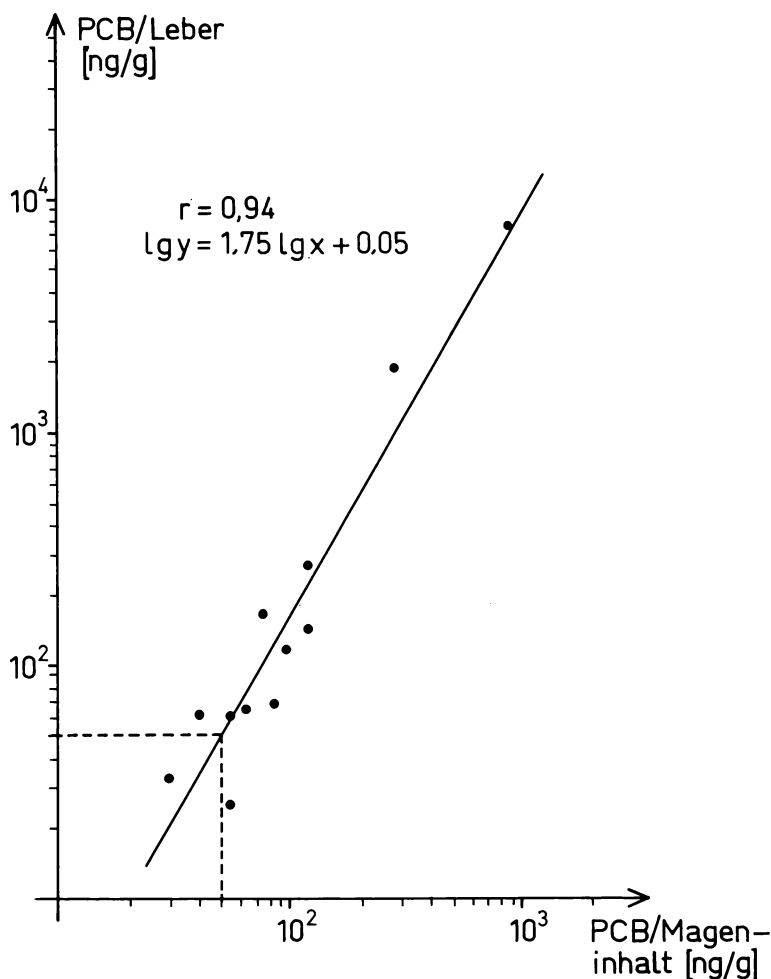




























Abb. 4. Zur Korrelation der Rückstandskonzentrationen (PCB's) in der Nahrung (Mageninhalt) und im Organismus (Lebern) bei Kohlmeisen- und Feldsperlingsnestlingen aus 12 Nestern. — Die Grenzkonzentration in der Nahrung, ab der Akkumulation im Organismus erfolgt, entspricht der X-Koordinate des Schnittpunkts der Regressionsgerade mit der Winkelhalbierenden des Koordinatensystems.














Fig. 4. Correlation of pollution concentrations (PCB's) in the food (stomach contents) and in the organisms (liver) of *Parus*- und *Passer*-nestlings (pooled each for twelve nests). — Accumulation occurs right hand of the X-coordinate of the intersection of the regression line with the diagonale (= equal concentrations) for the coordination axes.











Tab. 1.

Probe-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Art	KM	FSP	FSP	KM	KM	FSP	FSP	KM	FSP	FSP	FSP	FSP
aufgezogen von	KM	KM	FSP	KM	KM	KM	FSP	KM	KM	KM	KM	FSP
Datum der Probenahme	16.5.	16.5.	14.5.	21.5.	21.5.	19.5.	19.5.	5.6.	5.6.	5.6.	3.6.	3.6.
Alter des Nestlings d	18	17	15	18	18	15	15	18	17	17	15	15
HCB	0.001	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003
β-HCH	n.n.	0.001	0.050	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002	0.010
LINDAN	0.020	0.020	0.002	0.005	0.005	0.005	0.005	0.010	0.005	0.010	0.015	0.015
HE	n.n.	n.n.	0.005	0.005	0.005	0.003	0.010	0.005	0.005	0.005	0.005	0.010
p,p-DDE	0.015	0.015	0.110	0.015	0.015	0.005	0.060	0.015	0.015	0.020	0.030	0.050
o,p-DDT	n.n.	n.n.	0.035	0.010	0.010	n.n.	n.n.	0.010	0.002	0.002	0.005	n.n.
PCB's	0.02	0.02	0.49	0.07	0.07	0.04	0.27	0.07	0.08	0.05	0.07	0.30
												
Austauscheinheit Nr.	1			2			3					

Probe-Nr.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Art	KM	KM	FSP	FSP	FSP	KM	FSP	FSP	KM	KM	FSP	KM	FSP	FSP
aufgezogen von	KM	KM	KM	KM	FSP	KM	KM	FSP	KM	KM	KM	KM	KM	FSP
Datum der Probenahme	5.6.	3.6.	5.6.	3.6.	3.6.	5.6.	3.6.	3.6.	3.6.	3.6.	3.6.	15.6.	15.6.	14.6.
Alter des Nestlings [d]	18	16	18	16	16	18	15	15	18	18	17	18	17	16
HCB	0.005	0.007	0.007	0.007	0.005	0.002	0.002	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
β-HCH	0.650	0.650	0.850	0.550	n.n.	n.n.	n.n.	0.003	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0.300
LINDAN	0.025	0.095	0.050	0.050	0.035	0.005	0.015	0.005	0.040	0.030	0.050	0.018	0.018	0.025
HE	0.060	0.095	0.050	0.050	0.010	0.020	0.025	0.002	0.010	0.010	0.015	0.010	0.010	0.025
p,p-DDE	2.050	2.050	2.300	1.950	0.025	0.130	0.150	0.010	0.085	0.105	0.090	0.015	0.055	0.360
o,p-DDT	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0.002	n.n.
PCB's	7.75	7.72	8.90	7.72	0.16	0.25	0.28	0.06	0.87	1.20	0.56	0.03	0.04	4.10
														
Austausch-einheit Nr.	4				5			6			7			

Probe-Nr.	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Art	KM	KM	FSP	KM	KM	FSP	KM	FSP	KM	KM	FSP
aufgezogen von	KM	KM	FSP	KM	KM	FSP	KM	FSP	KM	KM	FSP
Datum der Probenahme	16.5.	16.5.	16.5.	19.5.	20.5.	18.5.	5.6.	6.6.	14.6.	15.6.	15.6.
Alter des Nestlings d	19	18	16	19	19	16	19	16	19	18	16
HCb	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002
-HCH	0.001	n.n.	0.003	n.n.	0.003	0.001	n.n.	0.040	0.003	0.010	0.130
LINDAN	0.001	0.020	0.005	0.020	0.010	0.005	0.030	0.010	0.025	0.005	0.020
HE	0.003	0.020	0.010	n.n.	0.010	0.005	0.010	0.005	0.020	0.001	0.015
p,p-DDE	0.005	n.n.	0.020	n.n.	0.030	0.105	0.015	0.125	0.025	0.030	0.180
o,p-DDT	n.n.	n.n.	0.005	n.n.	0.015	n.n.	n.n.	n.n.	0.055	0.020	n.n.
PCB's	0.04	0.02	0.15	0.12	0.10	1.90	0.06	1.95	0.15	0.14	4.35
											
Austausch-einheit Nr.	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K

Probe-Nr.	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Art	KM	FSP	FSP	FSP	KM	KM	FSP	FSP	KM	FSP	FSP	FSP	KM	FSP	FSP
aufgezogen von	KM	KM	KM	FSP	KM	KM	KM	FSP	KM	KM	KM	FSP	KM	KM	FSP
Datum der Probenahme	18.5.	18.5.	17.5.	17.5.	19.5.	17.5.	17.5.	17.5.	28.5.	27.5.	26.5.	26.5.	3.6.	3.6.	1.6.
Alter des Nestlings [d]	19	17	16	16	19	17	16	16	18	17	16	16	17	17	15
HCb	0.002	0.001	0.003	0.005	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.005
β-HCH	0.001	0.001	0.001	0.001	n.n.	n.n.	n.n.	0.001	0.001	n.n.	0.001	0.001	n.n.	n.n.	1.000
LINDAN	0.007	0.007	0.007	0.001	0.025	0.015	0.005	0.002	0.003	0.010	0.005	0.010	0.040	0.010	0.030
HE	0.003	0.003	0.005	0.005	0.025	0.010	0.010	0.003	0.005	0.003	0.005	0.005	0.015	0.010	0.065
p,p-DDE	0.010	0.010	0.010	0.020	0.020	0.020	0.020	0.015	0.020	0.020	0.015	0.065	0.015	n.n.	1.050
o,p-DDT	0.005	0.005	0.002	n.n.	0.003	0.003	0.003	n.n.	0.005	0.015	0.005	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PCB's	0.07	0.07	0.05	0.27	0.03	0.03	0.02	0.38	0.08	0.07	0.09	2.76	0.07	0.05	4.70
															
Austausch-einheit Nr.	8			9				10				11			

Probe-Nr.	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
Art	KM	KM	FSP	FSP	KM	FSP	KM	KM	FSP	FSP	KM
aufgezogen von	KM	FSP	FSP	FSP	KM	FSP	KM	KM	FSP	FSP	KM
Datum der Probenahme	20.5.	20.5.	20.5.	18.5.	18.5.	19.5.	19.5.	28.5.	28.5.	3.6.	3.6.
Alter des Nestlings [d]	14	14	10	16	19	15	18	19	16	15	18
HCB	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.001
β-HCH	0.001	0.002	0.001	n.n.	0.001	n.n.	0.010	n.n.	0.001	0.002	0.050
LINDAN	0.001	0.015	0.005	0.030	0.001	0.015	0.007	0.005	0.025	0.010	0.001
HE	0.001	0.015	0.010	0.010	0.005	0.015	0.010	0.010	0.010	0.010	0.003
p,p-DDE	0.005	0.045	0.045	0.035	0.010	0.015	0.030	0.005	0.030	0.015	0.010
o,p-DDT	0.003	0.035	0.010	0.003	0.003	0.001	0.135	0.005	0.020	0.002	0.001
PCB's	0.04	0.33	0.14	0.09	0.06	0.03	0.15	0.01	0.17	0.11	0.03
											
Austausch-einheit Nr.	12			K	K	K	K	K	K	K	K

Tab. 1. Ergebnisse der Rückstandsanalysen auf chlorierte Kohlenwasserstoffe in Lebern von Kohlmeisen und Feldsperlingsnestlingen (mg/kg Frischgewicht). Die Nestlinge aus den nummerierten Austausch-einheiten stehen benachbart. — Abkürzungen: s. Abb. 2, K=Kontrolle. Die ersten 37 Proben kommen vom HFR, die restlichen aus dem DFG. — Zur Erklärung der Symbole: Kohlmeisennestlinge tragen auf Kopf und Rücken Dunenflaum zum Schutz gegen Wärmeverluste. Diese Funktion wird bei den nackten Feldsperlingsjungen von der besseren Auspolsterung des Nestes mit Federn und Haaren übernommen.

Tab. 1. Results of the residue analyses, chlorinated hydrocarbons in livers of nestlings (*Parus major* = KM; *Passer montanus* = FSP; concentrations = mg/kg fresh weight). Nestlings of the numbered exchange units are neighbors in the table.
(Translation of the lines: Probe-no., species; reared by; date of collection; age of nestling; ...; exchange unit no.). — Abbreviations: see Fig. 2, K = control. The first 37 probes are from the experimental area HFR, the rest come from DFG. — Remarks on the nestling symbols: nestlings of *Parus* have dunes on the head and back against heat losses. This function is provided in *Passer* nests with their naked nestlings by a shelter of hairs and feathers.

3.3 Das Austausch-Experiment

Die Kernfrage lautete: sind verschiedenartige Nestlinge, die jeweils im selben Nest mit der gleichen Nahrung aufgezogen wurden, gleich oder verschieden mit chlorierten Kohlenwasserstoffen kontaminiert?

Tab. 1 gibt einen Überblick über die in den 63 Leberproben von Kohlmeisen- bzw. Feldsperlingsnestlingen gefundenen Rückstandswerte.

Sieben von fünfzehn überprüften chlorierten Kohlenwasserstoffen konnten nachgewiesen werden. Innerhalb einer Fläche von nur 30 ha und bei Vertretern derselben Art unterscheiden sich die Rückstandskonzentrationen der jeweils vorhandenen Stoffe bis zu mehr als dem Hundertfachen. PCB- und DDE-Konzentrationen in den Lebern jeweils derselben Individuen sind eng korreliert ($n=63$; $r=0,93$). Diese Stoffe scheinen somit in den Untersuchungsgebieten sehr ähnlich verteilt zu sein.

Im Nest ihrer artfremden Stiefeltern können Feldsperlingsnestlinge jeweils höher, gleich oder geringer kontaminiert sein als ihre echten Geschwister im heimatlichen Nest. Innerhalb einer Austauschereinheit sind diese Differenzen jeweils übereinstimmend. Bei den verschiedenen Austauschereinheiten kommen aber insgesamt alle Möglichkeiten vor. — Bei einem bestimmenden Einfluß der artspezifischen Physiologie auf das Rückstandsniveau von chlorierten Kohlenwasserstoffen in Individuen verschiedener Arten wären jedoch einheitliche Trends — z.B. »Feldsperlinge sind stets höher kontaminiert als Kohlmeisen« — zu erwarten gewesen. Dies Ergebnis spricht für einen wesentlichen Einfluß der individuellen Nahrungskette auf das Kontaminationsgeschehen.

Für alle nachgewiesenen chlorierten Kohlenwasserstoffe mit Ausnahme von Lindan³⁾ ergibt sich bei ausreichend hohen Konzentrationen (mehr als 0,005 mg/kg Frischgewicht) übereinstimmend folgendes Bild (Tab. 2):

- Nestlinge von Kohlmeisen und Feldsperlingen, die zusammen im selben Nest zur gleichen Zeit von denselben Altvögeln mit der gleichen — für die jungen Feldsperlinge artfremden — Nahrung aufgezogen wurden, sind nicht signifikant unterschiedlich mit chlorierten Kohlenwasserstoffen kontaminiert;
- die Feldsperlingesschwister, von denen jeweils die einen im elterlichen Nest, die andern zur selben Zeit im fremden, meist nur wenige Zg Meter entfernten Kohlmeisennest mit unterschiedlicher Nahrung aufgezogen wurden, unterscheiden sich signifikant im Gehalt ihrer Lebern an chlorierten Kohlenwasserstoffen. Bezüglich PCB's und DDE sind diese Unterschiede im Mittel gut zwanzigfach stärker als bei den Stiefgeschwistern beider Arten im selben Nest. Aufgrund dieser Ergebnisse ist auszuschließen, daß bei rückstandsanalytisch gefundenen Unterschieden in der Kontamination der Lebern junger Kohlmeisen und Feldsperlinge mit chlorierten Kohlenwasserstoffen artspezifische, physiologische Besonderheiten — und damit verschiedene Akkumulationsraten — eine Rolle spielen. »Artspezifische« Rückstandswerte sind hier vielmehr eine Folge unterschiedlicher Ernährungsweise.

³⁾ In vier von sechs in Tab. 2 »negativ« gewerteten Fällen liegen die Lindan-Konzentrationen im oder nahe dem Bereich des gerätebedingten Meßfehlers. In den beiden weiteren »negativ« gewerteten Austauschereinheiten gibt es einmal praktisch keine und einmal Unterschiede in der Größenordnung von Faktor 2. — Ungewöhnlich hohe Differenzen zwischen gleichartigen Individuen im selben Nest (Tab. 1) lassen überdies bei Lindan nennenswerte »akute« Kontaminationseffekte vermuten.

Austausch- einheit Nr.	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	U - Test $\alpha = 0,05$
HCB	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
β -HCH	+	o	+	+	o	+	o	o	o	+	o
LINDAN	+	o	-	-	-	+	+	-	-	-	-
HE	+	+	+	+	+	+	+	+	o	+	+
p,p-DDE	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
o,p-DDT	+	-	+	o	o	o	+	+	+	o	o
PCB's	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tab. 2. Übersicht über den Vergleich der Rückstandskonzentrationen innerhalb der Austausch-Einheiten (AE). — »o«=die Konzentrationen liegen bei allen Nestlingen der AE innerhalb des gerätebedingten Fehlerbereichs ($\leq 0,005$ mg/kg). »+«= die Unterschiede zwischen den artgleichen (FSP) Nestlingen in verschiedenen Nestern (FSP-KM) sind signifikant größer als die Unterschiede zwischen artverschiedenen Jungen im selben Nest; »-«=die entsprechenden Unterschiede sind nicht signifikant größer. — Die Nullhypothese des U-Test lautet: die Konzentrationsunterschiede in artgleichen Jungvögeln, die in verschiedenen Nestern mit unterschiedlicher Nahrung aufgezogen wurden, sind **nicht** signifikant höher als die zwischen artverschiedenen Jungvögeln, die im selben Nest mit gleicher Nahrung aufgezogen wurden; Stern: Nullhypothese kann abgelehnt werden, (-): Nullhypothese muß akzeptiert werden.

Tab. 2. Results of a comparison of the residue concentrations in the nestlings from 11 exchange units (EU). — »o« = concentrations in all the nestlings of the EU are about the inaccuracies of the measuring equipment (≤ 0.005 mg/kg); »+« = concentration differences in nestlings of the same species (FSP) in different nests (FSP-KM) are significantly larger compared to the respective differences of nestlings of the two species reared in the same nest; »-« = the respective differences are not significantly larger. The null-hypothesis of the U-Test is as follows: Concentration differences in young of the same species that are reared in different nests with different food are not significantly larger compared to those between the young of different species that are reared in the same nest with identical food; asteric: Null-hypothesis can be rejected; (-): Null-hypothesis has to be accepted.

4. Diskussion

Freiland-experimentelle Arbeiten über den Einfluß der Ernährungsweise auf die artspezifischen Kontaminationsspektren (zweier) verschiedener Vogelarten sind uns bisher unbekannt.

Auch die Zahl der Veröffentlichungen über die Möglichkeiten des Einsatzes von Vögeln als Bioindikatoren bzw. Biomonitoren für die Überwachung der Schadstoffbelastung von Landschaftsausschnitten ist bis in die jüngste Zeit gering. Nach einem Vorläufer (MOORE 1966) beschäftigen sich im deutschen Sprachraum z.B. BAUM (1981), BAUM & CONRAD (1978), DRESCHER-KADEN et al. (1979), ELLENBERG (1981),

ELLENBERG & DIETRICH (1982), GAST (1984), HAHN (1982), HOERSCHELMANN et al. (1979), MÜLLER (1979) und SCHERNER (1982) mit diesem Thema. Auf die Bemühungen im Zusammenhang mit der Einrichtung einer Umweltprobenbank (LUEPKE 1979, LEWIS et al. 1984) wurde bereits eingangs hingewiesen. — Besonders hervorgehoben wird der Einsatz von übergeordneten Beutegreifern, z.B. Sperber, Habicht, Waldkauz (*Strix aluco*), Wanderfalke als räumlich-zeitliche Integratoren von Schadstoffbelastungen. GAST (1984) zeigt, daß sich auch Elstern (*Pica pica*) in diesem Sinne als Biomonitorien einsetzen lassen. Vermutlich gilt dieses in ähnlichem Sinne für viele weitere Arten. In den meisten dieser Arbeiten wird zwar erwähnt oder betont, daß die Nahrungszusammensetzung der für Biomonitoring verwendeten Individuen vergleichbar sein sollte. Das Thema wird aber dann nur selten weiter ausgearbeitet.

Über die Auswirkungen von chlorierten Kohlenwasserstoffen auf die Vogelwelt existiert jedoch mittlerweile eine »fast unübersehbare Zahl« (PRINZINGER & PRINZINGER 1979) von Veröffentlichungen. HARTNER (1981) gibt allein die Anzahl der in diesem Zusammenhang auf DDT bezogenen Publikationen mit mehr als Tausend (Stand 1980) an. Auch das Symposium »Greifvögel und Pestizide« im Spätherbst 1979 (ELLENBERG, ed., 1981) beschäftigt sich vorwiegend mit diesem Aspekt.

Biomonitoring der Schadstoffbelastung von Landschaftsausschnitten gilt aber nicht in erster Linie den Auswirkungen bestimmter Stoffe auf Individuen oder Populationen bestimmter Arten. Biomonitoring versucht vielmehr, Aussagen über bereits als potentiell gefährlich erkannte Stoffe und ihre Verteilung in der Umwelt unter möglichst vergleichbaren und reproduzierbaren Bedingungen zu gewinnen und auf diese Weise Räume bezüglich ihrer Schadstoffbelastung zu charakterisieren.

Unser Freiland-Experiment hat deutlich gemacht, daß am selben Ort zur selben Zeit durch verschiedene Ernährung von Geschwistern derselben Art Kontaminations-Unterschiede bis zu mehr als dem Hundertfachen hervorgerufen werden können. Hierbei überlagert sich der Einfluß der artspezifischen Nahrungskette mit dem Effekt der kleinräumig unterschiedlichen Verfügbarkeit von Chlorkohlenwasserstoffen. Gleichzeitig wurde erkennbar, daß sicher vorhandene artspezifische Unterschiede in der Physiologie zumindest im untersuchten Beispiel eine vernachlässigbar geringe Rolle spielen. Nahrungsketteneffekte erhalten somit entscheidende Bedeutung für Ökotoxikologie und Biomonitoring. Die Untersuchung der Nahrungszusammensetzung von Organismen ist eines der zentralen Gebiete der Tierökologie. Solche Nahrungsketteneffekte treten aber aller Wahrscheinlichkeit nach an jedem Punkt im Nahrungsnetz erneut und weitgehend unabhängig voneinander auf. Dadurch werden die Zusammenhänge fast entmutigend kompliziert.

Bioindikation und Biomonitoring erhalten dagegen ihre entscheidenden Impulse für die Praxis aus ihrer im Vergleich zu physikalisch-chemischen Meß- und Überwachungsverfahren relativ einfachen, raschen und preiswerten Handhabbarkeit für einen sensiblen Arten- und Zönosekenner (ELLENBERG 1981, 1982). Er muß in die Lage versetzt werden, seine Ergebnisse in sinnvollen Abständen an physikali-

schen oder chemischen Meßwerten, z.B. Immissionsraten für bestimmte Stoffe an definierten Orten im Laufe von festgelegten Zeitabschnitten, zu eichen. Wenn unter, im übrigen standardisierten, Bedingungen — Nahrungsketteneffekte zu einem »statistischen Rauschen« der gemessenen Rückstands-Niveaus, in der Größenordnung von zwei Zehnerpotenzen führen, ist eine Verfeinerung der Analysemethoden im Labor bis zu einer Reproduzierbarkeit der Einzelmessungen in einem Fehlerrahmen von wenigen Prozent — so vernünftig und nötig sie aus anderer Sicht sein mag — kein Fortschritt für die Umweltüberwachung.

Bleiben unter solchen Bedingungen Biomonitoring der Schadstoffbelastung von Landschaftsausschnitten und die Einrichtung einer Umweltprobenbank, die animalische Gewebeproben einlagert, möglich und sinnvoll? — Wir glauben: ja! Angesichts des hohen Definitions- und Standardisierungsgrades der für die reproduzierbare Messung geringer Chemikalienkonzentrationen mit Hilfe z.B. der Gaschromatographie oder Atomabsorptionsspektroskopie für selbstverständlich akzeptiert wird, steckt die biologisch-ökologische Seite der Umweltüberwachung, von der Ökotoxikologie bis zur standardisierten Probeziehung, noch in den Kinderschuhen. Für eine ernst zu nehmende Überwachung von räumlichem Muster und zeitlichem Trend der Schadstoffbelastung von Landschaftsausschnitten muß die Art und Weise der Probeziehung im Freiland standardisiert und definiert werden.

Ökologisch orientierte Artenkenner erhalten hier ein breites Betätigungsfeld. Sie haben darauf zu achten, daß Aktionsraum und -zeit, Art, Alter, Geschlecht, Nahrungskette und vieles andere mehr für die zur chemischen Analyse gelangenden Organismen möglichst ähnlich bzw. vergleichbar sind. Arten, die an verschiedenen Orten ähnliche Nahrungsspektren haben — z.B. Kohlmeisen: sie füttern ihre Jungen überwiegend mit den Räupchen blattfressender Kleinschmetterlinge — sind für Biomonitoring besser geeignet als Arten, die sich durch besondere Heterogenität (Anpassungsfähigkeit?) des Speisezettels auszeichnen. Besondere Vorteile erhalten in diesem Zusammenhang standorttreue Beutegreifer, die an auffindbaren Orten Beutereise hinterlassen, z.B. Habicht oder Waldkauz (WEISS 1981, HAHN 1982). Sie integrieren die Schadstoffbelastung größerer Gebiete, ihrer Aktionsräume, in wenige Proben, z.B. Eier, Federn, Organismen — je nach Fragestellung. Am Beispiel des Habichts haben ELLENBERG & DIETRICH 1982 gezeigt, daß erst die Standardisierung auf eine bestimmte Handschwinge des adulten weiblichen Vogels zur Brutzeit zu reproduzierbaren und vergleichbaren Ergebnissen über die Belastung dieser Vögel mit den Schwermetallen Blei (Pb) und Cadmium (Cd) führt. Dabei spielte der jahreszeitliche Trend in der Zusammensetzung der Nahrung des Habichtweibchens eine entscheidende Rolle. Die Korrelation der Rückstandswerte in den solcherart definierten Habicht-Handschnitten mit den gemessenen, mittleren, jährlichen Immissionsraten (feuchte Deposition) an Pb und Cd in der Nähe von ausgewählten Habichtsthorsten (NÜRNBERG et al. 1983) ist ermutigend hoch (DIETRICH & ELLENBERG 1984). — Die Themen Biomonitoring und Umweltprobenbank müssen und dürfen, unter Beachtung ökologischer Zusammenhänge, mit Optimismus weiter verfolgt werden.

Literatur

- BAUM, F. (1981): Chlorierte Kohlenwasserstoffe in wildlebenden Tieren und Nahrungsnetzen: Vorkommen, Bedeutung und Nachweis. In: ELLENBERG, H. (ed.): 65-71. — BAUM, F. & B. CONRAD (1978): Greifvögel als Indikatoren für Veränderungen in der Umweltbelastung durch chlorierte Kohlenwasserstoffe. Tierärztliche Umschau 33: 661-668. — BECKER, H. (1981): Prüfung und Zulassung von Pflanzenbehandlungsmitteln. In: H. ELLENBERG (ed.): 55-64. — CONRAD, B. (1977): Die Giftbelastung der Vogelwelt Deutschland. Vogelkundl. Bibl. 5: Kilda Verlag, Greven. — DIETRICH, J. & H. ELLENBERG (1984): Korrelationen zwischen gemessenen Immissionsraten und Rückstandskonzentrationen in definierten Habichtfedern für Blei und Cadmium in Mitteleuropa. Projektbericht, KfA Jülich. Manuskript. — DRESCHER-KADEN, U., J. BRÜGGEMANN & F.P. MÜLLER (1979): Möglichkeiten und Probleme des Einsatzes freilebender Tierspezies als Indikatoren für die Rückstandsbelastung mit Umweltchemikalien. Ber. ANL 3: 64-72. — ELLENBERG, H. (ed. 1981): Greifvögel und Pestizide, Versuch einer Bilanz für Mitteleuropa. Ökol. Vögel 3, Sonderheft: 1-420. — 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. Symposium: «Understanding the Goshawk», Oxford 1982. — ELLENBERG, H., K. HANDKE & P. PETERMANN (in Vorbereitung): Beiträge zu einer Avifauna des Saarbrücker Raumes aus ökologischer Sicht. Etwa 300 S. — GAST, F. (1984): Die Elster (*Pica pica*) als Biomonitor für die Belastung von Nahrungsnetzen durch Umweltchemikalien. Ein Beitrag zur Methodik der Umweltüberwachung am Beispiel des Stadtverbandes Saarbrücken. Dissertation Dr. phil. (Geographie), Universität des Saarlandes. 198 S. — HAHN, E. (1982): Warum eignet sich der Waldkauz (*Strix aluco*) als Schadstoffindikator? Verh. GfÖ 9, Berlin, 1980. — HARTNER, L. (1981): Wie schädigen die chlorierten Kohlenwasserstoffe die Vögel? In: H. ELLENBERG (ed.): 33-38. — HOERSCHELMANN, H., K. POLZHOFFER, K. FIGGE & K. BALLSCHMITER (1979): Organochlorpestizide und polychlorierte Biphenyle in Vogeleiern von den Falklandinseln und aus Norddeutschland. Environm. Pollution 13: 247-269. — JOHNSON, E.J., L.B. BEST & A.P. HEAGY (1980): Food sampling biases associated with the «ligature method». Condor 82: 186-192. — JORIS, C. & K. DELBEKE (1981): Rückstände chlororganischer Pestizide und PCB's in belgischen Greifvögeln. In: H. ELLENBERG (ed.): 173-180. — LEWIS, R.A., N. STEIN & C.W. LEWIS (eds.), 1984: Environmental Specimen Banking and Monitoring as Related to Banking. Proceedings of the International Workshop, Saarbrücken, 10-15 May 1982. Martinus Nijhoff Publ., Boston, The Hague, Dordrecht, Lancaster. — LUEPKE, N.P. (ed.), 1979: Monitoring Environmental Materials and Specimen Banking. — Proceedings of the International Workshop, Berlin (W), 23-28 October 1978. Martinus Nijhoff Publ. The Hague, Boston, London. — MAY, H., 1983: Vergleichende Freilandexperimente zur natürlichen Kontamination von Kohlmeise (*Parus major*L.) und Feldsperling (*Passer montanus*L.) mit chlorierten Kohlenwasserstoffen. Dipl. Arb., Univ. Saarbrücken (Zoologie und Biogeographie). — MOORE, N.V. (1966): A pesticide monitoring system with special reference to the selection of indikator-species. J. Appl. Ecol. 3: 261-269. — MORIARTY, F. (1975): Pollutants and Animals, a Factual Perspective. London, George Allen and Unwin. — MORIARTY, F. (1983): Ecotoxicology. The Study of Pollutants in Ecosystems. Academic Press, London. — MÜLLER, P. (1979): Ecological parameters and their significance for pollution monitoring in the terrestrial environment. In: Pollutants and their ecotoxicological significance for European regions. VI. session of European ecological summerschool E 4, KfA Jülich. — NEWTON, I. (1979): Raptor ecology. T. and A. D. POYSER, Carlton. — NÜRNBERG, H.W., V.D. NGUYEN & P. VALENTA (1983): Deposition von Säure und toxischen Schwermetallen mit den Niederschlägen in der Bundesrepublik Deutschland. Jahresbericht 1982/83 der Kernforschungsanlage Jülich: 41-53. — PRINZINGER, G. & R. PRINZINGER (1979): Der Einfluß von Pestiziden auf die Brutphysiologie der Vögel. Ökol. Vögel 1: 17-89. — SCHERNER, E.R. (1972): Untersuchungen zur Ökologie des Feldsperling (*Passer montanus*). Vogelwelt 93: 41-68. — SCHERNER, E.R. (1982): Bemerkungen zur Brauchbarkeit von Vögeln als Bioindikatoren und über die Analyse von Schadstoff-Rückständen. Vogelwelt 103: 18-23. — SCHEUNERT, I. (1981): Gibt es Wege zu einem «raschen» Testverfahren für eine Beurteilung der Langzeit-Akkumulationswirkung von Umweltchemikalien in Warmlüfter-Nahrungsnetzen? Wie steht es mit der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf »andere Arten»? In: Greifvögel und Pestizide, H. ELLENBERG (ed.): 73-81. — STEINWANDTER, H. & H. SCHLÜTER (1977): Beiträge zur Verwendung von Kieselgel in der Pestizidanalytik. Z. Anal. Chem. 268: 90-94. — WEISS, J. (1981): Die Eignung des Waldkauzes (*Strix aluco*) als möglicher Umweltgütezeiger. In: H. ELLENBERG (ed.): 101-110.

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): May Rudolf, Ellenberg Hermann

Artikel/Article: [Ein Freilandexperiment zur Ökologie der Schadstoff-Kontamination von Vögeln und Folgerungen für die Verwendung von Organismen als Biomonitoren 97-112](#)