

Kapitel 1

Einleitung und Überblick



Adulter Seeadler aus Brandenburg mit Bleiintoxikation

(Foto: Reinhold Sangen-Emden)

Die Kooperation von Naturschutzinstitutionen aus mehreren deutschen Bundesländern mit dem Institut für Zoo- und Wildtierforschung/Berlin und dem Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie/Wien ermöglichte erstmalig für Deutschland die standardisierte Analyse von potentiell toxischen Schwermetallen und von chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) in Organproben aus verunglückten Greifvögeln und Eulen in einem repräsentativen Probenmaterial. Die Hintergrundinformationen zu jedem individuellen Vogel sind in Europa vermutlich einzigartig und bilden die Basis für die statistische Auswertung zu unterschiedlichen Fragestellungen. Die Aufarbeitung der Organe von bislang über 600 Greifvögeln und Eulen und die anschließende Analytik der Schadstoffe mittels Kapillar-Gaschromatographie und Atomabsorptions-Spektrometrie wurden von mir persönlich durchgeführt. Nur ein Teil der Greifvögel in der vorliegenden Studie wurde von mir seziiert und makroskopisch pathologisch befundet. Im Material und Methoden Teil der einzelnen Kapitel wird die institutionelle Herkunft der Organproben, und der individuellen Hintergrundinformationen zu jedem Vogel, abgehandelt. Die Zusammenführung der Resultate auf eine höhere Ebene, als auch die Darstellung und die Synthese dieser Ergebnisse in den einzelnen Kapiteln der vorliegenden Dissertation, wurde vom Verfasser, unter Absprache mit den Co-Autoren, durchgeführt.

Ein Schadstoffmonitoring-Programm an Wildvögeln in Deutschland wurde durch das Institut für Vogelforschung in Wilhelmshaven ("Vogelwarte Helgoland") in Kooperation mit dem Chemischen Institut der Tierärztlichen Hochschule Hannover realisiert, wobei Seevögel, bzw. deren Eier, als Akkumulationsindikatoren dienen (BECKER et al. 1991; MATTIG 1998; BECKER et al. 2001 u.a.). Eine kontinuierliche Schadstoffuntersuchung an Greifvögeln und Eulen, wie sie z.B. in Großbritannien, den Niederlanden und den USA seit Jahrzehnten durchgeführt wird, gibt es in der Bundesrepublik nicht. Dieser Mangel wird zunehmend in der aktuellen Literatur hervorgehoben (LANGGEMACH & SÖMMER 1996; MEYBURG et al. 1996; KOSTRZEWA & SPEER 2001).

Seeadler und Habicht

Die akute Schadstoffexposition von Seeadlern (*Haliaeetus albicilla*) und

Habichten (*Accipiter gentilis*) durch chlororganische Pestizide und polychlorierte Biphenyle (PCB), als auch durch die potentiell toxischen Schwermetalle Blei (Pb), Quecksilber (Hg) und Cadmium (Cd) wurde in der vorliegenden Studie mittels Organanalysen verstorbener Vögel untersucht.

Der paläarktische Seeadler und der holarktische Habicht sind aufgrund ihres Beutespektrums und ihrer Habitatansprüche besonders geeignete Greifvogelarten für eine Evaluierung der Schadstoffexposition autochthoner Greifvogelarten. Der Seeadler repräsentiert die Akkumulation und Exposition der untersuchten Schadstoffe am Ende der aquatischen Nahrungskette, der Habicht ist ein Spitzenprädatoren der terrestrischen Nahrungskette (OEHME 1980; ELLENBERG et al. 1986; HAHN et al. 1993; KLEIN & PAULUS 1995; FISCHER 1995a; FISCHER 1995b).

Durch die Bestandszunahme des Seeadlers seit Mitte der 1980er Jahre in seinen nord- und osteuropäischen Brutgebieten ist aktuell eine Ausbreitungstendenz in westlicher und südlicher Richtung zu verzeichnen. Die nord- und ostdeutsche und polnische Seeadlerpopulation wird als Kern zur Wiederbesiedlung des ehemaligen Verbreitungsgebietes innerhalb Westeuropas angesehen (LANGGEMACH & SÖMMER 1996; HAUFF 1998, MIZERA 1999). Trotz der gegenwärtig positiven Populationsdynamik ist der Seeadler eine Art, die global als gefährdet kategorisiert wird (DEL HOYO et al. 1994; TUCKER & HEATH 1997; HELANDER & MIZERA 1997). Eine Habituation an zivilisationsbedingte und urbane Strukturen erschließt dieser Art neue Brut- und Jagdgebiete; so erfolgte selbst innerhalb der Stadtgrenze von Berlin seit dem Jahr 2000 jeweils eine erfolgreiche Seeadlerbrut und im Jahre 2002 kam es in Berlin zu einer Ansiedlung eines zweiten Brutpaares (R ALTENKAMP mündl. Mittl.). In Bayern brütet die Art wieder erfolgreich seit dem Jahr 2000 (H-J FÜNFECK mündl. Mittl.).

Die gegenwärtige Urbanisierung des Habichts in mehreren deutschen Großstädten wird insbesondere durch die hohe Abundanz der Stadttaube (*Columba livia forma domestica*) als ganzjährig verfügbare Hauptbeute und dem Fehlen illegaler Nachstellungen begünstigt (WÜRFELS 1999; ALTENKAMP & HEROLD 2001; RUTZ 2001).

Greifvögel und Umweltschadstoffe

Greifvögel (Falconiformes) sind aufgrund ihrer Position am Ende der Nahrungskette, der carnivoren Ernährungsweise, des potentiellen Höchstalters und ihrer großen Territorien geeignete Akkumulationsindikatoren für ein

Schadstoffmonitoring von ubiquitären Umweltschadstoffen, wie z.B. den chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) und Schwermetallen (COOKE et al. 1982; DELBEKE et al. 1984; FRØSLIE et al. 1986; KLEIN & PAULUS 1995).

Vor allem die chlororganischen Pestizide, wie Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT), insbesondere dessen Metabolit Dichlordiphenyldichlorethen (DDE), Hexachlorbenzol (HCB), die Hexachlorcylohexanisomeren (z.B. γ -HCH [Lindan[®]]), als auch die strukturell ähnlichen Industriechemikalien der Stoffklasse der polychlorierten Biphenyle (PCB) und die organischen Quecksilberverbindungen, reichern sich wegen ihrer Persistenz, der lipophilen Eigenschaften und der geringen Metabolisierung und Exkretion über die Nahrungskette in deren Endgliedern an. Diese Akkumulation kann bei Greifvögeln und Eulen zu den höchsten Kontaminationen unter den Vertebraten führen (HOLT et al. 1979; BLUS 1995).

Durch diese Akkumulation, bzw. Biomagnifikation, wurden Wanderfalke (*Falco peregrinus*), Sperber (*Accipiter nisus*), Fischadler (*Pandion haliaetus*) und Seeadler (*Haliaeetus albicilla*) in den 50er bis 70er Jahren zu klassischen Zeigerarten und werden diese Position wahrscheinlich behalten (ELLENBERG 1982; ELLENBERG et al. 1985).

Wegen ihrer relativ großen Standorttreue, Häufigkeit und gleichmäßigen Verteilung in Mitteleuropa werden Habicht, Waldkauz (*Strix aluco*) und Schleiereule (*Asio otus*) unter den Greifvögeln und Eulen als Arten für ein Schadstoffmonitoring favorisiert, seltenere Arten wie Seeadler, Wanderfalke und Steinkauz (*Athene noctua*) können als Ersatzarten, bzw. für "Sonderprogramme", verwendet werden (HAHN 1982; ELLENBERG et al. 1985; ELLENBERG & DIEDRICH 1981; ELLENBERG et al. 1986; KLEIN & PAULUS 1995).

Zusätzlich unterstützen das relativ große Interesse der Öffentlichkeit, wie auch die schon historische Faszination an Greifvögeln und Eulen, die Sensibilisierung der Bevölkerung für die Problematik durch Umweltschadstoffe (FURNESS 1993).

Alle einheimischen Greifvögel und Eulen sind durch das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) streng geschützte Arten. Greifvögel unterstehen zusätzlich dem Bundesjagdgesetz (BJagdG) mit ganzjähriger Schonzeit, wodurch der revierinhabende Jagdausübungsberechtigte ein Aneignungsrecht für kranke, verletzte und tote Greifvögel und deren Teile hat (HEIDENREICH 1995; KLEIN & PAULUS 1995; LANGGEMACH & SÖMMER 1996).

Die durch diese Gesetzgebung bedingte aufwendige Bereitstellung eines repräsentativen Stichprobenumfangs an Organproben von Greifvögeln und Eulen führte dazu, dass in der BRD nahezu ausschließlich die bei der Beringung der Jungvögel gesammelten Resteier und Mauserfedern des Großgefieders der adulten Vögel auf Schadstoffe analysiert wurden (BEDNAREK et al. 1975; CONRAD 1977; SCHILLING & KÖNIG 1980; Ellenberg 1981; ELLENBERG et al. 1986; BRANDT 1990; HAHN et al. 1992; BAUM & HÄDRICH 1995; MASCHEK 1998; NIECKE et al. 1998; SCHARENBERG & STRUWE-JUHL 2000, SCHILLING & WEGNER 2001 u.a.). In der ehemaligen DDR waren Rückstandsanalysen bei besonders exponierten Wildtieren, wie Greifvögeln und Eulen, nicht erwünscht und konnten nur unter Schwierigkeiten und mit persönlichem Risiko durchgeführt werden (G OEHME briefl. Mittl.).

Die Eiinhalte von Resteiern werden auf CKW und organische Quecksilberverbindungen analysiert und repräsentieren die Belastung der adulten weiblichen Vögel zum Zeitpunkt der Eiablage. Der Quecksilbertransfer vom Brutvogel in das Ei ist speziesabhängig, der Transfer von Cadmium und Blei minimal, die Einlagerung in die Eischale noch unzureichend untersucht.

Die Mauserfedern werden auf Schwermetalle analysiert, wobei Methylquecksilber endogen während des Gefiederwechsels sehr stabil in das Keratin der Federn eingelagert wird, während Cadmium, Blei und anorganisches Quecksilber, sowie deren Verbindungen, größtenteils durch atmosphärische Deposition in die siebartige Feinstruktur der Federn exogen aufgetragen werden. Der Anteil des endogen eingelagerten Cadmiums und Bleis durch die Blutversorgung während der Federgenese, ist noch nicht eindeutig geklärt (SCHEUHAMMER 1987; LEONZIO & MASSI 1989; HARTNER et al. 1992; FURNESS 1993; KLEIN & PAULUS 1995). Weiterhin müsste immer eine Feder derselben Position analysiert werden, da z.B. die Einlagerung von Methylquecksilber im fortschreitenden Mauserzyklus der Vögel abnimmt, und die atmosphärische Deposition von der Stellung der Feder innerhalb des Gefieders abhängig ist (HONDA et al. 1986; HARTNER et al. 1992; FURNESS 1993).

Insbesondere die Kontakt-Insektizide DDT, dessen Metabolit DDE, und die Cyclodiene (Aldrin, Dieldrin, Endrin etc.) waren seit ihrer intensiven Anwendung in den 50er Jahren für einen Bestandsrückgang vieler Greifvogelarten verantwortlich. Der als "raptor pesticide syndrome" Ende der 60er Jahre bekannt gewordene Effekt bewirkte u.a. Eischalenverdünnung und erhöhte Embryonenmortalität, nicht nur bei Greifvögeln,

und brachte mehrere dieser Vogelarten, wie z.B. Wanderfalke, See- und Fischadler, auf den Status "vom Aussterben bedroht" auf die Roten Listen der bedrohten Arten (RATCLIFFE 1967; NEWTON 1979; BLUS 1995; KOSTRZEWA & SPEER 2001 u.a.). Dieser durch DDT verursachte Rückgang der Reproduktionsrate wurde noch durch die hohe Toxizität von Dieldrin (HEOD) ergänzt, welches retrospektiv für eine erhöhte Mortalität der adulten Vögel diskutiert wird (NEWTON 1986; NISBET 1988; WALKER & NEWTON 1998). Die Gruppe der Organochlor-Pestizide hat wahrscheinlich unter allen als Biozide in die Umwelt eingebrachten Chemikalien die meisten Nebeneffekte (BLUS 1995).

Chlororganische Pestizide, PCB und potentiell toxische Schwermetalle

Konsequenterweise ist der Einsatz von DDT mittlerweile in den meisten Industrieländern seit Anfang der 1970er Jahre verboten. In der BRD wurde durch das DDT-Gesetz vom 7. August 1972 (zuletzt geändert am 15. September 1986) der Handel und Verkehr mit DDT geregelt (STREIT 1994). Seit dem 1. Juni 1977 ist die Herstellung und der Vertrieb von DDT in der BRD verboten (PERKOW & PLOSS 1999). In den Kieferforsten der neuen Bundesländer kam es 1983/84 nochmals zu einer Anwendung von mehreren hundert Tonnen DDT zur Bekämpfung einer Kalamität der Nonne (*Lymantria monacha*). Besonders betroffen waren die östlichen Bundesländer Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen. Diese massive Ausbringung von DDT/Lindan-Formulierungen wurde in der ehemaligen DDR als höchste Geheimhaltungsstufe "GVS" (Geheime Verschlussache) eingeordnet, da es dem Stufenplan zur Reduzierung des Einsatzes von DDT-Präparaten in der Land- und Forstwirtschaft widersprach (BEITZ et al. 1991; HEINISCH et al. 1994a). Weiterhin war der Anwendungsumfang von Pflanzenschutzmitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in den neuen Bundesländern im Bezugsjahr 1989 mit 4,9 kg Wirkstoff/ha bedeutend umfangreicher, als in den alten Bundesländern mit 2,9 kg Wirkstoff/ha (UMWELTBUNDESAMT 1992). Im Jahr 1988 wurde DDT in der DDR endgültig verboten (BEITZ et al. 1991; SCHMIDT 1994).

In tropischen Entwicklungsländern wird DDT, trotz ökotoxikologischer Bedenken, weiterhin zur Bekämpfung der Anophelesmücke, Tsetsefliegen, Heuschrecken usw. eingesetzt (STREIT 1994; BLUS 1995, WIKTELIUS & EDWARRDS

1997). Diese Gebiete werden z.T. als Überwinterungsgebiete von europäischen Zugvögeln, darunter auch Greifvögeln, genutzt, welche dadurch als Vektoren für DDT und DDE in die Nahrungskette an ihren Brutgebiete dienen oder diese persistenten CKW über die Eiablage an die folgende Generation transferieren.

Das γ -Hexachlorcyclohexan (γ -HCH [Lindan[®]]) ist, aufgrund der geringeren biologischen Halbwertszeit und besseren Metabolisierung, ein in der BRD zugelassenes Organochlor-Insektizid (STREIT 1994; BLUS 1995; PERKOW & PLOSS 1999).

Hexachlorbenzol (HCB) wurde als Fungizid in der Saatgutbehandlung und als Holzschutzmittel eingesetzt und ist seit 1981 in der BRD verboten. In der ehemaligen DDR wurde HCB bis 1984 verwendet (HEINISCH ET AL. 1994b; STREIT 1994; PERKOW & PLOSS 1999). HCB entsteht weiterhin als Nebenprodukt bei nahezu allen Chlorierungsprozessen und der Müllverbrennung (HEINISCH & WENZEL-KLEIN 1994; HEINISCH et al. 1994b; PERKOW & PLOSS 1999). Das sehr persistente HCB hat einen hohen Bioakkumulationsfaktor und ist in der Umwelt ubiquitär (HEINISCH et al. 1994b).

Eine weitere Stoffgruppe der halogenierten Kohlenwasserstoffe bilden die polychlorierten Biphenyle (PCB). Die PCB sind eine Gruppe von 209 strukturell ähnlichen Molekülen, welche aufgrund ihrer Eigenschaften (chemische Resistenz und Stabilität, Unbrennbarkeit, fehlende elektrische Leitfähigkeit, ölig-flüssige Konsistenz) in erheblichen Mengen eine vielfältige Anwendung in der Industrie hatten. Eingesetzt wurden sie als Kühl-, Hydraulik- und elektrische Isolierflüssigkeit, als Zusätze zu Lacken, Kitten und Pflanzenschutzformulierungen, als Weichmacher und Flammschutzmittel. Entsprechend ihrem weiten Einsatz gelangten und gelangen PCB aus zahllosen Quellen in erheblichen Mengen in die Umwelt und sind heute ubiquitär. Weltweit wurden über 1,2 Mio. Tonnen PCB produziert, von denen ca. 50% noch in Anwendung ist. In der BRD wurde 1983 die PCB-Produktion eingestellt und seit 1989 im Rahmen der „Verordnung zum Verbot von polychlorierten Biphenylen, polychlorierter Terphenyle und zur Beschränkung von Vinylchlorid“ endgültig verboten (BALLSCHMITER & ZELL 1980; SAFE & HUTZINGER 1987; DFG 1988; STREIT 1994; RICE & O'KEEFE 1995).

PCB haben mutagene, carcinogene, teratogene, immunsuppressive und neurotoxische Effekte. Die individuelle Toxizität der 209 unterschiedlichen PCB-Kongeneren hängt von der Anzahl und Stellung der Chloratome im Biphenylgrundkörper ab. Die Fähigkeit der Organismen zur Metabolisierung von PCB verhält

sich reziprok zum Chlorierungsgrad der PCB (HAYES 1987; DFG 1988; SHAIN et al. 1991).

Die hier beschriebenen CKW induzieren Störungen von Hormonsystemen und hormonabhängigen Entwicklungsprozessen und sind seit den 1990er Jahren als "endocrine disrupters" in der wissenschaftlichen und öffentlichen Diskussion (PRINZINGER & PRINZINGER 1980; UMWELTBUNDESAMT 1995; TYLER et al. 1998).

Die potentiell toxischen Schwermetalle Blei, Cadmium und Quecksilber sind aufgrund natürlicher geologischer Prozesse und anthropogener Emissionen in der Umwelt ubiquitär. Die industriellen Emissionen und die Emissionen aus dem KFZ-Verkehr und der Müllverbrennung sind durch nationales und internationales Recht zur Verringerung von Schadstoffemissionen stark rückläufig (NRIAGU & PACYNA 1988; NRIAGU 1989; MERIAN 1991; STREIT 1994; UMWELTBUNDESAMT 1994; UMWELTBUNDESAMT 1997).

Eigene Untersuchungen

Seeadler

Das Bestandstief des Seeadlers in Europa bis Mitte der 1980er Jahre wurde durch lang anhaltende intensive Verfolgung und Vergiftung, als auch durch Habitatdegradation und menschliche Störungen verursacht, wie z.B. das Sammeln der Eier und die moderne Forstwirtschaft. Durch den intensiven Einsatz von DDT seit Ende der 1940er Jahre kam es aufgrund des "raptor pesticide syndrome" zu einer starken Beeinträchtigung der Reproduktion. Während der letzten zwei Jahrzehnten stieg die Reproduktionsrate der Seeadler wieder und die nord- und mitteleuropäischen Bestände erholen sich von den negativen Einflüssen des letzten Jahrhunderts (HELANDER 1983; OEHME 1987; DEL HOYO et al. 1994; TUCKER & HEATH 1994; FISCHER 1995a; HELANDER & MIZERA 1997; HAUFF 1998).

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit lässt sich aktuell vor allem eine akute Gefährdung für Seeadler durch Bleiintoxikation ableiten. In Kapitel 2 wird aus diesem Grunde die Schwermetallbelastung von Seeadlern aus Deutschland und Österreich dargestellt. Die Organkonzentrationen der Seeadler werden mit

internationalen Ergebnissen verglichen und interpretiert. Der hohe Anteil von vermutlich letalen Bleivergiftungen bei Seeadlern und deren Ursache wird ausführlich diskutiert und eine Problemlösung dargestellt.

In Kapitel 3 werden die Ergebnisse der Leber- und Fettgewebeanalysen auf chlororganische Pestizide und polychlorierte Biphenyle von 145 Seeadlern aus Deutschland beschrieben. Dabei werden Altersgruppen, Ernährungszustand, Geschlecht und das Fundjahr von 138 Seeadlern aus den Jahren 1990 bis 2001 vergleichend dargestellt und interpretiert, die Organwerte von sieben Seeadlern aus den 1970er und 1980er Jahren dienen als Vergleichswerte für die Schadstoffexposition der Adler während bzw. nach dem Einsatz von DDT in der Land- und Forstwirtschaft in der ehemaligen DDR. Das Muster der sieben analysierten PCB-Kongeneren wird alters- und geschlechtsspezifisch untersucht.

Seeadler erreichen i.d.R. erst im 5. Kalenderjahr die Geschlechtsreife und nur reproduzierende Seeadler zeigen eine Revierbindung an das Horstumfeld, adulte mitteleuropäische Seeadler sind aus diesem Grunde Standvögel. Jungadler folgen im Herbst und Winter dem Zug der Wasservögel, welche zusammen mit Fallwild die wichtigste Nahrung der Seeadler im Winter sind. Nord- und osteuropäische adulte Seeadler verlassen unter dem Einfluss strenger Winter und dem Fehlen von potentieller Nahrung ihre Brutgebiete und überwintern in Gebieten mit besserem Nahrungsangebot. Nordostdeutschland wird von vielen Seeadlern aus Nord- und Osteuropa zum Überwintern genutzt, das deutsch-polnische Oderdelta ist im Winter das Gebiet mit der weltweit höchsten Seeadlerdichte. Da der Großteil der Seeadler der vorliegenden Arbeit während der Herbst- und Wintermonate gefunden wurde, wird auf regionale Vergleiche der Schadstoffexposition der Adler verzichtet.

Habicht

Unter den mitteleuropäischen Greifvogelarten ist der Habicht besonders gut für regionale Untersuchungen geeignet. Habichte sind sehr standorttreu, Dismigration von mehr als 50 km wurden nur in Einzelfällen belegt, die Art ist relativ gleichmäßig in Mitteleuropa verbreitet und ihre Ökologie ist gut untersucht (GLUTZ VON BLOTZHEIM et al. 1971; KENWARD & LINDSAY 1981; FISCHER 1995b). Durch den ganzjährigen Schutz der Greifvögel seit Anfang der 1970er Jahre haben sich die Bestände des vormals intensiv bejagten Habichts in Deutschland erholt. Ein

vermuteter Bestandsrückgang durch Pestizid-Einsatz während der 1950 bis 1960er Jahre war bei dieser Art wahrscheinlich rein spekulativ. In den letzten Jahren kam es in mehreren deutschen Großstädten zu einer Urbanisierung von Habichten, einem Greifvogel den man sprichwörtlich: „daran erkennt, dass man ihn nicht sieht“. Wobei dies vor allem wegen der deckungsnutzenden Jagdtechnik des Habichts, aber vermutlich auch aufgrund der nach wie vor intensiven Verfolgung des Habichts im ländlichen Raum zutrifft. Im Kapitel 3 der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der Organanalysen für potentiell toxische Schwermetalle und CKW von Habichten aus Berlin, Brandenburg und Niedersachsen vergleichend dargestellt. Die Einflüsse von Geschlecht, Alter, individueller Kondition und das Fundjahr werden im Kontext auf die Schadstoffexposition untersucht und diskutiert. Die unterschiedliche regionale Schadstoffexposition wird mit der unterschiedlichen Gesetzgebung und Applikation von DDT vor der deutschen Wiedervereinigung diskutiert.

Literatur

- ALTENKAMP R, HEROLD S (2001): Habicht (*Accipiter gentilis*). In: ARBEITSGEMEINSCHAFT BERLIN BRANDENBURGISCHE ORNITHOLOGEN (Hrsg): *Die Vogelwelt von Brandenburg und Berlin*. Natur & Text, Rangsdorf
- BALLSCHMITER K & ZELL M (1980): Analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) by glass capillary gaschromatography. *Fresenius Zeitschrift für Analytische Chemie* 302: 20-31
- BAUM F & HÄDRICH J (1995): CKW- und PCB-Kontamination. Rückstände von Chlorkohlenwasserstoff-Pestiziden und polychlorierten Biphenylen in Eiern freilebender Vögel, insbesondere südwestdeutscher Wanderfalken. In: HEPP K, SCHILLING F, WEGNER P (Hrsg): 30 Jahre Arbeitsgemeinschaft Wanderfalkenschutz (AGW) – eine Dokumentation. *Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg* 82: 351-373
- BECKER PH, KOEPFF C, HEIDMANN WA, BÜTHE A (1991): *Schadstoffmonitoring mit Seevögeln*. Texte 2/92, Umweltbundesamt Berlin, 260 pp
- BECKER PH, CIFFUENTES JM, BEHREND S, SCHMIEDER KR (2001): *Contaminants in Bird Eggs in the Wadden Sea. Temporal and spatial trends 1991 – 2000*. Wadden Sea Ecosystem No. 11. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven, 68 pp
- BEDNAREK W, HAUSDORF W, JÖRISSEN U, SCHULTE E, WEGENER H (1975): Über die Auswirkungen der chemischen Umweltbelastung auf Greifvögel in zwei Probeflächen Westfalens. *Journal für Ornithologie* 116: 181-194
- BEITZ H, SCHMIDT HH, HÖRNICKE E, SCHMIDT H (1991): *Erste Ergebnisse der Analyse zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und ihren ökologisch-chemischen und toxikologischen Auswirkungen in der ehemaligen DDR*. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem: Heft 274, Berlin

- BLUS LJ (1995): Organochlorine pesticides. In: HOFFMAN DJ, RATTNER BA, BURTON GA JR, CAIRNS J JR (Hrsg): *Handbook of Ecotoxicology*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp 275-300
- BRANDT M (1990): Chlororganische Schadstoffe in Proben des Wanderfalken und des Sperbers unter Berücksichtigung der Kongenerenverteilung der polychlorierten Biphenyle. Vet. med. Diss., Hannover
- CONRAD B (1977): Die Giftbelastung der Vogelwelt Deutschlands. Kilda-Verlag, Greven
- COOKE AS, BELL AA, HAAS MB (1982): *Predatory Birds, Pesticides and Pollution*. Institute of Terrestrial Ecology, Cambridge, UK, 74 pp
- DELBEKE K, JOIRIS C, DECADT G (1984): Mercury contamination of the Belgian avifauna 1970 –1982. *Environmental Pollution* (Ser. B) 7: 205-221
- DEL HOYO J, ELLIOTT A, SARGATAL J (1994): *Handbook of the birds of the world, Vol. 2: New world vultures to guinafowl*. Lynx Edicions, Barcelona, Spain
- DFG (Hrsg) (1988): *Polychlorierte Biphenyle - Bestandsaufnahme über Analytik, Vorkommen, Kinetik und Toxikologie (Deutsche Forschungsgemeinschaft: Mitteilung XIII der Senatskommission zur Prüfung von Rückständen in Lebensmitteln)*. VCH-Verlag, Weinheim
- ELLENBERG H (Hrsg) (1981): Greifvögel und Pestizide—Versuch einer Bilanz für Mitteleuropa, Referate und Beiträge des Symposiums am 30.11-1.12.1979 an der Universität des Saarlandes in Saarbrücken. *Ökologie der Vögel*, Bd. 3, Sonderheft, 420 pp
- ELLENBERG H (1982): Was ist ein Bioindikator? - Sind Vögel Bioindikatoren? *Seevögel*, Sonderbd.: 153 –158
- ELLENBERG H & DIETRICH J (1981): The goshawk as a bioindicator. In: KENWARD RE, LINDSAY DS (Hrsg): *Understanding the goshawk. Proceedings of the Conference Understanding the Goshawk*, Wadham College, Department of Zoology, 29.9.-1.10.1981, Oxford, UK, International Association of Falconry and Conservation of Birds of Prey, Oxford, UK, pp 69-88
- ELLENBERG H, DIETRICH J, GAST F, HAHN E, MAY R (1985): Vögel als Biomonitoren für die Schadstoffbelastung von Landschaftsausschnitten—Ein Überblick. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 31: 22 -33
- ELLENBERG H, DIETRICH J, STOEPLER M, NÜRNBERG HW (1986): Environmental monitoring of heavy metals with birds as pollution integrating monitors—Practical examples for the goshawk *Accipiter gentilis*. In: CHANCELLOR RD, MEYBURG B-U (Hrsg): *Birds of Prey Bulletin No. 3*, Proceedings of the Western Hemisphere Meeting of the World Working Group on Birds of Prey, 7.-8.11.1985, Sacramento, California, USA, World Working Group on Birds of Prey and Owls, Berlin, pp 207-211
- FISCHER W (1995a): *Die Seeadler*. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 221, 5. unveränd. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin
- FISCHER W (1995b): *Die Habichte*. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 158, 3. unveränd. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin
- FRØSLIE A, HOLT G, NORHEIM G (1986): Mercury and persistent chlorinated hydrocarbons in owls (*Strigiformes*) and birds of prey (*Falconiformes*) collected in Norway during the period 1965-1983. *Environmental Pollution* (Ser. B) 11: 91-108
- FURNESS RW (1993): Birds as monitors of pollutants. In: FURNESS RW, GREENWOOD JJD (Hrsg): *Birds as Monitors of Environmental Change*. Chapman & Hall, London, pp 86-143
- GLUTZ VON BLOTZHEIM UN, BAUER K, BEZZEL E (1971): *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Bd. 4, Falconiformes. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt/Main
- HAHN E (1982): Warum eignet sich der Waldkauz (*Strix aluco*) als Bioindikator für die spezielle

Schadstoffbelastung eines Raumes? *Seevögel*, Sonderbd.: 161-165

- HAHN E, HAHN K & G KLEINSTÄUBER (1992): Quecksilbergehalte in Wanderfalkenfedern aus Ostdeutschland. In: DEUTSCHER FALKENORDEN (Hrsg): *Greifvögel und Falknerie*, Neumann-Neudamm Verlag, Berlin, pp 87-93
- HAHN E, HAHN K, STOEPLER M (1993): Bird feathers as bioindicators in areas of the German Environmental Specimen Bank—bioaccumulation of mercury in food chains and exogenous deposition of atmospheric pollution with lead and cadmium. *The Science of the Total Environment* 139/140: 259-270
- HARTNER L, HUEBER N, SCHREIBER H (1992): Über die Eignung der Vogelfedern als Bioindikator. In: KOHLER A & ARNDT U (Hrsg): *Bioindikatoren für Umweltbelastungen*. Verlag Josef Margraf, Weikersheim
- HAUFF P (1998): Bestandsentwicklung des Seeadlers *Haliaeetus albicilla* in Deutschland seit 1980 mit einem Rückblick auf die vergangenen 100 Jahre. *Vogelwelt* 119: 47-63
- HAYES MA (1987): Carcinogenic and mutagenic effects of PCBs. In: SAFE S & HUTZINGER O (Hrsg): *Polychlorinated biphenyls (PCBs): Mammalian and environmental toxicology*. Environmental Toxin Series Vol. 1, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp 77-95
- HEIDENREICH M (1995): *Greifvögel: Krankheiten, Haltung, Zucht*. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Wien
- HEINISCH E & WENZEL-KLEIN S (1994): Produktion und Anwendung von Chlorkohlenwasserstoff-Pestiziden in der ehemaligen DDR. In: HEINISCH E, KETTRUP A, WENZEL-KLEIN S (Hrsg): *Schadstoffatlas Osteuropa*. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg, pp 4-7
- HEINISCH E, KETTRUP A, WENZEL-KLEIN S (1994a): Ökochemisch-ökotoxikologische Folgen von DDT/Lindan-Masseneinsätzen 1983/84 in der DDR. In: HEINISCH E, KETTRUP A, WENZEL-KLEIN S (Hrsg): *Schadstoffatlas Osteuropa*. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg, pp 32-35
- HEINISCH E, KETTRUP A, STECHERT J, HARTMANN P, WENZEL-KLEIN S, SCHAFFER P, LÖRINCI G, HÖRNICKE E (1994b): Produktions- und anwendungsverursachte Hexachlorbenzolkontaminationen in biotischen und abiotischen Matrices. In: HEINISCH E, KETTRUP A, WENZEL-KLEIN S (Hrsg): *Schadstoffatlas Osteuropa*. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg, pp 25-30
- HELANDER B (1983): Reproduction of the White-tailed Sea Eagle *Haliaeetus albicilla* (L.) in Sweden, in relation to food and residue levels of organochlorine and mercury compounds in the eggs. Ph.D. thesis, Department of Zoology, Stockholm, Schweden, 27 pp
- HELANDER B & MIZERA T (1997): White-tailed eagle. In: HAGEMEIJER WJM & BLAIR MJ (Hrsg): *The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance*. T & AD Poyser, London, UK, pp 136-137
- HOLT G, FRØSLIE A, NORHEIM G (1979): Mercury, DDE, and PCB in the avian fauna in Norway 1965-1976. *Acta Veterinaria Scandinavica*, Supplementum 70: 1-28
- HONDA K, NASU T, TATSUKAWA R (1986): Seasonal changes in mercury accumulation in the Black-eared Kite, *Milvus migrans lineatus*. *Environmental Pollution* (Ser. A) 42: 325-334
- KENWARD RE & LINDSAY DS (Hrsg): *Understanding the goshawk. Proceedings of the Conference Understanding the Goshawk*, Wadham College, Department of Zoology, 29.9.-1.10.1981, Oxford, UK, International Association of Falconry and Conservation of Birds of Prey, Oxford, UK, pp 69-88
- KLEIN P & PAULUS M (Hrsg) (1995): *Umweltproben für die Schadstoffanalytik im Biomonitoring*. Gustav Fischer Verlag, Jena
- KOSTRZEWA A & SPEER G (2001): *Greifvögel in Deutschland*. 2. Aufl., Aula-Verlag, Wiesbaden

- LANGGEMACH T & SÖMMER P (1996): Zur Situation und zum Schutz der Adlerarten in Brandenburg. OTIS 4: 78-146
- LEONZIO C & MASSI A (1989): Metal biomonitoring in bird eggs: A critical experiment. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 43: 402-406
- MATTIG, F. R. (1998): *Die Bedeutung von Umweltchemikalien im Lebenszyklus von Watvögeln am Beispiel des Alpenstrandläufers (Calidris alpina alpina)*. Wissenschaft und Technik Verlag, Berlin
- MASCHEK S (1998): Untersuchungen zur Schwermetallbelastung von Greifvögeln sowie Multi-elementbestimmungen mit Hilfe der Neutronenaktivierungsanalyse an Federn. Vet. Med. Diss., München
- MERIAN E (Hrsg) (1991): *Metals and Their Compounds in the Environment*. Verlag Chemie, Weinheim
- MEYBURG B-U, MANOWSKY O, MEYBURG C (1996): The osprey in Germany: Its adaptation to environments altered by man. In: BIRD DM, VARLAND DE, NEGRO JJ (Hrsg): *Raptors in Human Landscapes – Adaptations to built and cultivated environments*. Academic Press, London, UK, pp 125-135
- MIZERA T (1999): *Bielik*. Monografie przyrodnicze Nr. 4, Wydawnictwo lubuskiego klubu przyrodników, Świebodzin, Polen, 195 pp
- NEWTON I (1979): *Population Ecology of Raptors*. T. & A. D. Poyser, Calton, UK
- NEWTON I (1986): *The Sparrowhawk*. T. & A. D. Poyser, Calton, UK
- NIECKE M, KRÜGER A, HAUFF P, ELLENBERG H, LABES R, NIECKE S (1998): Analyse von Quecksilber in Seeadlerfedern aus Mecklenburg-Vorpommern mit Hilfe der Hamburger Protonenmikrosonde. *Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie* 10: 3–14
- NISBET ICT (1988): The relative importance of DDE and dieldrin in the decline of peregrine falcons. In: CADE TJ, ENDERSON JH, THELANDER CG, WHITE CM (Hrsg): *Peregrine Falcon Populations, Their Management and Recovery*. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, pp 351-375
- NRIAGU JO & PACYNA JM (1988): Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water, and soils by trace elements. *Nature* 333: 134-139
- NRIAGU JO (1989): A global assessment of natural sources of atmospheric trace elements. *Nature* 338: 47-49
- OEHME G (1980): Der Seeadler, *Haliaeetus albicilla* (L.), als biologischer Spitzenindikator für das Vorhandensein persistenter Biozide in der Biosphäre. In: SCHUBERT R & SCHUH J (Hrsg): *Bioindikation auf der Ebene der Individuen*, Wissenschaftliche Beiträge 1980/26 (P10), Martin-Luther-University, Halle-Wittenberg, pp 81-89
- OEHME G (1987): Gegenwärtiger Erkenntnisstand der Eidünnschaligkeit allgemein sowie am Beispiel des Seeadlers, *Haliaeetus albicilla* (L.), in der DDR. In: Stubbe M (Hrsg): *Populationsökologie von Greifvogel- und Eulenarten*. Bd. 1. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, pp 159-170
- PERKOW W & PLOSS H (1999): *Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel*. 3. Aufl., Parey Buchverlag, Berlin
- PRINZINGER R & PRINZINGER G (1980): *Pestizide und Brutbiologie der Vögel*. Vogelkundliche Bibliothek, Kilda-Verlag, Greven
- RATCLIFFE DA (1967): Decrease in eggshell weight in certain birds of prey. *Nature* 215: 208-210
- RICE CP & O'KEEFE P (1995): Sources, pathways, and effects of PCBs, dioxins, and dibenzofurans. In: HOFFMAN DJ, RATTNER BA, BURTON GA JR, CAIRNS J JR (Hrsg): *Handbook of Ecotoxicology*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp 424-468

- RUTZ C (2001): Raum-zeitliche Habitatnutzung des Habichts –*Accipiter gentilis*- in einem urbanen Lebensraum. Diplomarbeit, Universität Hamburg
- SAFE S & HUTZINGER O (Hrsg): *Polychlorinated biphenyls (PCBs): Mammalian and environmental toxicology*. Environmental Toxin Series Vol. 1, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
- SCHARENBERG W & STRUWE-JUHL B (2000): Total mercury in feathers of white-tailed eagles (*Haliaeetus albicilla*) from northern Germany over 50 years. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 64: 686-692
- SCHEUHAMMER AM (1987): The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury, and lead in birds: A review. *Environmental Pollution (Ser. A)* 46: 263-295
- SCHILLING F & KÖNIG C (1980): Die Biozidbelastung des Wanderfalken (*Falco peregrinus*) in Baden-Württemberg und ihre Auswirkung auf die Populationsentwicklung. *Journal für Ornithologie* 121: 1-35
- SCHILLING F & WEGNER P (2001): *Der Wanderfalken in der DDT – Ära*. Ulmer Verlag, Stuttgart
- SCHMIDT H-H (1994): Anwendung und einige Nebenwirkungen von Organochlor-Insektiziden, -Akariziden und -Rodentiziden in der ehemaligen DDR. In: HEINISCH E, KETTRUP A, WENZEL-KLEIN S (Hrsg): *Schadstoffatlas Osteuropa*. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg, pp 8-11
- SHAIN W, BUSH B, SEEGAL R (1991): Neurotoxicity of polychlorinated biphenyls: Structure activity relationship of individual congeners. *Toxicology and Applied Pharmacology* 111: 33-42
- STREIT B (1994) *Lexikon Ökotoxikologie*. 2. Aufl., VCH-Verlag, Weinheim
- TUCKER GM & HEATH MF (1994): *Birds in Europe—Their Conservation Status*. BirdLife International, Cambridge, UK
- TYLER CR, JOBLING S, SUMPTER JP (1998): Endocrine disruption in wildlife: a critical review of the evidence. *Critical Reviews in Toxicology* 28: 319-361
- UMWELTBUNDESAMT (Hrsg) (1992): *Daten zur Umwelt 1990/91*. Erich Schmidt Verlag, Berlin
- UMWELTBUNDESAMT (1994): *Auswirkungen einer veränderten Benzinzusammensetzung in Europa*. Texte 16/94. Umweltbundesamt, Berlin
- UMWELTBUNDESAMT (1995): *Umweltchemikalien mit endokriner Wirkung*. Texte 65/95. Umweltbundesamt, Berlin
- UMWELTBUNDESAMT (1997): *Emission Control at Stationary Sources in the Federal Republic of Germany*, Vol. 2, Heavy Metal Emission Control. Texte 67/97. Umweltbundesamt, Berlin
- WALKER CH & NEWTON I (1998): Effects of cyclodiene insecticides on the sparrowhawk (*Accipiter nisus*) in Britain - a reappraisal of the evidence. *Ecotoxicology* 7: 185-189
- WIKTELIUS S & EDWARDS CA (1997): Organochlorine insecticide residues in African fauna: 1971–1995. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 151: 1-37
- WÜRFELS M (1999): Ergebnisse weiterer Beobachtungen zur Populationsentwicklung des Habichts (*Accipiter gentilis*) im Stadtgebiet von Köln 1993-1998 und zur Rolle der Elster (*Pica pica*) im Nahrungsspektrum des Habichts. *Charadrius* 35: 20-32