

Ergebnisbericht

Belastungen von Vogeleiern mit organischen Schadstoffen

Zusammenfassende Ergebnisdarstellung

Bearbeitet von:
Referat 23,
Biologische Umweltbeobachtung

Datum: 15.10.2003



**Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg**

Inhalt

- 1 Ausgangslage**
- 2 Untersuchte Substanzen**
- 3 Ergebnisse**
 - 3.1 Zeitreihen**
 - 3.2 Vogelarten im Vergleich**
- 4 Zusammenfassung**

1 Ausgangslage

Im Rahmen der technischen Entwicklung werden Stoffe freigesetzt, die teilweise gefährliche Wirkungen für Mensch, Tier und Pflanze sowie in Ökosystemen mit sich bringen. Zu nennen sind Giftigkeit, Erzeugung von Krebs, Schädigung der Leibesfrucht und Erbgutveränderungen, aber auch Langlebigkeit und Anreicherung können Anlass zur Besorgnis geben. Für einen vorsorgenden Umweltschutz sind eine kontinuierliche Beobachtung solcher Stoffe und die Setzung von Umweltstandards unabdingbar.

Zu den Stoffgruppen, die einer besonderen Aufmerksamkeit (Umweltbeobachtung) und teilweise auch Steuerung (Standardsetzung) bedürfen, gehören **Organochlorpestizide** und ihre Abbauprodukte sowie **polychlorierte Biphenyle (PCB)**.

Als synthetische Produkte kommen Organochlorpestizide und polychlorierte Biphenyle natürlicherweise in der Umwelt nicht vor. Die Produktion und Anwendung dieser Substanzen ist inzwischen in Deutschland verboten. Trotzdem sind sie aufgrund ihrer früheren Verwendung in der Umwelt weit verbreitet nachzuweisen. Organochlorpestizide fanden u.a. als Insektizide und Fungizide in der Land- und Forstwirtschaft sowie in der Veterinär- und Humanmedizin Verwendung. Polychlorierte Biphenyle wurden u.a. in Transformatoren, Kondensatoren und Wärmetauschern sowie in Hydraulikflüssigkeiten eingesetzt. Außerdem waren sie Bestandteil von Produkten wie Flammschutzmitteln, Dichtungsmassen und Lacken.

Die Verbreitung und Anreicherung in den verschiedenen Umweltkompartimenten erklärt sich aus den spezifischen Eigenschaften dieser Stoffe. Beiden Stoffgruppen ist eine hohe Fettlöslichkeit, eine geringe Wasserlöslichkeit und eine hohe chemische Stabilität (Persistenz in der Umwelt) gemeinsam. Diese Eigenschaften führen trotz eines niedrigen Dampfdruckes zur Verflüchtigung dieser Stoffe aus wässriger Lösung mit einer anschließenden globalen atmosphärischen Verteilung. Zudem sind diese Merkmale für die Bioakkumulation und das ubiquitäre Vorkommen dieser Stoffe in lipophilen (fetthaltigen) Umweltkompartimenten verantwortlich.

Für Baden-Württemberg ist deshalb zu prüfen,

- in welchen Konzentrationen die genannten Stoffe mit geeigneten Bioindikatoren in der Umwelt nachgewiesen werden können,
- ob Auswirkungen auf die belebte Umwelt festzustellen sind.

Die verwendete Methode zum Nachweis dieser Verbindungen ist die Untersuchung von Vogeleiern. Letztere sind aufgrund ihres relativ hohen Lipidgehaltes (Fettgehaltes) in der Lage, lipophile Umweltschadstoffe anzureichern. Es wurden Eier bzw. Embryos verschiedener Entwicklungsstadien von Meisen, Dohlen, Eulen und Wanderfalken untersucht.¹

Ziel dieser Untersuchung ist die Ermittlung der Belastung von wildlebenden Vogelarten mit schwer abbaubaren Pestiziden und polychlorierten Biphenylen (PCB). Über die Bioakkumulation wird es möglich, Aussagen zur Verteilung der Schadstoffe in verschiedenen Regionen Baden-Württembergs (incl. Belastungsunterschiede) herauszuarbeiten. Die Auswertung langjähriger Zeitreihen erlaubt zudem die Verfolgung langfristiger Trends. Die (öko)toxikologischen Wirkungen der genannten Stoffe sowie ihre Konzentration in den verschiedenen Kompartimenten der Umwelt bis hin zur Nahrungskette sollen erfasst werden. Eine Verbesserung der Datenbasis über die Belastung der Umwelt und der Bevölkerung mit - insbesondere langlebigen - Schadstoffen wird dabei angestrebt.

1) Während die LfU zur Gewinnung der Meiseneier an ausgewählten Untersuchungsstandorten Nistkästen aufhängte, stammen die Eier der übrigen Arten von privaten Vogelschutzgemeinschaften wie der Forschungsgemeinschaft zur Erhaltung einheimischer Eulen e.V. (FOGE) und der Aktionsgemeinschaft Wanderfalkenschutz (AGW), die regelmäßig die Jungvögel beringen und dabei von den Eltern verlassene Eier ohne Schlupferfolg, sog. Resteier, zur Analyse entnehmen. Die Analyse der Vogelei-Proben wurde an ein chemisches Untersuchungslabor vergeben.

2 Untersuchte Substanzen

In den untersuchten Vogelei-Proben wurden die Gehalte der in Tabelle 1 aufgeführten Organochlorverbindungen bestimmt.

<p>Aldrin und sein Epoxid (Dieldrin) Chlordan Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) und seine Metabolite Endosulfan Endrin Hexachlorbenzol (HCB) Heptachlor und sein Epoxid (HCEP) verschiedene Konformere des Hexachlorcyclohexans (HCH) 21 Einzelsubstanzen (Kongenere) der polychlorierten Biphenyle (PCB)</p>
--

Tab. 1: Untersuchte Organochlorverbindungen in Vogeleiern.

Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) und sein sowohl mengenmäßig, als auch nach der physiologischen Wirkung wichtigster Metabolit Dichlordiphenyldichlorethen (DDE) führen bei Vögeln durch eine Störung des Calcium-Stoffwechsels zu einer Verdünnung der Eierschalen, was letztlich den Bruterfolg in Frage stellt. In Wanderfalkeneiern gilt als kritische Schwelle, die schließlich zum Erlöschen der Population führt, eine Konzentration an Gesamt-DDT von 100 mg/kg Trockenmasse (330 mg/kg Fett).

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind kaum akut, sondern vielmehr chronisch toxisch. Als wichtige Symptome treten Chlorakne, neuronale Schädigungen, Hemmung der Immunabwehr, Veränderungen im Steroidmetabolismus und Fortpflanzungsstörungen auf. Darüber hinaus gelten PCB als kanzerogen. Koplanare PCB wirken mechanistisch wie Dioxine. Zwar ist ihre Wirkstärke schwächer einzustufen, aber wegen ihrer höheren Konzentrationen in biologischem Material können sie ein höheres Krebsrisiko darstellen als Dioxine. Die Gehalte der dioxinähnlichen PCB können als Dioxin-Äquivalente berechnet werden.

Aufgrund ihrer Gefährlichkeit für die Umwelt wurden in Deutschland häufig genutzte Organochlorverbindungen ab 1972 gesetzlich verboten (Tab. 2).

Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT)	1972
Aldrin, Dieldrin	1974
Hexachlorbenzol	1977
Technisches Hexachlorcyclohexan (HCH)	1978
Endrin	1982
Heptachlor / Heptachlorepoxyd	1982
Polychlorierte Biphenyle	1983

Tab. 2: Stufenweises Verbot von Organochlorverbindungen in Deutschland.

In der ehemaligen DDR wurde DDT jedoch bis 1989 in verringertem Maßstab weiter angewendet. Ähnlich verhält es sich mit weiteren chlororganischen Pestiziden, wie aus einem aktuellen Bericht aus dem Land Brandenburg hervorgeht. Bei den in den Vogeleiern gefundenen Rückständen handelt es sich also um sogenannte „Altlasten“. Als Ursache für weitere Einträge auch in das hiesige Nahrungsnetz wird globale Windverdriftung aus Anwenderländern im Verein mit der hohen Persistenz dieser Stoffe vermutet.

3 Ergebnisse

3.1 Zeitreihen

Die Untersuchung der Wanderfalkeneier aus Baden-Württemberg ergab sich als Fortführung der bis 1995 vom Tierhygienischen Institut Freiburg durchgeführten Rückstandsuntersuchungen. Durch die Zusammenarbeit mit dem Freiburger Institut und der Aktionsgemeinschaft Wanderfalkenschutz (AGW) ist die LfU heute in der Lage, wertvolle Zeitreihen der Belastung mit verschiedenen Organochlorverbindungen zu präsentieren (DDT, PCB, HCB, HCEP und HCH). Alle diese Stoffe zeigen nach Spitzenkonzentrationen in den 1970er Jahren (PCB in den 1980er Jahren) eine erfreuliche Abnahme.

Im Falle des DDT steht außer Frage, dass das Anwendungsverbot mit dazu beigetragen hat, das Aussterben des Wanderfalken und anderer Greifvogelarten zu verhindern.

Die DDE - Kontamination der Wanderfalkeneier liegt aktuell um den Faktor 240 über dem Futtermittelgrenzwert.

Im Vergleich zur DDT- (DDE)-Kontamination der Falkeneier früherer Jahre mag das derzeit erreichte Niveau von 24 ppm gering erscheinen (Abb. 1). Gemessen am Futtermittelgrenzwert von 0,1 mg/kg Trockensubstanz bedeutet die Kontamination der Falkeneier jedoch eine Überschreitung um den Faktor 240.

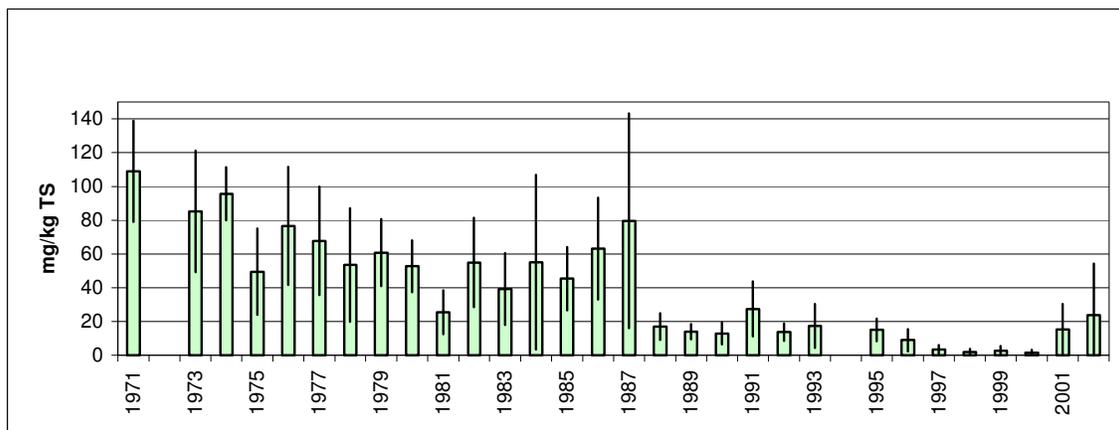


Abb. 1: DDE - Gehalt in Wanderfalkeneiern aus Baden-Württemberg.

Die 37 baden-württembergischen Falkeneier des Jahres 2002 wiesen einen mittleren Gehalt von 21,7 mg PCB/kg Trockensubstanz auf. Gegenüber der Spitzenkontamination Mitte der 1980er Jahre ist dies ein Rückgang um den Faktor sechs bis sieben.

Ausgangs der 1980er und in den 1990er Jahren gehen die PCB-Gehalte in Wanderfalkeneiern in Baden-Württemberg erheblich zurück.

Aus der Zeitreihe (Abb. 2) geht hervor, dass sich die PCB-Gehalte ausgangs der 1980er Jahre um ca. 100 mg PCB / kg Trockensubstanz auf ca. 40 mg/kg Trockensubstanz und in den 1990er Jahren auf ca. 20 mg/kg Trockensubstanz reduziert haben.

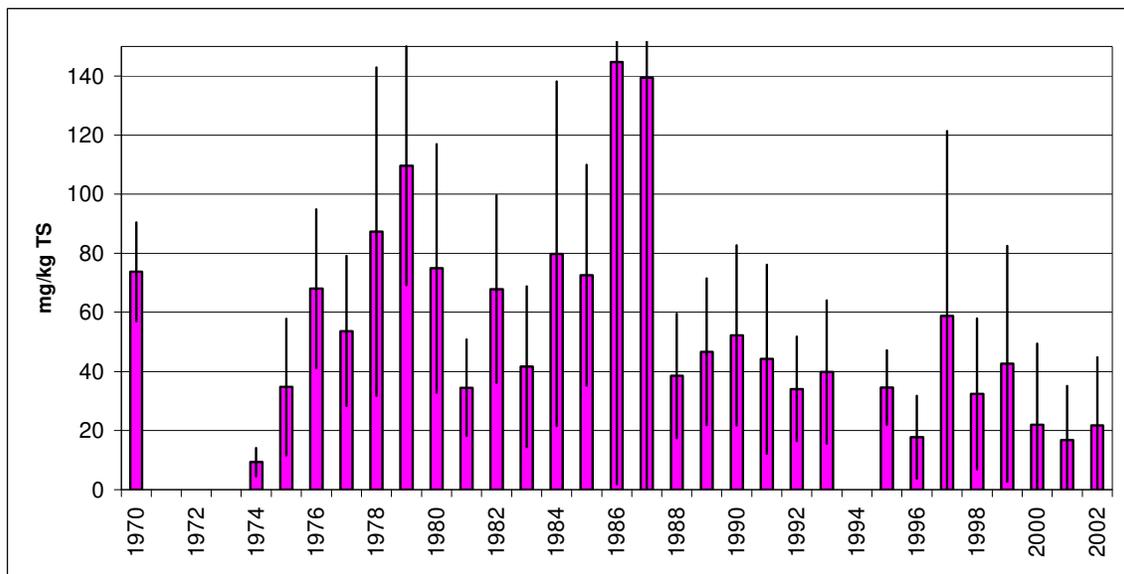


Abb. 2: PCB - Gehalte in Wanderfalkeneiern aus Baden-Württemberg.

Diese an sich erfreuliche Entwicklung wird jedoch durch den Vergleich mit Grenzwerten relativiert. So fordert die Schadstoff-Höchstmengen-Verordnung (SHmV) die Einhaltung einer Konzentration von 0,02 mg/kg Frischmasse für jede der sechs Einzelsubstanzen nach DIN. Daraus ergibt sich ein Grenzwert von ca. 3 mg/kg Trockensubstanz für die Summe PCB, der noch sehr deutlich (ca. 7fach) überschritten wird.

Da die dioxinähnlich wirkenden Einzel-PCB gemessen wurden, können die Dioxin-Äquivalente der Wanderfalkeneier mit durchschnittlich 200 ng/kg Trockensubstanz angegeben werden. Demnach entfalten die in den Eiern enthaltenen PCB im Durchschnitt die gleiche Wirkung wie 200 ng/kg des potentesten Dioxins (2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin). Der Vergleichswert, dessen Überschreitung in Milchfett zu einem Verbot führen würde, liegt bei 20 ng/kg Trockensubstanz. Der Vergleichswert für die menschliche Ernährung ist also allein durch den PCB-Gehalt der Eier ohne Berücksichtigung einer etwaigen Dioxin-Kontamination schon zehnfach überschritten.

Auch Schwellen für bekannte Schädwirkungen in Vögeln werden durch die 200 ng Dioxin-Äquivalente pro Kilogramm der in den Wanderfalkeneiern gemessenen PCB überschritten. Dabei wurde der Gehalt an „eigentlichen Dioxinen“ bisher nicht berücksichtigt. Nach bisheriger

gen Erfahrungswerten ist davon auszugehen, dass die Dioxine etwa 50% zur Belastung mit Dioxin-Äquivalenten beisteuern. Zur Stabilisierung wildlebender Greifvogelpopulationen sind deshalb weitere Minderungsmaßnahmen notwendig.

In den 1970er Jahren gehen die HCB-Gehalte in Wanderfalkeneiern aus Baden-Württemberg erheblich zurück.

Stellvertretend für viele Organochlorverbindungen steht die Zeitreihe des Hexachlorbenzols (HCB) in Wanderfalkeneiern (Abb. 3). Der Einschub verdeutlicht, dass sich die Belastung der Wanderfalkeneier mit diesem Fungizid und Saatbeizmittel nicht nur seit den 1970er Jahren, als ein Stand von 30 bis 45 mg/kg Trockensubstanz erreicht war, sondern auch im vergangenen Jahrzehnt noch weiter verringert hat (z. Zt. 0,07 mg/kg Trockensubstanz im Mittel). Dieser Rückgang um nahezu einen Faktor 1000 dokumentiert eindrucksvoll den Erfolg der Verbotsmaßnahme. Nach der Rückstands-Höchstmengen-Verordnung (RHmV, rote Linie) sind in Hühnereiern allerdings nicht mehr als 0,05 mg/kg Trockensubstanz erlaubt. Die gefundenen Gehalte liegen damit immer noch knapp über dem Richtwert, die Wanderfalkeneier wären - abgesehen von der Belastung mit anderen Organochlorverbindungen - allein aufgrund ihrer HCB-Belastung unverkäuflich.

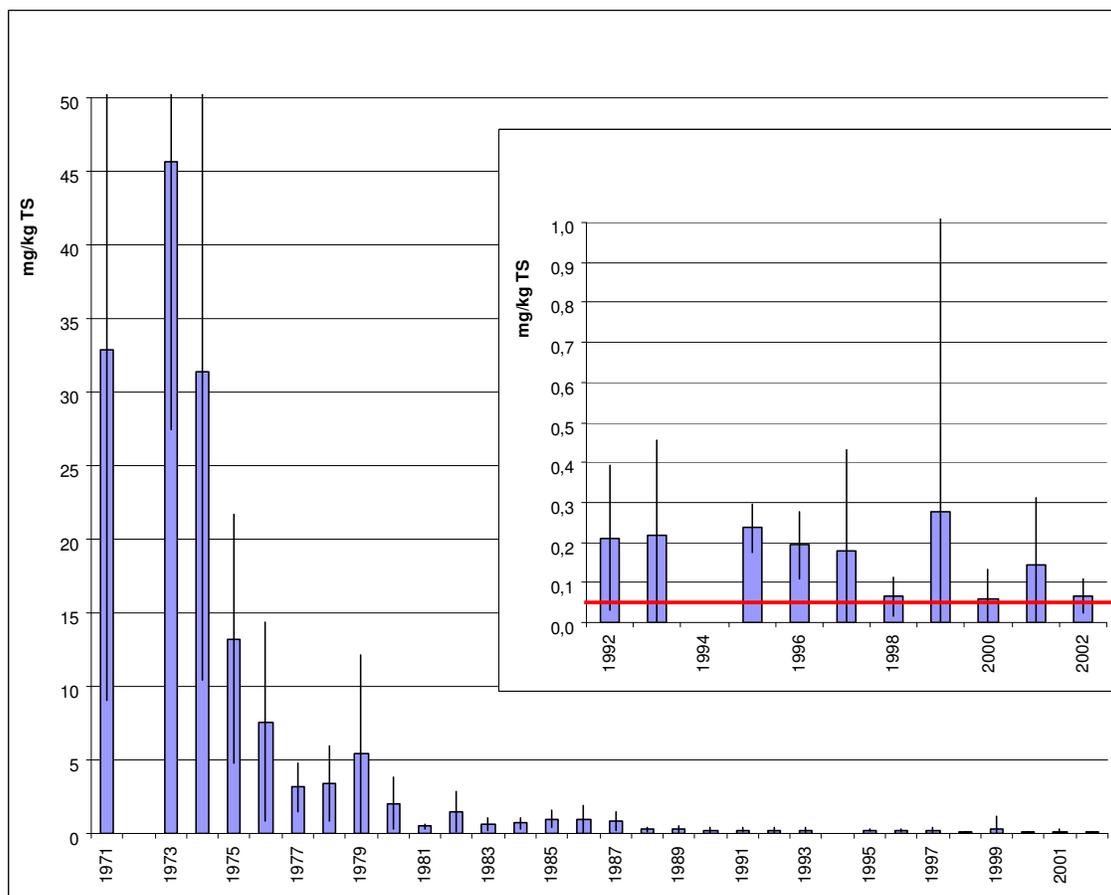


Abb. 3: HCB in Wanderfalkeneiern aus Baden-Württemberg (rote Linie: Grenzwert - 0,05 mg/kg Trockensubstanz - nach Rückstands-Höchstmengen-Verordnung).

3.2 Vogelarten im Vergleich

Nur für Wanderfalkeneier existieren Belastungsdaten über mehrere Jahrzehnte. Für andere Vogelarten reichen die Daten zur Erstellung von Zeitreihen nicht weit genug zurück. Da aus dem Jahr 2001 verhältnismäßig viele Daten von guter Qualität vorliegen, soll für dieses Jahr ein Vergleich der Organochlor-Belastung der Eier verschiedener Arten angestellt werden.

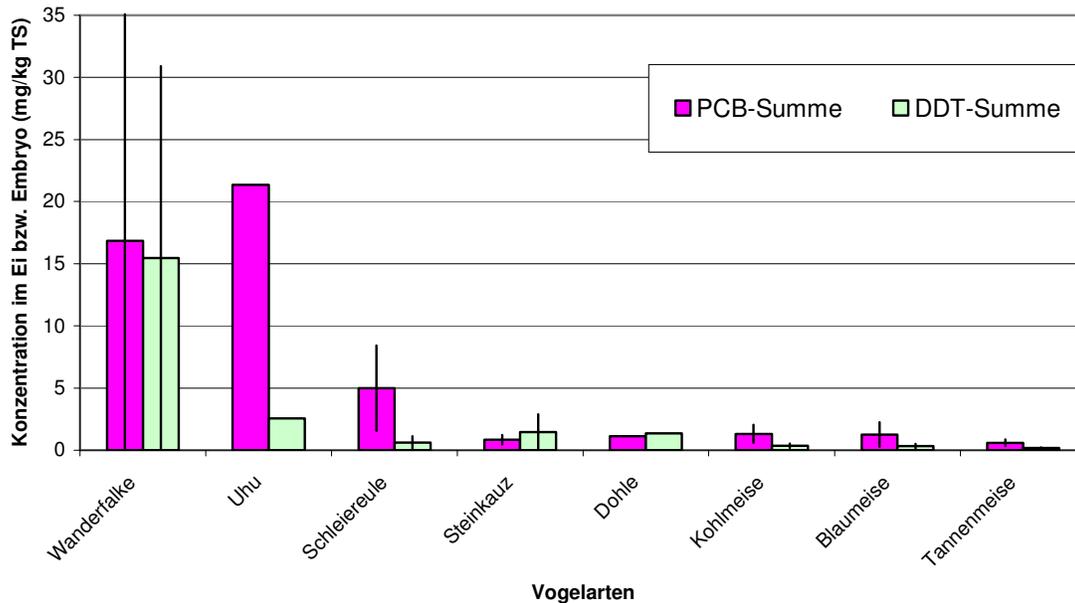


Abb. 4: Untersuchte Vogelarten im Vergleich - Belastungsspektrum PCB und DDT (Bezugsjahr 2001).

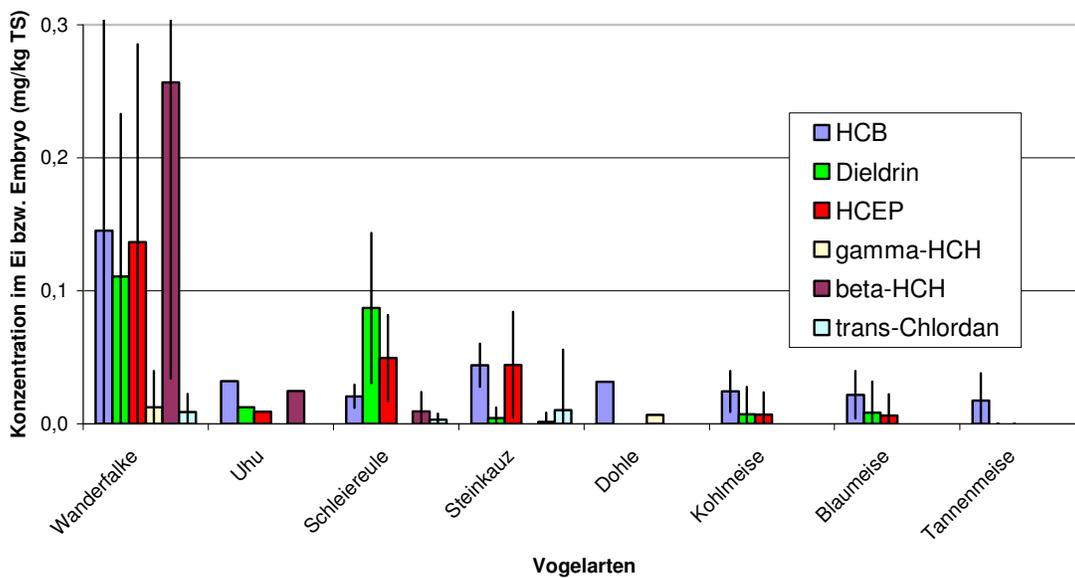


Abb. 5: Untersuchte Vogelarten im Vergleich - Belastungsspektrum Pestizide (Bezugsjahr 2001).

Von den untersuchten Schadstoffen treten die PCB und DDT samt Metaboliten am deutlichsten hervor mit Konzentrationen um 20 mg/kg Trockensubstanz, während die übrigen Pestizide in 100fach geringerer Konzentration vorkommen. Die PCB-Summe übersteigt die DDT-Gehalte in den meisten der untersuchten Vogelarten außer in Steinkauz und Dohle. Aufgrund ihrer Verwendung deuten PCB auf die Nähe menschlicher Ansiedlungen mit Industrie, während Pestizide mehr ein landwirtschaftlich geprägtes Habitat der Beutetiere anzeigen. In den Eiern der Schleiereule und in der Uhu-Probe fällt das Übergewicht der PCB gegenüber DDT besonders auf.

Der Wanderfalke ist die am höchsten belastete der untersuchten Spezies (Abb. 6). Die Gesamtbelastung mit Organochlorverbindungen der Falkeneier betrug im Mittel 33 mg/kg. Auch aus der Anzahl der für diese Tierart detektierten Verbindungen ergibt sich die hohe Belastung. Aus der Reihung der Organochlorbelastung von

Wanderfalke > Uhu > Schleiereule > Dohle ≈ Steinkauz > Kohlmeise ≈ Blaumeise > Tannenmeise

läßt sich die Stellung in der Nahrungspyramide ablesen.



Abb. 6: Der Wanderfalke ist im Rahmen des Projekts die am höchsten belastete Vogelart (Foto: B. Zoller).

Die Verteilung der HCH-Einzelsubstanzen vermittelt interessante Einblicke. Das β -HCH ist mit seiner außergewöhnlich hohen Lipophilie und Persistenz in Arten an der Spitze der Nahrungspyramide besonders stark vertreten (Wanderfalke > Uhu > Schleiereule > Steinkauz). In Eiern von Vögeln, die sich nicht von Warmblütern ernähren, kommt es überhaupt nicht vor (Dohle und die Meisenarten). Dagegen findet sich in Dohleneiern durchaus das γ -HCH (Lin-

dan), das den eigentlichen insektiziden Wirkstoff darstellt und in der Tiermedizin noch ein begrenztes Anwendungsspektrum hat, wohingegen die Ausbringung von technischem HCH, das alle Einzelstoffe enthält, in Deutschland seit Ende der 1970er Jahre verboten ist.

Während PCB, DDT und HCB in allen untersuchten Spezies vertreten sind, beinhalten Eier der Tannenmeise neben diesen dreien sonst keine Organochlorverbindungen. In dem geringen Belastungsgrad dieser Spezies spiegelt sich ihre Lebensweise als Kulturflüchter wieder. Dagegen sind Kohlmeise und Blaumeise eher als Kulturfolger anzusprechen. Demzufolge weisen ihre Eier höhere Konzentrationen sowie eine größere Anzahl an Schadstoffen auf (zusätzlich Dieldrin und HCEP).

4 Zusammenfassung

Durch ihren hohen Lipidgehalt (Fettgehalt) sind Vogeleier gut als Akkumulationsindikatoren für lipophile (fettlösliche) Umweltschadstoffe geeignet. Vor allem steht der Wanderfalke auf einer stark exponierten Stufe in der Nahrungspyramide mit der Folge einer äußerst hohen Schadstoffakkumulation durch Organochlorpestizide und polychlorierte Biphenyle (PCB).

Die untersuchten Falkeneier zeugen von einem massiven Belastungsstoß durch unterschiedliche Organochlorverbindungen, dem die gesamte Umwelt in den 1970er Jahren ausgesetzt war. Allein die DDE-Gehalte der Wanderfalkeneier hätten bei längerer Einwirkungsdauer auch in Baden-Württemberg zum Aussterben der Art geführt.

Die Stoffe DDT, HCB, HCEP und HCH zeigen nach Spitzenkonzentrationen in den 1970er (PCB ausgangs der 1980er Jahre) eine erfreuliche Abnahme. Es steht außer Zweifel, dass hierzu die Anwendungsverbote beigetragen haben.

Die angeführten fünf Stoffbeispiele beschreiben mehr oder weniger ähnliche Abklingkurven, die sich sowohl durch die Stoffeigenschaften (Lipophilie, Persistenz, Akkumulationsverhalten), als auch durch das stoffspezifische Anwendungsmuster unterscheiden. So zeigen die PCB und das Lindan (γ -HCH) erst in den 1980er Jahren das Maximum ihrer Akkumulation in den Eiern. Auch DDE und Heptachlorepoxyd weisen in den 1980er Jahren ein sekundäres Maximum auf.

Die vorgenommenen Maßnahmen zur weiteren Eintragsreduktion dieser Stoffe in die Umwelt haben bisher nicht ausgereicht, die Gehalte in den Wanderfalkeneiern auf ein unbedenkliches Maß zu reduzieren.

Die Orientierungs- und Grenzwerte für Nahrungs- bzw. Futtermittel werden in den Wanderfalkeneiern weiterhin teilweise deutlich, teilweise drastisch überschritten.

Im Falle der PCB liegen die aktuellen Gehalte im Landesdurchschnitt über der Schwelle für dioxinartige Wirkungen, so dass bei einem Teil der Population mit dem Auftreten toxischer Effekte zu rechnen ist. Die Wanderfalken-Population Baden-Württembergs befindet sich trotz ihrer zahlenmäßigen Erholung von einem Stand von nur noch 4 Brutpaaren im Jahre 1972 auf derzeit 260 Brutpaare unter akutem toxischem Stress durch Organochlorverbindungen, insbesondere durch dioxinartig wirkende PCB. Dabei wurden die polychlorierten Dibenzodioxine und -furan selbst (PCDD/F) bisher noch nicht in die Untersuchungen einbezogen.

Für Baden-Württemberg bedeutet dies, dass gegenwärtig noch eine deutliche Hintergrundbelastung der Umwelt mit diesen Schadstoffen vorliegt. Allerdings werden nicht mehr die hohen Werte wie in den 1970er und 1980er Jahren erreicht.