

Wie stark sind unsere einheimischen Fledermäuse mit chlorierten Kohlenwasserstoff-Pestiziden belastet?

Bettina Krug

1. Einleitung

Als einer der entscheidenden Faktoren, die zum Rückgang unserer Fledermäuse beigetragen haben und noch immer beitragen, wird seit Jahren der Einfluß von Pestiziden diskutiert.

Als Pestizide werden Wirkstoffe bezeichnet, die „schädliche“ Organismen abtöten. Besonders die chlorierten Kohlenwasserstoffe (cKWS), die zu Beginn der dreißiger Jahre dieses Jahrhunderts ihren Siegeszug in der Schädlingsbekämpfung begannen, spielen nach wie vor (vor allem in Entwicklungsländern) eine entscheidende Rolle in der Insektenbekämpfung. Ihr großer Vorteil liegt dabei sowohl in ihrer Fettlöslichkeit (so können sie als Kontaktgift die Cuticula der Insekten durchdringen), ihrer relativen Unschädlichkeit für den Menschen, als auch in ihrer chemischen Beständigkeit. Während sich z.B. Phosphorsäureester (wie das E 605) schnell abbauen und so häufiger aufgebracht werden müssen, bleibt die Wirkung z.B. des DDT je nach Klima bis zu mehreren Wochen nachweisbar. Dieser Punkt ist es aber nun gerade, der das DDT und andere persistierende cKWS schon in den 60iger Jahren in Verruf brachte und schließlich in den meisten Industriestaaten zu dessen Verbot führte (in der Bundesrepublik: Gesetz über den Verkehr mit DDT vom 7. August 1972). In Abb. 1 ist gut zu sehen, wie der Inlands-Absatz von DDT-Mitteln nach 1970 schon einbricht, während andere cKWS-Wirkstoffe relativ konstant bleiben. Dagegen nimmt der Absatz von Verbindungen der Phosphorsäure stark zu.

Eine andere häufig eingesetzte Gruppe sind die sechsfach chlorierten Cyclohexane (Hexachlorcyclohexan/HCH). Von den sieben bislang isolierten HCH-Isomeren ist die gamma-Form, Lindan, das bekannteste. Bei der Herstellung von HCH entsteht normalerweise eine Mischung der verschiedenen Isomere. Dieses sogenannte technische HCH ist seit Ende der 70iger Jahre in Deutschland verboten. Grund hierfür ist die relativ schlechte Abbaubarkeit der als Insektizid wirksamen alpha- und be-

ta-Form. Das Lindan wird vergleichsweise schnell metabolisiert und ist auch aus diesem Grunde akut toxischer [LD 50 Ratte, oral (mg/kg) ist für Lindan 150-250 mg/kg, für das alpha-HCH ca. 600 mg/kg]. Der Einsatz der Reinform des Lindans (Reinheitsgrad mehr als 99 %) ist nach wie vor gestattet!

Das Pentachlorphenol (PCP) wurde besonders im Holzschutz eingesetzt. Es hat fungizide Wirkung, ist aber für Säugetiere akut etwa so toxisch wie das Lindan. Am 31.12.1985 wurde in der Bundesrepublik die Zulassung zur Produktion von PCP von den großen Firmen zurückgegeben, was einem freiwilligen Produktionsverzicht entspricht. Für die Behandlung von Innenräumen ist PCP verboten. Wie ich von Holzschutz-Firmen in Erfahrung bringen konnte, wird es für Außenflächen jedoch immer noch eingesetzt.

Die aufgrund ihrer geringen Abbaubarkeit hohe Akkumulation der meisten cKWS-Pestizide in den Nahrungsketten führten dazu, daß sich in Organismen hoher Trophieebenen zum Teil erhebliche Rückstände dieser Stoffe und ihrer Abbauprodukte finden ließen. Ein bekanntes Beispiel hierfür sind die Untersuchungen an See- und Greifvögeln. Hier konnte sogar ein Zusammenhang zwischen dem Belastungsgrad mit DDT und der Schalendicke der Eier (durch Beeinträchtigung des Kalziumstoffwechsels) nachgewiesen werden [u.a. FABER & HICKEY (1973), FOX (1976) und RATCLIFFE (1967)]. Die hohe Pestizidbelastung dieser Vögel kann einleuchtend mit der Tatsache erklärt werden, daß sie am Ende langer Nahrungsketten stehen, in denen sich die Rückstände schlecht abbaubarer cKWS anreichern. Die Tiere müssen also nicht selbst in direkten Kontakt mit dem Gift gekommen sein, sondern nehmen es bereits als akkumulierten Rückstand in ihrer belasteten Nahrung auf.

Auch in den bereits untersuchten deutschen Fledermäusen wurden z.T. hohe Rückstände von DDT, Lindan und PCB's nachgewiesen [BRAUN (1985), DRESCHER-KADEN & HUTTERER (1981)]. Um das Bild der Belastungs-Situation der

Ausschnitt aus einer Mausohr (*Myotis myotis*)-Wochenstube.

Durch ihren direkten Kontakt mit dem Holz sind diese Hausfledermäuse besonders durch Holzschutzmittel gefährdet. (Foto: Dr. Klaus-Gerhard Heller)



Tiere mit cKWS-Pestiziden zu erweitern, wurden in der vorliegenden Arbeit 42 Fledermäuse aus dem süddeutschen Raum einer Analyse unterzogen. Die Untersuchungen wurden im Rahmen der Arbeitsgruppe „Fledermaus-Ökologie“ am Zoologischen Institut II der Universität Erlangen durchgeführt.

2. Material und Methode

Es wurden 42 Fledermäuse aus dem süddeutschen Raum auf ihren Gehalt an 8 cKWS-Pestiziden, bzw. deren Metaboliten untersucht. In 18 Tieren wurde der PCP-Gehalt des Fettes bestimmt.

Folgende cKWS wurden untersucht:

Hexachlorbenzol (HCB)

alpha-HCH

gamma-HCH/Lindan

Aldrin

Heptachlor

p,p'-DDE, o,p-DDE und DDD

(Metaboliten des DDT)

Pentachlorphenol (PCP)

Alle untersuchten Fledermäuse wurden tot oder schwerverletzt dem Zoologischen Institut überlassen. Von letzteren Tieren wurden nur diejenigen untersucht, die ohne vorhergehende Nahrungsaufnahme während der Pflege verstarben. Alle toten Fledermäuse wurden gewogen und sofort tiefgefroren.

Zu Beginn der Präparation wurden die Fledermauskadaver aufgetaut und gewogen. Nachdem die Tiere abgehäutet worden waren, wurde zunächst der Kopf entfernt und, ebenso wie die Haut, erneut eingefroren. Die Körper wurden eröffnet und der Magen-Darmtrakt entnommen, um eine eventuelle Verfälschung der Ergebnisse durch vorhandene Rückstände in den Nahrungsresten bzw. im Kot zu vermeiden. Die restlichen Körper (nach CLARK im folgenden als Carcasse bezeichnet) wurden erneut in mit Aceton gereinigten Gläsern eingefroren.

Um die Fettbestandteile der Carcasse optimal herauslösen zu können, muß diese vor dem Extraktionsschritt getrocknet werden. Dazu wurde ein Gefriertrockner verwendet. Die getrockneten Körper wurden gewogen (Trockengewicht), zerkleinert und anschließend in einer Soxhlet-Apparatur 5 Stunden unter Rückfluß extrahiert (Lösungsmittel: n-Hexan zur Rückstandsanalyse von Merck).

Für die Analyse der unpolaren Pestizide (außer PCP) wurde der Rohextrakt an Florisil säulenchromatographisch gereinigt (Florisil, mesh 60-100 von Sigma/mit 3 % aqua bidest. deaktiviert, Elutionsmittel: Petroleumbenzin/Dichlormethan 8:2, interner Standard: Heptachlorepoxyd).

Für die Analyse des PCP (abgewandelt nach GRIMM, 1981) wurde das Fett zunächst mit 2 n Kalilauge aufgeschlossen (interner Standard: Tribromphenol). Nach viermaliger Extraktion mit n-Hexan wurde das PCP durch Zugabe von HCl derivatisiert und nach dem Abkühlen mit Benzol ausgeschüttelt. Anschließend wurde durch Zugabe von Diazomethan (in benzolischer Lösung) methyliert. Die gaschromatographischen Analysen wurden an einem Hewlett & Packard 5040 A-Chromatographen mit ECD-Detektion durchgeführt.

Säule: Fused-silica capillary column SE-52; 25 m, Durchmesser 0,2 mm, Filmdicke 0,33 µm/crosslinked 5 % Phenylmethylsilicon.

Trägergas: Argon/Methan 9 : 1

Make up-Gas: Luft

Folgende gaschromatographische Arbeitsbedingungen wurden für die Analyse der cKWS-Pestizide (außer PCP!) gewählt:

Trägergas:

Argon/Methan 9 : 1

mit 9,5 ml/min

Druck: 40 PSI

Temperaturen:

Einspritzblock: 250 °C

Säule: 2 min 130 °C, dann mit

10 Grad/min und nach

4 min mit 2 Grad/min

auf 280 °C aufheizen

und 10 min halten.

Mit 5 Grad/min weiter aufheizen

Detektor: 72 °C

Folgende gaschromatographische Arbeitsbedingungen wurden für die Analyse des PCP gewählt.

Trägergas:

Argon/Methan 9 : 1

mit 23 ml/min.

Druck: 20-30 PSI

Temperaturen:

Einspritzblock: 250 °C

Säule: 170 °C

Detektor: 96 °C

Die Abbildung 2 zeigt zur Verdeutlichung ein Chromatogramm eines Fledermaus-Extraktes. Die Signale der identifizierbaren Rückstände sind gekennzeichnet.

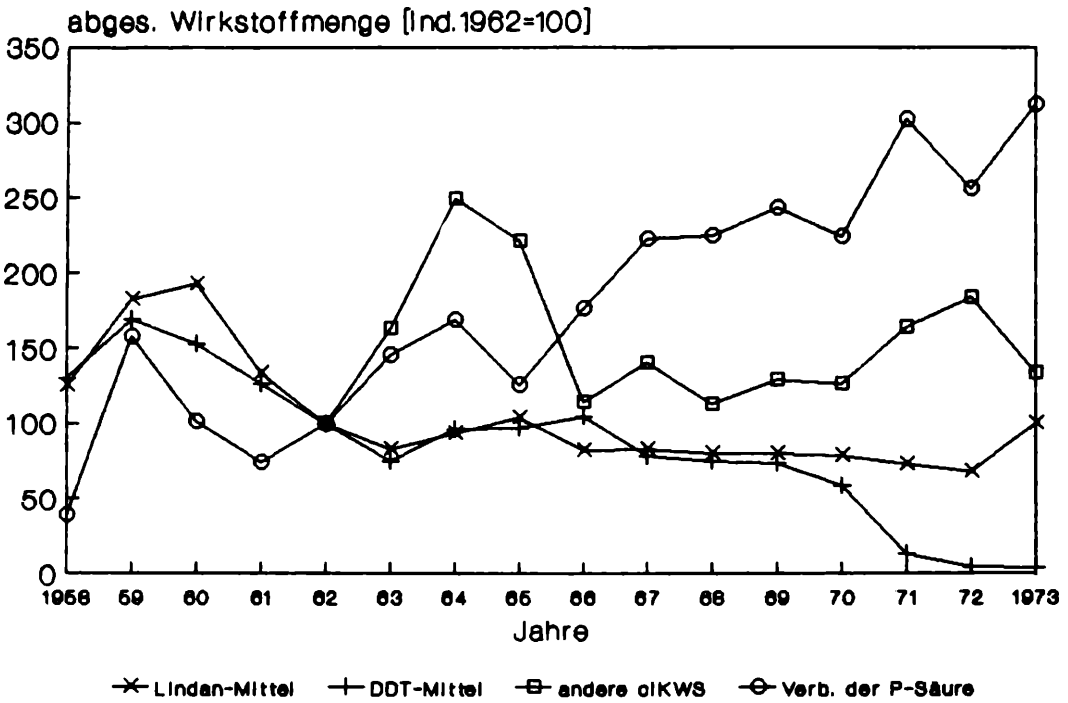


Abbildung 1

Die Graphik zeigt den Inlandsabsatz von DDT, Lindan, den übrigen chlKWS-Pestiziden und, im Vergleich, von Verbindungen der Phosphorsäure. Die Angaben sind dem statistischen Jahresbericht für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten entnommen. Es handelt sich um eine Indexdarstellung (1962 = 100) bezogen auf die Wirkstoffmenge.

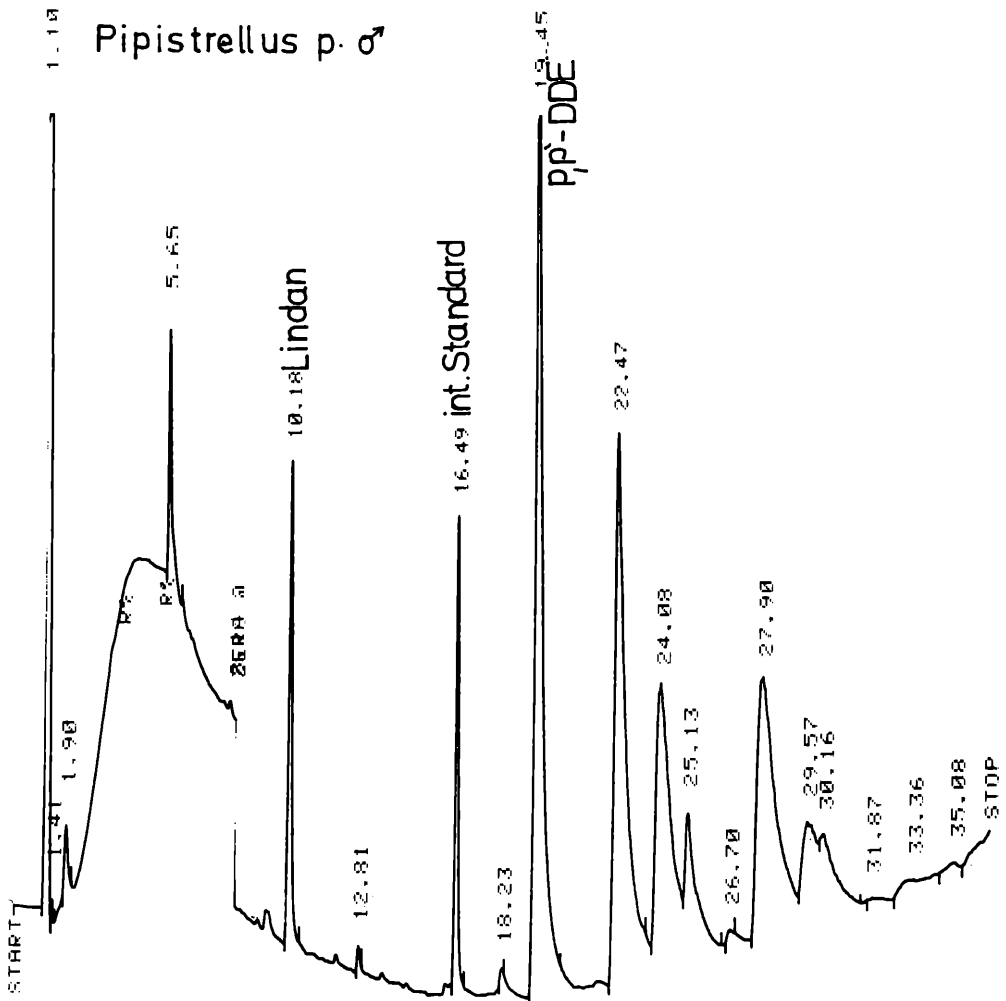


Abbildung 2

Das Gaschromatogramm der Fettprobe einer Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) aus Kulmbach zeigt die Belastung mit Lindan und p,p'-DDE deutlich.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der 42 untersuchten Tiere sind in tabellarischer Form zusammengestellt.

Die obere Zahl stellt den Rückstand-Wert bezogen auf die Masse des extrahierten Fettes dar, der untere Wert bezieht sich auf die Trockenmasse. Alle Angaben in ppb (parts per billion).

n.n. = nicht nachweisbar (kleiner als ca. 5 ppb/extr. Fett)

Spuren = Eine genaue Quantifizierung war aufgrund zu schwacher (und damit ungenauer) Reaktion des Detektors nicht mehr möglich.

Spezies	Funddatum/ Todesdatum	Fundort	Gewicht (frisch)	alpha- HCH	Lindan	HCB	p,p'- DDE	o,p'- DDE	DDD
Myotis myotis 3 weib., 2 männ	18.06.1983	Neuhaus an d. Pegnitz Pfarrkirche	unbekannt						
I				9 1	132 15	100 11	47 5	n.n. n.n.	n.n. n.n.
II				35 2	272 15	289 16	1200 65	n.n. n.n.	n.n. n.n.
III				22 <1	99 2	231 5	189 4	n.n. n.n.	n.n. n.n.
IV				24 2	122 11	236 21	920 80	n.n. n.n.	n.n. n.n.
V				25 2	68 5	112 8	452 33	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Pipistrellus pipistrellus ♂	12.01.1984	Erlangen Anatomie	4,1 g	8 <1	158 14	59 5	1757 153	Spuren Spuren	1463 127
Myctalus noctula ♀	17.01.1987	Schwebheim im Quartier	24 g	n.n. n.n.	9 4	143 59	657 271	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Pipistrellus pipistrellus ♂	20.01.1987	Schwabach/ Worzeldorf Schwimmhalle	4,3 g	20 3	36 5	174 24	501 70	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Pipistrellus pipistrellus ♂	24.01.1987	Nürnberg Gebäude	4,6 g	20 2	34 4	85 9	386 41	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Pipistrellus pipistrellus ♂	29.01.1987	Kulmbach/ Plassenburg Gebäude	4,7 g	n.n. n.n.	644 153	14 3	319 76	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Myotis myotis ♀	24.01.1987	Mörderloch Höhle	30,5 g	n.n. n.n.	290 152	83 44	115 61	77 41	n.n.
Myctalus noctula ♂	02.1985	München/ Treuing	26 g	6 3	14 8	1282 697	4255 2315	n.n. n.n.	Spuren Spuren
Pipistrellus pipistrellus ♂	05.02.1987	Bad Kissingen Wohnstift	3,5 g	40 -	1826 -	158 -	496 -	n.n. n.n.	917 -
Pipistrellus pipistrellus ♂	04.09.1986 10.09.1986	München englischer Garten	4,5 g	n.n. n.n.	68 -	540 -	947 -	n.n. n.n.	Spuren Spuren
Myotis myotis ♂	02.12.1989	Mannsberg am Dachfirst	21,4 g	n.n. n.n.	n.n. n.n.	28 17	40 24	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Myotis mystacinus ♂	28.09.1985	Miltenberg auf d. Straße	2,8 g	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	100 -	n.n. n.n.	n.n. n.n.

Spezies	Funddatum/ Todesdatum	Fundort	Gewicht (frisch)	alpha- HCH	Lindan	HCB	p,p'- DDE	o,p- DDE	DDD
Plecotus auritus ♂	unbekannt	unbekannt	8 g	21 3	21 3	124 15	312 38	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Pipistrellus pipistrellus ♀	31.06.1986	Eckersmühle Rolladenkasten	3,2 g	n.n. n.n.	n.n. n.n.	453 51	564 64	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Pipistrellus pipistrellus ♀	31.06.1986	Eckersmühle Rolladenkasten	3,3 g	n.n. n.n.	24 -	145 -	222 -	474 -	178 -
Myotis mystacinus ♀	24.04.1985	Weißenburg im Garten	2,8 g	58 8	64 9	346 48	2052 285	1516 211	Spuren Spuren
Plecotus austriacus ♀	16.02.1987	Waidhaus Gebäude	6,8 g	n.n. n.n.	22 4	108 21	640 125	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Plecotus austriacus ♂	20.02.1987	unbekannt	7 g	n.n. n.n.	437 26	129 8	10287 617	n.n. n.n.	5100 306
Myotis myotis ♂	27.04.1986	Pottenstein Teufelshöhle	26,7 g	27 -	38 -	107 -	1232 -	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Pipistrellus pipistrellus ♀	25.01.1987/ 25.02.1987	Nürnberg auf d. Straße	4,6 g	7 <1	127 5	276 10	1965 73	n.n. n.n.	Spuren Spuren
Pipistrellus pipistrellus ♂	10.03.1987	Kulmbach Gebäude	2,8 g	101 3	837 23	279 8	5104 138	Spuren Spuren	2194 59
Pipistrellus pipistrellus ♀	02.1987	Nürnberg	4,5 g	n.n. n.n.	n.n. n.n.	661 -	1031 -	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Myotis myotis ♂	20.04.1987	Esperhöhle auf d. Boden	22,8 g	8 1	274 46	1099 184	1212 202	n.n. n.n.	1042 174
Myotis myotis ♂	04.08.1987	Heiligenstadt auf d. Boden d. Wochenstube	11,8 g	171 8	319 15	741 35	25209 1185	n.n. n.n.	675 32
Myotis bechsteini ♀	03.09.1987	Winkelhofer Forst/Kasten	5 g	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	187 -	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Pipistrellus pipistrellus ♂	29.09.1987	Kulmbach Plassenburg	2,9 g	n.n. n.n.	2990 126	35 2	5250 221	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Myotis mystacinus ♂	10.07.1987	Großenbuch Wochenstube	0,9 g	n.n. n.n.	n.n. n.n.	1410 691	140 69	3422 1677	n.n. n.n.
Pipistrellus pipistrellus ♀	09.1987	Ammerndorf tot an einem Baum hängend	4,2 g	n.n. n.n.	128 10	343 26	11025 827	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Myctalus noctula ♂	02.1987	Lohr a. Main	23,8 g	n.n. n.n.	n.n. n.n.	62 30	969 465	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Pipistrellus pipistrellus ♂	17.07.1987	Roßtal Gebäude	4 g	n.n. n.n.	n.n. n.n.	n.n. n.n.	1071 61	573 33	n.n. n.n.
Myotis myotis ♀	03.07.1987	Mochmühl Württemberg	6,1 g	n.n. n.n.	n.n. n.n.	379 15	1735 69	n.n. n.n.	n.n. n.n.

Spezies	Funddatum/ Todesdatum	Fundort	Gewicht (frisch)	alpha- HCH	Lindan	HCB	p,p'- DDE	o,p- DDE	DDD
Myotis nattereri ♂	29.07.1987	Michelbach Württemberg	3,8 g	n.n. n.n.	94 9	12 1	1063 104	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Myotis myotis ♂	31.07.1987	Kirchensit- tenbach Schloß	11,65 g	n.n. n.n.	45 5	37 4	1260 139	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Myotis myotis ♀	25.07.1987	Oberailfeld Wochenstube	27,6 g	16 3	36 7	103 20	70 14	178 35	Spuren Spuren
Myctalus noctula ♂	10.04.1988	Kulmbach Schulhof	18 g	n.n. n.n.	268 28	1833 193	9055 951	n.n. n.n.	Spuren Spuren
Plecotus auritus ♂	04.1988	Pretzfeld	5 g	n.n. n.n.	n.n. n.n.	12 <1	546 31	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Pipistrellus pipistrellus ♂	04.04.1988	Schnufenhofen bei Neumarkt Gebäude	3,7 g	21 2	43 3	107 8	746 58	n.n. n.n.	n.n. n.n.
Plecotus auritus ♀	02.04.1988	zwischen Er- langen und Dechsendorf	5,9 g	n.n. n.n.	19 4	35 7	5918 1107	Spuren Spuren	Spuren Spuren

Die Rückstands-Werte (alpha-HCH, Lindan, HCB und der DDT-Metabolite) der 42 untersuchten Fledermäuse sind der Tabelle zu entnehmen. Heptachlor und Aldin konnten in keinem Fall mehr nachgewiesen werden. PCP konnte in 6 der 18 untersuchten Fledermäuse gefunden werden.

Hohe Rückstände wurden in nur drei Tieren gefunden.

- *Myotis myotis* aus Neuhaus an d. Pegnitz: 3 691 ppb (extr. Fett)
- *Nyctalus noctula* aus Kulmbach: 571 ppb (extr. Fett)
- *Plecotus auritus* zwischen Erlangen und Dechsendorf: 1 356 ppb (extr. Fett)

GRIMM et al. untersuchten 1981 u.a. Gewebe (Leber, Niere, Magen, Fett und Herz) von an PCP-Intoxikation verstorbenen menschlichen Patienten. Die eine untersuchte Fett-Probe hatte einen PCP-Gehalt von 33,8 ppm wobei die dazugehörigen Herz und Nieren-Proben geringere Werte zeigten. Auch die übrigen Gewebe-Daten liegen durchschnittlich nur um ca. 10 % höher als die in den Fledermäusen gemessenen Spitzenwerte. Derartig hohe Rückstände weisen mit einiger Sicherheit auf eine „Behandlung“ des Quartiers mit einem PCP-haltigen Holzschutzmittel hin.

Ein anderes auch besonders im Holzschutz eingesetztes Gift, ist das Lindan. Es war in 32 von 42 Tieren nachweisbar. Bei 17 Tieren lag die Belastung zwischen 9 und 99 ppb (extr. Fett), was in etwa der Grundbelastung mit diesem Gift entsprechen könnte. Dies würde sehr gut mit den Ergebnissen in fünf von mir untersuchten Fettproben menschlicher Normalpersonen, Personen also, die nicht direkt Lindan ausgesetzt waren, übereinstimmen. Hier lagen die Werte zwischen ca. 30 und 90 ppb (bezogen auf Frischgewicht!). Alle höheren Werte, besonders die im ppm-Bereich, sind vermutlich auf direkten Kontakt mit Lindan zurückzuführen. Zieht man in Betracht, daß Lindan im Körper relativ schnell metabolisiert, in Form von Chlorphenolen ausgeschieden wird, und sich auf diese Weise bereits

nach wenigen Tagen fortwährender Lindan-Zufuhr (im Fütterungsexperiment) ein Fließgleichgewicht auf rel. niedrigem Niveau einstellt [bei ca. 50-300 ppb (extr. Fett) an Spitzmäusen] [DRESCHER-KADEN & HUTTERER (1981)], erscheint diese Annahme wahrscheinlich. Derartige subletale, d.h. nicht akut tödliche, Dosen müssen natürlich nicht ohne Folgen für die Tiere bleiben. Da es sich bei Lindan ebenso wie bei den anderen cKWS-Pestiziden, um ein starkes Nervengift handelt, kann es auch in geringerer Dosierung zu einer Wahrnehmungsveränderung, starken Kopfschmerzen und Schwindel führen. Es darf also nicht ausgeschlossen werden, daß eine in hohem Maße auf ihre Koordinationsfähigkeit (etwa bei der Jagd) angewiesene Fledermaus schon von nicht akut letalen Giftkonzentrationen schwer beeinträchtigt wird, ja sogar etwa durch mangelnden Jagderfolg oder Unfall sterben könnte. Außerdem soll nach AN DER LAN & WEITHALER (1962) eine langfristige Aufnahme nicht akut tödlicher Lindan-Dosen (hier 8 ppm täglich) bei Versuchsmäusen zu einer mehrwöchigen Fertilitätsverzögerung führen.

Bei Fledermäusen hängt der Fortpflanzungserfolg in hohem Maße von der genauen Einhaltung des Geburtstermins im Frühsommer ab. Die Jungtiere müssen rechtzeitig flugfähig sein und jagen können, um sich bis zum Beginn des Winterschlafs genügend Fettreserven anzufressen. Außerdem stehen die Mütter und bei manchen Arten (z.B. *Pipistrellus pipistrellus*) auch die Jungtiere unter dem Druck, die Wochenstuben zu verlassen, um sich zu paaren. Aus diesen Gründen ist eine Verschiebung des Geburtstermins für die Tiere vermutlich nicht ohne Folgen.

Das HCB war mit Ausnahme von drei Tieren in allen untersuchten Fledermäusen nachweisbar. Belastungen von 0,1-0,5 ppm (parts per million) waren am häufigsten zu finden. Den höchsten Wert wies ein Abendsegler mit 1,8 ppm auf.

Vom Hexachlorbenzol sind mir in den nachgewiesenen Konzentrationen keine negativen Auswir-

kungen auf Säugetiere bekannt. Da HCB (ein Saatbeizmittel) seit 1981 in der Landwirtschaft völlig verboten ist, könnte man vermuten, daß die nachweisbaren Mengen immer geringer werden. BECKER, BÜTHE & HEIDEMANN (1985) weisen jedoch darauf hin, daß gerade dieser Stoff in den von ihnen untersuchten Eiern (von Brutvögeln der deutschen Nordseeküste) wieder im Ansteigen begriffen ist. Die Autoren begründen dies mit der Tatsache, daß HCB bei vielen industriellen Prozessen (z.B. bei der Produktion von PCP und anderer chlorierter Aromaten) entsteht und in die Umwelt gelangt. Auch das Beispiel HCB, das in nahezu allen Säugern und Vögeln gefunden werden konnte, zeigt, wie sich ein Schadstoff über die Nahrungskette und durch Übertragung von Mutter zu Jungtier ubiquitär ausbreiten kann.

Die durchschnittliche Belastung mit p,p'-DDE, einem Hauptabbauprodukt des DDT, ist immer noch die mengenmäßig größte aller untersuchten Rückstände. Keine andere gemessene Substanz erreichte diese Größenordnung. Die Mehrheit der Werte lag zwischen 0,1 und 1,5 ppm.

Allerdings wurden auch für die anderen Metaboliten des DDT's (o,p'-DDE und DDD) z.T. hohe Werte gemessen. Aufgrund der hohen Nachweisgrenze für diese Substanzen, waren bei kleineren Fettmengengeringe Rückstände nicht nachweisbar. Das DDT, aber besonders sein Metabolit, das DDE werden in hohem Maße im Fettgewebe gespeichert. Solange sie dort „ruhen“, sind sie für den Organismus ungefährlich. Seine Wirkung entfaltet dieses Nervengift erst, wenn es bei Aktivierung der Fettreserven in die Blutbahn gelangt. Mit einem LD 50-Wert von mehr als 250 mg/kg Ratte oral ist das DDT von geringerer akuter Toxizität als z.B. das Lindan (DDE ist viel weniger toxisch, der Umbau von DDT zu DDE stellt einen Schutzmechanismus des Körpers da). Allerdings zeigten LD 50-Tests an *Eptesicus fuscus* [LUCKENS & DAVIS (1964)], daß diese Fledermäuse 2,5 bis 10 mal empfindlicher auf DDT reagieren als Labormäuse. Eine Aufnahme von 40 ppm DDT im Futter war für alle Tiere tödlich. Dieses Ergebnis wurde von JEFFERIES (1972) an *Pipistrellus pipistrellus* bestätigt. LUCKENS konnte 1973 zeigen, daß die Empfindlichkeit der Fledermäuse gegenüber DDT mit dem Jahresrhythmus stark schwankt. So überlebte die Große Braune Fledermaus (*Eptesicus fuscus*) im Herbst wesentlich höhere Gift-Dosen als im Frühjahr. Der Autor vermutet, daß das DDT im Herbst, also in einer Jahreszeit, in der die Fledermäuse der gemäßigten Breiten Fettreserven für den bevorstehenden Winterschlaf sammeln, zum größten Teil ohne Umwege im Fett gespeichert wird. Im Frühling und Sommer dagegen scheint die aufgenommene Nahrung bevorzugt in Energie umgesetzt zu werden, wobei das Pestizid direkt in den Kreislauf gelangt und aktiv werden kann. Während des Winterschlafes (LUCKENS ließ seine mit verschiedenen Gift-Dosen gefütterten Tiere in einer Kühlkammer schlafen) schien die aktive Gift-Menge im subletalen Bereich zu bleiben. Dies begründet er mit der sehr langsamen Aktivierung der Fettreserven während des Winterschlafes. Das in geringen Mengen freiwerdende DDT würde dann etwa über DDD zu DDA metabolisiert und anschließend im Urin ausgeschieden, oder in DDE umgewandelt und erneut gespeichert. Wurden die Fledermäuse aufgeweckt, so zeigten sie akute Vergiftungserscheinungen, die

jedoch auch bei hohen Gift-Dosen (ca. 1000 ppm) sehr selten zum Ableben der Tiere führten. Nach CLARK & KRYNITSKY (1983) hingegen wird das DDE während des Winterschlafes nicht etwa langsam ausgeschieden, im Gegenteil scheint es sich in der abnehmenden Fettmenge der winterschlafenden Tiere sowohl im braunen als auch im weißen Fett zu konzentrieren. Er vermutet, daß das so konzentrierte Gift bei der Aktivierung der Fettreserven zum Ende des Winterschlafes negative Auswirkungen auf die Vitalität der Tiere haben könnte.

Beide Ergebnisse sind nicht so widersprüchlich, wie sie erscheinen mögen. Wird das in der Nahrung zugeführte DDT als solches im Fett gespeichert, so besteht bei Aktivierung die Möglichkeit, es als DDA im Urin auszuschcheiden. Dagegen kann aufgenommenes DDE nur im Körperfett, über die Muttermilch oder (in geringem Maße) über den Kot aus dem Körper gelangen, da DDE nicht zu DDA umgebaut werden kann. So scheint es für eine Fledermaus nahezu unmöglich zu sein, DDE während des Winterschlafes auszuschcheiden.

Ergebnisse der Analyse von fünf neugeborenen Mausohren aus Neuhaus/Pegnitz

Die ermittelten Rückstände können der Tabelle entnommen werden (*Myotis myotis* I bis V aus Neuhaus). Es zeigte sich, daß die Tiere in ihrem cKWS-Muster übereinstimmen. Auch in der Quantität waren die Werte durchaus vergleichbar. Einzig die p,p'-DDE Rückstände streuten deutlich zwischen 0,047 und 1,2 ppm.

Die Jungtiere I und V hatten Milch im Magen und waren so mit Sicherheit keine Totgeburten. Die anderen drei Tiere waren sehr klein und hatten keine Milch im Magen. Das Junge III war mit einiger Wahrscheinlichkeit eine Totgeburt oder ist gleich nach der Geburt verstorben, da die Nabelschnur noch nicht abgefallen war.

Nach CLARK & LAMONT (1976), ist die pränatale Übertragung von DDE über die Plazenta eher gering. Den weitaus größeren Teil der Rückstände scheint der Säugling über die Muttermilch aufzunehmen. Danach müßten die schon mit Muttermilch gefütterten Babies durchschnittlich höhere Rückstände an DDE aufweisen als tot geborene oder vor der ersten Fütterung verstorbene Jungtiere.

Bei den fünf untersuchten Säuglingen war eine solche Tendenz nicht erkennbar. Man muß jedoch bedenken, daß es durch unterschiedlich belastete Mütter wahrscheinlich schon in den Foeten zu sehr verschiedenen DDE-Gehalten kommen kann.

Da das Neugeborene III mit einiger Sicherheit eine Totgeburt war, kann man jedoch sagen, daß die in diesem Tier nachweisbaren Stoffe (p,p'-DDE, HCH-Isomere und HCB) mit hoher Wahrscheinlichkeit schon während der Entwicklung im Mutterleib von der Mutter über die Plazenta in den Embryo gelangt waren.

Zusätzlich zu dieser plazentalen Übertragung werden cKWS-Rückstände natürlich über die Muttermilch von den Säuglingen aufgenommen. Die schlecht abbaubaren cKWS (wie etwa DDE) reichern sich dabei im Fettgewebe der Jungen an. Fledermäuse befinden sich in dieser Beziehung in einer besonderen Situation. Da sie nämlich bis zum Erreichen der Flugfähigkeit und manchmal darüber hinaus (4-8 Wochen, je nach Spezies) ausschließlich mit Muttermilch ernährt werden, wird klar, daß sie

schon vor dem ersten Flug größere Rückstände angesammelt haben könnten. Diese im wenigen Fett der Jungtiere konzentrierten Schadstoffe könnten bei der Aktivierung der Fettreserven während der ersten Flüge in den Kreislauf und damit zum Gehirn gelangen und so das Tier schädigen. Einen solchen Fall beschreiben GELUSO & ALTENBACH (1976). Bei den betroffenen Exemplaren handelte es sich um Jungtiere von *Tadarida brasiliensis*, die vor ihrem ersten, sehr weiten Flug ebenfalls ausschließlich mit stark mit DDE belasteter Muttermilch ernährt worden waren. Das freiwerdende DDE wirkte als Nervengift und führte bei zwei Tieren nachweislich sogar zum Tode. Vorher traten die typischen Vergiftungserscheinungen auf, die man schon von Fütterungsversuchen mit DDE kannte. In den Gehirnen der so verstorbenen Fledermäuse lag der DDE-Gehalt (bezogen auf das Frischgewicht) bei 260 ppm, bzw. bei 330 ppm. Nach Untersuchungen von CLARK & KROLL (1977) lagen die letalen DDE-Konzentrationen im Gehirn von acht Exemplaren (*Tadarida brasiliensis*) zwischen 483 ppm und 558 ppm.

Die in dieser Untersuchung gemessenen Rückstände liegen durchschnittlich niedriger als die in anderen deutschen Fledermäusen gefundenen und methodisch vergleichbar ermittelten Werte [DRESCHER-KADEN & HUTTERER (1981) und BRAUN (1985)]. Dies gilt besonders für die p,p'-DDE-Rückstände. Gerade diese liegen aber auch bei den von mir untersuchten Fledermäusen durchschnittlich höher als bei anderen insektivoren und besonders herbivoren Kleinsäufern [DRESCHER-KADEN & HUTTERER (1981)]. Auch die HCB-Werte sind erhöht, was übrigens auch für die vier von diesen Autoren untersuchten Zwergfledermäuse gilt.

Die Lindan-Rückstände streuen bei allen mir bekannten Untersuchungen stark. Neben nicht oder nur schwach belasteten Tieren, lassen sich zuweilen Exemplare mit sehr hohen Werten finden. Aufgrund der schnellen Metabolisierung des Lindans bei Aufnahme nicht akut tödlicher Dosen kann man annehmen, daß derart hoch belastete Fledermäuse an Lindanvergiftung verstorben sind. Von den hier untersuchten Tieren wies keines einen derartig hohen Wert (mehrere 100 ppm) auf.

Es darf angenommen werden, daß die in dieser Untersuchung analysierten 42 Fledermäuse in etwa den durchschnittlichen Belastungsgrad der Tiere des Untersuchungsgebietes zeigen. Vom Mittelwert stark nach oben abweichende Ergebnisse blieben selten. Die nachweisbaren Todesursachen waren zudem in der überwiegenden Zahl der Fälle Gewaltanwendung (Autounfälle, Katzen, Frosteinwirkung im Winterquartier, etc.).

Da der überwiegende Teil der analysierten Exemplare aus dem fränkischen Raum und den angrenzenden Gebieten der Oberpfalz und Baden-Württembergs stammt, liegt der Schluß nahe, daß dieses Gebiet in geringerem Umfang mit cKWS-Pestiziden belastet ist als die übrigen Gebiete, aus denen bisher Daten zur Verfügung stehen. Inwieweit dieser Umstand mit der Tatsache in Verbindung zu bringen ist, daß gerade diese Gebiete der Bundesrepublik zu den letzten Refugien vom Aussterben bedrohter Fledermausarten geworden sind, kann nur vermutet werden. Hier spielen sicherlich sehr viele andere Faktoren eine Rolle. Z.B. scheint die unterschiedliche Biologie der einzelnen Arten eine wesentliche Rolle für die Durchschlagskraft gerade

der negativen Effekte subletaler Pestizidbelastung (z.B. Fertilitätsstörung) zu spielen. Die sehr anpassungsfähige Zwergfledermaus ist – obwohl sie genauso, wenn nicht sogar stärker als andere durch Pestizide (Holzschutzmittel!) gefährdet ist – keine seltene Art. Dies mag neben ihrer Flexibilität in der Quartier- und Jagdbiotopwahl auch an der für Fledermäuse hohen Reproduktionsrate liegen. Pestizid-bedingte Verluste spielen bei dieser Art vielleicht eine geringere Rolle, da sie nicht durch andere bestandsmindernde Faktoren verstärkt werden. Anders ist die Situation bei Fledermausarten, die sowohl sehr differenzierte Biotop-Ansprüche, als auch eine von vorne herein geringere Reproduktionsrate haben. Wird der Lebensraum zerstört, so ist die geschwächte Population nun in besonderem Maße von den die Fertilität störenden Effekten der Pestizide bedroht.

Daß die Belastung auch der hier untersuchten Fledermäuse z.T. höher ist als die anderer (auch insektivorer) Kleinsäuger könnte mehrere Ursachen haben. Die wichtigste scheint mir die sehr hohe Lebenserwartung der Tiere (besonders im Vergleich zu den kurzlebigen Spitzmäusen) zu sein. Ein schwer abbaubarer und schwer auszuscheidender cKohlenwasserstoff wird schon als Embryo und als Säugling mit der Muttermilch aufgenommen, kann sich über lange Jahre anreichern und während des Winterschlafes im Restfett konzentrieren. Dafür würde auch sprechen, daß es besonders die Rückstands-Werte des persistierenden DDEs (und auch der Polychlorierten Biphenyle) sind, die die Fledermäuse von anderen Kleinsäufern unterscheiden. Mit Lindan sind Fledermäuse durchschnittlich nicht höher belastet als andere Kleinsäuger. Höhere Belastungen mit diesem Stoff, aber auch mit PCP, kommen von direktem Kontakt mit behandeltem Holz in Fledermausquartieren. Durch das Verbot des PCPs für Innenräume und die stark eingeschränkte Lindananwendung (was alles natürlich auch im Interesse der menschlichen Gesundheit sein sollte) bleibt zu hoffen, daß sich die Fälle von Holzschutzmittelvergiftung bei Fledermäusen reduzieren.

4. Danksagung

Mein herzlicher Dank für Anregung, Diskussion und Korrektur gilt Herrn Professor v. Helversen und Herrn Johannes Müller (Arbeitsmedizinisches Institut, Erlangen) für die großartige Unterstützung auf chemisch-analytischer Seite.

Vielen Dank auch allen Fledermaus-Freunden, die mir Tiere für die Analyse zur Verfügung stellten.

5. Zusammenfassung

42 Fledermäuse aus dem süddeutschen Raum wurden auf Rückstände von cKWS-Pestiziden hin untersucht. In 18 Tieren wurde der Pentachlorphenol (PCP)-Gehalt bestimmt.

Die Ergebnisse zeigen, daß die untersuchten Tiere im Durchschnitt weniger belastet sind als die von anderen Autoren analysierten einheimischen Fledermäuse [BRAUN (1985), DRESCHER-KADEN & HUTTERER (1981)]. Jedoch liegen auch die hier ermittelten Rückstands-Werte im allgemeinen über den in herbivoren und insektivoren Kleinsäufern gemessenen [DRESCHER-KADEN & HUTTERER (1981)].

Es konnte gezeigt werden, daß auch neugeborene Tiere schon mit dKWS belastet sind, diese also die Plazenta-Schranke durchdringen und auf diese Weise in den Embryo gelangen können.

In 6 der 18 Fledermaus-Proben konnte PCP nachgewiesen werden. Bei zwei Tieren lagen die Werte dabei nur um ca. 10 % niedriger als die von GRIMM et al. (1981) gemessene PCP-Belastung von Organen an PCP-Intoxikation verstorbener Patienten.

6. Literatur

AN DER LAN, H. & WEITHALER, K. (1962): Untersuchungen zur warmblütertoxischen Wirkung minimaler Lindan-Mengen, gleichzeitig ein Beitrag zur Frage der in Nahrungsmitteln tolerierbaren Insektizidrückstände. – Angew. Parasitol. 3: 74.

BECKER, P. H., BÜTHE, A. & HEIDEMANN, W. (1985): Schadstoffe in Gelegen von Brutvögeln der deutschen Nordseeküste. – J. Orn. 126: 29-51.

BRAUN, M. (1985): Rückstandsanalysen bei Fledermäusen. – Z. Säugetierkunde 51: 212-217.

CLARK, D. R. & KROLL, J. C. (1977): Effects of DDE on Experimentally Poisoned Free-Tailed Bats (*Tadarida brasiliensis*): Lethal Brain Concentrations. – J. Toxicol. Environ. Health 3(5-6): 367-374.

CLARK, D. R. & KRYNITSKY, A. J. (1983): DDE in Brown and White Fat of Hibernating Bats. – Environ. Pollut. Ser. A 31: 287-299.

CLARK, D. R. & LAMONT, T. G. (1976): organochlorine Residues in Female and Nursing Young of the Big Brown Bat (*Eptesicus fuscus*). – Bull. Environ. Contam. Toxicol. 29: 214-220.

DRESCHER-KADEN, U. & HUTTERER, R. (1981): Rückstände an Organochlorverbindungen (CKW) in Kleinsäugetern verschiedener Lebensweise – Untersuchungen an Wildfängen und Fütterungsversuche. – Ökol. Vögel 3 Sonderheft: 127-142.

FABER, R. A. & HICKEY, J. J. (1973): Eggshell Thinning, Chlorinated Hydrocarbons, and Mercury in Inland Aquatic Bird Eggs 1969 and 1970. – Pestic. Monit. J. 7: 27-36.

FOX, G. A. (1976): Eggshell Quality: Its Ecological and Physiological Significance in a DDE- Contaminated Common Tern Population. – Wilson Bull. 88: 459-477.

GELUSO, K. N. & ALTENBACH, J. S. (1976): Bat Mortality: Pesticide Poisoning and Migratory Stress. – Science 149: 184-186.

GRIMM, H. G., SCHELLMANN, B., SCHALLER, K. H. & GOSSLER, K. (1981): Pentachlorphenolkonzentrationen in Geweben und Körperflüssigkeiten von Normalpersonen. – Zbl. Bakt. Hyg., 1. Abt. Orig. B 174: 77-90.

JEFFERIES, D. J. (1972): Organochlorine Insecticide Residues in British Bats and Their Significance. – J. Zool; London 166: 245-263.

LUCKENS, M. M. (1973): Seasonal Changes in the Sensitivity of Bats to DDT, in W. B. DEICHMANN, ed. Pesticides and the Environment: A Continuing Controversy. – International Medical Book Corp., New York: 63-75.

LUCKENS, M. M. & DAVIS, W. H. (1964): Bats: Sensitivity to DDT. – Science 146: 948.

RATCLIFFE, D. A. (1967): Decrease of Eggshell Weight in Certain Birds of Prey. – Nature 215: 208-210.

Anschrift der Verfasserin:

Bettina Krug
Institut für Zoologie
der Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl II
Staudtstraße 5
8520 Erlangen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege \(ANL\)](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [13_1989](#)

Autor(en)/Author(s): Krug Bettina

Artikel/Article: [Wie stark sind unsere einheimischen Fledermäuse mit chlorierten Kohlenwasserstoff- Pestiziden belastet? 229-237](#)