©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Ber. ANL | 3 | 64–72 | Dez. 1979

# Möglichkeiten und Probleme des Einsatzes freilebender Tierspecies als Indikatoren für die Rückstands-belastung mit Umweltchemikalien

Dr. rer. nat., med. vet. habil Ute Drescher-Kaden
8460 Schwandorf,
Johannesleite 2
in Zusammenarbeit mit:
em. o. Prof. Dr. Dr., Drs. h. c., J. Brüggemann, Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Universität München
Dr. F. Müller, Arbeitskreis für Wildtierforschung der Universität Gießen.

Das ökologische Gleichgewicht kann durch vielfältige anthropogene Eingriffe, darunter die Verwendung von Umweltchemikalien, die aus verschiedenen Lebensbereichen gezielt, zufällig oder als Abfall in die Umwelt gelangen, belastet werden. Obwohl beispielsweise Pflanzenschutzmittel wesentlich zur Steigerung der Nahrungsmittelbereitstellung für die wachsende Weltbebölkerung beitragen und ihrer Zulassung eingehende Prüfungen vorausgehen (u. a. Toxicität, Rückstandsbildung, vergl. Abb. 1 nach KÖLLING 1974), erfordert ihr weiterer Einsatz in verschiedenen Lebensräumen dennoch eine sorgfältige Überwachung im Rahmen einer Biotopkontrolle sowie im Hinblick auf eine langfristig auftretende Gefährdung des Menschen, zur Überprüfung der Effizienz gesetzgeberischer Maßnahmen, als Voraussetzung eventueller Schutzmaßnahmen und als Anstoß zur Suche nach risikoloseren Wirkstoffen.
Eine Risikoermittlung für alle Glieder eines Ökosystems durchzuführen, ist fast unmöglich, so daß man auf representative Indikatoren zurückgreifen muß. Es existieren bereits Monitoring-Systeme z. B. im Bereich der Wasser-, Luft-, Lebens- und Futtermittelkontrolle, doch muß das komplizierte Nahrungsnetz eines Lebensraumes hinsichtlich der speziellen Transportmechanismen, Stoffwechselvorgänge und Streßempfindlichkeit u. a. auf Schadstoffexposition als ein eigenes System angesehen werden. Freilebende Tierarten stellen empfindliche Wertmesser der Biotopqualität dar, da sie im Gegensatz zum domestizierten Tier hinsichtlich der Haltungs- und Fütterungsbedingungen weitgehend unserer Kontrolle entzogen und auf die Gegebenheiten eines Lebensraumes angewiesen sind zumal sie keine Wartefristen einhalten. Ihre Rückstandswerte reflektieren die lokal und global bedingte Kontamination ihres Nahrungs- und Wasservorrats sowie den Kumulationsumfang persistenter Verbindungen entlang der Nahrungskette. Aus ihrer individuellen Reaktion wie aus der Populationsentwicklung kann man mit Vorsicht die Wirkung bestimmter Umweltchemikalien auf Tiere ablesen, die gleichzeitig durch andere Noxen wie ungünstigere Witterung, Streß, Nahrungsmangel, Krankheit und Parasitosen belastet sind. Diese verschiedenen zusätzlichen Belastungen können wiederum nachteilig für eine klare Aussage sein, da sie Zuordnungen erschweren und durch die Heterogenität des Untersuchungsmaterials relativ hohe Streuungen der Rückstandsdaten bedingen. Rückstandsuntersuchungen sind daher allein nicht aussagekräftig genug, sondern müssen in einen größeren Untersuchungsrahmen integriert werden.
a) Untersuchungen über die Reaktionen von Einzeltieren auf Belastungen durch Umweltchemikalien (best. Kriterien wie Wachstumsstörungen, Konditionsveränderungen, morphologische und histologische Organveränderungen, Störungen der Enzymaktivität, abweichende Eischalendicke bei Vögeln u. a.). Probleme bei der Abgrenzung von anderen Noxen.
b) Beobachtungen über die durch den Chemikalieneinsatz veränderte Nahrungsversorgung freilebender Tiere (Menge, Zusammensetzung, Qualität und Kontaminationsgrad der Äsung).
c) Erhebungen über die Auswirkungen von Umweltchemikalien auf die Bestandsentwicklung und Verbreitung von Indikatortierarten. Probleme bei der Abgrenzung von anderen Noxen.
d) Ermittlung der Rückstandsbelastung (Aufschlüsselung nach Species, Ernährungsverhalten, Aufbau und Nutzungstyp der Lebensräume u. a. m.).
Als Modell für die Eignung freilebender Tierspecies im Rahmen des Teilaspektes d
– Höhe und Muster des Rückstandspegels in Tierarten verschiedener Lebensweise aus unterschiedlich genutzten Gebieten sollen hier Organohalogenverbindungen dienen, auch wenn einzelne bereits durch weniger problematische Verbindungen ersetzt wurden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, daß eine Interpretation Daten aus den anderen Teilbereichen erfordert, so daß eine Einbeziehung von Untersuchungen an freilebenden Tierspecies in den Bereich der Umweltforschung interdisziplinäre Zusammenarbeit erfordert.

**Material und Methodik**

Auf der Suche nach geeigneten Tierarten für den Teilaspekt d wurden in den Jahren 1971-1979 ca. 2500 Rückstandsanalysen auf Organohalogenverbindungen an 83 Tierspecies durchgeführt. Während von den meisten Species nur wenige Proben zur Verfügung standen, konnten an die Messungen bei Hasen, Rotwild, Gamswild, Steinmarder, Schwarzwild, Fasan und Waldschnepfen verschiedene Fragestellungen geknüpft werden.
Material von größeren Säugern und Vögeln wurde auf Einzeljagden und Treibjagden gewonnen, während Kleintiere in Fallen gefangen oder tot gefunden wurden. Die Zuordnung der Tiere nach Altersgruppen erfolgte an Hand von Gebißentwicklung, Haar- und Federkleid, Gewichtsrelationen, Trophäenentwicklung, bei Hasen durch das Stroh'sche Zeichen und soweit möglich, den Augenlinsengewichten. Die Proben zur Rückstandsanalytik wurden in der Regel im Revier entnommen, tiefgekühlt ins Labor gebracht und bis zur Aufarbeitung tiefgefroren aufbewahrt. Zur näheren Charakterisierung der Tiere entnahmen wir Magen- und Panseninhalt zur Ermittlung der verzehrten Nahrung und führten verschiedene Wägungen u. a. Bestimmungen der Nierenfettreserven durch. Verdächtige Proben wurden zur parasitologischen und pathologischen Kontrolle eingesandt.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Zur Rückstandsbestimmung wurden hauptsächlich Fett- und Lebergewebe eingesetzt. Bei einigen Tieren kamen zum Vergleich der organspezifischen Speicherung von Rückständen auch Muskel, Nieren-, Hirn- und Geschlechtsorganproben zur Untersuchung. Falls erhältlich wurden Milch- und Eiproben untersucht.
Die zur Extraktion, Reinigung der Extrakte, gaschromatographischen Trennung und Bestimmung von Organohalogenverbindungen eingesetzten Verfahren sind bei DRESCHER-KADEN (1978) ausführlich beschrieben. Von den erfaßten Organohalogenverbindungen (CKW) sind hier nur das Fungicid Hexachlorbenzol (HCB), die Insekticide Lindan (γ-HCH) mit dem Isomer α-HCH, Heptachlor und sein Umwandlungsprodukt H-epoxid, Dieldrin, p,p-DDT mit den Metaboliten p,p-DDD und p,p-DDE sowie die in verschiedenen Bereichen anfallenden u. a. auch in der Industrie früher stark eingesetzten polychlorierten Biphenyle (PCB's) Gegenstand der Betrachtung.

**Überblick über die Vorkommenshäufigkeit, Rückstandsmengen und Toleranzgrenzen o. a. CKW's**

Seit dem Untersuchungsbeginn 1971 fanden wir in allen Tieren und Geweben (Ausnahme 1 Gemse und 1 Frischling) selbst in Jungtieren und den wenigen untersuchten Rotwildfoeten (1 Monat vor dem Setztermin) meßbare Rückstände an Organohalogenverbindungen. Gleichbleibend am häufigsten kamen über den Zeitraum von acht Jahren hinweg die Stoffe HCB und DDE vor, während Lindan und die PCB's seit 1972 verstärkt in Erscheinung traten und nunmehr in allen Proben vorkommen. Hingegen nahmen H-epoxid, Dieldrin und DDT in der Häufigkeit und Konzentration als Rückstand ab und finden sich fast nur noch in den Endgliedern der Nahrungskette.

Aufgrund des relativ heterogenen Tiermaterials variieren die Rückstandswerte über einen weiten Bereich, wobei Extremwerte die mittleren Konzentrationen zuweilen so übersteigen, daß sie gesondert aufgeführt werden müssen, um das Belastungsbild nicht unzulässig nach oben hin zu verziehen. Beispielsweise fanden wir im Fett von 37 Stück Schwarzwild 1973 durchschnittlich 0,18 ppm PCB's. Bei Einbeziehung eines Extremwertes von 20,7 ppm ergäbe dies einen »mittleren Gehalt« von 0,7 ppm. Diese »Ausreißer« lassen die Zusammenlegung von Einzelproben zu Mischproben problematisch erscheinen. Damit wird das Problem einer repräsentativen Probengewinnung und die Forderung nach einem bestimmten Aktionsradius der Indikatorspecies aufgeworfen.
Als eine weitere Voraussetzung für die Eignung als Indikatorspecies muß eine hohe Vorkommenshäufigkeit im Indikatorgebiet angesehen werden, die z. B. von Greifvögeln nicht erfüllt wird.

Zur Zeit liegen die Rückstandsmengen beim eßbaren Wild meist unterhalb der vom Gesetzgeber für tierische Lebensmittel zugelassenen Höchstmengen. Dabei ist die sog. Toleranzgrenze in ppm Rückstandskonzentration / extrahierbares Fett (mg/kg) angegeben (1. Verordnung zur Änderung der Höchstmengenverordnung, tier. Lebensmittel, hier für Fleisch angegeben: 29. 8. 78; HCB 0,5; Lindan 2; Dielrin 0,2; Heptachloridepoxid 0,2; DDT mit Isomeren und Metaboliten 3).
Dies birgt für den Wildbretliebhaber eine weitere Sicherheit insofern in sich, daß die mit dem Frischgewicht verzehrten Rückstandsmengen vergleichsweise geringer sind, da Wildbret wenig Fett enthält. Auch die früher bei Fasanen beobachtete hohe HCB-Kontamination ist nach neueren Messungen 1978 auf Werte um die Toleranzgrenze (Untersuchungen Raum München) gefallen. Die große Streubreite der Rückstandsdaten kann verschiedene Ursachen haben, die bei der Zusammenstellung des Untersuchungsmaterials berücksichtigt werden müssen:

**Gewebe**

Die Wahl des Untersuchungsgewebes hängt von der zu messenden Verbindung, der Gewebeverfügbarkeit und der Fragestellung ab. Obwohl sich die abweichende Lebensweise der Species im unterschiedlichen Rückstandsniveau aller Gewebe niederschlägt, ergeben sich innerhalb einer Art und eines Probenabschnitts keine signifikanten Beziehungen zwischen der Rückstandsmenge in verschiedenen Matrices, so daß die Indikatorgewebe nur für grob orientierende Aussagen ausgetauscht werden können. Bezogen auf die Frischmasse enthält das Depotfett die höchsten Rückstandsmengen. Umgerechnet auf den Organfettanteil findet man hingegen in Leber, Niere und Gehirn v. a. für Lindan meist höhere Rückstandsdichten. In einzelnen Untersuchungsjahren und -gebieten können sich jedoch die Konzentrationsverhältnisse zwischen Leber- und Fett-Pesticidrückständen umkehren.
Rückstandsmessungen in Leber und Fett dienen gleichermaßen zur Erfassung von Umweltbelastungen, wobei die Fettwerte die chronische Rückstandssituation verdeutlichen, während der Rückstandsspiegel in der Leber eher eine akute Belastung – sei es durch Verzehr kontaminierten Futters oder Mobilisation pesticidbeladener Fettreserven anzeigt. Beispielsweise enthielten Schnepfen verglichen mit anderen Species ähnlicher Ernährungsweise nicht nur höhere DDE-Rückstände sondern diese waren bei den aus den Winterquartieren kommenden Tieren gerade in der Leber wesentlich erhöht gegenüber den im Herbst erlegten Schnepfen. Im Fett traten diese Unterschiede nicht so stark in Erscheinung.

| | Leberfett ppm DDE | Depotfett ppm DDE |
|---|---|---|
| Schnepfen im Frühjahr | 1,3-300 | 0,5-8 |
| Schnepfen im Herbst | 0,5-1,6 | 0,05-1,4 |

Es ist nicht auszuschließen, daß das in den Winterquartieren aufgenommene Futter stärker mit DDE kontaminiert war. Inwieweit die Rückstände bei der Fettmobilisation während des Zuges in die Leber geschwemmt werden, und ob Zusammenhänge mit dem beobachteten Rückgang der Schnepfen bestehen, kann nur vermutet werden, zumal Gelegeuntersuchungen fehlen. Rückstände in den Eiern zeigen die Kontamination der Elterntiere an und können Hinweise auf mangelnden Bruterfolg geben, wenn auch andere Faktoren nicht außer Acht gelassen werden dürfen (vergl. auch CONRAD 1977, PEAKALL 1975, RATCLIFFE 1967).

**Jahreszeit**

Um Trends in der Rückstandsbelastung der Fauna zu erfassen, ist der mögliche Einfluß jahreszeitlicher Schwankungen in Abhängigkeit von den Ausbringungszeiten zu berücksichtigen. So zeigt Abb. 2, daß die Schädlingsbekämpfung im Forst mit Lindan im Sommer zu erhöhten Werten bei Wildwiederkäuern führen kann. Zur Trendermittlung sollte daher das Untersuchungsmaterial innerhalb der gleichen Jahreszeit gewonnen werden. Diese Maßnahme bedingt jedoch, daß innerhalb kürzerer Zeit größere Probenmengen anfallen müßten (z. B. Treibjagden).

**Alter, Geschlecht, Gesundheitszustand**

In unserem Untersuchungsmaterial wurde kein signifikanter Unterschied zwischen dem Rückstandsniveau juveniler und adulter Tiere beobachtet. Ältere Tiere zeigten zwar häufiger Extremwerte, doch scheint der Akkumulationsprozeß auch in freier Wildbahn (bei Hase, Schwarzwild, Wildwiederkäuern) relativ schnell abgeschlossen. Ein Fütterungsversuch mit Spitzmäusen ergab, daß die Pesticidrückstände bei täglicher Applikation innerhalb weniger Wochen ein Fließgleichgewicht erreicht haben (HUTTERER, DRESCHER-KADEN i. Dr.).
Bei Versuchstieren festgestellte, geschlechtsbedingte Unterschiede im Pesticidspiegel scheinen in freier Wildbahn durch andere Faktoren überdeckt zu sein. Inwieweit die Eiproduktion bei Wildvögeln eine Veränderung des Pesticidspiegels des weiblichen Geschlechts mit sich bringt, ist nicht bekannt. Ebenso bedarf die Frage, inwieweit eine periodische Fettmobilisation während des Winters und der Brunft den Rückstands-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

pegel beeinflussen kann, noch weiterer Untersuchungen.
Zwischen der Rückstandshöhe und der Kondition bzw. dem Gesundheitszustand der untersuchten Tiere ergaben sich zumindest für die Herbivorengruppe keine signifikanten Beziehungen. Bei einigen tot aufgefundenen Carnivora fanden wir extrem hohe Rückstandswerte z. B. an HCB, DDE, PCB's oder H-epoxid, die den Tod mit verursacht haben könnten, doch kamen Extremwerte auch in frisch getöteten Exemplaren vor. Solange an Wildtieren toxikologische und Akkumulationsstudien fehlen, können solche Beziehungen nur vermutet werden. Auch das Phänomen der Eischalenverdünnung – korreliert mit hohen Rückstandswerten im Ei – konnte nur an einzelnen Greifvogelarten und für wenige Pesticide klar bewiesen werden (vgl. CONRAD 1977). Andererseits ist bekannt, daß Tiere mit einem gewissen Rückstandslevel streßempfindlich sind.

**Species, Nahrungs- und Biotopwahl, Stoffwechselgröße**

Die unterschiedlichen Rückstandsmengen in den einzelnen Species waren meist auf abweichende Ernährungsgewohnheiten, Biotopwahl, Stoffwechselgröße und evtl. Verdauungsleistungen zurückzuführen. Herbivora waren als Primärkonsumenten mit geringeren Rückständen als Carnivora und Insectivora belastet. Dies trifft für größere Säuger (Abb. 3 und 4) wie für Kleintiere (Abb. 5) zu. Wie das Beispiel der Fasane (Seite 67) zeigt, gilt dies nur mit Einschränkung für Vögel.

Besonders ausgeprägt wird die unterschiedliche Nahrungsbevorzugung im HCB-, DDE-, H-epoxid-, Dieldrin- und PCB-Spiegel reflektiert, während Lindan wohl aufgrund der rascheren Abbaubarkeit in beiden Ernährungsgruppen in etwa gleicher Höhe vorkommt.

Auffällig ist der bei vier untersuchten Fledermäusen (Pipistrellus) gegenüber anderen Tierarten erstaunlich hohe PCB-Rückstand, der jedoch noch eine Bestätigung durch die Untersuchung weiterer Exemplare erfordert (HUTTERER, DRESCHER-KADEN i. Dr.).

| Fledermäuse (n = 4) | Spitzmäuse (n = 33) |
|---|---|
| ppm PCB's/extr. Fett d. Kerns | |
| 319 (227–387) | 8 (1–27) |

Dies verdeutlicht, daß manche in der Umwelt auftretenden Verbindungen zwar in den meisten Tierarten nur zu durchschnittlichen Rückständen führen, doch einzelne Species diese übermäßig und ggf. bestandsgefährdend kumulieren können. Mögliche Zusammenhänge mit den Besonderheiten der Fettmobilisation dieser Tiere sollten wie bei Zugvögeln oder Murmeltieren überprüft werden, die ebenfalls gegenüber den im gleichen Lebensraum lebenden Tierarten höhere Rückstandswerte zeigten.
Dies wirft die Frage auf, inwieweit sich Tierarten des gleichen Ernährungstyps in ihrem Rückstandsmuster decken, um sie ggf. stellvertretend als Indikatororganismen einsetzen zu können. So erfordern Tollwutmaßnahmen gegen Füchse oder Maßnahmen des Greifvogelschutzes weitere Vertreter – z. B. Marder, Hermelin, Bussard – als Umweltanzeiger für die Carnivorengruppe. Wegen der geringen Populationsdichte der Hasen in alpinen Gebieten müßten sie z. B. durch Reh oder Rotwild zu ersetzen sein. Bis zu welchem Grad kann man von den Rückstandsdaten einer Indikatorart auf die Kontamination von Tieren ähnlichen Ernährungs- und Verhaltensmusters schließen?
Z. Zt. sind die Auswertungen in dieser Richtung noch nicht abgeschlossen, doch ist erkennbar, daß sich Wildwiederkäuer in gewissem Rahmen vertreten können, wenn man berücksichtigt, daß Rehe in ihrem HCH-Spiegel oftmals nach oben abweichen. Trotz der noch geringen Tierzahlen scheint es nur bedingt vertretbar, bei den Rückstandserhebungen in einem Gebiet Hasen in einem anderen Kaninchen als Indikatorspecies zu wählen, da letztere sich meist durch höhere HCB- und Dieldrin-Konzentrationen auszeichnen. Andererseits liegen Hasen innerhalb der Herbivorengruppe mit ihrem Rückstandsmuster im mittleren Bereich, so daß man aus ihrem Rückstandspegel leicht Rückschlüsse auf die Belastung anderer Pflanzenfresser ziehen kann.
Abb. 6 zeigt die abweichende Rückstandssituation verschiedener Carinvora. Wie auch schon von BAUM et al. (1975) an Eiern vom Habicht und Bussard beschrieben, bestimmt das Beutespektrum weitgehend das Rückstandsmuster. Tiere, deren Beute sich hauptsächlich aus Pflanzenfressern zusammensetzt (Bussard) enthalten meist geringere Rückstandswerte. Die unterschiedliche Beutewahl spiegelt sich im Kontaminationsgrad von Leber wie von Eiern gleichermaßen wider.

| | Eier | Leber |
|---|---|---|
| | (ppm/Frischmasse) | |
| **HCB** | | |
| Schleiereule (n = 5) | 0,2–0,9 | 0,0008–0,4 |
| Waldkauz (n = 3) | 1,2–3,2 | 2,5–3,8 |
| **DDE** | | |
| Sperber | (n = 23) 1,2–12,2 | (n = 2) 4,5–18 |
| Habicht | (n = 5) 0,2–0,5 | (n = 3) 0,8–1,3 |
| Bussard | (n = 2) 0,1–0,4 | (n = 7) 0,01–0,4 |

Die Wahl einer repräsentativen Vogelart für die Rückstandsbelastung scheint nach Literaturvergleichen und eigenen Messungen problematischer als bei Säugern. So findet man bei Feldhühnern meist mehr HCB und bei Waldhühnern mehr DDE. Greifvögel zu deren Beute auch Fasane zählen wie z. B. der Habicht wiesen demzufolge auch erhöhte HCB-Mengen auf (BAUM et al. 1975).
In Vögeln waren häufig höhere Rückstände als in Säugern vergleichbarer Ernährungsweise kumuliert. Dabei waren Kleinvögel – nicht nur die Insectivoren sondern auch körnerverzehrende Species – oftmals mit erstaunlich hohen Rückstandswerten belastet. So wurden bei Amseln übereinstimmend hohe DDE-Rückstände festgestellt (BAUM et al. 1975, WALLNÖFER 1978, eigene Messungen). Die Schwankungsbreite bei Kleinvögeln ist hoch.

| | HCB | H-epoxid | DDE |
|---|---|---|---|
| | ppm/Leberfett | | |
| Neuntöter (n = 1) | 0,6 | 0,4 | 0,7 |
| Rauchschwalben (n = 3) | 1–2 | 0,5–2 | 6–9 |
| Bachstelzen (n = 3) | 6–16 | 0,7–1 | 29–31 |

Finkenvögel enthielten in ihren Eiern jedoch nur geringe Rückstände an DDE und HCB (BAUM et al. 1975).
Vögel, deren Lebensräume an Wasser gebunden ist und deren Nahrung sich weitgehend aus der Wasserflora und -fauna zusammensetzt, wiesen gesteigerte Rückstandsmengen und ein vielfältigeres Pesticidmuster auf (Abb. 7).

**Tiere als Rückstandsindikatoren für verschieden intensiv genutzte Gebiete (Zugvögel als Spezialindikatoren)**

Hasen, zur gleichen Zeit in verschiedenen Gebieten der BRD erlegt, wiesen Unterschiede im Rückstandsmuster auf, die Rückschlüsse auf den unterschiedlichen Nutzungsgrad der Areale zulassen (Abb. 8). Maximale Konzentrationen fanden wir bei Tieren aus dem Raum Nordrhein-Westfalen. Abb. 9 zeigt jedoch, welche Bedeutung der genauen Kenntnis über den Nutzungs- und Vegetationstyp des Untersuchungsgebietes zukommt, da auch kleinräumige Unterschiede je nach Standorttreue der Indikatorspecies noch festzustellen sind. Zur Interpretation geographischer Unterschiede im Rückstandspegel von Indikatorspecies ist es daher unzulässig, Großräume ohne Klassifizierung nach Landnutzung, Vegetation und Entfernung von Ballungsräumen zu vergleichen. Zugvögel können insofern als Spezialindikatoren angesehen werden, da sie die Kontamination zweier entfernt liegender Wohnräume widerspiegeln und besonderen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Belastungen während des Zuges ausgesetzt sind. So können in dem einen Quartier noch Chemikalien eingesetzt werden, die in dem anderen Habitat bereits verboten sind. Wie Abb. 10 zeigt, liegen die Rückstandswerte bei Schnepfen mit Ausnahme von DDE im mittleren Bereich vergleichbar anderen Species, während die DDE-Konzentrationen stark nach oben abweichen. Mit einem erhöhten Anteil tierischer Nahrung scheint dies nicht allein erklärbar. Auch die wenigen untersuchten Stare zeichnen sich durch einen extrem hohen DDE-Gehalt aus.

**Trendaussagen** (vergl. auch S. 64)

Stellt man die Rückstandsdaten einer Species im gleichen Raum zur selben Jahreszeit, in aufeinanderfolgenden Jahren gewonnen, gegenüber, so kann man mit Vorsicht zu Trendaussagen kommen. Abb. 11 zeigt die Situation am Hasen. Besonders deutlich sieht man die Folgen des Anwendungsverbots in der BRD im Absinken des Dieldrinspiegels in den Tieren 1975/76 gegenüber 1971/72 während der PCB' und Lindangehalt zugenommen hat. Werte des letzten Jahres lassen jedoch erkennen, daß kein weiterer Konzentrationsanstieg beider Verbindungen erfolgte.

Gegenüber dem signifikanten Absinken der Dieldrinrückstände hat das DDT-Anwendungsverbot in der BRD nicht die erwünschten Folgen, da der DDE-Pegel nicht in demselben Maß abgenommen hat. Hingegen sind die Anfang der 70er Jahre bei Fasanen beobachteten extrem hohen HCB-Werte (bis 300 ppm/Depotfett; MITT. D. HESS. LANDWIRTSCHAFTL. UNTERSUCHUNGSANSTALT DARMSTADT 1972) in den letzten Jahren stark gesunken (Münchner Raum).

| | HCB ppm/Depotfett | | DDE ppm/Depotfett | |
|---|---|---|---|---|
| | 1974/75 | 1977/78 | 1974/75 | 1977/78 |
| Fasan $\bar{x}$ | 7 | 0,08 | 0,2 | 0,17 |
| | (0,4–12) | (0,02–0,4) | (0–0,4) | (0,03–0,5) |
| Marder $\bar{x}$ | 0,9 | 0,22 | 0,18 | 0,2 |
| | (0,3–1,9) | (0,03–0,43) | (0,05–0,26) | (0,13–0,34) |

Diese Entwicklung beschrieben auch BAUM und CONRAD (1978) bei Greifvögeln.

Trotz großer Streuungen der Rückstandswerte vermitteln die Rückstandsuntersuchungen bei freilebenden Indikatororganismen ein Bild der Belastung der Tierwelt mit Umweltchemikalien zwischen den Jahren 1971 – 1978 und zeigen die mehr oder weniger positiven Auswirkungen von Anwendungsverboten für bestimmte Pesticide auf, die mit einer Verzögerung auch in der Rückstandssituation der Tierwelt zum Ausdruck kommen.

**Beurteilung der Rückstandssituation**

Zur Interpretation der erhaltenen Rückstandsdaten gehört die Frage nach der Bedeutung dieser Rückstände für den Konsumenten, das Einzeltier und die Population.

Die Biocidkonzentration beim erlegten, klinisch gesund erscheinenden Pflanzenfresser liegen meist unterhalb der zulässigen Toleranzgrenze für tierische Lebensmittel. Tiere am Ende von Nahrungsketten weisen schon höhere Rückstandsmengen auf, sind aber für uns als Konsumenten nicht bedeutsam.

Auch die hohen Konzentrationen in Fleischfressern allein sind direkt noch nicht schädlich. Es besteht aber die Gefahr, daß Wildtiere anderen Belastungen zusätzlich ausgesetzt sind, denen ein pesticidbelasteter Körper schwerer begegnen kann. Solange aber noch entsprechende toxikologische Untersuchungen fehlen, kann nicht mit letzter Sicherheit eine direkte Schadwirkung der Pesticide auf das Einzeltier oder die Nachkommen angenommen werden. Viele Messungen über Bestandsrückgang, Organveränderungen, Veränderung der Eischale und Reaktionen der Tiere legen jedoch diesen Schluß nahe. Schwerwiegender scheint das Risiko einer indirekten Schädigung der Fauna durch Umweltchemikalien.

Durch die Vernichtung von Schad- und Nutzinsekten durch Insekticide oder intensiven Herbicideinsatz wird vielen Wildtieren die Nahrungsgrundlage gemindert. Beispielsweise sind Jungrebhühner auf einen hohen Anteil animalischer Kost zum Überleben angewiesen. Englische Untersuchungen (POTTS 1973) zeigen, daß bei intensiver Bewirtschaftung mit Pesticideinsatz die Zahl der Insekten (index of insect food) und damit die der überlebenden Rebhühner sinkt (Abb. 12). Da in diesen Gebieten gleichzeitig Herbicide die Vielfalt an Pflanzenarten minderten und durch Flurbereinigungsmaßnahmen auch die Deckungsmöglichkeiten sanken, hatten die Tiere nur in Sozialbrachen noch Chancen. Auch für Bayern konnte REICHHOLF (1976) zeigen, daß von der Vielfalt von Schmetterlingen auf schwach genutzten Arealen zahlen- und artenmäßig wenig Schmetterlinge auf intensiv bewirtschafteten Flächen übrig bleiben, wobei je nach der vorliegenden Monokultur sogar Schädlinge (z. B. Kohlweißling) den Hauptanteil stellten. Andere Tierarten, die sich den Monokulturen vielleicht besser anpassen konnten, wie z. B. der Fasan oder – in geringerem Umfang der Hase – müssen weiteren Problemen begegnen.

Der immer deutlicher ausgeprägte Trend zur Monokultur in großräumiger Bewirtschaftung unter Ausschaltung der Begleitflora beeinträchtigt die Kontinuität der Nahrungsversorgung. Dem üppigen Nahrungsangebot während der Vegetationsperiode der Hauptäsungs-Nutzpflanze steht ein krasser Nahrungsmangel nach Abernten der Nutzfläche gegenüber. Die kritische Ernährungssituation ist also nicht der Winter (an den sich die Tiere langsam gewöhnen können), sondern die abrupte Umstellungsphase des Verdauungssystems auf eine mindere, anders zusammengesetzte Nahrung nach der Ernteperiode, denen z. B. Wildwiederkäuer mit Hilfe ihrer Mikroorganismen im komplexen Vormagensystem leichter begegnen können. Dieses Problem beschrieben ONDERSCHKA (1976) und HOESCH (1979) eingehend an Hasen aus dem Burgenland, doch konnten wir dies auch an Tieren aus dem Münchner Raum an Hand von Magenuntersuchungen und Ermittlung der Nierenfettreserven beobachten. So enthielten weibliche Hasen im Spätherbst noch keine Fettreserven. Geschwächte Tiere sind wiederum anfälliger für Parasitosen und Krankheiten. Fallen die ungünstigen Faktoren im Jahresablauf zeitlich zusammen (vorzugsweise Frühjahr und Herbst), so kann es zu einer Häufung von Todesfällen kommen (vergl. KUTZER 1974).

Tiere mit einer breiteren Nahrungspalette können sich leichter auf andere Nahrungszusammensetzung umstellen. Daneben könnten die Aktionsradien erweitert, andere Lebensräume aufgesucht und die Reproduktionsraten angepaßt werden. Dies schafft wiederum andere Probleme, da die noch günstigen Flächen durch eine erhöhte Wilddichte übernutzt werden, Streßerscheinungen und Schäden auftreten können. Da die Menge an Beutetieren zur Deckung des Nährstoffbedarfs nicht unterschritten werden kann, erfordert die geringer werdende Dichte der Beutetiere im Einzugsbereich eines Greifvogels oder einer Fledermaus immer weitere Beuteflüge. Da diese wiederum mehr Energie kosten, ergibt sich ein Teufelskreis.

Aus dem Vorgenannten ergibt sich, daß Rückstandserhebungen nicht allein betrachtet werden können. Die ökophysiologischen Gesichtspunkte erfordern eine Erweiterung des Kriterienkatalogs für eine geeignete Indikatorspecies, der eingehend auf dem Int. Workshop 1978 in Berlin diskutiert wurde und hier kurz skizziert werden soll:

1. Expositionswahrscheinlichkeit, bestimmte Reaktion und bekanntes Kumulationsverhalten der Species im Hinblick auf die zu überwachenden Umweltchemikalien
2. Verbreitung und Vorkommenshäufigkeit der Species

a) Für nationale oder auch internationale Überwachungsprogramme sollte die Indi-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

katorspecies oder eine vergleichbare Species weit verbreitet und leicht erhältlich sein.
b) Da der Rückstandsspiegel über einen weiten Bereich streut, soll die Species so häufig sein, daß genügend Proben pro Gebiet und Probenzeitraum gesammelt werden können.
c) Da die Variationen z. T. auf Unterschiede im Alter, Geschlecht, Kondition, Fortpflanzungsstadium sowie unterschiedliche Phasen der Pesticidkumulation zurückgehen können, sollten genügend Exemplare in Hinblick auf o. a. Charakteristika zur Verfügung stehen.
3. Vorhandene Daten und Erhebungsmöglichkeiten über die Bestandsentwicklung der Species
4. Hintergrundinformation über Populationsdynamik, Ökologie, Physiologie, Ernährungsmuster u. a. über die Species
5. Arealtreue (Spezialindikatoren: Zugvögel)
6. Bestimmter Aktionsradius
7 Bestimmte Stoffwechselgröße
a) hinsichtlich der Materialgewinnung
b) hinsichtlich eines bestimmten Verhältnisses Nahrungsmenge zur Körpergröße
8. Stellung als Konsument in der Nahrungskette und Ernährungsverhalten Herbivor, Carnivor, Insectivor, Generalist, Spezialist
9. Beziehung zum Menschen
a) als Nahrungsmittel
b) als Konsument einer ähnlichen Nahrungspalette
10. Zugänglichkeit des Materials
11. Möglichkeit zur Stellung von Differentialdiagnosen
12. Durchführbarkeit von Tierversuchen oder Verwandtschaft zu Versuchstierspecies.

Kaum eine Species erfüllt alle diese Forderungen, so daß es sinnvoll ist, mindestens drei Tierarten unterschiedlicher Stellung im Nahrungsnetz in ein Umwelt-Überwachungsprogramm einzubeziehen.

**Zusammenfassung**

Am Beispiel der Organohalogenrückstände wurde versucht, die Eignung verschiedener freilebender Tierarten als Umweltanzeiger für eine mögliche Belastung durch Umweltchemikalien zu testen. Die Angaben beruhen auf 2500 Rückstandserhebungen an 83 Tierarten aus den Jahren 1971-1979. Mit Ausnahme von zwei Tieren enthielten alle Proben Rückstände, in 100 % der Fälle HCB, Lindan, p,p-DDE und in den letzten Untersuchungsjahren auch die PCB's. Trotz großer individueller Streuungen bedingt durch das heterogene Tiermaterial – abgesehen von Schwankungen, die auf Unterschiede in der Lebensweise, Jahreszeit und Biotopwahl zurückzuführen sind – geben die Daten Trends in der Rückstandssituation der Tierwelt wieder. Regionale Unterschiede in der Belastung entsprachen der verschieden intensiven Nutzung der Gebiete. Carnivora und Insectivora enthielten größere Rückstände als Herbivora, doch innerhalb einer Ernährungsgruppe ergaben sich ebenfalls Abweichungen im Rückstandsmuster, wobei einzelne Arten signifikant in ihrer Rückstandsbelastung herausragten. Aus den Erhebungen wie auch durch Einbeziehung ökophysiologischer Gesichtspunkte ergab sich ein Kriterienkatalog an Forderungen, die eine repräsentative Indikatorart erfüllen müßte. In ein Monitoring-Programm sollten jedoch mindestens drei Tierarten unterschiedlicher Stellung im Nahrungsnetz einbezogen werden.

**Danksagung**

Die vorliegenden Indikatorstudien waren nur mit Unterstützung des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen und der Kommission der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaften möglich, denen an dieser Stelle unser Dank ausgesprochen sei. Frau Dr. L. Busch, Frau M. Kroczek, Frl. U. Moie und Frl. G. Reff gilt der Dank für ihre analytische Mitarbeit. Für die Mithilfe bei der Materialgewinnung danken wir Frau Dr. W. Lutz, den Herren Dr. Schneider, Dr. Nemetschek, Dr. v. Braunschweig, Dr. Hutterer, Forstrat von Eggeling sowie zahlreichen Mitarbeitern von bayerischen Forstämtern und Privatrevieren, insbesondere dem Forstamt Berchtesgaden und der Sach'schen Jagd- und Forstverwaltung.

# Literatur

BAUM, F.; CONRAD, B.; SCHNEIDER U., 1975:
Rückstandsuntersuchungen auf chlorierte Kohlenwasserstoffe in Eiern wildlebender Vögel. Wildlife Disease Conf., ed. L. A. Page, 641-648.

BAUM, F.; CONRAD, B., 1978:
Greifvögel als Indikatoren für Veränderungen der Umweltbelastung durch chlorierte Kohlenwasserstoffe, Tierärztliche Umschau 33, 661-680.

BRÜGGEMANN, J.; BUSCH, L.; DRESCHER-KADEN, U., 1977:
Changes of Pesticide Residue levels in different animal species of some habitats in the GFR from 1970-1976.
Transact. Int. Un. Game Biol., Atlanta, 125-135.

CONRAD, B., 1977:
Die Giftbelastung der Vogelwelt Deutschlands. Kilda Verlag.

DRESCHER-KADEN, U.; HUTTERER R.; LEHMANN, VON E., 1978:
Rückstände von Organohalogenverbindungen in Kleinsäugern verschiedener Lebensweise aus dem Rheinland.
Bonn: Decheniana, 131, 266-273.

DRESCHER-KADEN, U., i. Dr.:
Rückstände an Organohalogenverbindungen in freilebenden Tierspecies.
Forschg.ber. (03 7110) des Bundesminister. f. Forschung und Technologie, KFA Jülich-Berichte.

HOESCH, R., 1979:
Hasensterblichkeit. Wild und Hund, 1, 25-27.

HUTTERER, R.; DRESCHER-KADEN, U., i. Dr.:
Rückstände in Kleinsäugern verschiedener Lebensweise aus dem Rheinland.
Mitt. 2, Dechaniana
Fütterungsversuche mit Organohalogenverbindungen an Spitzmäusen (Crocidura russ.)

KÖLLING, K., 1974:
Ist der Einsatz von Bioziden in der Nahrungsmittelproduktion trotz verschiedener Risiken für die Umwelt gerechtfertigt?
Ernährungs-Umschau, 21, 139-141.

KUTZER, E.; FREY, H., 1974:
Feldhasenproblem. Österr. Weidwerk, 3, 95 S.

MITTEILUNGEN D. HESS. LANDWIRTSCHAFTL. UNTERSUCHUNGS-ANSTALT, 1972:
Darmstadt, per litt.

ONDERSCHKA, K., 1976:
Hasen in der Monokultur, Wild und Hund, 16, 718-719.

PEAKALL, D. B.; CADE, T. J.; CLAYTRON, W. M.; HAUGH, J. R., 1975:
Organochlorine residues in Alaskan peregrines. Pestic. Monit. J., 8, 255 S.

POTTS, G. R., 1973:
The grey partridge: Problems of quantifying the ecological effects of pesticides:
Transact. Int. Un. Game Biolog. 405-441.

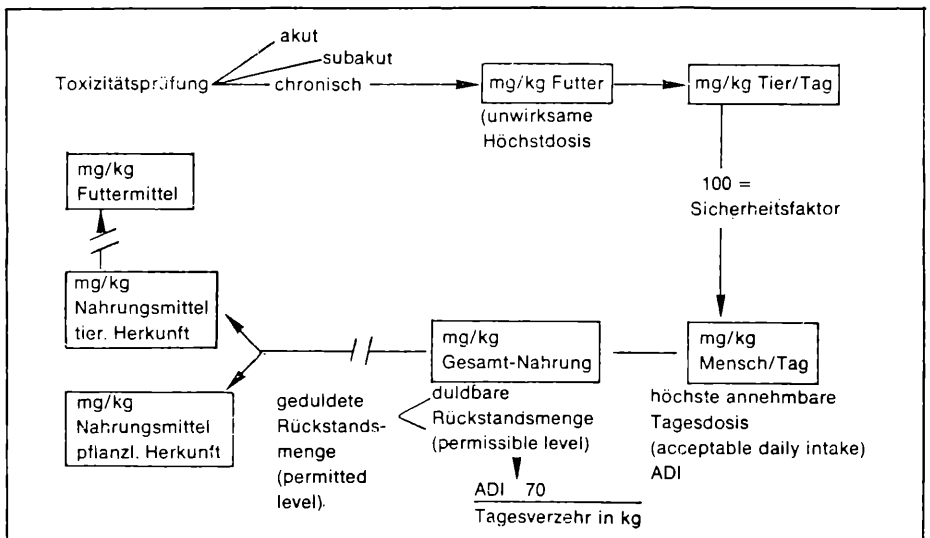
RATCLIFFE, D. A., 1967:
Decrease in eggshell weight in certain birds of prey. Nature, 215, 208 S.

REICHHOLF, J., 1976:
Landschaftsstruktur und Artenvielfalt.
Nationalpark, 12, 16-19.

WALLNÖFER, P., 1978:
Abschlußbericht: Forschungsvorhaben »Anreicherung von Umweltchemikalien (Organochlorverbindungen) in Amseleiern aus charakteristischen Biotopen«.
Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltplanung.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

**Abbildung 1**




Verfahren zur Aufstellung von Pestizid-Rückstandstoleranzen in den Nahrungsmitteln

**Abbildung 2**

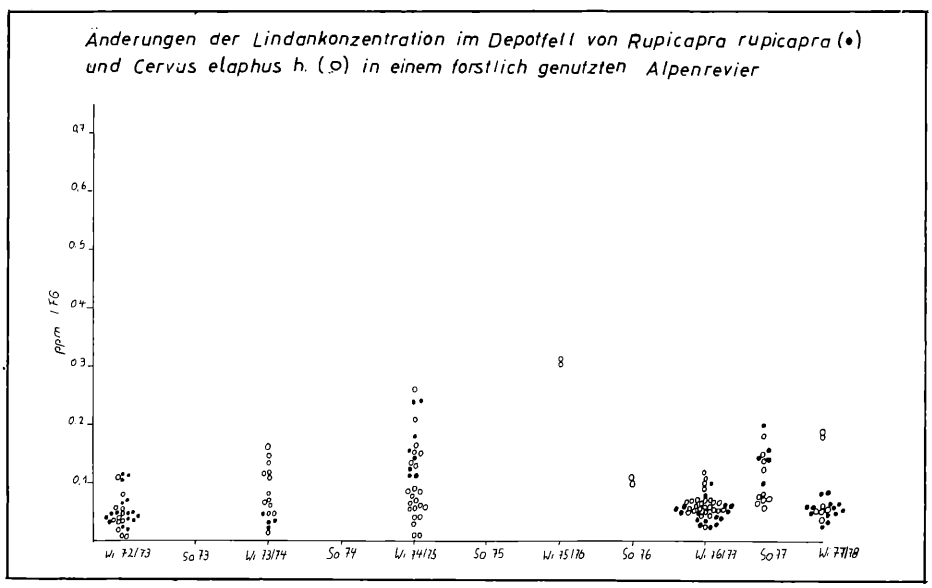
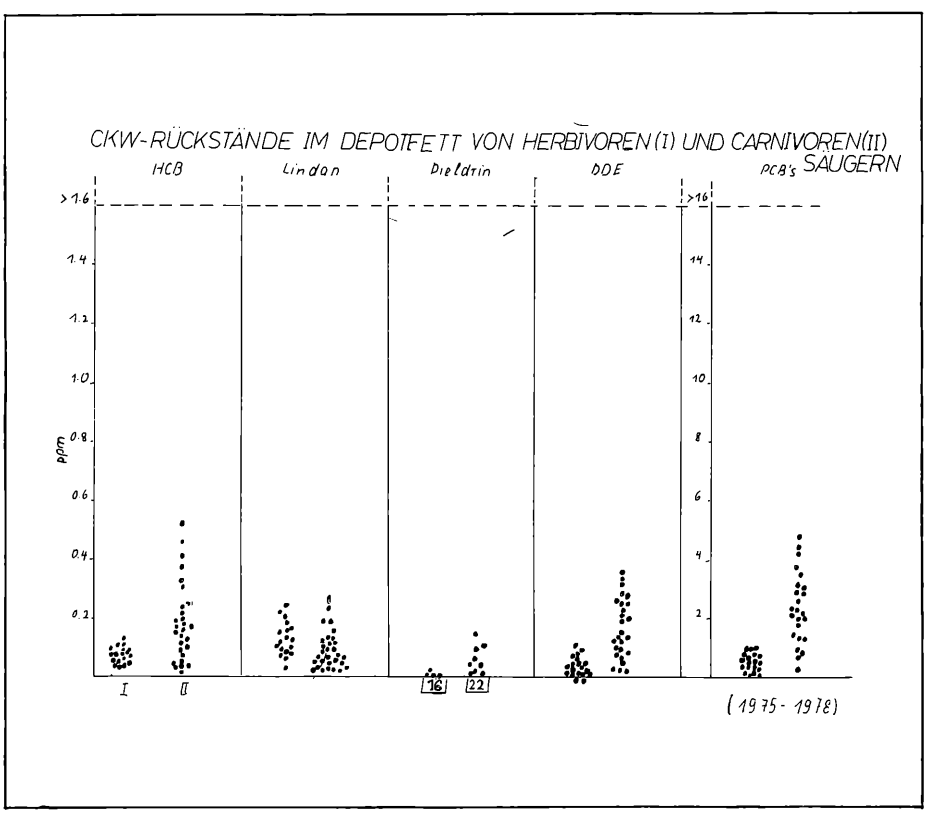



**Abbildung 3**



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

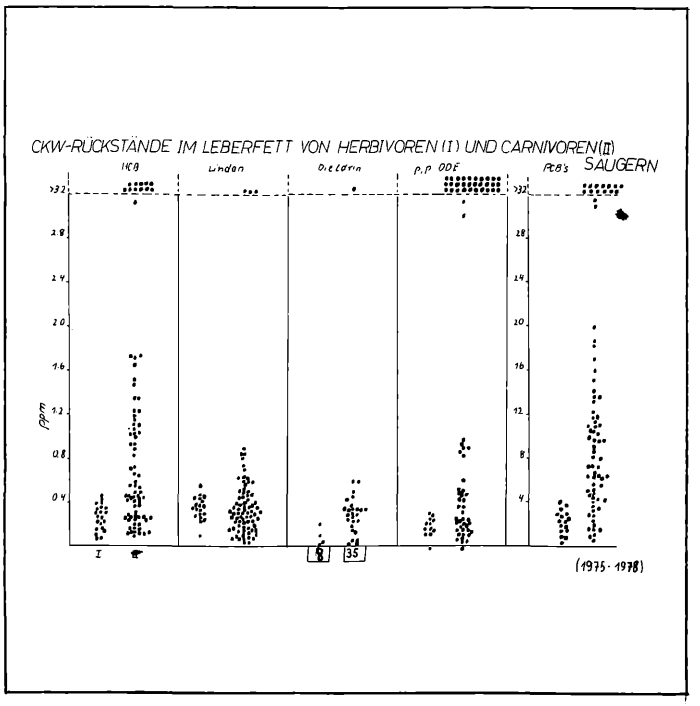



Abbildung 4

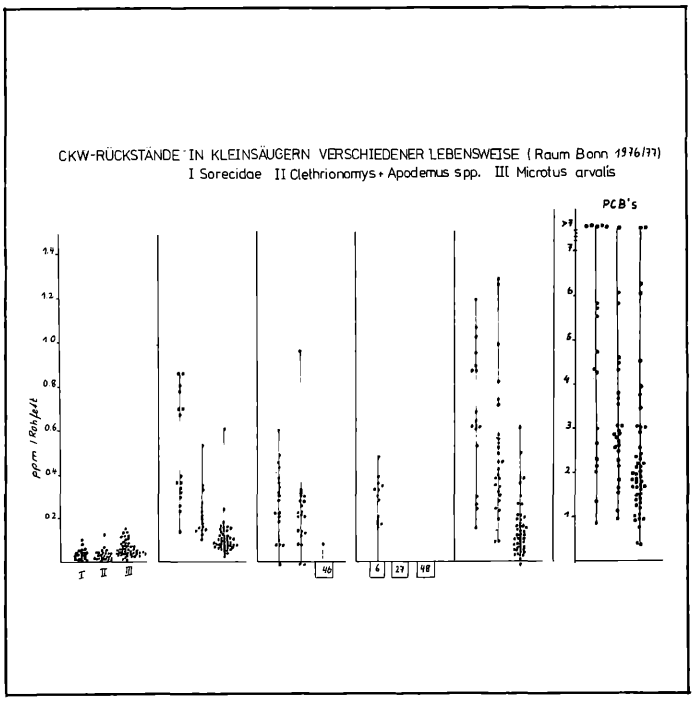



Abbildung 5

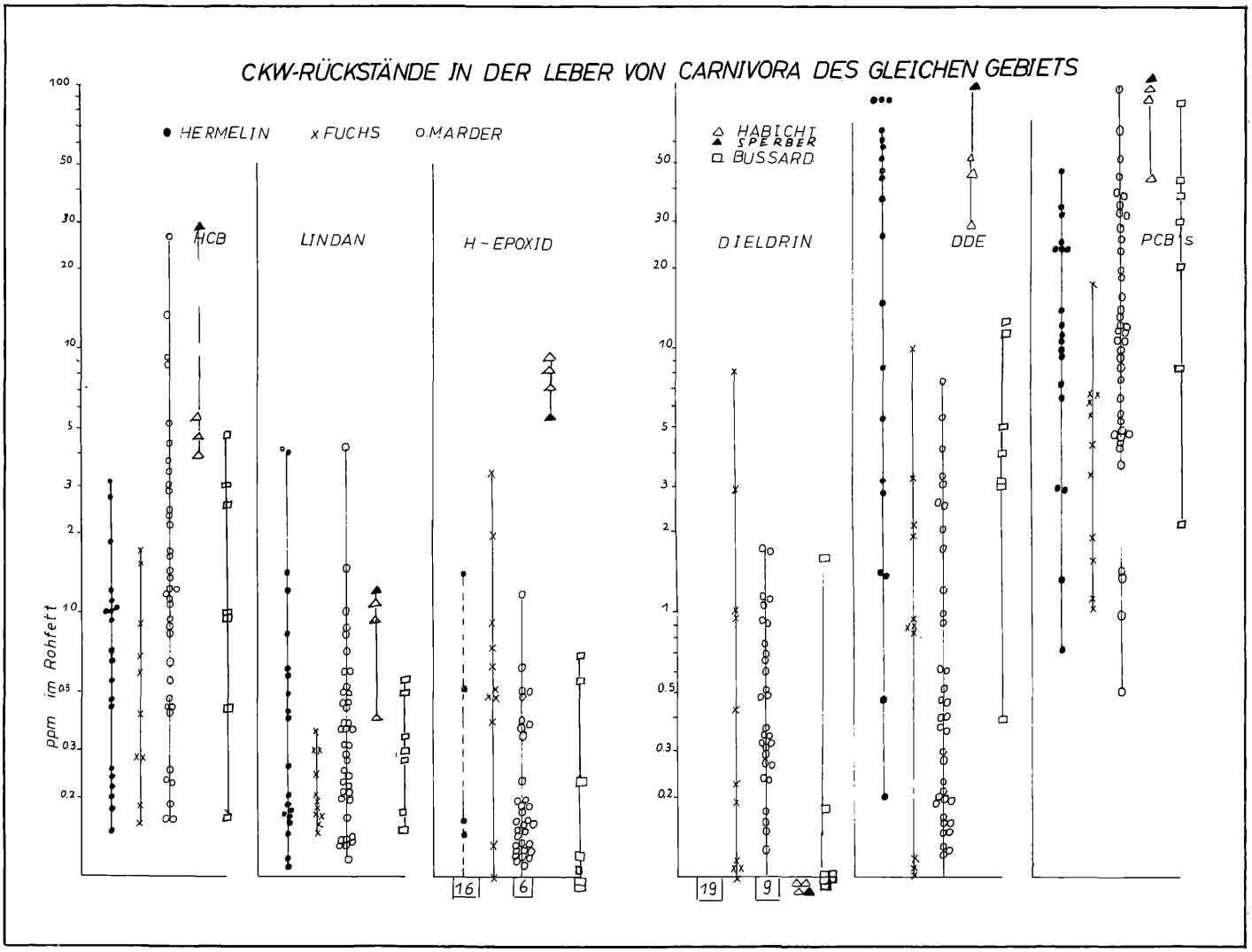



Abbildung 6

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

**Abbildung 7**

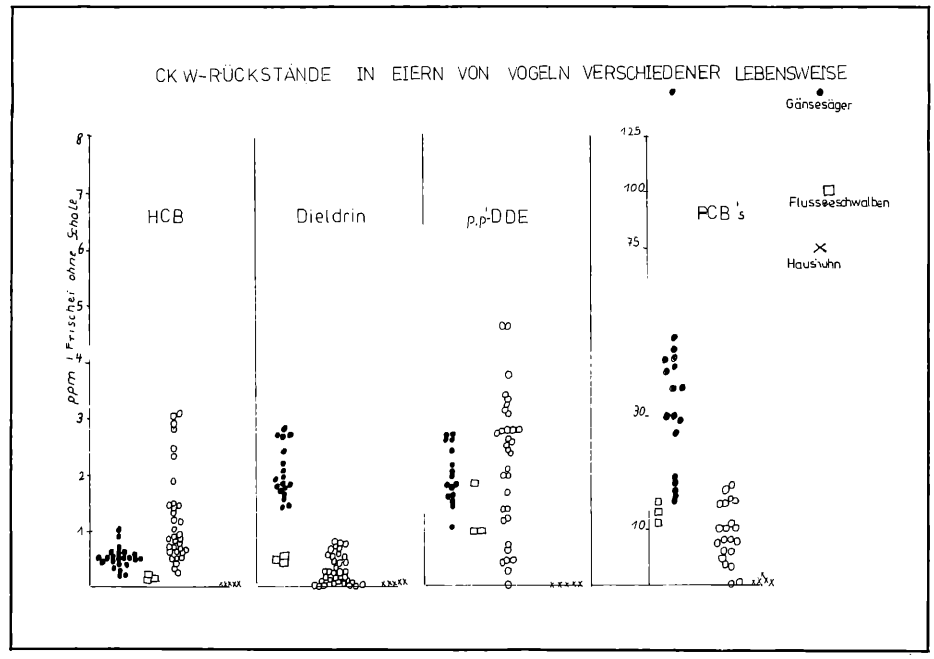



**Abbildung 8**

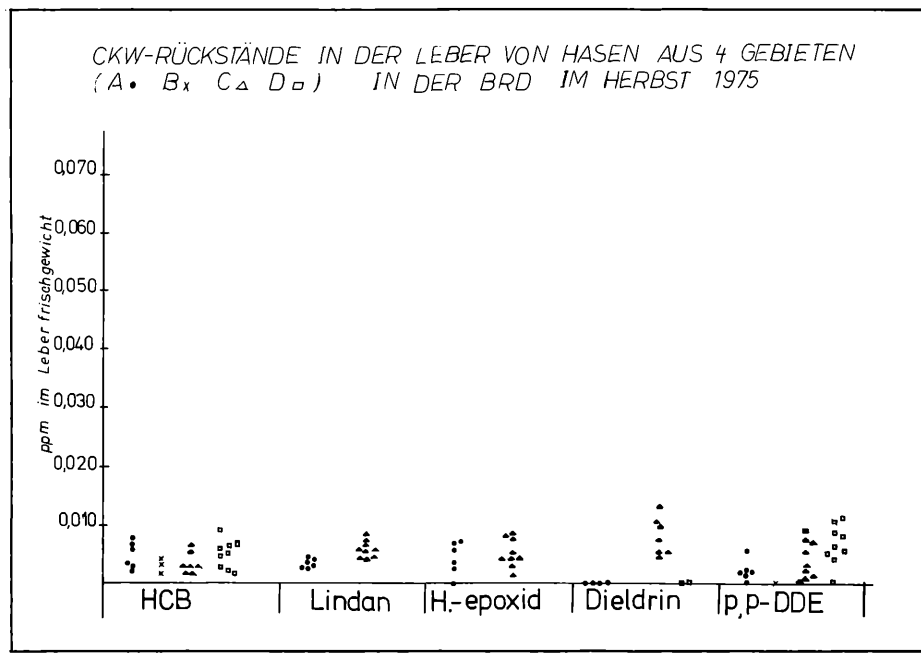
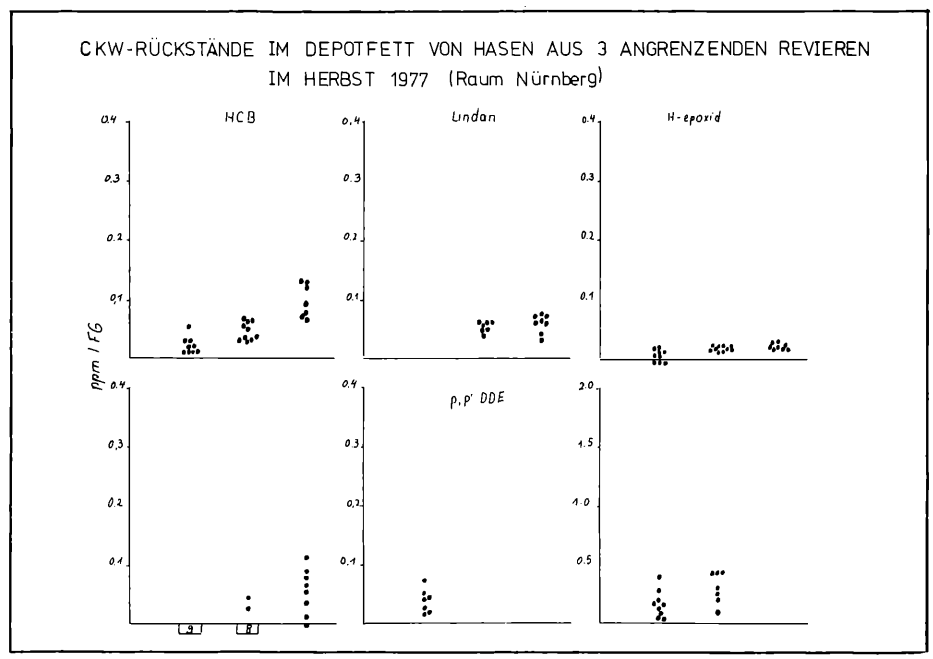



**Abbildung 9**



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

**Abbildung 10**

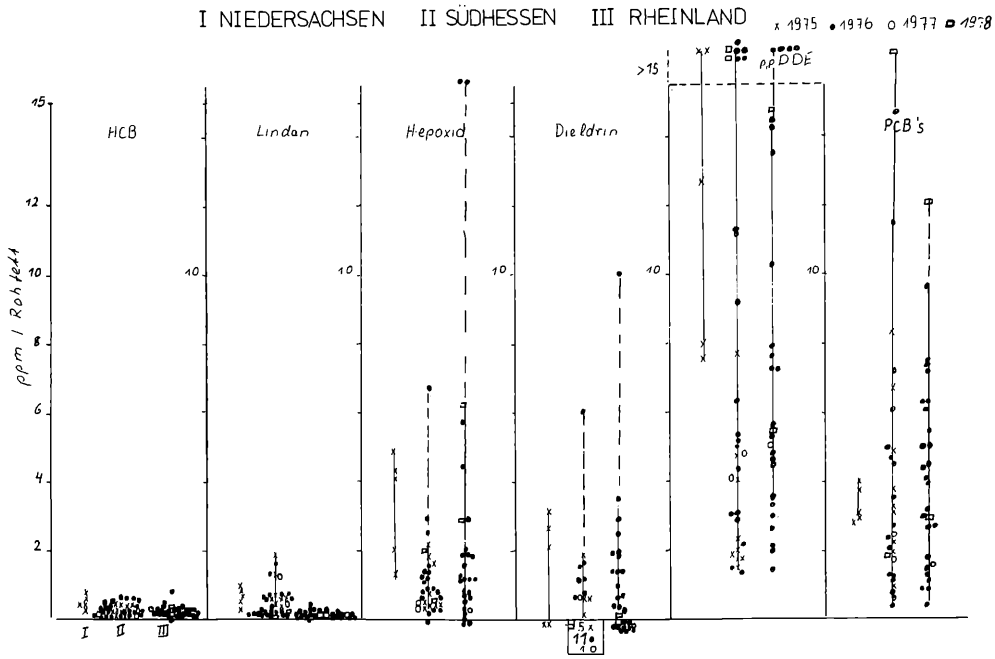



**Abbildung 11**

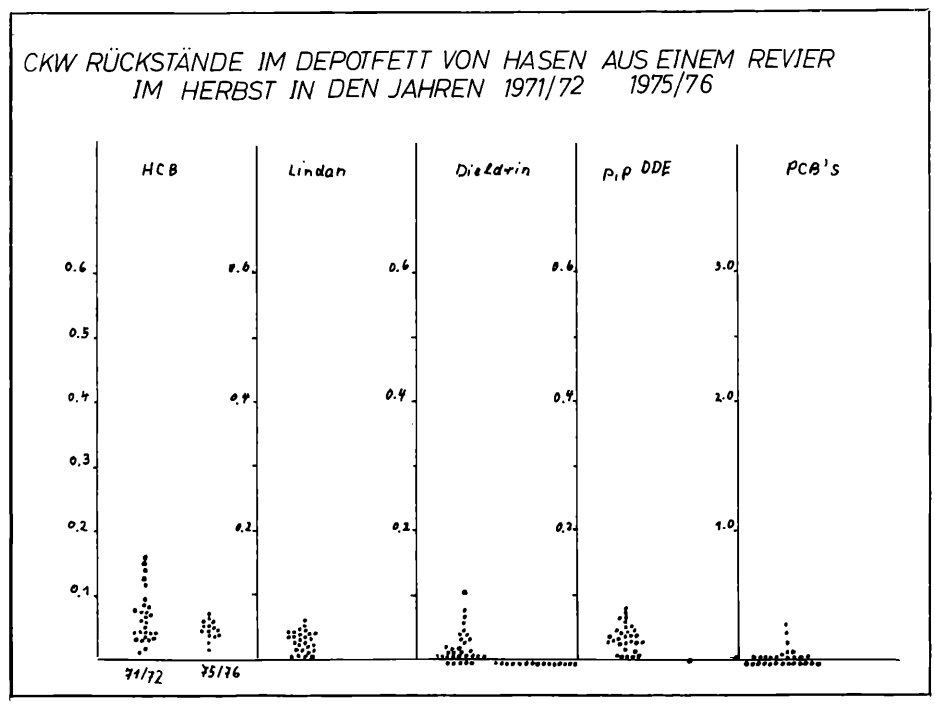
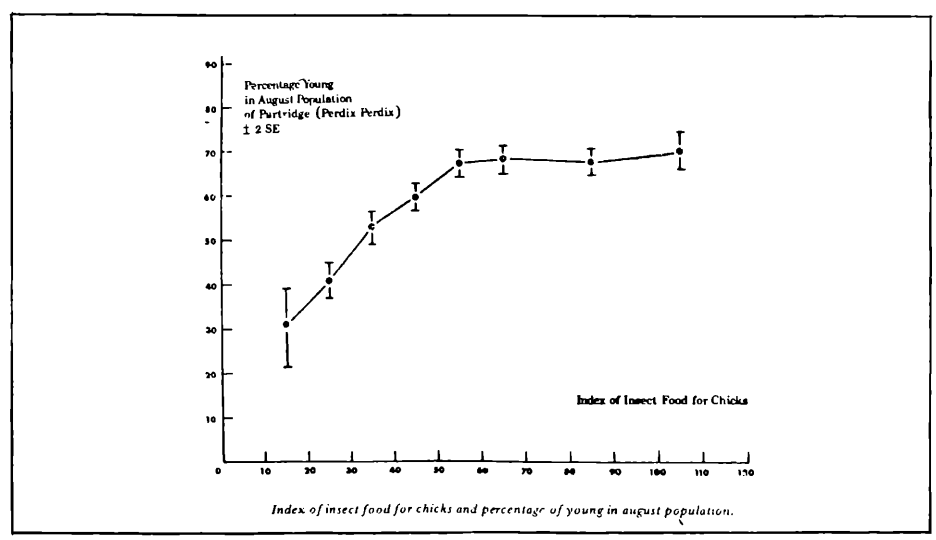



**Abbildung 12**



# 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: 1979

Band/Volume: 3_1979

Autor(en)/Author(s): Drescher-Kaden Ute

Artikel/Article: Möglichkeiten und Probleme des Einsatzes freilebender Tierspecies als Indikatoren für die Rückstandsbelastung mit Umweltchemikalien 64-72