Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 73 (1982)

Heft: 4

Artikel: Akkumulierung und Exkretion von Perchlorethylen bei Legehennen nach oraler Verabreichung = Accumulation and excretion of perchloroethylene in laying hens after oral administration

Autor: Zimmerli, B. / Guler, H.P. / Schlatter, Ch.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-983464

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 73, 438–454 (1982)
Eingegangen 23. September 1982. Angenommen 14. Oktober 1982

Akkumulierung und Exkretion von Perchlorethylen bei Legehennen nach oraler Verabreichung*

Accumulation and Excretion of Perchloroethylene in Laying Hens after Oral Administration

B. Zimmerli
Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern

H. P. Guler
Schweizerische Geflügelzuchtschule, Zollikofen

Ch. Schlatter
Institut für Toxikologie der ETH und Universität Zürich, Schwerzenbach

Technische Assistenz:
H. Zimmermann, Therese Marschall, F. Müller und *O. Blaser*

Einleitung

Perchlorethylen (C_2Cl_4, Per) wird unter anderem als Fettextraktionsmittel bei der Tierkörperbeseitigung verwendet. In den anfallenden Fleisch-, Knochen- und Fleischknochenmehlen sowie den Tierkörperfetten bleiben, je nach Verfahren, unterschiedliche Mengen Per zurück. Die aus den Tierkörpern gewonnenen Produkte finden als Zusätze (1–5 Gew.-%) zu Futtermitteln (Schweine, Hühner, Rinder, Fische, Milchkühe) Verwendung. Per-Rückstände sind daher auch in den entsprechenden Lebensmitteln zu finden (1, 2).

Zur Exkretion der Organochlorpestizide und anderer halogenhaltiger lipophiler Kohlenwasserstoffe via Hühnereier sowie ihrer Speicherung im Körper von Hühnern liegen verschiedene Untersuchungen vor (3–5); entsprechende Studien mit Per sind jedoch nicht verfügbar. Im Hinblick auf die Festlegung von Höchstkonzentrationen für Per-Rückstände in Futtermitteln und Lebensmitteln tierischer Herkunft wurde der vorliegende orientierende Fütterungsversuch mit Legehennen vorgenommen.

Der Metabolismus und die Toxikologie von Per wurden im Vergleich zu anderen Industriechemikalien relativ gut untersucht (6–12).

* Teilergebnisse dieser Studie wurden publiziert: Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 73, 71–81 (1982).

Plattfische, die 3—35 Tage einer Per-Konzentration im Wasser von 0,3 mg/kg ausgesetzt waren, wiesen im Fleisch bzw. in der Leber Gehalte von 2,8 bzw. 113 mg/kg auf (14). Bei *Forellen* wurde für den Per-Gehalt des Muskelfleisches eine Halbwertszeit von 8,4 ± 3,1 h und ein Biokonzentrationsfaktor (Verhältnis der Geschwindigkeitskonstante von Aufnahme und Elimination) von 39,6 ± 5,5 ermittelt; die entsprechenden Werte für Hexachlorbenzol betragen 291 ± 49 h und 7880 ± 350 (15).

Bei oraler Verabreichung (einmalige Dosis, 500 mg/kg Körpergewicht) von Per an *Mäuse* wurde der allergrößte Teil (> 80%) des zugeführten Pers innerhalb 72 h unmetabolisiert via Atemluft ausgeschieden. Kleinere, via Inhalation aufgenommene Mengen (10 ppm in der Luft, 6 h Exposition), wurden vorwiegend (> 60%) in Form von Metaboliten via Urin ausgeschieden. Nur ein geringer Teil wurde dabei via ausgeatmete Luft als unverändertes Per ausgeschieden.

Demgegenüber wurden durch die *Ratte* (10) inhalatorisch oder oral aufgenommene Per-Mengen (sowohl kleine wie auch große Dosen) mit einer Halbwertszeit von etwa 7 h innerhalb 72 h zum überwiegenden Teil (> 70%) in unveränderter Form via Lunge ausgeschieden. Bei Ratten, denen während 4—12 Wochen Per in Mengen von 2—4 mg/kg Körpergewicht/Tag oral verabreicht worden war, ergaben sich eine Woche nach dem Absetzen des Per-haltigen Futters Per-Konzentrationen im Fettgewebe von 0,4—1 mg/kg (13).

Für die Halbwertszeit von Per im Fettgewebe des *Menschen* und dessen Exkretion via Lunge wurde ein Wert von 71,5 h berechnet und experimentell bestätigt (12). Eine Schätzung anderer Autoren ergab für die Exkretion via Lunge in guter Übereinstimmung eine Halbwertszeit von 65 h und für die Exkretion als Metaboliten (Trichlorverbindungen) via Urin eine solche von 144 h (9).

Aus dem Verdauungstrakt von *Milchkühen* wurde Per schnell resorbiert und in einer ersten Phase auch rasch aus dem Blut eliminiert. In dieser Phase erfolgte in hohem Maße eine Per-Ausscheidung in die Milch (2). Ein in der gleichen Arbeit beschriebener 14tägiger Fütterungsversuch an 3 Milchkühen (100 mg Per/Kuh/Tag) ergab während dieser Zeit einen mittleren Übergang aus dem Futter in die Milch von rund 1%. Eine Stunde nach der Per-Verabreichung ergaben sich in der Milch Konzentrationen im Bereich von 80—200 μg/kg; etwa 12 Stunden später im Mittel noch ca. 25 μg/kg (2).

Experimentelles

Material und Methoden

Als *Versuchstiere* dienten 72 Legehennen einer Mischpopulation (Alter 23 Wochen), die gemeinsam an der Geflügelzuchtschule erbrütet und unter gleichen klimatischen Bedingungen aufgezogen worden waren. Die Einstallung erfolgte am 9. April 1981 in das vordere Ende einer dreistöckigen Batteriereihe (Marke Swift), wobei nur die obersten beiden Etagen für den Versuch benützt wurden. In

jedem Käfig befanden sich zu Versuchsbeginn drei Hennen, was einer Besatzdichte von 533 cm^2/Tier und einem Futtertroganteil von 13,3 cm/Tier entsprach. Es wurden vier Gruppen [A (Kontrolle), B, C, und D] à je 18 Tiere gebildet. Auf der obersten Etage befanden sich die Gruppen C und B, darunter die Gruppen D und A, wobei C und D sowie B und A je auf der gleichen Seite festgelegt wurden.

In den übrigen Käfigen des Stallabteils (Raumvolumen ca. 375 m^3) wurde die übliche Legeleistungsprüfung (ca. 1200 Legehennen) durchgeführt. Der Stall war mit einer Gleichdrucklüftung (Leistung 2 x 6000 m^3/h) ausgerüstet und fensterlos. Die tägliche Beleuchtungsdauer (künstliches Licht) wurde während des Versuchs von anfänglich 12 h allmählich auf 14 h erweitert. Wasser (Per-Gehalt < 1–2 μg/l) und Futter standen den Tieren ad libitum zur Verfügung.

Die Junghennen erhielten bis 13 Tage vor Versuchsbeginn ein für dieses Alter in der Geflügelaufzucht übliches Futter, das 1,25 Gew.-% Fleischmehl enthielt und eine Per-Konzentration von ca. 2 mg/kg aufwies. Während der folgenden 13 Tage wurde daher ein Per-freies Futter verabreicht. Die mittleren Per-Gehalte der Eier (Volleihomogenisat) der vier Versuchsgruppen verminderte sich in dieser Zeit wie folgt (in Klammern Anzahl Tage vor Beginn der Per-Verabreichung): 46 μg/kg (11 Tage), 24 μg/kg (8 Tage), 4 μg/kg (5 Tage) und < 3 μg/kg (1 Tag); geschätzte Halbwertszeit 2 Tage.

Sämtliche *Versuchsfutter* wurden in der betriebseigenen Futtermischanlage hergestellt und wiesen die in der Tabelle 1 zusammengefaßten Nährwerte auf. Alle für die Tiergruppen A, B, C und D während des Versuchs verwendeten Futtermischungen enthielten stets 5 Gew.-% Fleischmehl. Die theoretisch vorgesehenen Per-Gehalte (20, 100 und 500 mg/kg) konnten annähernd durch anteilmäßiges Mischen eines «natürlich» kontaminierten Fleischmehls ($\sim$ 18 000 mg/kg) mit einem «Per-freien» ($\leq$ 0,1 mg/kg) erreicht werden. 22 Tage nach der erstmaligen Verabreichung des Per-haltigen Futters mußten neu zubereitete Mischungen verfüttert werden, wobei sich gegenüber den ersten Chargen Unterschiede in den Per-Gehalten ergaben (vgl. Tabelle 3).

Erhebungen

Während des ganzen Versuchs wurden in der Regel täglich *Futterproben* direkt aus den Futtertrögen der verschiedenen Tiergruppen entnommen und eine Mischprobe pro Tiergruppe bezüglich Per untersucht. Zur Vermeidung allfälliger Kontaminationen wurden stets zuerst die Proben der Kontrollgruppe A, dann B, C und D erhoben.

Die *Eier* der vier Tiergruppen wurden täglich registriert und jeweils 5 Stück pro Gruppe in der Regel noch am gleichen Tag in Form von Volleihomogenisat-Mischproben bezüglich Per analysiert. Eierproben, die nicht sofort analysiert werden konnten, was für diejenigen nach dem Wechsel auf Per-freies Futter zutraf, wurden im Kühlraum bei etwa 5 °C bis zur Analyse gelagert (max. 30 Tage). Ab 55 Tagen nach Versuchsbeginn waren infolge der verminderten Tierzahl (Schlachtungen) jeweils nicht mehr 5, sondern in der Regel nur noch 2 bis 3 Eier verfügbar.

Tabelle 1. Berechnete und analysierte Gehaltswerte der Versuchsfutter

		Berechnet	Analysiert[1]				
			LLP[2]	A	B	C	D
Umsetzbare Energie (UE)	(MJ/kg)	11,2	11,5	11,1	11,1	11,1	11,0
Rohprotein (RP)	(%)	16,4	16,0	16,3	16,1	16,2	16,0
UE / RP		0,68	0,72	0,68	0,69	0,69	0,69
Rohfaser	(%)	3,9	3,3	4,1	4,1	3,7	3,6
Wasser	(%)	—	11,1	11,2	11,1	11,0	11,0
Rohasche	(%)	—	13,6	12,0	11,5	12,6	13,9
Rohfett	(%)	—	4,1	2,7	3,0	2,0	2,8
Stärke (nach Ewers)	(%)	—	41,0	41,2	40,9	40,9	40,5
Zucker	(%)	—	3,3	3,4	3,4	3,3	3,2
Calcium	(%)	3,6	—	—	—	—	—
Phosphor (gesamt)	(%)	0,7	—	—	—	—	—
Methionin + Cystin	(%)	0,6	—	—	—	—	—
Lysin	(%)	0,8	—	—	—	—	—

— = Nicht bestimmt.

[1] Eidg. Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Grangeneuve/Posieux.

[2] LLP = Futter der Legeleistungsprüfung der Schweizerischen Geflügelzuchtschule, Zollikofen.

Pro Schlachttermin wurden immer 3 Tiere je Gruppe gleichzeitig geschlachtet. Zur Vermeidung von Kontaminationen erfolgte stets zuerst die Schlachtung der Tiere der Kontrollgruppe A, dann diejenige von B, C und D. *Blut, Hirn, Leber, Brustfleisch, Brusthaut (inkl. Fett)* sowie *Abdominalfett* wurden anschließend sofort analysiert. Nach Vorliegen der Resultate wurde in der Regel der nächste Schlachttermin festgelegt. Von der Leber wurde jeweils ein Stück in Formalinlösung (4%) für die spätere histologische Untersuchung konserviert.

Luftproben in der Nähe der Käfige wurden im Verlauf des Versuches an 2 Tagen (2mal pro Tag) erhoben: Luftvolumen zwischen 50 und 70 l (korrigiert für Druckabfall) wurden durch Chromosorb 102 gesaugt (zwei Absorptionsröhrchen in Serie mit total 0,6 g Adsorbens, entsprechend total 6 cm aktiver Säulenlänge). Anschließend wurde Per mit etwa 45 ml Diethylether pro Absorptionsröhrchen eluiert. Zwei Zusatzversuche (10 μg Per zu Chromosorb 102) ergaben nach Durchsaugen von 70 l Luft (Lufttemperatur ca. 20 °C) Wiederfindungsraten von rund 60%. Für Details der Luftprobenahme wird auf die Literatur (16) verwiesen.

Die *Legeleistung* und die *Mortalität* wurden täglich, der *Futterverzehr,* die *Eigewichte* sowie die *Abgangsursachen* periodisch ermittelt. Der *Nährstoffgehalt der Futter* wurde einmal analysiert (Tabelle 1).

Analytik

Eihomogenisat (4 g) wurde direkt mit Isooctan extrahiert (1). Alle übrigen Proben wurden in Gegenwart von verdünnter Schwefelsäure (ca. 18 Gew.-%) einer Wasserdampfdestillation unterworfen, wobei überdestilliertes Per in Isooctan aufgefangen wurde (1). Die Probenmengen lagen im Bereich von ca. 3 g (Hirn) bis zu rund 35 g (Blut, Leber, Fett, Futter). Die Isooctanextrakte wurden ohne weitere Reinigung gaschromatographisch mit dem Elektroneneinfangdetektor untersucht. Einzelne Extrakte (z. B. Abdominalfettproben) wurden auch mit dem halogenspezifischen Hall-Detektor (Tracor, Mod. 56/700 A) analysiert. Die durch Zusatzversuche ermittelten Wiederfindungsraten betrugen für den Konzentrationsbereich 0,01—100 mg/kg stets mehr als 85%. Leerwertuntersuchungen wurden periodisch durchgeführt. Außer bei den Luftproben wurden für Wiederfindungsraten keine Korrekturfaktoren verwendet. Die detaillierten Arbeitsvorschriften finden sich in der Literatur (1).

Resultate

Leistungsergebnisse

Da in dieser orientierenden Studie vor allem die Rückstandsbildung interessierte, wurde der Versuchsumfang für die Ermittlung der Leistungsergebnisse bescheiden gehalten (keine Wiederholungsgruppen). Eine statistische Auswertung der Leistungsergebnisse war deshalb nicht möglich. Die ermittelten Daten sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Im Verlauf des Versuches starb kein Tier vorzeitig, so daß alle Tiere für die weiteren Untersuchungen verfügbar waren. Eines der Versuchstiere der Gruppe D war am Versuchsende aus unerklärlichen Gründen derart mager, daß kein Abdominalfett entnommen werden konnte.

Per-Gehalte der Luft

Eine Schätzung der Per-Konzentration in der Luft ergab 44 Tage nach Beginn der Verabreichung des Per-haltigen Futters rund 25 $\mu g/m^3$ (Lufttemperatur 21 °C). 20 Tage nach dem Wechsel auf Per-freies Futter lieferte eine analoge Schätzung noch etwa 8 $\mu g/m^3$ (Lufttemperatur 23 °C) bzw. 1 μg m^3 (Lufttemperatur 28 °C) (vgl. bei steigender Raumlufttemperatur wurde die Lüftungsrate des Stalls erhöht).

Aus der geschätzten Per-Konzentration in der Luft (25 $\mu g/m^3$) und dem angenommenen mittleren Atemvolumen von 2,2 m^3/Tag (17) ergibt sich im Mittel pro Huhn ein tägliches Per-Angebot via Luft von etwa 55 μg, was im Fall der tiefsten Dosisgruppe (B) maximal etwa 4% des Angebotes via Futter entspricht. Im Fall der Kontrollgruppe ist jedoch das Angebot via Luft (55 μg) etwa dreimal grö-

Tabelle 2. Leistungsergebnisse

Zeitperiode	Tiergruppe	Futterverzehr (g/Tier/Tag)	Futterverbrauch (g/Ei)	Legeleistung[1] (%)	Eigewicht inkl. Schale (g/Ei)	FVI[2]
29. 4. – 11. 5. 1981 (13 Tage)	A	89,7	253,0	41,9	–	–
	B	88,9	233,7	44,9	–	–
	C	88,0	216,8	48,0	–	–
	D	90,6	203,8	52,5	–	–
Per-haltiges Futter 12. 5. – 28. 6. 1981 (48 Tage)	A	115,2	147,9	77,9	55,6	2,66
	B	114,8	131,9	87,1	55,5	2,38
	C	113,5	129,1	87,9	54,7	2,36
	D	110,3	130,9	84,2	55,0	2,38
Per-freies Futter 29. 6. – 20. 8. 1981 (53 Tage)	A	117,2	131,7	89,0	57,9	2,28
	B	115,8	121,1	95,6	58,1	2,08
	C	126,3	131,2	96,3	57,5	2,28
	D	113,2	128,9	87,8	57,6	2,24

– = Nicht bestimmt.
[1] 1 Ei pro Tag und Huhn entspricht einer Legeleistung von 100%.
[2] FVI = Futterverwertungsindex (= Verhältnis von kg-Futter pro kg-Eigewicht).

ßer als via Futter (18 µg). Zum Zeitpunkt, als die Schätzung der Per-Konzentration in der Luft vorgenommen wurde, enthielten die Eier der Kontrollgruppe im Mittel 4 µg Per/kg und das Abdominalfett rund 60 µg/kg. Diese Gehalte können nicht allein durch den Per-Gehalt des Futters erklärt werden.

Die Tatsache, daß sich die Per-Konzentration in den Eiern der Kontrollgruppe nach dem Wechsel auf Per-freies Futter ebenfalls verminderte, deutet darauf hin, daß das in der Luft enthaltene Per direkt aus dem Per-haltigen Futter stammte (Verdampfung) oder aber, was viel wahrscheinlicher ist, von den Tieren ausgeatmet wurde.

Per-Gehalte des Futters

Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Per-Analysen gibt Tabelle 3. Für die an unterschiedlichen Tagen aus den Futtertrögen erhobenen Mischproben ergaben sich für die Futter der Gruppen B, C und D Variationskoeffizienten der Per-Gehalte im Bereich von rund 14–28%. Während diese Variationskoeffizienten durch die Inhomogenität der Proben bedingt sein dürften (1), trifft dies beim Futter der Kontrollgruppe (A), wo sich entsprechende Variationskoeffizienten von 100–160% ergaben, nicht zu. Es muß angenommen

Tabelle 3. Per-Gehalte der Futtermischungen

Tiergruppen	Mittelwerte[1] (mg/kg)		
	12.5.–2.6. (22 Tage)	3.6.–28.6. (26 Tage)	29.6.–20.8. (53 Tage)
A (Kontrolle)	0,07 ± 0,02 (13)	0,16 ± 0,04 (17)	
B	30,6 ± 1,5 (14)	13,2 ± 0,7 (17)	0,3 ± 0,1 (23)[2]
C	107,7 ± 3,9 (14)	91,1 ± 3,0 (17)	(alle Gruppen)
D	575 ± 34 (17)	459 ± 31 (17)	

[1] Arithmetischer Mittelwert ± Standardfehler ($s/\sqrt{n}$), s = Standardabweichung, n = Anzahl untersuchter Proben, in Klammern aufgeführt.
[2] Rund 50% aller Einzelwerte lagen unterhalb 0,1 mg/kg.

werden, daß dieses Futter während der Per-Verabreichung z. T. aus der Luft kontaminiert wurde. Ebenso dürften die nach dem Wechsel auf Per-freies Futter erhobenen Proben im Stall kontaminiert (Luft?) worden sein (vgl. z. T. höhere Gehalte als vorher).

Per-Gehalte von Eiern und Kot

In Abbildung 1 sind die in den Eihomogenisaten (in der Regel Mischproben aus 5 Eiern) gemessenen Per-Konzentrationen als Funktion der Zeit graphisch dargestellt. Innerhalb rund 8–10 Tagen seit der erstmaligen Verabreichung des Per-haltigen Futters stellte sich ein vom Gehalt im Futter abhängiger Plateauwert der Per-Konzentration in den Eiern ein; etwa 99,5% des Pers befanden sich im Dotter.

Aus den Einzelresultaten wurden für Zeitperioden, während derer die Per-Konzentrationen in den Eiern etwa konstant waren (Plateauwerte), Mittelwerte berechnet und den entsprechenden Gehalten im Futter gegenübergestellt (Tabelle 4). Es ergeben sich mittlere Übergangsverhältnisse (Verhältnis der Per-Konzentration im Futter zu derjenigen in den Eiern) im Bereich von rund 56 bis 80, im Mittel 67.

Es wurden auch Homogenisate von Einzeleiern untersucht. Die Resultate sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Die Variationskoeffizienten liegen im Bereich von rund 10–18%. Bei mehrmaliger Analyse der gleichen Probe Eihomogenisat resultierte ein Variationskoeffizient von 2,4% ($n = 5$, $\bar{x} = 41{,}5$ µg/kg, $s = 1{,}0$ µg/kg).

21 Tage nach Beginn der Verabreichung des Per-haltigen Futters wurden auch Kotmischproben (1 Probe pro Tiergruppe) erhoben. Folgende Gehalte wurden gefunden: 0,009 mg/kg (Gruppe A), 0,073 mg/kg (Gruppe B), 0,27 mg/kg (Gruppe C) und 2,55 mg/kg (Gruppe D).

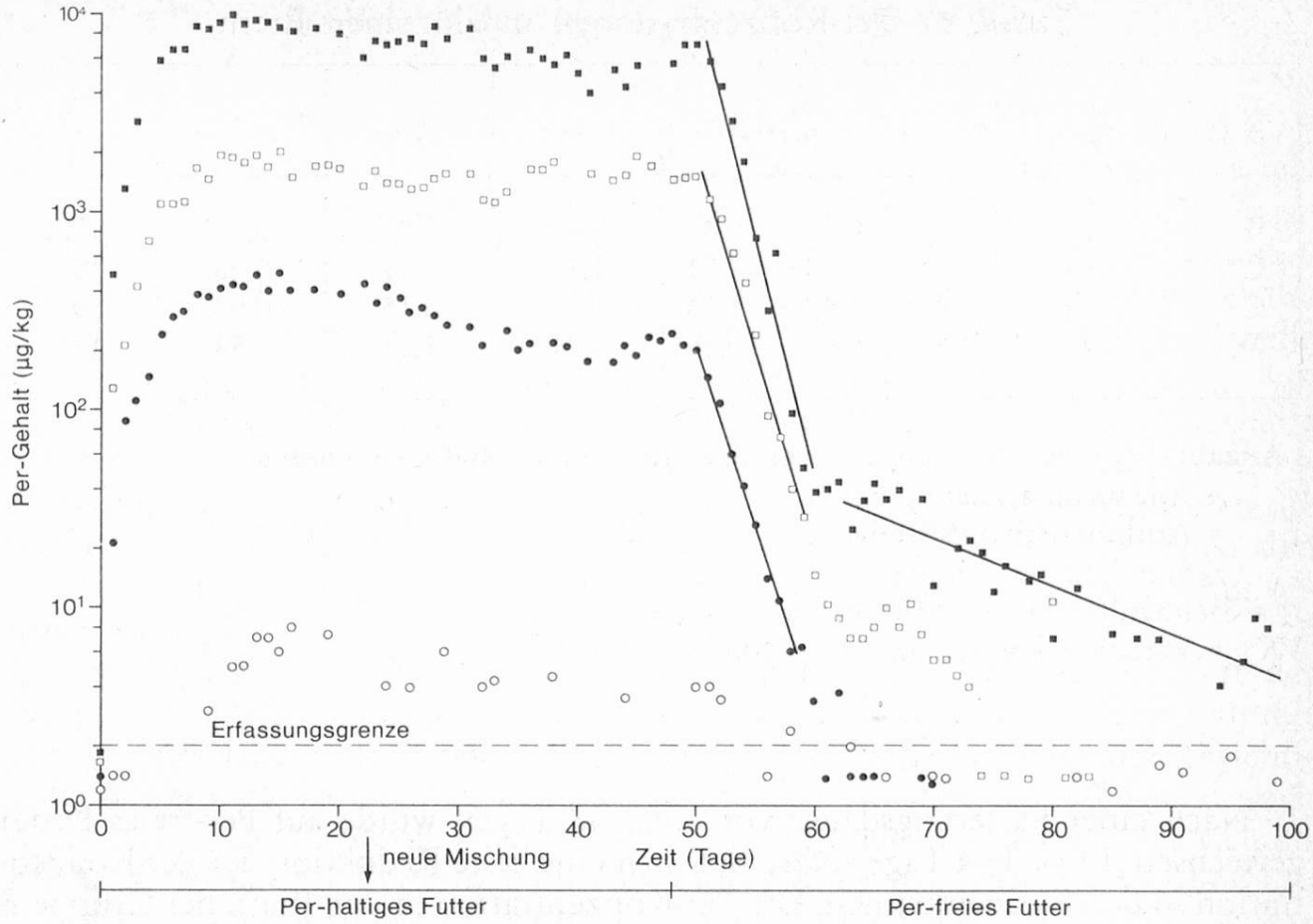

Abb. 1. Per-Gehalte der Eier als Funktion der Zeit
○ = Kontrollgruppe A, ● = Gruppe B, □ = Gruppe C, ■ = Gruppe D

Tabelle 4. Mittlere Per-Konzentrationen im Futter und in den Eiern (Übergangsverhältnisse)

Tier-gruppe	Zeitperiode	Per-Konzentration[1] im Futter (mg/kg)	Per-Konzentration[2] in Eiern (mg/kg)	Übergangs-[3] verhältnis
B	19. 6. – 1. 7.	13,2 ± 0,7 (17)	0,21 ± 0,01 (10)	62,9 ± 4,5
	22. 5. – 4. 6.	30,6 ± 1,5 (14)	0,42 ± 0,01 (11)	72,9 ± 4,0
C	19. 6. – 1. 7.	91,1 ± 3,0 (17)	1,62 ± 0,06 (8)	56,2 ± 2,9
	22. 5. – 4. 6.	107,7 ± 3,9 (14)	1,75 ± 0,05 (12)	61,5 ± 2,8
D	13. 6. – 1. 7.	459 ± 31 (17)	5,73 ± 0,31 (17)	80,1 ± 6,9
	22. 5. – 4. 6.	575 ± 34 (14)	8,39 ± 0,29 (11)	68,5 ± 4,7

[1] Gehalte gemäß Tabelle 3. In Klammern Anzahl Proben.
[2] Mittelwerte ± Standardfehler ($s/\sqrt{n}$), s = Standardabweichung, n = Anzahl untersuchter Proben, in Klammern aufgeführt (1 Probe pro Tag); zur Berechnung verwendete Zeitperioden vgl. Spalte 2.
[3] Verhältnis der mittleren Per-Konzentration im Futter zu derjenigen in den Eiern; aus ± $s/\sqrt{n}$ geschätzte Unsicherheit.

Tabelle 5. Per-Konzentrationen in einzelnen Eiern

Tier-gruppe	Probenahme[1] (Tage)	n	Bereich (mg/kg)	$\bar{x}$ (mg/kg)	s (mg/kg)	$s_{\bar{x}}$ (mg/kg)	VK (%)
B	16	5	0,31 – 0,45	0,40	0,07	0,03	17,5
C	19	5	1,43 – 1,91	1,74	0,19	0,08	10,9
C	28	8	1,32 – 1,78	1,53	0,15	0,05	9,8
D	14	5	6,92 – 10,14	8,91	1,29	0,58	14,5

1 Anzahl Tage seit erstmaliger Verabreichung des Per-haltigen Futters.
n = Anzahl analysierter Eier.
$\bar{x}$ = Arithmetischer Mittelwert.
s = Standardabweichung.
$s_{\bar{x}}$ = Standardfehler des Mittelwertes $= s/\sqrt{n}$.
VK = Variationskoeffizient $= s \cdot 100/\bar{x}$.

Nach einer Fütterungsdauer von total 48 Tagen wurde auf Per-freies Futter gewechselt. Etwa 3–4 Tage später ließ sich eine erste Reduktion der Per-Konzentration in den Eiern erkennen. Die Per-Konzentration in den Eiern der Gruppe B lag 14 Tage nach dem Wechsel auf Per-freies Futter unterhalb der Erfassungsgrenze (1–2 μg/kg), bei den Eiern der Gruppe C verstrichen dabei rund 26 Tage. Die Eier der höchsten Dosisgruppe (D) enthielten noch bei Versuchsende (52 Tage seit dem Wechsel auf Per-freies Futter) deutlich über der Erfassungsgrenze liegende Per-Mengen im Bereich von 4–8 μg/kg (vgl. Abb. 1).

Durch Zugrundelegung einer Kinetik 1. Ordnung ließen sich folgende Halbwertszeiten für die Per-Exkretion in die Eier berechnen (jeweils 10 Wertpaare, ± 95% Vertrauensgrenze): Gruppe B 39,1 ± 3,3 h, Gruppe C 34,7 ± 4,4 h und für Gruppe D 30,5 ± 6,4 h. Die entsprechenden Regressionsgeraden sind in Abbildung 1 eingezeichnet. Die im Vergleich mit der höchsten Dosisgruppe (D) etwas längere Halbwertszeit bei der niedrigsten Dosisgruppe (B) rührt wahrscheinlich daher, daß die Per-Aufnahme via Atemluft bei dieser mehr ins Gewicht fiel.

Aus Abbildung 1 geht auch hervor, daß bei Gruppe D und andeutungsweise auch bei der Gruppe C noch ein langsamer verlaufender Eliminationsprozeß eine Rolle zu spielen schien. Für diesen Prozeß berechnete sich eine Halbwertszeit von 295 ± 59 h (± 95% Vertrauensgrenze). Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß erstens die Gruppe D in dieser Zeitperiode nur noch aus drei Tieren bestand (verfügbare Eier pro Tag: 2–3) und zweitens, daß in diesem unteren Konzentrationsbereich (4–40 μg Per/kg Eihomogenisat) die geringe Per-Zufuhr via Atemluft und z. T. auch via Futter (vgl. Tabelle 3) sich bedeutend stärker ausgewirkt haben dürfte.

Nach 35 Tagen Per-Zufuhr wurden erstmals je drei Tiere der Gruppen A, B und C geschlachtet. Nach weiteren 13 Tagen wurde auf Per-freies Futter umgestellt. Zu diesem Zeitpunkt wurden von allen Versuchsgruppen je drei Tiere geschlachtet ($t = 0$). Auf Per untersucht wurden: Brusthaut inkl. Fett, Abdominalfett, Brustfleisch, Blut, Leber und Hirn. Die Mittelwerte der ermittelten Gehalte aus jeweils drei Tieren samt den entsprechenden Standardfehlern sind in Tabelle 6 in Abhängigkeit vom Zeitpunkt seit dem Wechsel auf Per-freies Futter ($t = 0$) zusammengengestellt. Für die an jeweils drei Tieren bestimmten Gehalte ($\geqslant 50$ µg/kg) ergaben sich Variationskoeffizienten im Bereich von rund 1—134%, im Mittel 41%. Bei rund 30% aller Gehaltsbestimmungen ($\geqslant 50$ µg/kg) waren die Variationskoeffizienten größer als 50%. Diese große Variabilität zwischen den Tieren dürfte durch die rasche Kinetik von Per im individuellen Organismus bedingt sein.

Der Vergleich der Per-Konzentrationen in Fleisch, Organen und Fett der Gruppen B und C zum Zeitpunkt des Wechsels auf Per-freies Futter ($t = 0$) mit den 13 Tage früher ermittelten Werten ($t = -312$ h) liefert, unter Berücksichtigung der großen Variabilität, keine Hinweise, daß ein stationärer Zustand noch nicht vorlag (Tabelle 6, vgl. auch Tabelle 7). Im stationären Zustand ergab sich im Mittel etwa folgende Verteilung im Tierkörper (Mittel der Gruppen B, C und D): Brustfleisch und Hirn wiesen ähnliche Konzentrationen auf. Im Blut und in der Leber lagen grob 3mal, in der Brusthaut (inkl. Fett) 105mal und im Abdominalfett 150mal größere Konzentrationen vor als im Brustfleich und im Hirn.

Nach dem Wechsel auf Per-freies Futter verminderten sich die Per-Konzentrationen in der Leber, im Hirn, im Brustfleisch sowie im Blut der Gruppe D relativ rasch (vgl. Tabelle 6). Die Verminderung des Per-Gehaltes des Abdominalfettes und der Brusthaut (inkl. Fett) als Funktion der Zeit ließ sich über den ganzen beobachteten Zeitraum nicht mit einer einfachen Kinetik 1. Ordnung beschreiben. Aus den Resultaten für Brusthaut inkl. Fett und für Abdominalfett der Gruppe D (vgl. Abb. 2) berechnete sich für die Zeitperiode 0—180 h eine Halbwertszeit von 34,7 ± 6,9 h (± 95% Vertrauensgrenze; gemeinsamer Regressionskoeffizient, total 10 Wertepaare), die etwa derjenigen für die Exkretion in die Eier entspricht. Die entsprechenden Resultate (vgl. Abb. 2) für die Gruppe C deuteten auf das Vorliegen eines noch langsameren Eliminationsprozesses hin. Für die Zeitperiode 264—864 h ergab sich für diese Gruppe eine Halbwertszeit für die Per-Elimination aus dem Körperfett von 143 ± 26 h (± 95% Vertrauensgrenze; gemeinsamer Regressionskoeffizient, total 8 Wertepaare). Die Per-Konzentration im Abdominalfett der höchsten Dosisgruppe D verminderte sich innerhalb 52 Tagen seit dem Wechsel auf Per-freies Futter von rund 50 mg/kg auf 0,05 mg/kg, was jedoch noch deutlich über der Konzentration der Kontrollgruppe von rund 0,004 mg/kg lag (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6. Per-Gehalte im Fleisch, im Fett, im Blut und in Organen[1]

Tier-gruppe	t[2] (h)	Brustfleisch (µg/kg)	Hirn (µg/kg)	Blut (µg/kg)	Leber (µg/kg)	Brusthaut inkl. Fett (µg/kg)	Abdominalfett (µg/kg)
A	–312[3]	< 1	< 1	< 1	< 1	15[4]	65 ± 12
A	0	< 1	< 1	< 1	< 1	27 ± 2	52 ± 2
A	264	—	—	—	—	1,5 ± 0,3	3,3 ± 0,3
A	600	—	—	—	—	2,5 ± 0,4	4,0 ± 1,0
A	864	—	—	—	—	2,3 ± 0,6	1,5 ± 0,2
A	1248	—	—	—	—	2,1 ± 0,7	4,4 ± 0,1
B	–312[3]	17 ± 3	18 ± 1	28 ± 8	87 ± 25	1 474 ± 158	2 287 ± 15
B	0	20 ± 5	18 ± 4	67 ± 25	42 ± 15	1 367 ± 52	2 621 ± 272
B	264	—	—	—	—	12 ± 6	22 ± 9
C	–312[3]	97 ± 39	79 ± 12	453 ± 217	1 185 ± 217	8 490 ± 2 619	14 733 ± 965
C	0	101 ± 14	100 ± 33	275 ± 101	369 ± 110	9 365 ± 973	16 572 ± 1 277
C	264	1,5 ± 0,1	9,7 ± 1,3	0,9 ± 0,2	2,0 ± 0,6	77 ± 28	235 ± 134
C	432	< 1	—	—	—	45 ± 11	82 ± 14
C	600	—	—	—	—	28 ± 1	40 ± 4
C	864	—	—	—	—	5,3 ± 1,6	9,5 ± 1,8
D	0	264 ± 45	327 ± 48	889 ± 270	926 ± 141	50 971 ± 7 390	45 909 ± 8 369
D	8	272 ± 79	213 ± 36	219 ± 29	529 ± 55	37 088 ± 9 018	57 145 ± 15 458
D	25	69 ± 14	71 ± 20	108 ± 39	593 ± 238	18 801 ± 4 613	31 263 ± 8 554
D	72	26 ± 1	20 ± 1	43 ± 6	61 ± 5	5 155 ± 651	8 956 ± 285
D	180	8 ± 5	11 ± 5	8 ± 5	42 ± 28	930 ± 653	2 496 ± 1 931
D	1248	—	—	< 1	< 1	18 ± 6	52 ± 8[5]

— = Nicht bestimmt.
[1] Mittelwerte aus 3 Tieren ± Standardfehler ($s/\sqrt{n}$), s = Standardabweichung, n = 3.
[2] Zeit seit dem Wechsel auf Per-freies Futter.
[3] 312 h (13 Tage) vor dem Wechsel auf Per-freies Futter.
[4] Nur 1 Tier (die übrigen Extrakte wurden irrtümlich verworfen).
[5] Nur 2 Tiere (das dritte Tier wies kein Abdominalfett auf).

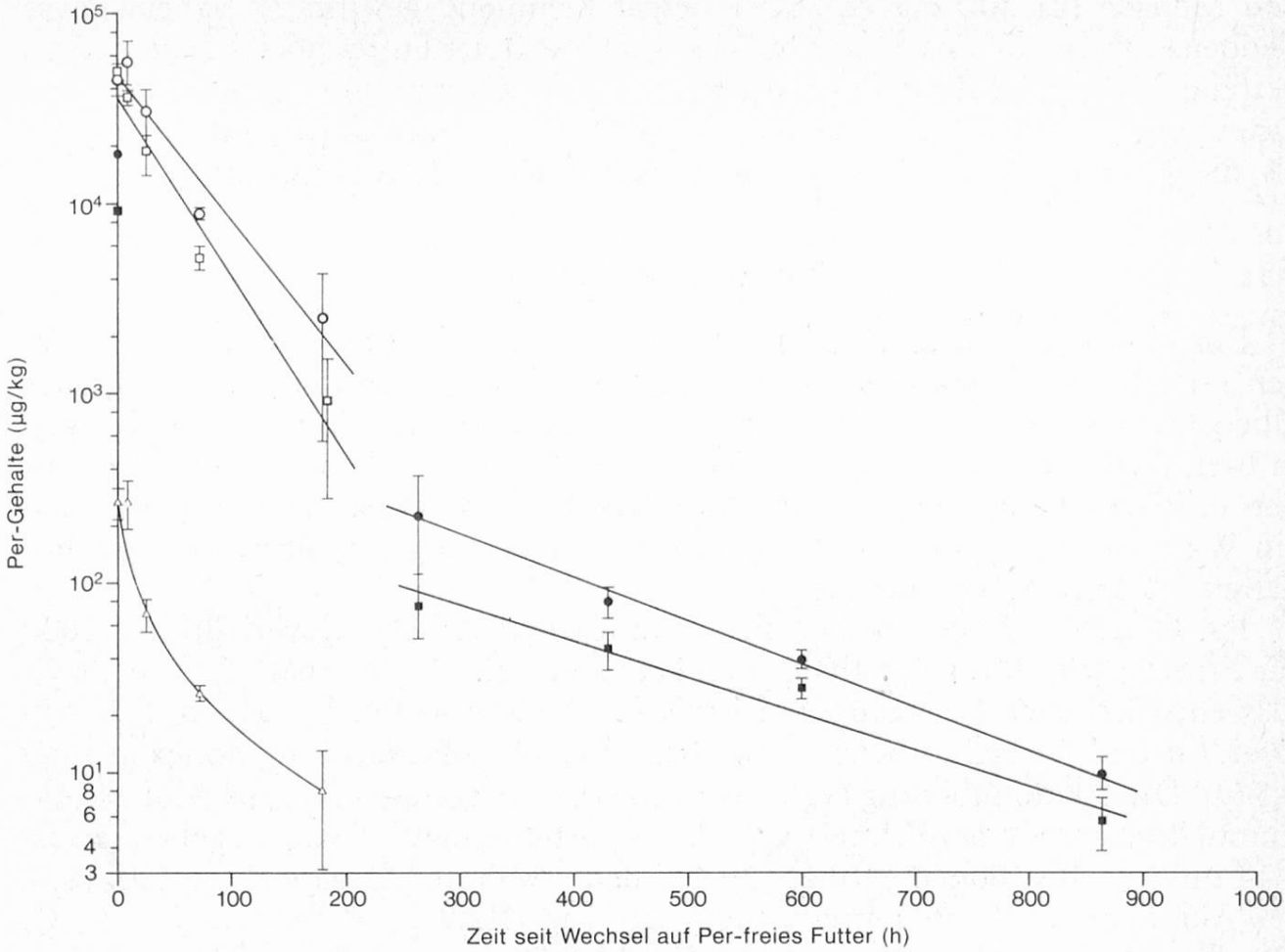

Abb. 2. Per-Gehalte von Körperfett und Brustfleisch als Funktion der Zeit seit dem Wechsel auf Per-freies Futter
⊢⊣ Standardfehler ($s/\sqrt{n}$)
Gruppe D: ○ = Abdominalfett, □ = Brusthaut inkl. Fett, △ = Brustfleisch
Gruppe C: ● = Abdominalfett, ■ = Brusthaut inkl. Fett

Diskussion

Leistungsergebnisse

Die Zahlenwerte in Tabelle 2 deuten darauf hin, daß vor allem bei der *Legeleistung* der Gruppe D (höchster Per-Gehalt im Futter) ein gewisser depressiver Effekt sowohl des Pers als auch der Etagenhöhe nicht ausgeschlossen werden kann. Gruppe D hatte zu Beginn des Versuches die beste Legeleistung, wurde aber in der Schlußphase (einheitliches Per-freies Legehennenfutter) noch von der Kontrollgruppe A (geringste Anfangsleistung) überholt. Der anfängliche Leistungsunterschied der drei Gruppen A, B und C veränderte sich im Verlauf des Versuchs nur geringfügig, so daß die Rangfolge dieser Gruppen bis am Ende des Versuchs gleich blieb.

Der *Futterverzehr* war in der ersten Periode ziemlich ausgeglichen, variierte aber in den folgenden Perioden zum Teil sehr stark. Per scheint lediglich in gro-

ßen Mengen (ca. 500 mg/kg Futter) leicht hemmend gewirkt zu haben. Diese Tendenz schien auch nach dem Wechsel auf Per-freies Futter noch einige Zeit zu bestehen. Mit Ausnahme des Futterverzehrs der Gruppe mit der höchsten Per-Dosierung (D) verzehrten die Tiere der anderen Gruppen durchschnittlich mehr als die Hühner in der gleichzeitig stattgefundenen Leistungsprüfung.

Übergangsverhältnisse

Ein stationärer Zustand für die Per-Exkretion in die Eier war nach 8—10 Tagen erreicht. Es ergibt sich ein vom Gehalt im Futter unabhängiges mittleres Übergangsverhältnis (Verhältnis der Per-Konzentration im Futter zu derjenigen in Eier, Fleisch usw.) von rund 70 (Tabelle 4). Wird das Übergangsverhältnis auf den mittleren Fettgehalt der Eier (Annahme 10 Gew.-%) bezogen, so ergibt sich ein Wert von ca. 7, was dem entsprechenden Übergangsverhältnis für Abdominalfett entspricht (vgl. Tabelle 7).

Für Fleisch und Fett ergeben sich etwa folgende Übergangsverhältnisse: 1000 für Brustfleisch, 10 für Brusthaut inkl. Fett und 7 für Abdominalfett (Tabelle 7). Das entsprechende Übergangsverhältnis für Abdominalfett beträgt im Fall von Dieldrin und Hexachlorbenzol etwa 0,07 und bei γ-Hexachlorcyclohexan rund 0,5 (4). Die Akkumulierung (vgl. das reziproke Übergangsverhältnis wird als Akkumulationsfaktor bezeichnet) von Per im Abdominalfett von Legehennen ist also rund 10- bis 100mal geringer als bei den erwähnten Organochlorpestiziden.

Aus dem mittleren Futterverzehr pro Tag (112,9 g; Mittelwert von B, C, D), der mittleren Legeleistung (86,7%, Mittelwert von B, C, D) und dem mittleren Eigewicht (55,2 g, Mittelwert von A, B, C, D) läßt sich berech-

Tabelle 7. Übergangsverhältnisse von Per in Fleisch, Fett, Blut und Organe[1]

Tiergruppe	FD[2] (Tage)	Brustfleisch	Hirn	Blut	Leber	Brusthaut inkl. Fett	Abdominalfett
B	35	776 ± 143	733 ± 56	471 ± 137	152 ± 44	9,0 ± 1,1	5,8 ± 0,3
	48	660 ± 169	733 ± 168	197 ± 74	314 ± 113	9,7 ± 0,6	5,0 ± 0,6
C	35	939 ± 379	1153 ± 179	201 ± 97	77 ± 14	10,7 ± 3,3	6,2 ± 0,5
	48	902 ± 129	911 ± 302	331 ± 122	247 ± 74	9,7 ± 1,1	5,5 ± 0,5
D	48	1739 ± 319	1404 ± 227	516 ± 161	496 ± 83	9,0 ± 1,4	10,0 ± 1,9
Mittel		1003	987	343	257	9,6	6,5

[1] Verhältnis der Konzentration im Futter zu derjenigen im Fleisch, Fett usw., berechnet aus den in den Tabellen 3 und 6 enthaltenen Daten, ± aus $s/\sqrt{n}$ geschätzte Unsicherheit.
[2] FD = Fütterungsdauer mit Per.

nen (Annahme: Schalengewicht = 11,6% des Eigewichts), daß in einem stationären Zustand im Mittel rund 0,6% der täglich mit dem Futter zugeführten Per-Menge via Eier ausgeschieden wird. Dieser Prozentsatz ist rund 14mal kleiner als der für α- und γ-Hexachlorcyclohexan bestimmte Wert und etwa 90- bis 120mal kleiner als derjenige für Hexachlorbenzol, Dieldrin und β-Hexachlorcyclohexan (4).

Eine grobe Schätzung anhand der in Kot bestimmten Per-Konzentrationen ergibt eine mittlere tägliche Exkretion via Kot von 0,3—0,6% der via Futter zugeführten Per-Menge (Annahme: 150 g Kot/Tier/Tag), was dem nicht resorbierten Anteil entsprechen dürfte. Die entsprechenden Prozentsätze für Organochlorpestizide liegen im Bereich von $<1\%$ (α-, und γ-Hexachlorcyclohexan) bis 9% (β-Hexachlorcyclohexan) (4).

Halbwertszeiten

Aus den nach dem Wechsel auf Per-freies Futter gemessenen Daten ergeben sich sowohl für die Exkretion via Eier (Gruppen B, C und D) wie auch für die Elimination aus dem Körperfett (Gruppe D) anfängliche Halbwertszeiten von durchschnittlich rund 35 h. Aus der Zeit t_x, die bis zur Erreichung des stationären Zustandes der Per-Konzentration in den Eiern verstreicht, läßt sich die Halbwertszeit ($t_{1/2}$) für die Exkretion in die Eier ebenfalls abschätzen (Voraussetzung: momentane Resorption): $t_x = -1{,}44 \cdot t_{1/2} \cdot \ln(1-x)$. Wird angenommen, daß nach 10 Tagen ($= t_x$) 99 % des Plateauwertes ($x = 0{,}99$) erreicht war (vgl. Abb. 1), so ergeben sich für $t_{1/2}$in guter Übereinstimmung 36 h. — Es kann dies als Hinweis betrachtet werden, daß die Per-Resorption bei Legehennen sehr rasch verläuft, was auch bei anderen Tieren zutrifft (2, 10). — Für die Organochlorpestizide Hexachlorbenzol, β-Hexachlorcyclohexan und Dieldrin betragen die entsprechenden Halbwertszeiten (Eier, Körperfett) rund 5—8 Wochen (4), d. h. sie sind im Mittel etwa 30mal größer als für Per. Für α- und γ-Hexachlorcyclohexan wurden Halbwertszeiten für die Exkretion in die Eier von 1,5 Wochen geschätzt (4), entsprechend etwa 7mal größer als für Per.

Der Kurvenverlauf der Per-Konzentration im Blut, im Hirn, in der Leber sowie im Brustfleisch der Gruppe D (vgl. Abb. 2 und Tabelle 6) als Funktion der Zeit seit dem Wechsel auf Per-freies Futter erweckt den Eindruck, daß in der Zeitperiode 0—180 h zwei verschieden rasch ablaufende Eliminationsprozesse vorliegen. Es ließen sich grob folgende Halbwertszeiten abschätzen: ca. 8 h (Leber) bis ca. 12 h (Brustfleisch) (im Bereich bis etwa 25 h) und ca. 40 h (Blut) bis ca. 60 h (Hirn) (im Bereich von etwa 25—180 h). Die für die Zeitperiode 25—180 h geschätzten Halbwertszeiten liegen somit etwa im gleichen Bereich wie die für die Per-Elimination aus dem Körperfett bestimmte Halbwertszeit (35 h). Die Per-Gehalte der Organe in dieser Zeitperiode sind bedingt durch das aus dem Körperfett in die Organe gelangende Per. Aus den Organen wird Per anschließend rasch ($t_{1/2} \simeq$ 8—12 h) ausgeschieden.

Ähnliche Halbwertszeiten scheinen sich für die Per-Ausscheidung in die Kuhmilch nach einer einmaligen oralen Per-Verabreichung zu ergeben (2). Bei Ratten wurde nach einmaliger oraler Per-Verabreichung eine Halbwertszeit für die Elimination aus dem Blut von rund 7 h ermittelt (10).

Aus den Daten für die Per-Exkretion via Eier ergaben sich bei der Gruppe D und andeutungsweise auch bei der Gruppe C für die Zeit ab etwa 15 Tage nach dem Wechsel auf Per-freies Futter Hinweise auf das Vorliegen eines zusätzlichen langsameren Eliminationsprozesses (Halbwertszeit ca. 300 h); ebenso für die Elimination von Per aus dem Körperfett der Gruppe C (Zeitperiode 264—864 h nach dem Wechsel auf Per-freies Futter, Halbwertszeit ca. 150 h). Da eine gegenseitige Beeinflussung der Tiere via Atemluft wahrscheinlich ist und damit gerechnet werden muß, daß im Innern der Käfige, verursacht durch ausgeatmetes Per, noch höhere Per-Konzentrationen in der Luft vorlagen als die in der Nähe der Käfige gemessenen, müssen diese Hinweise auf langsamere Eliminationsprozesse sehr zurückhaltend gewertet werden. Dies um so mehr, als es sich größtenteils um sehr geringe Per-Konzentrationen im Bereich von etwa 5—20 μg/kg (Eier, Gruppen C und D) bzw. etwa 10—230 μg/kg (Körperfett Gruppe C) handelte, die z. T. in der gleichen Größenordnung lagen wie bei der Kontrollgruppe.

Histologie der Leber

Von den am Ende der Fütterungsperiode geschlachteten Tieren (3 pro Gruppe) wurden die Lebern histologisch untersucht (H.-E.- und Fettfärbung). Einzig bei Gruppe D (ca. 40 mg Per/kg Körpergewicht) war eine geringe Zunahme vakuolisierter Leberzellen mit geringgradig erhöhter Fetteinlagerung festzustellen. Diese minimen Veränderungen waren bei den 52 Tage nach dem Wechsel auf Per-freies Futter geschlachteten Tieren der Gruppe D nicht mehr vorhanden.

Schumann und Mitarbeiter (11) fanden bei Mäusen, die mehr als 100 mg Per pro kg Körpergewicht während zwei Wochen erhalten hatten, ebenfalls geringgradige histologische Leberveränderungen, die sich in verstärkter Läppchenzeichnung und Leberschwellung äußerten. Bei Ratten waren diese Veränderungen erst bei einer täglichen Dosis von 1000 mg pro kg Körpergewicht sichtbar. Die im Vergleich zu Ratten höhere Empfindlichkeit von Mäusen beruht wahrscheinlich auf der intensiveren Metabolisierungsrate, welche zu einer verstärkten Bindung von Metaboliten an verschiedenste Makromoleküle in der Zelle mit nachfolgenden Funktionsstörungen führt.

Beim Menschen soll berufliche Exposition (Luft) gegenüber mindestens 50 ppm Per und anderen chlorierten Lösungsmitteln, was etwa einer täglichen Aufnahme von mindestens 50 mg pro kg Körpergewicht entsprechen dürfte, zu Leberzellverfettung führen (*Riedel*, zitiert nach Literatur (8)).

Menschen, Hühner und Mäuse scheinen demnach eine ähnliche Empfindlichkeit gegenüber Perchlorethylen aufzuweisen.

Dank

Herrn Dr. *W. Thomann*, Direktor der Schweizerischen Geflügelzuchtschule in Zollikofen, danken wir für sein Interesse und seine Bereitschaft, bei dieser Studie mitzuwirken. Herrn Dr. *B. Marek*, Chef der Sektion Pestizide und Kunststoffe des Bundesamtes für Gesundheitswesen, danken wir für wertvolle Diskussionen und Anregungen. Die analytischen Arbeiten wurden in den Laboratorien dieser Sektion durchgeführt.

Zusammenfassung

Legehennen wurde während 48 Tagen Futter mit Perchlorethylen (Per) verabreicht. Nach 8—10 Tagen erreichten die Per-Konzentrationen in den Eiern vom Per-Gehalt im Futter abhängige Gleichgewichtswerte. Im Mittel wurden rund 0,6% der täglich mit dem Futter zugeführten Per-Menge via Eier ausgeschieden. Folgende mittlere Übergangsverhältnisse (Verhältnis der Per-Konzentration im Futter zu derjenigen in Eiern oder Fleisch) wurden ermittelt: Brustfleisch und Hirn ca. 1000, Eier ca. 70 und Abdominalfett ca. 7. Die anfänglichen Halbwertszeiten für die Per-Exkretion in die Eier und die Per-Elimination aus dem Körperfett betrugen rund 35 h.

Résumé

Des poules pondeuses ont reçu pendant 48 jours une nourriture contenant du perchloréthylène (Per). Après 8—10 jours, les concentrations dans les œufs avaient atteint des valeurs d'équilibre dépendantes de la teneur de la nourriture en Per. 0,6% en chiffres ronds de l'apport de Per provenant de la nourriture journalière ont été en moyenne éliminés par les œufs. Les conditions de transition moyenne suivantes (rapport de la concentration de Per dans la nourriture et de la teneur en Per des œufs, de la viande, etc.) ont été obtenues: chair de la poitrine et cerveau env. 1000, œufs env. 70, et graisse abdominal env. 7. Au début, la période pour l'excrétion du Per par les œufs ainsi que pour l'élimination de cette substance de la graisse était de 35 h en chiffres ronds.

Summary

Laying hens were fed with perchloroethylene (Per) for 48 days. Per residues in eggs reached plateau values (steady state) in 8—10 days, depending on the Per levels in the feed. On the average about 0.6% of the daily intake of Per via feed were excreted into the eggs. The mean transfer ratios (concentration of Per in the feed to its concentration in eggs or meat) were (approx.): brain and breast muscle 1000, eggs 70, abdominal fat 7. Initial half-lives for the excretion of Per into eggs and for Per elimination from body fat were found to be approx. 35 h.

Literatur

1. *Zimmerli, B., Zimmermann, H.* und *Müller, F.:* Perchlorethylen in Lebensmitteln. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **73**, 71—78 (1982).
2. *Wanner, M., Lehmann, E.* und *Christen, R.:* Der Übergang von Perchlorethylen aus dem Futter in die Milch. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **73**, 82—87 (1982).
3. *Kan, C. A.:* Accumulation of organochlorine pesticides in poultry: A review. J. Agric. Food Chem. **26**, 1051—1055 (1978).
4. *Kan, C. A.* and *Jonker-den Rooyen, J. C.:* Accumulation and depletion of some organochlorine pesticides in high-producing laying hens. J. Agric. Food Chem. **26**, 935—940 (1978).
5. *Teske, R. H., Armbrecht, B. H., Condon, R. J.* and *Paulin, H. J.:* Residues of polychlorinated biphenyl in products from poultry fed aroclor 1254. J. Agric. Food Chem. **22**, 900—904 (1974).

6. *IARC:* Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans: Some halogenated hydrocarbons. **20**, 491–514 (1979).
7. *Utzinger, R.* and *Schlatter, Ch.:* A review on the toxicity of trace amounts of tetrachloroethylene in water. Chemosphere **6**, 517–524 (1977).
8. *Triebig, G.:* Neue Aspekte zur Beurteilung einer Einwirkung von Halogenkohlenwasserstoff-Lösemitteln am Arbeitsplatz. Eine Literaturübersicht. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. **B 173**, 29–44 (1981).
9. *Ikeda, M.:* Metabolism of trichloroethylene and tetrachloroethylene in human subjects. Environ. Health Perspectives **21**, 239–245 (1977).
10. *Pegg, D. G., Zempel, J. A., Braun, W. H.* and *Watanabe, P. G.:* Disposition of tetrachloro(^{14}C)ethylene following oral and inhalation exposure in rats. Toxicol. Appl. Pharmacol. **51**, 465–474 (1979).
11. *Schumann, A. M., Quast, J. F.* and *Watanabe, P. G.:* The pharmacokinetics and macromolecular interactions of perchloroethylene in mice and rats as related to oncogenicity. Toxicol. Appl. Pharmacol **55**, 207–219 (1980).
12. *Guberan, E.* and *Fernandez, J.:* Control of industrial exposure to tetrachloroethylene by measuring alveolar concentrations: theoretical approach using a mathematical model. Brit. J. Ind. Med. **31**, 159–167 (1974).
13. *Jacobs, A., Blangetti, M.* und *Hellmund, E.:* Speicherung chlorierter Rheinwasserschadstoffe im Fettgewebe von Ratten. Vom Wasser **43**, 259–274 (1974).
14. *Pearson, C. R.* and *McConell, G.:* Chlorinated C_1 and C_2 hydrocarbons in the marine environment. Proc. R. Soc., London **B 189**, 305–332 (1975).
15. *Neely, W. B., Branson, D. R.* and *Blau, G. E.:* Partition coefficient to measure bioconcentration potential of organic chemicals in fish. Environ. Sci. Technol. **8**, 1113–1115 (1974).
16. *Zimmerli, B.* und *Marek, B.:* Der Übergang biozider Stoffe aus Antrichen in die Gasphase. Tetrachloroisophthalonitril (Chlorothalonil). Chemosphere **6**, 215–221 (1977).
17. *Mehner, A.:* Das Huhn, Seiten 56 und 81. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 1968.

H. P. Guler, dipl. Ing. agr. ETH
Schweiz. Geflügelzuchtschule
Burgerweg 22
CH-3052 Zollikofen

Prof. Dr. med., Dr. phil. Ch. Schlatter
Institut für Toxikologie der
Eidg. Technischen Hochschule
und der Universität Zürich
Schorenstraße 16
CH-8603 Schwerzenbach

Dr. B. Zimmerli
Bundesamt für Gesundheitswesen
Abteilung Lebensmittelkontrolle
Postfach 2644
CH-3001 Bern