

Übergang polychlorierter Biphenyle (PCB) aus Futtermitteln in Gewebe von Mastschweinen

1. Mitteilung: Die PCB-Gehalte in Geweben des Mastschweines in Abhängigkeit von der PCB-Konzentration des Futters

HERWARD VEMMER, WALTER HEESCHEN und ALBRECHT BLÜTHGEN

Institut für Tierernährung der FAL
und
Institut für Hygiene der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel

1. Einleitung

Polychlorierte Biphenyle sind in der Vergangenheit in vielen Bereichen der Technik eingesetzt worden und haben sich inzwischen "ubiquitär" in der Umwelt verteilt. Zwar ist ihr Einsatz rückläufig, doch wird wegen der hohen Persistenz - besonders der höher chlorierten Biphenyle - eine allgemeine Kontamination der Umwelt mit PCB noch für viele Jahre bestehen bleiben.

In der Bundesrepublik Deutschland wird der PCB-Gehalt von Lebensmitteln in der "Verordnung über Höchstmengen an Schadstoffen in Lebensmitteln" (Schadstoff-Höchstmengenverordnung vom 23. März 1988) geregelt. Damit sichergestellt werden kann, daß in Lebensmitteln tierischer Herkunft die Höchstmengen dieser Verordnung nicht überschritten werden, müssen ausreichende Kenntnisse zum Übergang von PCB aus dem Futter in die Gewebe landwirtschaftlicher Nutztiere vorliegen.

Aus der großen Zahl der Verbindungen (n = 209), die in PCB-Gemischen vorkommen können, wurden in der Schadstoff-Höchstmengenverordnung für die in Tabelle 1 aufgeführten sechs charakteristischen Leitsubstanzen Höchstwerte festgelegt. Für keine dieser PCB-Einzelkomponenten ist der Übergang aus dem Futter in die Gewebe von Mastschweinen bekannt.

Es wurde daher in Zusammenarbeit des Instituts für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode und des Instituts für Hygiene der Bundesanstalt für Milchforschung in Kiel ein Schweinemast-

versuch durchgeführt, in dem der Übergang dieser sechs PCB-Einzelkomponenten aus dem Futter in die vom Schwein stammenden Lebensmittel untersucht wurde. Dabei lag die Durchführung des Tierversuchs und die Probengewinnung beim Institut für Tierernährung, während die PCB-Analysen vom Institut für Hygiene übernommen wurden.

Der in dieser Mitteilung beschriebene Versuch wurde so angelegt, daß der Zusammenhang zwischen den Konzentrationen jeder der sechs PCB-Einzelkomponenten im Futter und den entsprechenden Konzentrationen in den vom Schwein zu gewinnenden Lebensmitteln direkt abgeleitet werden kann. Der mengenmäßige Eintrag der PCB-Einzelkomponenten aus dem Futter in das Schwein und damit in die Nahrungskette wird in der 2. Mitteilung dargestellt.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsanlage

Der Versuch wurde mit 60 männlichen, kastrierten SPF-Schweinen der Deutschen Landrasse im Bereich von etwa 20 kg bis 100 kg Lebendmasse durchgeführt. Der Versuchsplan geht aus Tabelle 2 hervor. Die Tiere wurden in fünf Gruppen eingeteilt. Die Versuchsgruppen umfaßten je 10 Tiere. Die Kontrollgruppe bestand aus 2 x 10 Schweinen, von denen 10 Tiere (Gruppe 1a) im gleichen Stall wie die Versuchsgruppen gehalten wurden, während 10 weitere Tiere (Gruppe 1b) räumlich getrennt in einem anderen Stall untergebracht

Komponente # (IUPAC)	Chemische Bezeichnung	
28	2,4,4'-	Trichlorbiphenyl
52	2,2',5,5'-	Tetrachlorbiphenyl
101	2,2',4,5,5'-	Pentachlorbiphenyl
138	2,2',3,4,4',5'-	Hexachlorbiphenyl
153	2,2',4,4',5,5'-	Hexachlorbiphenyl
180	2,2',3,4,4',5,5'-	Heptachlorbiphenyl

Tabelle 1: Zusammenstellung der sechs PCB-Leitsubstanzen

Gruppe	Anzahl der Tiere pro Gruppe	Konzentration jeder PCB-Einzelkomponente im lufttr. Futter ng/g
1a	10	0
1b ¹⁾	10	0
2	10	5
3	10	10
4	10	20
5	10	30
1) in einem anderen Stall		

Tabelle 2: Versuchsplan

		Anfangsmast	Endmast
		im luftr. Futter	
Wintergerste	%	74,8	85,2
Sojaextraktionsschrot	%	20,0	10,0
Sojaöl	%	1,5	1,5
Mineralfutter ¹⁾	%	2,0	1,5
Dicalciumphosphat 40	%	0,4	0,4
kohlens. Futterkalk	%	0,3	0,4
PCB-Mischung ²⁾	%	1,0	1,0
Umsetzb. Energie ³⁾	MJ/kg	12,6	12,6
Rohprotein	%	18,1	15,1
Lysin ³⁾	%	0,86	0,61
Calcium	%	0,833	0,741
Phosphor	%	0,595	0,540
<p>1) enthält pro kg: 245 g Ca, 65 g P, 60 g Na, 10 g Mg, 400 000 I.E. Vit. A, 50 000 I.E. Vit. D₃, 300 mg Vit. E, 150 mg Vit. B₂, 1 mg Vit. B₁₂, 300 mg Nikotinsäure, 250 mg Pantothen säure, 1 g Cholinchlorid, 4,4 g Zn, 3,3 g Fe, 2,8 g Mn, 1,5 g Cu, 11 mg Co, 22 mg J, 9 mg Se</p> <p>2) Trägersubstanz: Weizennachmehl; PCB-Gehalt für jede Gruppe unterschiedlich, entsprechend Tabelle 2</p> <p>3) nach Tabellenwerten</p>			

Tabelle 3: Zusammensetzung und Nährstoffgehalt der Futtrationen

wurden, da nicht auszuschließen ist, daß die PCB-Zulagen der Gruppen 2 bis 5 im gleichen Stall auch zu einer gewissen Kontamination der Kontrollgruppe führen kann.

Alle Tiere erhielten die gleichen Futtermischungen. Die Gruppen 2 bis 5 erhielten während der gesamten Mastperiode zum Futter als Zulage eine Mischung der sechs in Tabelle 1 aufgeführten PCB-Leitsubstanzen. Die additive Konzentration für jede der PCB-Einzelkomponenten wurde zwischen 5 ng/g und 30 ng/g luftr. Futter gestaffelt (s. Tabelle 2). Die Schweine wurden bei einem Mastendgewicht von etwa 100 kg geschlachtet. Nach der Schlachtung wurden Gewebeproben von Unterhautfettgewebe, Flomen, Muskulatur, Leber und Niere für die PCB-Analyse entnommen.

2.2 Haltung der Versuchstiere

Die Schweine wurden in strohlosen, planbefestigten Mistgangbuchten gehalten. Die Klimatisierung des Stalles erfolgte durch eine automatisch gesteuerte Lüftungs- und Heizungsanlage.

Die Ferkel wurden zu Versuchsbeginn unter Berücksichtigung ihrer Lebendmasse zufällig auf die Versuchsgruppen verteilt. Die Verteilung der Tiere im Stall erfolgte dagegen nicht nach statistischen Gesichtspunkten. Die Tiere der einzelnen Versuchsgruppen wurden vielmehr im Stall jeweils grup-

penweise in einem Block aufgestellt, um PCB-Kontaminationen über Futterstaub, Kot und Harn zwischen Tieren mit unterschiedlichen PCB-Konzentrationen im Futter zu vermeiden.

2.3 Futter und Fütterung

Zusammensetzung und Nährstoffgehalte der Futtrationen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Das Anfangsmastfutter (20 kg bis 50 kg Lebendmasse) und das Endmastfutter (50 kg bis 100 kg Lebendmasse) wurde auf der Basis von Gerste und Sojaextraktionsschrot zusammengesetzt und enthielt die üblichen Mineralstoff- und Vitamingeränzungen.

Die Futterzuteilung erfolgte entsprechend der wöchentlich ermittelten Lebendmasse der Schweine nach einer Futterzuteilungsliste. Die täglich zugeteilte Futtermenge betrug 1,1 kg bei 20 kg Lebendmasse, steigerte sich auf 2,3 kg bei 50 kg Lebendmasse und endete mit 3,2 kg bei 100 kg Lebendmasse. Das Futter wurde mehlförmig in zwei Mahlzeiten pro Tag (sonntags nur eine Mahlzeit zu 65 % der normalen täglichen Futtermenge) verabreicht und im Trog mit Wasser dickbreiig angerührt. Wasser stand über Selbsttränken zur beliebigen Aufnahme zur Verfügung.

2.4 PCB-Zulagen zum Futter

Die für die PCB-Zulagen zum Futter erforderlichen Mengen an PCB-Einzelkomponenten wurden in Aceton gelöst und verlustfrei auf einen Zwieback aufgetropft.

Nach dem Verdunsten des Acetons wurde der lufttrockene Zwieback pulverisiert und stufenweise durch intensives Vermischen mit Weizennachmehl soweit verdünnt, bis in diesen PCB-Mischungen die für die verschiedenen Versuchsgruppen erforderlichen Konzentrationen erreicht waren. Der Anteil der PCB-Mischungen an den Futtrationen betrug 1 % (Tabelle 3). Die PCB-Mischungen wurden daher so eingestellt, daß sie für jede der sechs PCB-Einzelkomponenten eine Konzentration aufwiesen, die um den Faktor 100 höher war, als die laut Versuchsplan in Tabelle 2 aufgeführten Gehalte für das luftr. Futter.

Die so hergestellten PCB-Mischungen wurden nicht in die Futtermischungen eingemischt, um eine Kontamination der Mahl- und Mischanlage mit PCB zu vermeiden. Sie wurden für jede Mahlzeit einzeln abgewogen und mit der jeweiligen Futtration in einem Eimer trocken vermischt.

Die PCB-Mischungen und die Futtermischungen wurden auf ihre Gehalte an den sechs PCB-Einzelkomponenten analysiert. Die aus diesen Analysendaten berechneten PCB-Gehalte der Versuchsrationen sind in Tabelle 4 aufgeführt. Die analysierten PCB-Konzentrationen stimmen unter Berücksichtigung der Schwierigkeiten bei der Analyse im Spurenbereich gut mit den Sollwerten des Versuchsplans (Tabelle 2) überein. Die Berechnung der Dosiswirkungsbeziehungen in den Abschnitten 3.2 und 3.3 erfolgte anhand der in Tabelle 4 aufgeführten PCB-Konzentrationen.

2.5 Proben- nahme und PCB-Analyse

Nach der Schlachtung wurden nach einer Kühlung des Schlachtkörpers von 24 Stunden folgende Gewebeprobe-
gewonnen: Unterhautfettgewebe, Muskel, Flomen, rechte Niere und Leber. Die Muskelproben (longissimus dorsi) und das Unterhautfettgewebe wurden aus der linken Schlachtkörperhälfte im Bereich der 14. bis 16.

Rippe entnommen. Die Gewebeprobe-
n wurden in Plastikbeuteln verpackt und bis zur Analyse tiefgefroren.

Zur PCB-Analyse wurde aus den homogenisierten Gewebeprobe-
n das Fett extrahiert. Die Bestimmung der sechs PCB-Einzelkomponenten im Gewebefett erfolgte dann durch Kapillargaschromatographie (Ballschmiter und Zell 1980).

Neben der PCB-Analyse wurde in allen Proben eine Rohwasser- und eine Gesamtfettanalyse durchgeführt, so daß für jedes Tier der PCB-Gehalt der Gewebe sowohl auf das Fett als auch auf die Frischmasse der Gewebe bezogen werden kann.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Einfluß der PCB-Zulagen auf die Mastleistung und die Schlachtkörpermerkmale

Im Versuch wurden gute Mastleistungsergebnisse erzielt. Im Mittel der Gruppen 1a und 2 bis 5 betrug die Lebendmasse der Schweine zu Versuchsbeginn 19,2 kg. Nach einer mittleren Mastdauer von 110 Tagen wurde am Versuchsende im Mittel der Gruppen eine Lebendmasse von 104,7 kg erreicht. Bei einer mittleren Zunahme von 777 g pro Tag wurden 2,81 kg Futter pro kg Zunahme verbraucht. Die Mastleistungsergebnisse der einzelnen Gruppen unterschieden sich nur geringfügig von den aufgeführten Mittelwerten des gesamten Versuchs. Die Abweichungen zeigten keine bestimmte Tendenz und waren in keinem Fall statistisch gesichert.

Nach der Schlachtung wurden Schlachtkörpermerkmale wie Schlachtkörpergewicht, Speckdicken, Göfo-Werte des Koteletts, pH-Werte an Schinken und Kotelett und die Fleisch- und Fettflächen am Anschnitt zwischen 13. und 14. Rippe gemessen. Die Werte lagen im üblichen Bereich und wiesen zwischen den Gruppen keine statistisch gesicherten Unterschiede auf.

Die in diesem Schweinemastversuch eingesetzten PCB-Dosierungen hatten somit keinen Einfluß auf die Mastleistung und auf die Schlachtkörpermerkmale.

Gruppe	PCB-Komponente Nr.					
	28	52	101	138	153	180
1a	0,105	0,003	0,003	0,006	0,006	0,028
1b						
2	5,73	5,04	4,75	6,01	5,06	6,93
3	9,88	9,53	9,08	8,90	9,22	11,14
4	19,07	19,06	18,15	20,01	18,45	22,90
5	29,96	28,59	26,53	28,50	30,30	32,18

Tabelle 4: Analytisch bestimmte PCB-Gehalte der Versuchsrationen (ng/g lufttr. Futter)

3.2 PCB-Gehalte im Fett der verschiedenen Gewebe

PCB wird im Fett der Gewebe angereichert. Es sollen daher zunächst die Dosiswirkungsbeziehungen zwischen den PCB-Gehalten des lufttr. Futters und den PCB-Konzentrationen im Fett der Gewebe besprochen werden.

3.2.1 Ableitung und Darstellung der Dosiswirkungskurven

In den Abbildungen 1 bis 6 sind die entsprechenden Dosiswirkungskurven für die PCB-Einzelkomponenten dargestellt. Jeder eingezeichnete Punkt ist ein Gruppenmittelwert aus 10 Tieren. Die Streuung der Einzelwerte innerhalb der Gruppen ist groß. Jede der Abbildungen 1 bis 6 enthält für jedes der fünf untersuchten Gewebe eine Dosiswirkungskurve. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde darauf verzichtet, außer den Gruppenmittelwerten auch die jeweiligen Standardabweichungen einzuzichnen. Die Variationskoeffizienten (VK) liegen bei den verschiedenen PCB-Dosierungen bei den einzelnen Geweben jeweils in der gleichen Größenordnung. Als Schätzgröße für die Streuung wurde in der rechten Spalte der Tabelle 5 VK im Mittel der Gruppen 2 bis 5 für die einzelnen Gewebe bei der jeweiligen PCB-Einzelkomponente angegeben.

In Tabelle 5 sind Regressionsgleichungen für die in den Abbildungen 1 bis 6 wiedergegebenen Dosiswirkungskurven aufgeführt. In die Berechnung dieser Regressionen wurden nur die Gruppen 2 bis 5 einbezogen. Die sehr niedrigen PCB-Konzentrationen im Fett der Gewebe der Gruppe 1a, die keine PCB-Zulage erhielt, sind von der Probengewinnung und von der PCB-Analytik her mit relativ großen Unsicherheiten behaftet; die Werte dieser Gruppe wurden daher bei der Berechnung der Regressionen nicht berücksichtigt. Die gewählten Regressionsgleichungen sollten einerseits eine möglichst gute Anpassung an die Meßpunkte der Gruppen 2 bis 5 ergeben und andererseits bei Extrapolation von 5 ng auf 0 ng PCB-Einzelkomponente pro g Futter den PCB-Gehalten im Fett der jeweiligen Gewebe der Gruppe 1a möglichst nahe kommen.

PCB-Komponente Nr.	Gewebe	(berechnet aus den Mittelwerten von je 10 Tieren einer Dosierungsstufe)	r berechnet aus den		VK (im Mittel der Gruppen 2-5)
			Gruppenmittelwerten	Einzelwerten	
28	Unterhautfettgewebe	$\ln y = 0,2495690 + 0,6872597 \ln x$	0,96	0,64	± 54
	Flomen	$\ln y = -0,3984219 + 0,9298863 \ln x$	0,90	0,66	± 62
	Muskel	$\ln y = 0,3728069 + 0,7684277 \ln x$	0,93	0,62	± 69
	Niere	$\ln y = -1,0700647 + 1,1142989 \ln x$	0,87	0,76	± 59
	Leber	$\ln y = 1,8493474 + 0,5479050 \ln x$	0,92	0,50	± 90
52	Unterhautfettgewebe	$y = 2,0900 + 2,4389 x$	0,97	0,75	± 49
	Flomen	$y = 2,5097 + 2,2859 x$	0,99	0,78	± 40
	Muskel	$y = 5,2420 + 1,9507 x$	0,99	0,81	± 40
	Niere	$y = 0,0191 + 1,5071 x$	0,98	0,84	± 47
	Leber	$\ln y = 3,101569 + 0,6674053 \ln x$	0,96	0,64	± 54
101	Unterhautfettgewebe	$y = -4,0038 + 3,2110 x$	0,99	0,74	± 36
	Flomen	$y = -5,1516 + 3,1271 x$	0,98	0,67	± 46
	Muskel	$y = -1,2927 + 2,6652 x$	0,99	0,87	± 39
	Niere	$y = -2,9321 + 1,7270 x$	0,99	0,89	± 34
	Leber	$\ln y = 2,371650 + 0,6825887 \ln x$	0,99	0,67	± 49
138	Unterhautfettgewebe	$y = 6,6955 + 5,6703 x$	0,99	0,96	± 15
	Flomen	$y = 8,8993 + 5,0623 x$	0,99	0,95	± 14
	Muskel	$y = 6,6179 + 6,9645 x$	0,99	0,93	± 23
	Niere	$y = 2,0232 + 4,6887 x$	0,99	0,94	± 21
	Leber	$\ln y = 4,034857 + 0,5120290 \ln x$	0,99	0,65	± 42
153	Unterhautfettgewebe	$\ln y = 2,218282 + 0,8792720 \ln x$	0,99	0,97	± 15
	Flomen	$\ln y = 2,261746 + 0,8335046 \ln x$	0,99	0,97	± 13
	Muskel	$\ln y = 2,422726 + 0,8705898 \ln x$	0,99	0,96	± 19
	Niere	$\ln y = 1,809173 + 0,9372033 \ln x$	0,99	0,95	± 20
	Leber	$\ln y = 3,773829 + 0,5028573 \ln x$	0,99	0,70	± 39
180	Unterhautfettgewebe	$y = 5,0739 + 5,3575 x$	0,99	0,97	± 14
	Flomen	$y = 8,4800 + 4,7900 x$	0,99	0,95	± 15
	Muskel	$y = 1,7520 + 8,2469 x$	0,99	0,95	± 18
	Niere	$y = -0,9732 + 5,4301 x$	0,99	0,94	± 21
	Leber	$\ln y = 3,175111 + 0,6798169 \ln x$	0,99	0,77	± 36

Tabelle 5: Beziehung zwischen dem PCB-Gehalt des lufttr. Futters und dem PCB-Gehalt im Fett der Gewebe im Bereich 5 bis 30 ng pro g lufttr. Futter ($x = \text{ng pro g lufttr. Futter}$; $y = \text{ng pro g Fett}$)

Aus den vorgenannten Gründen wurde bei den PCB-Komponenten Nr. 52, Nr. 101, Nr. 138 und Nr. 180 für die Gewebe Flomen, Unterhautfettgewebe, Muskel und Niere mit linearen Regressionen gerechnet. In allen anderen Fällen konnte eine gute Anpassung an die Meßpunkte nur mit leicht gekrümmten Kurven erreicht werden. Unter diesen Bedingungen erwiesen sich lineare Regressionen mit einem doppelt logarithmischen Maßstab als geeignet.

Mit Hilfe der Regressionsgleichungen können bei einer Konzentration der PCB-Einzelkomponenten zwischen 5 ng und 30 ng je g lufttr. Futter die Rückstandswerte in den Geweben berechnet werden. Da die Werte der Kontrollschweine nicht in die Regressionen einbezogen wurden, sind in Tabelle

6 die PCB-Gehalte im Fett der Gewebe der Gruppe 1a zahlenmäßig aufgeführt. Aus Futtermitteln mit geringer PCB-Konzentration ($< 5 \text{ ng/g Futter}$) resultierende Rückstandswerte können geschätzt werden, indem zwischen den Werten der Gruppe 1 (Tabelle 6) und den Regressionswerten für 5 ng/g Futter interpoliert wird.

3.2.2 PCB-Gehalte im Fett der Gewebe der Gruppe 1b

Die in der Tabelle 6 aufgeführten Werte beziehen sich nur auf die Schweine der Gruppe 1a, die mit den Gruppen 2 bis 5 zusammen im gleichen Stall gehalten wurden. Die PCB-Konzentrationen im Fett der Gewebe der Gruppe 1b, die sich

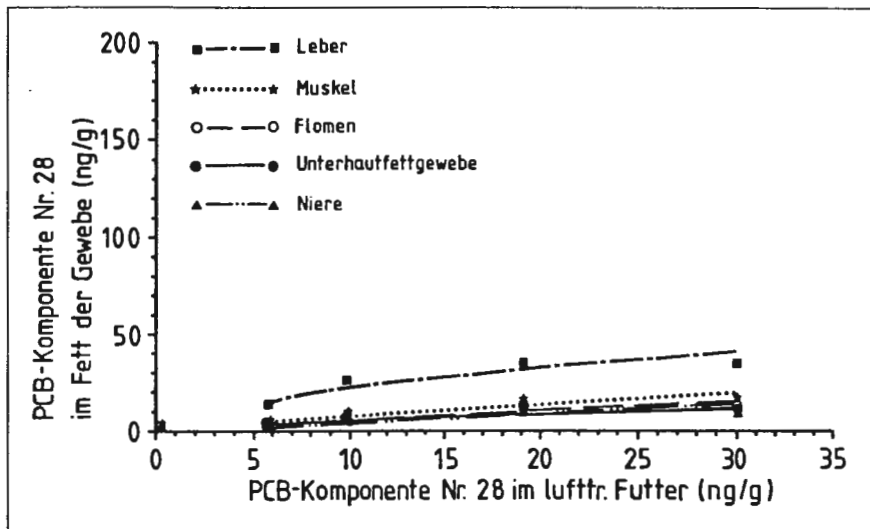


Abbildung 1: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 28 im Fett der Gewebe

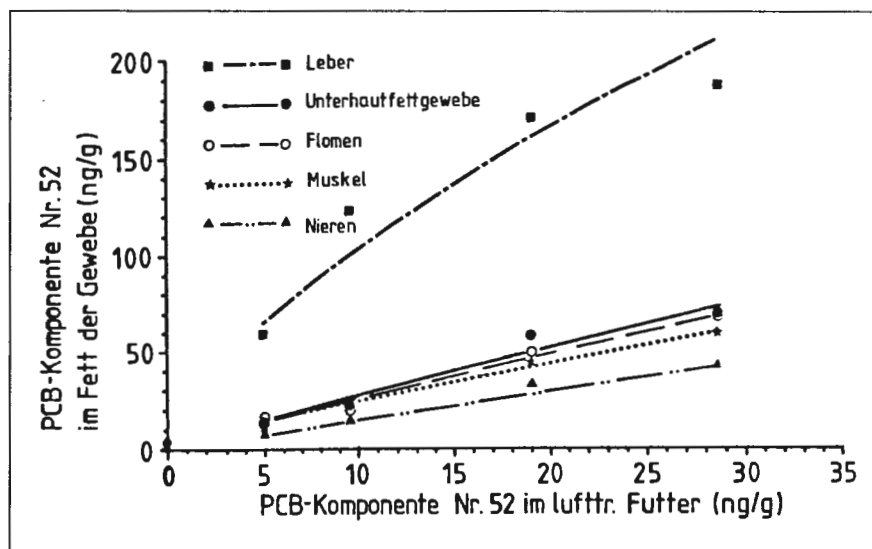


Abbildung 2: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 52 im Fett der Gewebe

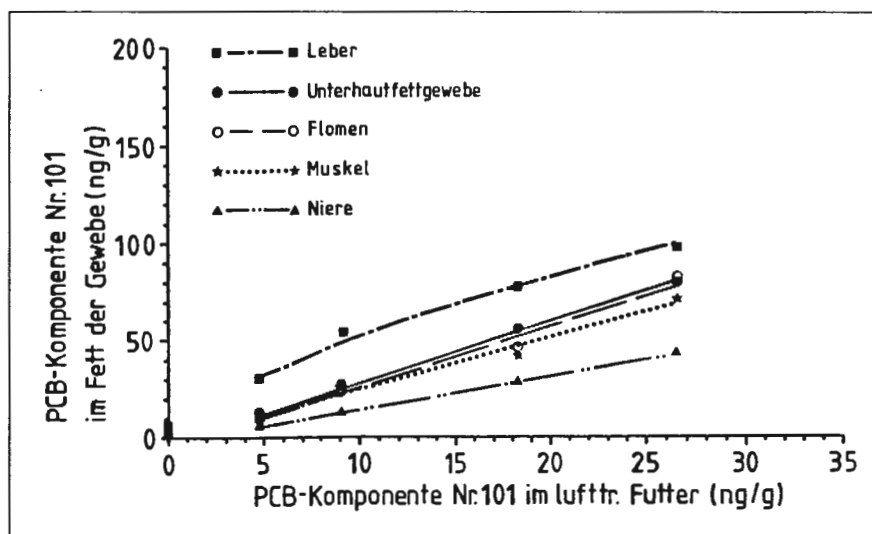


Abbildung 3: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 101 im Fett der Gewebe

in einem anderen Stall befand, lagen nur bei den PCB-Komponenten Nr. 28 und Nr. 52 in der gleichen Größenordnung wie bei der Gruppe 1a. Bei den PCB-Komponenten Nr. 101 und Nr. 180 wurden dagegen höhere Werte - vergleichbar etwa denen der Gruppe 2 - gemessen. Bei der PCB-Komponente Nr. 153 lagen die Werte der Gruppe 1b zwischen denen der Gruppen 2 und 3, bei dem der PCB-Komponente Nr. 138 etwa in gleicher Höhe wie die der Gruppe 3.

Diese hohen Gehalte der PCB-Komponenten Nr. 101, Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 können nicht mit dem Futter in Zusammenhang gebracht werden, da die Gruppen 1a und 1b das gleiche Futter ohne PCB-Zulage erhielten. Die relativ hohen PCB-Konzentrationen im Fett der Gewebe der Gruppe 1b müssen daher durch eine andere, bisher nicht geklärte PCB-Kontamination hervorgerufen worden sein. Diese unbekannt Quelle hat eine andere Zusammensetzung als die PCB-Zulagen der Versuchsgruppen 2 bis 5, da die hohen PCB-Gehalte in den Geweben der Gruppe 1b nur bei den PCB-Komponenten Nr. 101, Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180, nicht aber bei den PCB-Komponenten Nr. 28 und Nr. 52 auftraten. Die Ergebnisse der Gruppe 1b zeigen, daß für PCB-Rückstände in tierischen Geweben neben den Futtermitteln auch andere Ursachen verantwortlich sein können.

Für die weitere Auswertung dieses Versuchs, in der der Zusammenhang zwischen dem PCB-Gehalt des Futters und den PCB-Konzentrationen in den Geweben der Schweine herausgearbeitet werden soll, wird die Gruppe 1b nicht mehr berücksichtigt.

3.2.3 PCB-Gehalte im Fett der Gewebe der Gruppen 1a und 2 bis 5

In den Abbildungen 1 bis 6 sind die Dosis-Wirkungs-Kurven der sechs PCB-Komponenten für die untersuchten Gewebe im Bereich von 5 bis 30 ng pro g lufttrocknen Futter aufgeführt. Abbildung 1 zeigt die Verhältnisse für die PCB-Komponente Nr. 28. Die höchsten Gehalte fanden sich im Fett der Leber. Die Konzentrationen stiegen von 1,7 ng pro g Fett bei Gruppe 1 ohne PCB-Zulage auf 41 ng pro g Fett bei der höchsten PCB-Dosierung an. Die Gehalte im Fett der Gewebe Muskel, Flomen, Unterhautfettgewebe und Niere unterschieden sich nur wenig und sind etwa um den Faktor 2 bis 3 kleiner als in der Leber.

Die PCB-Komponente Nr. 52 (Abbildung 2) lag in den Geweben in wesentlich höherer Konzentration vor als die

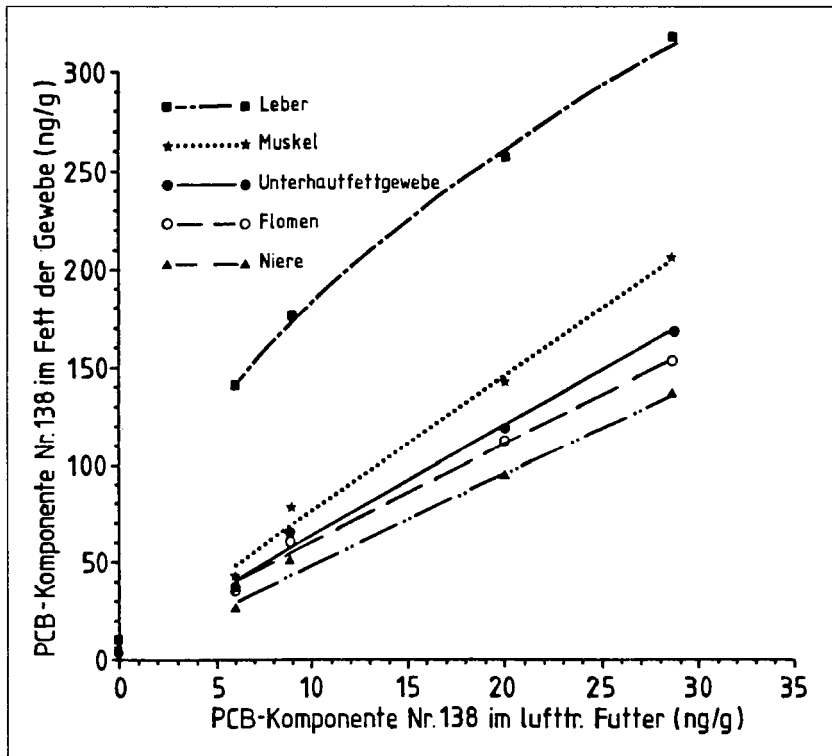


Abbildung 4: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 138 im Fett der Gewebe

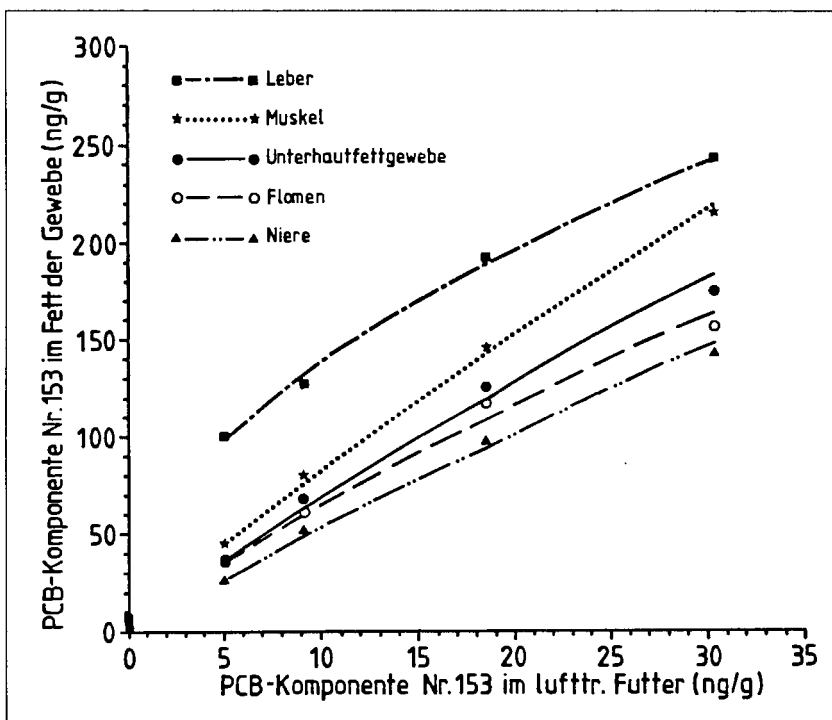


Abbildung 5: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 153 im Fett der Gewebe

PCB-Komponente Nr. 28. Besonders stark war die Anreicherung im Fett der Leber. Im Bereich von 5 bis 30 ng pro g lufttr. Futter stieg der Gehalt im Leberfett von 65 auf 215 ng pro g Fett an. Die Konzentrationen im Fett von Unterhautfettgewebe, Flomen und Muskel waren weitgehend vergleichbar, sie sind etwa um den Faktor 3 bis 4,5 kleiner als die entsprechen-

den Werte der Leber. Etwas niedriger waren die Gehalte im Nierenfett. Dessen Konzentration entspricht in etwa dem des lufttr. Futters.

Die Dosiswirkungskurven der PCB-Komponente Nr. 101 für Unterhautfettgewebe, Flomen, Muskel und Niere in Abbildung 3 haben einen ähnlichen Verlauf wie die der PCB-Komponente Nr. 52. Auch diese PCB-Komponente wurde am stärksten im Fett der Leber angereichert. Die Leberwerte lagen aber nur etwa halb so hoch wie bei der PCB-Komponente Nr. 52.

Die höher chlorierten PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 wurden im Fett der Gewebe wesentlich stärker angereichert als die PCB-Komponenten Nr. 28, Nr. 52 und Nr. 101. Die Verfütterung der PCB-Komponente Nr. 138 führte besonders in der Leber zu sehr hohen Konzentrationen. Bei der höchsten Dosierung wurde ein Wert von 323 ng pro g Fett verzeichnet (Abbildung 4). Bei einer Zufuhr zwischen 5 und 30 ng PCB pro g lufttr. Futter erhöhten sich im Unterhautfettgewebe und im Flomen die Gehalte der PCB-Komponente Nr. 138 von etwa 35 auf 177 bzw. 161 ng pro g Fett. Die Werte im Fett des Muskels lagen etwas über und die im Fett der Niere etwas unter denen des Unterhautfettgewebes.

Abbildung 5 zeigt Dosiswirkungskurven für die PCB-Komponente Nr. 153. Die Kurven sind denen der PCB-Komponente Nr. 138 sehr ähnlich, nur die Werte in der Leber lagen deutlich niedriger.

Die PCB-Komponente Nr. 180 (Abbildung 6) zeichnet sich durch einen besonders steilen Anstieg ihrer Dosiswirkungskurve des Muskels aus. Im Bereich von 5 bis 30 ng pro g lufttr. Futter stiegen die Konzentrationen im Muskel von 43 auf 249 ng pro g Fett an. Die Werte lagen damit im oberen Dosierungsbereich in der gleichen Höhe wie die entsprechenden Gehalte der Leber. Die Dosiswirkungskurven der PCB-Komponente Nr. 180 für Unterhautfettgewebe, Flomen und Niere liegen eng beieinander und entsprechen in ihrer Höhe ungefähr denen der PCB-Komponenten Nr. 138 und 153.

Regressionen, mit denen die in den Abbildungen 1 bis 6 dargestellten Dosiswirkungskurven beschrieben werden, sind in Tabelle 5 zusammengefasst. In der rechten Spalte sind zusätzlich die Variationskoeffizienten (VK) im Mittel der Gruppen 2 bis 5 aufgeführt. Die Streuung ist bei den höher chlorierten PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180, die im Tier besonders stark angereichert werden, kleiner als bei den PCB-Komponenten Nr. 28, Nr. 52 und Nr. 101. Die höchsten Streuungen wurden jeweils bei den PCB-Konzentrationen der Lebern verzeichnet.

Besonders hohe Streuungen (bis zu 200 %) der PCB-Gehalte wurden bei den Tieren der Kontrollgruppe 1a verzeichnet.

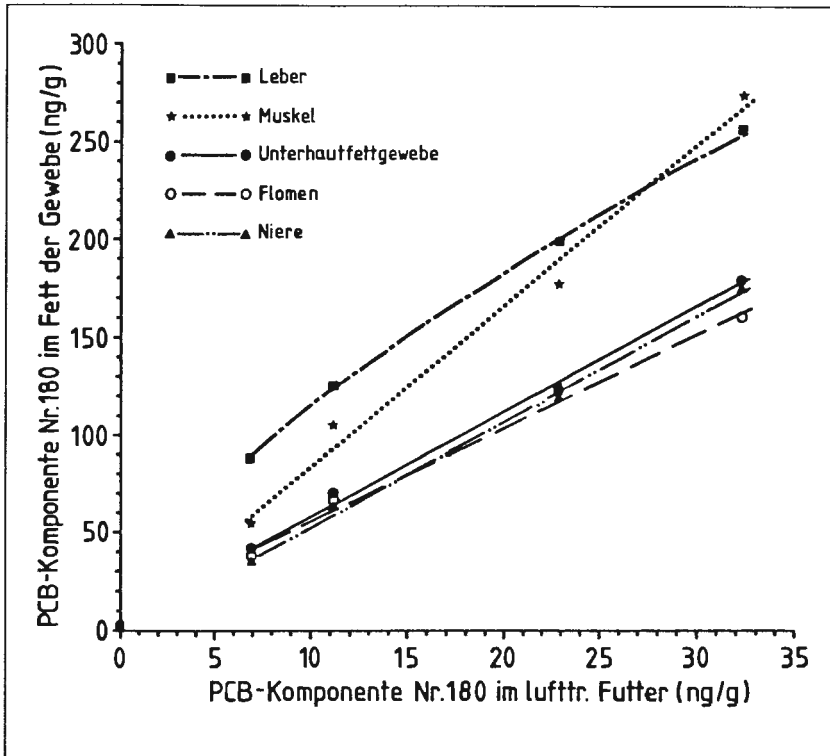


Abbildung 6: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 180 im Fett der Gewebe

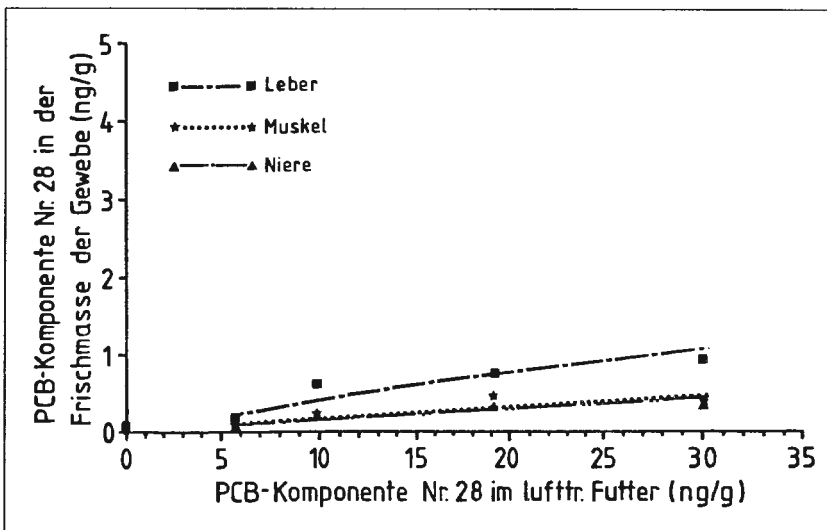


Abbildung 7: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 28 in der Frischmasse der Gewebe

Wie die Dosiswirkungskurven in den Abbildungen 1 bis 6 zeigen, reichern sich die verschiedenen PCB-Komponenten im Tier unterschiedlich stark an. Dies führt dazu, daß das Verhältnis der Konzentrationen der einzelnen PCB-Komponenten in den Geweben nicht mehr dem Verhältnis entspricht, das im Futter vorhanden war. Es kommt zu einer relativen Anreicherung der höher chlorierten PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 gegenüber der PCB-Komponente Nr. 28. Die PCB-Komponenten Nr. 52 und Nr. 101 nehmen eine Mittelstellung ein. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen anderer Arbeiten, in denen für Schweine (Hansen und Welborn 1977) bzw. für Schweine und Schafe (Borchard et al., 1976; Hansen et al., 1977) gezeigt wurde, daß PCB-Komponenten im Fett der Tiere in anderen Verhältnissen zu-

einander vorkommen, als sie ursprünglich im Futter vorhanden waren. Ähnliches gilt auch für das Milchfett (Tuinstra et al., 1981).

3.3 PCB-Gehalte der Gewebe bezogen auf die Frischmasse

Soll die PCB-Belastung des Konsumenten durch Lebensmittel tierischer Herkunft veranschaulicht werden, ist die PCB-Konzentration im Gewebefett allein kein relevanter Maßstab, da der Fettgehalt der einzelnen Gewebe sehr unterschiedlich ist. Bezieht man die PCB-Gehalte auf die Gewebefrischmasse, so kann die PCB-Aufnahme über die verschiedenen Lebensmittel besser verdeutlicht werden. In den Abbildungen 7 bis 12 sind deshalb die Dosiswirkungskurven der einzelnen PCB-Komponenten für die Gewebefrischmasse aufgetragen.

Die Ableitung und Darstellung der Dosiswirkungskurven erfolgt nach den Methoden, die bereits unter 3.2.1 beschrieben wurden. Da der Fettgehalt der Gewebe Leber, Muskel und Niere sehr viel niedriger ist als derjenige des Unterhautfettgewebes und des Flomens, ergibt sich ein sehr großer Unterschied zwischen den PCB-Gehalten der fettarmen und der fettreichen Gewebe. Aus Gründen einer besseren Übersichtlichkeit werden in den Abbildungen 7 bis 12 nur die Dosiswirkungskurven für die Frischmasse der fettarmen Gewebe Leber, Muskel und Niere dargestellt. Auf die graphische Darstellung der Kurven für Unterhautfettgewebe und Flomen kann hier verzichtet werden, da bei diesen beiden Geweben die PCB-Gehalte in der Frischmasse nur etwa um 10 % bis 15 % unter dem des Fettes liegen und sich in der Tendenz keine Unterschiede zu den Abbildungen 1 bis 6 ergeben.

Die Konzentration der PCB-Komponente Nr. 28 in der Frischmasse von Muskel und Niere erreichte bei der höchsten Dosierung im Futter nur einen Wert von etwa 0,45 ng/g (Abbildung 7). Die Werte in der Leber lagen etwa doppelt so hoch. Analog zum Leberfett war auch bei der Leberfrischmasse mit steigender PCB-Dosis eine starke Anreicherung der PCB-Komponente Nr. 52 zu verzeichnen; die Gehalte stiegen von 0,93 ng/g auf 5,3 ng/g an und übertrafen damit die Gehalte in der Muskel- und Nierenfrischmasse um das Dreifache. Für die Anreicherung der PCB-Komponente Nr. 101 in der Frischmasse von Muskel und Niere ergibt sich in etwa das gleiche Bild wie für die Komponente Nr. 52 (Abbildung 9). In der Frischmasse der Leber stiegen die Konzentrationen dieser PCB-Komponente mit steigender Dosis im Futter von 0,5 ng auf 2,7 ng pro g an und lagen damit etwa halb so hoch wie die entsprechenden Werte für die PCB-Komponente Nr. 52.

In Abbildung 10 sind die Dosiswirkungskurven für die PCB-Komponente Nr. 138 aufgetragen. Von der niedrigsten zur höchsten Dosis stiegen die Gehalte im Muskel von 0,9 ng auf

PCB-Komponente Nr.	Iufttr. Futter	Gewebefett				
		Unterhautfettgew.	Flomen	Muskel	Niere	Leber
28	0,105	0,75 ± 87	1,01 ± 85	3,08 ± 57	2,16 ± 128	1,74 ± 126
52	0,003	0,66 ± 20	1,38 ± 134	2,39 ± 170	4,52 ± 200	4,25 ± 211
101	0,003	1,04 ± 102	0,78 ± 92	1,39 ± 107	2,84 ± 228	5,54 ± 218
138	0,006	3,90 ± 105	4,34 ± 81	5,48 ± 68	3,59 ± 107	9,68 ± 81
153	0,006	3,71 ± 109	3,95 ± 81	5,31 ± 74	3,02 ± 116	7,84 ± 67
180	0,028	2,55 ± 112	2,24 ± 85	4,42 ± 106	2,58 ± 152	2,97 ± 114

Tabelle 6: Konzentration der PCB-Komponenten im Futter und im Fett der Gewebe (ng/g) der Gruppe 1a (Mittelwerte und Variationskoeffizienten)

4,8 ng pro g Frischmasse an. Diese PCB-Komponente reichert sich in der Leber besonders hoch an: Die Konzentrationen in der Frischmasse der Leber lagen etwa doppelt so hoch wie die entsprechenden Werte des Muskels und der Niere. Für die PCB-Komponente Nr. 153 (Abbildung 11) ergaben sich bezüglich des Muskels und der Niere ähnliche Dosiswirkungskurven wie für die PCB-Komponente Nr. 138. Die Anreicherung in der Leber lag bei der PCB-Komponente Nr. 153 etwas über der des Muskels und der Niere. Die Konzentrationen der PCB-Komponente Nr. 180 (Abbildung 12) im Muskelgewebe erhöhte sich mit steigender Zufuhr über das Futter von 0,9 auf 5,5 ng pro g Frischmasse. Die Werte der Niere lagen etwas darunter, die der Leber etwas darüber.

Um die Beziehung zwischen der PCB-Zufuhr über das Futter und der PCB-Konzentration im Frischgewebe zu quantifizieren, bedienen wir uns wiederum linearer Regression bzw. einer logarithmischen Kurvenanpassung (Tabelle 7). In der rechten Spalte ist (VK) als Maß für die Streuung im Mittel

der Gruppen 2 bis 5 aufgeführt. Diese Werte entsprechen etwa denen der Tabelle 6, die im Abschnitt 3.2.3 besprochen wurden. Die PCB-Gehalte in den Geweben der Gruppe 1a, die keine PCB-Zulage zum Futter erhielt, sind nicht in die Berechnung der Regressionen der Tabelle 7 eingegangen und werden daher in Tabelle 8 getrennt aufgeführt.

Aus den Regressionen in Tabelle 7 läßt sich errechnen, daß beim Bezug auf die Gewebefrischmasse die Gehalte der sechs untersuchten PCB-Komponenten im Muskel um den Faktor 25 bis 45 kleiner sind als die entsprechenden Werte im Unterhautfettgewebe. In der Niere sind die PCB-Gehalte etwa um den Faktor 25 bis 60 und in der Leber etwa um den Faktor 10 bis 30 kleiner als im Unterhautfettgewebe. Der Bezug auf die Gewebefrischmasse ergibt somit ein anderes Bild als der Bezug auf das Gewebefett (Abbildung 1 bis 6), bei dem die Lebern die höchsten Werte aufweisen und die PCB-Gehalte der übrigen Gewebe relativ nahe bei denen des Unterhautfettgewebes liegen.

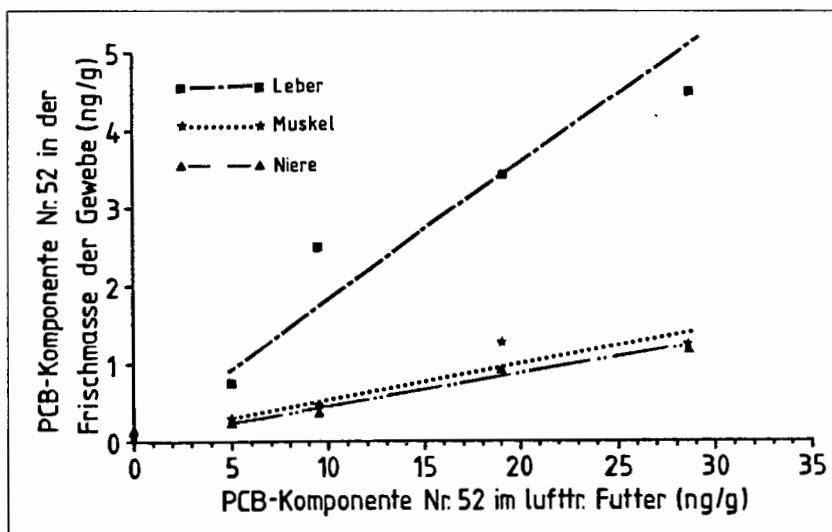


Abbildung 8: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 52 in der Frischmasse der Gewebe

4. Ableitung von maximal zulässigen PCB-Gehalten in Alleinfuttermitteln für Mastschweine

Aus den Regressionen der Tabellen 5 und 7 läßt sich ableiten, bei welcher PCB-Konzentration in Alleinfuttermitteln die Höchstgehalte der "Verordnung über Höchstmengen an Schadstoffen in Lebensmitteln" in von Schweinen stammenden Lebensmitteln erreicht werden. In der Verordnung werden die PCB-Höchstmengen für "Fleisch- und Fleischerzeugnisse sowie tierische Speisefette außer Milchfett" auf das Fett der Lebensmittel bezogen. Ein Bezug auf die Frischmasse erfolgt nur bei solchen Lebensmitteln, deren Fettgehalt 10 % nicht übersteigt. Für die in dieser Arbeit untersuchten Gewebe bedeutet das, daß für Unterhautfettgewebe und Flomen der Bezug auf das Fett der Gewebe gilt, während für Muskel, Niere und Leber die PCB-Höchstmengen auf die Gewebefrischmasse bezogen werden müssen.

PCB-Komponente Nr.	Gewebe	Regression (berechnet aus den Mittelwerten von je 10 Tieren einer Dosierungsstufe)	r berechnet aus den		VK (im Mittel der Gruppen 2-5)
			Gruppenmittelwerten	Einzelwerten	
28	Unterhautfettgewebe	$\ln y = 0,1354024 + 0,6832333 \ln x$	0,96	0,63	± 55
	Flomen	$\ln y = -0,5113485 + 0,9275183 \ln x$	0,90	0,67	± 62
	Muskel	$\ln y = -3,9811689 + 0,9466268 \ln x$	0,84	0,62	± 68
	Niere	$\ln y = -4,4126886 + 1,0537719 \ln x$	0,90	0,72	± 66
	Leber	$\ln y = -2,9911312 + 0,9023640 \ln x$	0,91	0,61	± 85
52	Unterhautfettgewebe	$y = 1,9017 + 2,1346 x$	0,97	0,75	± 49
	Flomen	$y = 2,3141 + 2,0205 x$	0,99	0,79	± 39
	Muskel	$y = 0,075010 + 0,046930 x$	0,92	0,64	± 56
	Niere	$y = 0,021685 + 0,042981 x$	0,99	0,74	± 58
	Leber	$\ln y = -1,6348743 + 0,9737338 x$	0,94	0,80	± 44
101	Unterhautfettgewebe	$y = -3,5120 + 2,8181 x$	0,99	0,74	± 36
	Flomen	$y = -4,4702 + 2,7660 x$	0,98	0,67	± 46
	Muskel	$y = -0,035372 + 0,060836 x$	0,98	0,68	± 51
	Niere	$y = -0,089942 + 0,052431 x$	0,99	0,77	± 55
	Leber	$\ln y = -2,1528582 + 0,9269077 \ln x$	0,98	0,79	± 47
138	Unterhautfettgewebe	$y = 6,3450 + 4,9439 x$	0,99	0,96	± 16
	Flomen	$y = 8,2049 + 4,4781 x$	0,99	0,96	± 13
	Muskel	$y = 0,10472 + 0,15798 x$	0,95	0,77	± 32
	Niere	$y = 0,08419 + 0,13922 x$	0,99	0,80	± 42
	Leber	$\ln y = -0,3813599 + 0,7174131 \ln x$	0,98	0,75	± 46
153	Unterhautfettgewebe	$\ln y = 2,106395 + 0,8725550 \ln x$	0,99	0,97	± 15
	Flomen	$\ln y = 2,140317 + 0,8347020 \ln x$	0,99	0,98	± 12
	Muskel	$\ln y = -1,986601 + 1,080092 \ln x$	0,96	0,88	± 32
	Niere	$\ln y = -1,464774 + 0,8548419 \ln x$	0,99	0,82	± 42
	Leber	$\ln y = -0,6390437 + 0,7116213 \ln x$	0,99	0,79	± 45
180	Unterhautfettgewebe	$y = 5,0334 + 4,6667 x$	0,99	0,97	± 14
	Fomen	$y = 7,8690 + 4,2359 x$	0,99	0,96	± 13
	Muskel	$y = 0,00555 + 0,18417 x$	0,96	0,80	± 28
	Niere	$y = 0,03515 + 0,16006 x$	0,99	0,79	± 44
	Leber	$\ln y = -1,317913 + 0,9057024 \ln x$	0,99	0,81	± 44

Tabelle 7: **Beziehung zwischen dem PCB-Gehalt des lufttr. Futters und dem PCB-Gehalt in der Frischmasse der Gewebe im Bereich 5 bis 30 ng pro g lufttr. Futter (x = ng pro g lufttr. Futter; y = ng pro g Gewebe-frischmasse)**

Die Festlegung noch tolerierbarer PCB-Gehalte in Alleinfuttermitteln für Mastschweine hat sich an den tierischen Geweben mit der stärksten PCB-Anreicherung zu orientieren. Dies sind das Unterhautfettgewebe (bei Bezug auf das Fett) und die Lebern (bei Bezug auf die Frischmasse). In Tabelle 9 ist aufgezeigt, bei welchen Konzentrationen im luftgetrockneten Futter die gesetzlich festgelegten PCB-Höchstwerte im Unterhautfettgewebe (ng/g Fett) bzw. in der Leber (ng/g Frischmasse) erreicht werden. Generell ist festzustellen, daß die Grenzen beim Unterhautfettgewebe wesentlich früher erreicht werden als bei der Leber. Eine Berechnung auf der Basis der Gruppenmittelwerte führte zu dem Ergebnis, daß die für die PCB-Komponente Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 im Unterhaut-

fettgewebe vorgegebenen Höchstwerte dann erreicht werden, wenn im Futter 15 ng PCB/g lufttrockener Substanz vorhanden sind. Die entsprechenden Werte für die PCB-Komponenten Nr. 52 und Nr. 101 lagen etwa doppelt so hoch und betragen 32 bzw. 26 ng/g. Bei der PCB-Komponente Nr. 28 wird der Höchstwert im Unterhautfettgewebe auch bei einer Dosis von 30 ng/g lufttr. Futter nicht erreicht. Diese Berechnung auf der Basis der Gruppenmittelwerte läßt außer acht, daß in 50 % aller Fälle mit einer Überschreitung der Höchstwerte gerechnet werden muß. Es ist daher notwendig, die relativ große Streuung (Tabelle 5, rechte Spalte) in die Überlegungen einzubeziehen. Unter Berücksichtigung von zwei Standardabweichungen werden die Höchstwerte im Un-

PCB-Komponente Nr.	lufttr. Futter	Gewebefrischmasse				
		Unterhautfettgew.	Flomen	Muskel	Niere	Leber
28	0,105	0,65 ± 84	0,91 ± 85	0,067 ± 69	0,054 ± 125	0,024 ± 147
52	0,003	0,58 ± 20	1,24 ± 134	0,045 ± 139	0,115 ± 193	0,060 ± 235
101	0,003	0,92 ± 102	0,71 ± 93	0,036 ± 117	0,068 ± 230	0,078 ± 245
138	0,006	3,42 ± 105	3,93 ± 81	0,148 ± 85	0,089 ± 108	0,103 ± 56
153	0,006	3,25 ± 109	3,57 ± 81	0,144 ± 90	0,074 ± 118	0,086 ± 54
180	0,028	2,24 ± 112	2,02 ± 86	0,129 ± 138	0,063 ± 156	0,031 ± 81

Tabelle 8: Konzentration der PCB-Komponenten im Futter und in der Frischmasse der Gewebe (ng/g) der Gruppe 1a (Mittelwerte und Variationskoeffizienten)

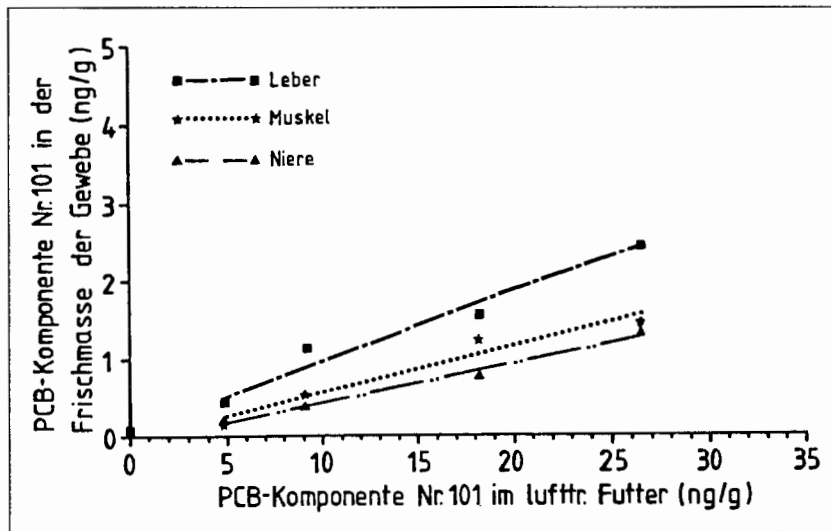


Abbildung 9: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 101 in der Frischmasse der Gewebe

terhautfettgewebe bei den PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 dann erreicht, wenn das Futter einen Gehalt von etwa 10 ng/g aufweist. Bei sehr hohen Variationskoeffizienten, wie sie in der rechten Spalte der Tabelle 5 für die PCB-Komponenten Nr. 28, Nr. 52 und Nr. 101 angegeben werden, würde der Abzug von zwei Standardabweichungen unrealistisch niedrige Werte im Futter ergeben. Variationskoeffizienten von über 50 würden sogar zur Forderung von negativen PCB-Gehalten im Futter führen. Bei den PCB-Komponenten Nr. 28, Nr. 52 und Nr. 101, bei denen der Variationskoeffizient im Mittel der Gruppen 2 bis 5 immer über 30 liegt, wird die Streuung daher durch den Abzug von nur einer Standardabweichung berücksichtigt. Unter dieser Voraussetzung wird der Höchstwert im Unterhautfettgewebe bei den PCB-Komponenten Nr. 52 und Nr. 101 mit 16 bzw. 17 ng/g lufttr. Futter erreicht. Bei der PCB-Komponente Nr. 28 liegt unter Berücksichtigung einer Standardabweichung - der Höchstgehalt im Unterhautfettgewebe auch bei 30 ng/g lufttr. Futter noch unter dem gesetzlichen Höchstwert.

In den vom Schwein stammenden Lebensmitteln können demnach die Höchstwerte für PCB eingehalten werden, wenn

im lufttr. Alleinfuttermittel für Mastschweine folgende Gehalte nicht überschritten werden:

PCB-Komponente Nr. 28 30 ng/g

PCB-Komponente Nr. 52
und Nr. 101 15 ng/g

PCB-Komponente Nr. 138,
Nr. 153 und Nr. 180 10 ng/g.

Sollte es sich als notwendig erweisen, für Futtermittel PCB-Höchstgehalte festzulegen, so kann dies nicht allein anhand der oben diskutierten Dosiswirkungskurven erfolgen. Es muß in jedem Falle danach gestrebt werden, einen möglichst großen Teil der PCB-Belastung aus der Nahrungskette herauszunehmen. Die Höchstwerte müssen daher so niedrig angesetzt werden, daß sie den derzeitigen Kontaminationsgrad üblicher Futtermittel nicht wesentlich übersteigen. Die Festsetzung von PCB-Höchstgehalten in Futtermitteln setzt daher die

Kenntnis der Gehalte an PCB-Einzelkomponenten in repräsentativen Futterchargen voraus. Nach ersten, zur Zeit noch unveröffentlichten Analysen, erscheint eine Festsetzung auf entsprechend niedrigem Niveau durchaus möglich.

5. Zusammenfassung

In einem Fütterungsversuch mit sechzig Mastschweinen wurde dem Futter eine Mischung der sechs PCB-Komponenten Nr. 28, Nr. 52, Nr. 101, Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 in Konzentrationen von je 0, 5, 10, 20 und 30 ng pro g lufttr. Substanz zugesetzt. Nach der Schlachtung der Tiere bei einer Lebendmasse von etwa 100 kg wurden die PCB-Gehalte von Unterhautfettgewebe, Flomen, Muskel, Leber und Niere bestimmt.

Bei den sechs PCB-Komponenten bestand eine enge Beziehung zwischen den Konzentrationen im Futter und den Gehalten der untersuchten Gewebe. Am stärksten wurden die höher chlorierten PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr.

180 in den Geweben angereichert. Die PCB-Komponente Nr. 28 führte zu den geringsten Rückständen, während die PCB-Komponenten Nr. 52 und Nr. 101 eine Mittelstellung einnahmen. Bezogen auf das Fett wiesen die Lebern die höchsten PCB-Konzentrationen auf. Werden die PCB-Gehalte auf die Gewebefrischmasse bezogen, so ergeben sich für Unterhautfettgewebe und Flomen die höchsten Werte. Die PCB-Konzentration der Leberfrischmasse liegt um den Faktor 10 bis 30, die der Muskel- und der Nierenfrischmasse etwa um den Faktor 25 bis 60 unter der des Unterhautfettgewebes. Für jede der sechs PCB-Komponenten wird aus Dosiswirkungskurven abgeleitet, bei welcher Konzentration in Alleinfuttermitteln für Mastschweine die geltenden PCB-Höchstwerte für Lebensmittel tierischer Herkunft noch nicht überschritten werden.

Transfer of polychlorinated biphenyls (PCB) from feed into tissues of fattening pigs

1. The content of PCB in tissues of fattening pigs as related to the concentration of PCB in feed

In a feeding experiment with a total of 60 growing-fattening pigs 6 PCB components (No 28, No 52, No 101, No 138, No 153, and No 180) were added to the ration. Each component was applied in 5 concentrations of 0 ng, 5 ng, 10 ng, 20 ng and 30 ng per g air dry matter. Pigs were slaughtered at 100 kg liveweight, and PCB contents were analysed in subcutaneous adipose tissue, flare fat, muscles, liver and kidney.

With all 6 PCB components, there was a close relationship between dietary intake and concentration in the tissues. The highest accumulation in tissues was found with the higher chlorinated PCB components No 138, No 153, and No 180. Component No 28 gave the lowest residues, whereas the components No 52 and No 101 had intermediate accumulation rates. When related to fat content of the tissues, the PCB concentration was highest in liver; when related to fresh tissue, subcutaneous adipose tissue and flare fat showed the highest contents. PCB concentration in liver tissues were 10 to 30 times lower and those in muscles and kidney tissues 25 to 60 times lower than concentrations in subcutaneous adipose tissue.

With each PCB component, dose: efficiency curves were used to establish maximum amounts in pig diets which may be applied without exceeding FRG limits for PCB in animal products.

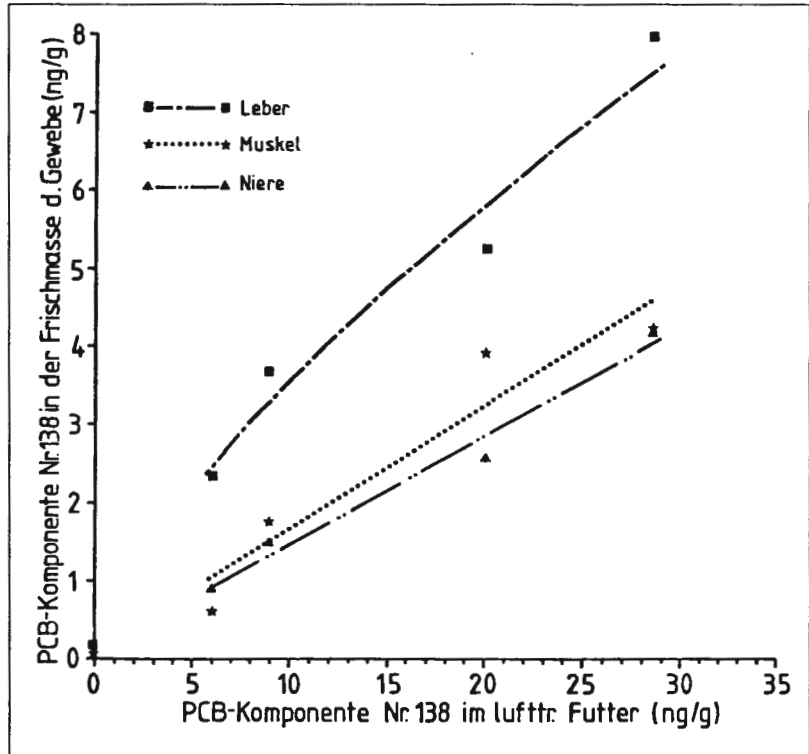


Abbildung 10: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 138 in der Frischmasse der Gewebe

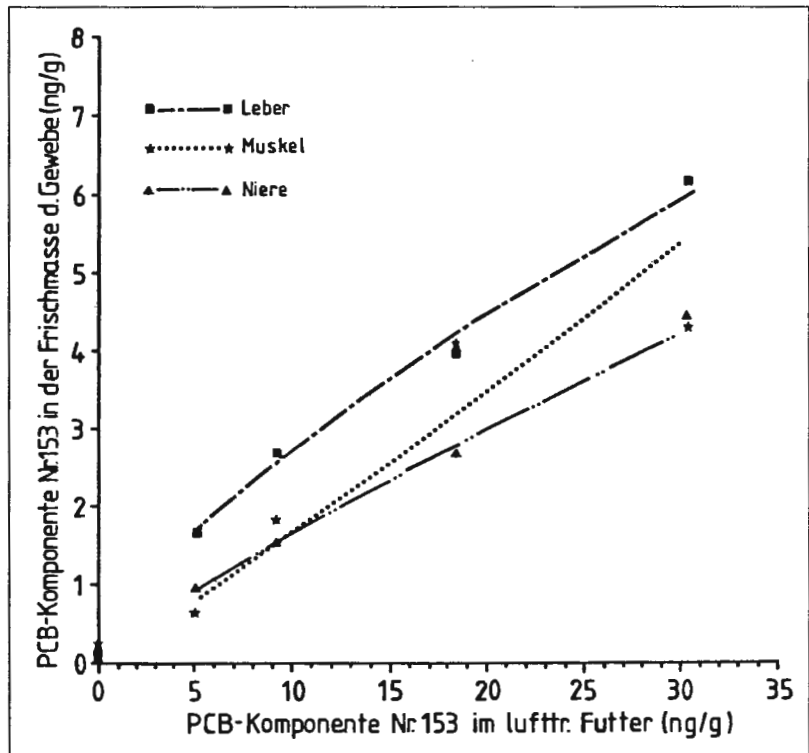


Abbildung 11: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 153 in der Frischmasse der Gewebe

Literatur

Ballschmiter, K. und Zell, M.: Analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) by glass capillary gas chromatography. Fresenius Z. Anal. Chem. 302 (1980), S. 20-31.

PCB-Komponente Nr.	Unterhautfettgewebe				Leber			
	Höchstwert für Lebensmittel* ng pro g Fett	maximal mögliche PCB-Konzentration im lufttr. Futter (ng/g) bezogen auf			Höchstwert für Lebensmittel* ng pro g Frischmasse	maximal mögliche PCB-Konzentration im lufttr. Futter (ng/g) bezogen auf		
		Gruppenmittelwerte	Gruppenmittelwerte -1s**	Gruppenmittelwerte -2s**		Gruppenmittelwerte	Gruppenmittelwerte -1s**	Gruppenmittelwerte -2s**
28	80	> 30	> 30	***	8	> 30	34	***
52	80	32	16	***	8	> 30	25	***
101	80	26	17	***	8	> 30	> 30	***
138	100	16	14	11	10	> 30	18	***
153	100	15	13	10	10	> 30	27	***
180	80	14	12	10	8	> 30	22	***

* Verordnung über Höchstmengen an Schadstoffen in Lebensmitteln vom 23. März 1988
** s = Standardabweichung nach Tabelle 5 bzw. Tabelle 7
*** keine Angabe von Werten, da der Variationskoeffizient größer als 30 ist

Tabelle 9: Berechnung der maximal möglichen PCB-Konzentrationen in Alleinfuttermitteln für Mastschweine (gemessen am Höchstwert für PCB in Lebensmitteln tierischer Herkunft)

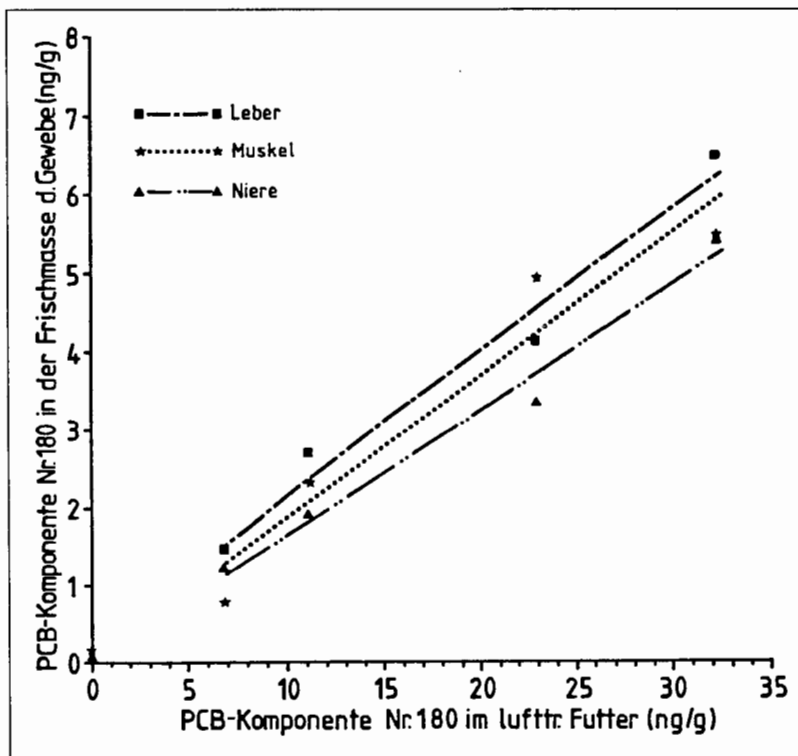


Abbildung 12: Konzentration der PCB-Komponente Nr. 180 in der Frischmasse der Gewebe

Hansen, L.G. und Welborn, M.E.: Distribution, dilution and elimination of polychlorinated biphenyl analogs in growing swine. J. Pharm. Sci., 66 (1977), S. 497-501.

Hansen, L.G., Welborn, M.E., Borchard, R.E., Teske, R.H. und Metcalf, R.L.: Tissue distribution of PCB components in swine and sheep fed three different rations containing Aroclors 1242 and 1254. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 5 (1977), S. 257-278.

Tuinstra, L.G.M.Th., Vreman, K., Roos, A.H. und Keukens, H.J.: Excretion of certain chlorobiphenyls into the milk fat after oral administration, Neth. Milk Dairy J. 35 (1981), S. 147-157.

Verordnung über Höchstmengen an Schadstoffen in Lebensmitteln (Schadstoff-Höchstmengenverordnung - SHmV) vom 23. März 1988. Bundesgesetzblatt. Jahrgang 1988, Teil I, Nr. 13, S. 422-424.

Verfasser: V e m m e r, Herward, Dr. sc. agr., Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Prof. Dr. agr. Dr. habil. Klaus R o h r.

Borchard, R.E., Welborn, M.E., Hansen, L.G., Link, R.P. und Teske, R.H.: Apparent pharmacokinetics of PCB components in growing pigs and lambs when fed a ration containing Aroclor 1254. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 4 (1976), S. 226-245.

H e e s c h e n, Walter, Prof. Dr. med. vet. Dr. habil. und Bl ü t h g e n, Albrecht, Dr. agr., Institut für Hygiene der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel, Leiter: Prof. Dr. med. vet. Dr. habil. Walter H e e s c h e n.