

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

2. Mitteilung: PCB-Gehalte in den einzelnen Geweben der Mastbullen in Abhängigkeit von der PCB-Konzentration des Futters

HERWARD VEMMER, WALTER HEESCHEN, ALBRECHT BLÜTHGEN und REINHARD DAENICKE

Institut für Tierernährung der FAL
und

Institut für Hygiene der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel

1 Einleitung

Polychlorierte Biphenyle können aus dem Futter in die Gewebe landwirtschaftlicher Nutztiere und damit in Lebensmittel tierischer Herkunft übergehen. In der 1. Mitteilung dieser Arbeit (Vemmer et al., 1992) wurde der mengenmäßige Übergang von PCB aus dem Futter in die Mastbullen beschrieben. Die mengenmäßige Betrachtung zeigte, daß im Nahrungskettenglied Futter-Mastbulle etwa 50 % der mit dem Futter aufgenommenen PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 in das Tier übergehen. Aus diesen Werten läßt sich aber nicht ableiten, bei welcher PCB-Konzentration im Futter die in der Schadstoff-Höchstmengenverordnung festgelegten Höchstgehalte für von Mastbullen stammende Lebensmittel eingehalten werden können. Zur Beantwortung dieser Frage wird in den folgenden Abschnitten beschrieben, welchen Einfluß der PCB-Gehalt des Futters auf die PCB-Konzentrationen der Gewebe von Mastbullen hatte.

2 Versuchsanlage und Versuchsdurchführung

Der Versuch wurde mit intensiv gemästeten Jungbullen der Rasse Deutsches Fleckvieh im Lebendmasseabschnitt von etwa 160 kg bis 600 kg durchgeführt. An die Tiere der Gruppen 1 bis 3 (9 Bullen pro Gruppe) wurden über den gesamten Mastbereich die sechs PCB-Leitsubstanzen in jeweils gleichlautender Dosierung von 0, 10 bzw. 30 ng/g lufttr. Futter verabreicht. Das Futter bestand während des gesamten Versuchs aus Maissilage und täglich 2 kg Kraftfutter. Die PCB-Zulagen waren an Weizennachmehl gebunden und wurden täglich mit dem Kraftfutter vermischt an die Bullen verabreicht. Die PCB-Dosierung wurde auf die Gesamtration mit einer Trockenmasse von 88 % bezogen. Am Versuchsende wurde aus den während der gesamten Mastperiode aufgenommenen Futtermengen und PCB-Zulagen für jedes Einzeltier die mittlere PCB-Konzentration der Gesamtration in ng/g lufttr. Futter berechnet.

Tabelle 1: PCB-Zulagen zur Gesamtration der Mastbullen (ng/g lufttr. Futter, 88 % Trockenmasse)

Gruppe	PCB-Komponente Nr.					
	28	52	101	138	153	180
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	7,86	7,96	9,50	10,18	9,84	11,64
3	23,58	26,83	27,68	30,50	29,48	32,21

Die Mastbullen wurden bei einer Lebendmasse von etwa 600 kg geschlachtet. Nach einer Kühlung der Schlachtkörper über 24 Stunden wurden folgende Gewebeproben für die PCB-Konzentrationsmessungen gewonnen: Muskel, Leber, Niere, Nierenfettgewebe, Darmfettgewebe, Unterhautfettgewebe und Knochen. Die Knochenprobe war eine Mischprobe, die aus den zerkleinerten Knochen der rechten Schlachtkörperhälfte hergestellt wurde. Die Muskelprobe (longissimus dorsi) und das Unterhautfettgewebe wurden aus der linken Schlachtkörperhälfte im Bereich der 6. bis 8. Rippe entnommen. Die Gewebeproben wurden in Kunststoffbechern mit Schraubverschluß verpackt und bis zur Analyse tiefgefroren. Für die PCB-Analyse wurde aus den homogenisierten Gewebeproben das Fett extrahiert. Die Bestimmung der sechs PCB-Komponenten im Gewebefett erfolgte dann durch Kapillargaschromatographie (Ballschmiter und Zell, 1980).

Weitere Einzelheiten zur Versuchsanlage und Versuchsdurchführung werden in der 1. Mitteilung dieser Arbeit (Vemmer et al., 1992) beschrieben.

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Versuch wurden mittlere Mastleistungsergebnisse erzielt. Ein Einfluß der PCB-Zulagen auf die Mastleistung der Bullen war nicht vorhanden (Vemmer et al., 1992).

In Tabelle 1 sind die analytisch ermittelten PCB-Zulagen als Konzentrationen in den Gesamtrationen der Mastbullen aufgeführt. Sie lagen bei den PCB-Komponenten Nr. 28, Nr. 52 und Nr. 101 unter der geplanten Dosierung. Die übrigen Konzentrationen entsprachen in etwa dem Versuchsplan. In der Auswertung wird mit den Werten der Tabelle 1 gerechnet. Die PCB-Gehalte der Maissilage und des Kraftfutters waren für die einzelnen PCB-Komponenten jeweils kleiner als 0,3 ng/g lufttr. Futter (Vemmer et al., 1992).

Tabelle 2: **PCB-Konzentrationen in den Geweben von Mastbullen der Gruppe 1 (Vor- und Grundbelastung) (ng/g Fett) - Mittelwerte und Standardabweichungen -**

	PCB Nr. 138	PCB Nr. 153	PCB Nr. 180
Muskel	50,5 ± 10,0	59,0 ± 11,0	26,6 ± 4,2
Leber	322,9 ± 119,2	250,4 ± 92,8	90,5 ± 31,4
Niere	46,1 ± 14,7	49,2 ± 16,3	27,3 ± 14,6
Nierenfettgewebe	44,2 ± 5,7	47,1 ± 4,8	18,9 ± 2,4
Darmfettgewebe	49,8 ± 9,3	49,9 ± 10,2	21,0 ± 3,9
Unterhautfettgewebe	45,7 ± 4,7	50,7 ± 6,1	19,4 ± 2,6
Knochen	58,6 ± 9,6	62,1 ± 7,9	27,9 ± 5,7

3.1 PCB-Gehalte im Gewebefett

Wie im Versuchsplan dargestellt, erhielten die Mastbullen der Gruppen 1-3 während der gesamten Mastperiode von 160-600 kg Lebendmasse PCB-Zulagen von 0, 10 bzw. 30 ng/g luftr. Futter. Nach der Schlachtung wurden die PCB-Konzentrationen der Gewebe Muskel, Leber, Niere, Nierenfettgewebe, Darmfettgewebe, Unterhautfettgewebe und Knochen bestimmt. Die Gehalte werden zunächst in ng/g Fett angegeben, da die Höchstwerte der Schadstoff-Höchstmengenverordnung für die kritischen Gewebe der Mastbullen in dieser Form geregelt werden.

Bei den Bullen der Gruppe 1 (Kontrollgruppe), die keine PCB-Zulagen zum Futter erhalten hatten, wurden in den Geweben die in der Tabelle 2 aufgeführten PCB-Konzentrationen gemessen. Diese nicht durch PCB-Zulagen bedingten PCB-Gehalte wurden einerseits durch die PCB-Vorbelastung während der Aufzuchtperiode und andererseits durch die PCB-Grundbelastung während der Versuchsperiode von 160-600 kg Lebendmasse verursacht. Wie in der 1. Mitteilung (V e m m e r et al., 1992) bereits dargestellt, gehören zur Grundbelastung die PCB-Gehalte der Maissilage und des

Kraftfutters und andere, nicht näher bekannte PCB-Quellen aus der Umgebung der Tiere. Die höchsten Konzentrationen wurden in der Gruppe 1 bei den PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 mit 323, 250 bzw. 90 ng/g Fett in den Lebern gemessen (Tabelle 2). Bei den anderen Geweben wurden beim PCB Nr. 138 und Nr. 153 Werte um 50 ng/g Fett und beim PCB Nr. 180 um etwa 25 ng/g Fett bestimmt. Da sich Haltung und Fütterung aller Gruppen nur durch die Höhe der PCB-Zulagen unterscheiden, muß sich die PCB-Vor- und Grundbelastung auf die Gruppen 1-3 gleich ausgewirkt haben. Für die Auswertung wurden daher bei allen Bullen von den analytisch bestimmten PCB-Konzentrationen der Gewebe die jeweils entsprechenden PCB-Konzentrationen der Gruppe 1 abgezogen. Diese Differenzen entsprechen dem PCB-Gehalt in den Geweben, der durch die PCB-Zulagen zum Futter hervorgerufen wurde.

Die Zulagen der PCB-Komponenten Nr. 28, Nr. 52 und Nr. 101 zum Futter führten im Fett der Gewebe nur zu sehr geringen Rückständen. Die Gehalte lagen auch bei der höchsten Dosierung erheblich unter den entsprechenden Höchstgehalten der Schadstoff-Höchstmengenverordnung. Dies scheint ein für Wiederkäuer typisches Ergebnis zu sein. In

Tabelle 3: **Einfluß gestaffelter Zulagen an PCB Nr. 138 auf die Gehalte im Fett der Gewebe von Mastbullen (ng/g Fett) - Mittelwerte und Standardabweichungen -**

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
	PCB Nr. 153 Zulagen im luftr. Futter		
	0,00 ng/g	10,18 ng/g	30,50 ng/g
Muskel	-	222,3 ± 58,3	601,9 ± 143,7
Leber	-	1153,9 ± 310,0	2497,5 ± 406,8
Niere	-	211,8 ± 70,2	508,6 ± 92,7
Nierenfettgewebe	-	214,3 ± 75,1	637,4 ± 81,8
Darmfettgewebe	-	233,6 ± 55,7	584,5 ± 165,5
Unterhautfettgewebe	-	195,5 ± 43,5	615,1 ± 129,6
Knochen	-	251,2 ± 60,1	738,4 ± 179,4

den meisten Arbeiten, die über PCB bei Mastrindern und Milchkühen berichten, werden nur PCB Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 behandelt, während die PCB-Komponenten Nr. 28, Nr. 52 und Nr. 101 nicht erwähnt werden. In Untersuchungen über die PCB-Gehalte in Rohmilchproben lagen die Konzentrationen an PCB Nr. 28, Nr. 52 und Nr. 101 alle unter der Nachweisgrenze, während PCB Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 in den meisten Proben nachgewiesen wurden (Ruschenburg und Jahr, 1986).

Die PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 führten bei den Mastbullen zu sehr hohen Rückständen. In den Tabellen 3-5 werden die Konzentrationen im Fett der Gewebe aufgeführt, die unter Berücksichtigung von Vor- und Grundbelastung durch die entsprechenden PCB-Zulagen verursacht wurden. Zur Verdeutlichung der Dosiswirkungsbeziehungen wird auch die Gruppe 1 aufgeführt, die als Kontrollgruppe kein durch Zulagen bedingtes PCB in den Geweben enthielt.

Tabelle 3 zeigt die Verhältnisse für PCB Nr. 138. Die höchste Dosierung von 30,50 ng/g lufttr. Futter führte in den Lebern zu einem Gehalt von 2498 ng/g Fett. Die gleiche Dosierung ergab im Fett des Muskels und der Niere 601,9 bzw. 508,6 ng/g. In den Fettgeweben Nierenfettgewebe, Darmfettgewebe und Unterhautfettgewebe wurden mit 637,4, 584,5 bzw. 615,1 ng/g Fett ähnliche Werte gemessen, während der entsprechende Gehalt im Knochen mit 738,4 ng/g Fett etwas höher lag.

Die in Tabelle 3 für die verschiedenen Dosierungen aufgeführten Werte zeigen, daß die Konzentrationen an PCB Nr. 138 in Nierenfettgewebe, Unterhautfettgewebe und Knochen mit steigender Dosierung im Futter linear anstiegen. Im Muskel und im Darmfettgewebe war der Anstieg annähernd linear, während er bei der Leber einer gekrümmten und bei der Niere einer leicht gekrümmten Kurve entsprach. Bezogen auf das Fett der Gewebe lagen die Konzentrationen an PCB Nr. 138 in den Lebern bei Gruppe 2 um den Faktor 5 und bei Gruppe 3 um den Faktor 4 höher als in den übrigen untersuchten Geweben.

Die Abhängigkeit der Gehalte an PCB Nr. 153 in den Geweben von der Höhe der Zulagen wird in Tabelle 4 aufgeführt. Bei einer Dosierung von 29,48 ng/g lufttr. Futter wurden im Fett der Leber 1515 ng/g gemessen. Der Wert lag um etwa 40 % unter dem des PCB Nr. 138. Bei der höchsten Dosierung wurden für PCB Nr. 153 im Fett der übrigen Gewebe folgende Konzentrationen bestimmt: Muskel = 556,6 ng/g, Niere = 443,2 ng/g, Nierenfettgewebe = 547,5 ng/g, Darmfettgewebe = 476,4 ng/g, Unterhautfettgewebe = 508,3 ng/g und Knochen = 660,5 ng/g. Bei diesen Geweben wurden in den Gruppen 2 und 3 Anreicherungen für PCB Nr. 153 im Gewebefett ermittelt, die unter Berücksichtigung der etwas unterschiedlichen Konzentrationen im Futter im Mittel etwa 10 % niedriger waren als beim PCB Nr. 138. Wie Tabelle 4 zeigt, ergibt sich für die Dosiswirkungsbeziehungen der Gewebefette ein ähnliches Bild wie im Falle des PCB Nr. 138.

Für die PCB-Komponente Nr. 180 (Tabelle 5) ergaben sich ähnliche Rückstandswerte wie für PCB Nr. 153. Bei der Dosierung von 32,21 ng/g lufttr. Futter wurden im Fett der Gewebe folgende Gehalte bestimmt: Leber = 1464 ng/g, Muskel = 563,7 ng/g, Niere = 467,9 ng/g, Nierenfettgewebe = 555,7 ng/g, Darmfettgewebe = 489,8 ng/g, Unterhautfettgewebe = 476,0 ng/g und Knochen = 691,6 ng/g. Der Verlauf der Dosiswirkungskurven entsprach weitgehend dem des PCB Nr. 153.

Wie aus den dargestellten Ergebnissen (Tabellen 3-5) ersichtlich, führte die PCB-Applikation der PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 im Fett aller Gewebe - mit Ausnahme der Leber - zu jeweils ähnlich hohen Rückständen. Bezogen auf das lufttrockene Futter lag die Konzentration an PCB Nr. 138 im Gewebefett um den Faktor 20 höher. Für die PCB-Komponenten Nr. 153 und Nr. 180 ergaben sich entsprechende Anreicherungsfaktoren von 18 bzw. 16.

Diesbezüglich ergibt sich ein großer Unterschied gegenüber Mastschweinen, bei denen nach V e m m e r et al. (1989) die Konzentration der PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 im Fett der Gewebe relativ zum Futter um den Faktor 5 erhöht ist.

Tabelle 4: **Einfluß gestaffelter Zulagen an PCB Nr. 153 auf die Gehalte im Fett der Gewebe von Mastbullen (ng/g Fett) - Mittelwerte und Standardabweichungen -**

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
	PCB Nr. 153 Zulagen im lufttr. Futter		
	0,00 ng/g	9,84 ng/g	29,48 ng/g
Muskel	-	211,3 ± 61,1	556,6 ± 148,8
Leber	-	714,5 ± 221,0	1514,6 ± 259,0
Niere	-	181,1 ± 55,4	443,2 ± 79,4
Nierenfettgewebe	-	182,4 ± 67,0	547,5 ± 80,8
Darmfettgewebe	-	203,7 ± 51,0	476,4 ± 123,9
Unterhautfettgewebe	-	166,9 ± 41,9	508,3 ± 94,7
Knochen	-	221,6 ± 62,9	660,5 ± 202,7

Tabelle 5: **Einfluß gestaffelter Zulagen an PCB Nr. 180 auf die Gehalte im Fett der Gewebe von Mastbullen (ng/g Fett) - Mittelwerte und Standardabweichungen -**

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
	PCB Nr. 180 Zulagen im lufttr. Futter		
	0,00 ng/g	11,64 ng/g	32,21 ng/g
Muskel	-	199,6 ± 52,3	563,7 ± 162,6
Leber	-	681,8 ± 50,6	1463,6 ± 300,8
Niere	-	203,4 ± 58,7	467,9 ± 93,7
Nierenfettgewebe	-	189,8 ± 61,8	555,7 ± 93,3
Darmfettgewebe	-	212,9 ± 50,5	489,8 ± 121,4
Unterhautfettgewebe	-	164,3 ± 36,4	476,0 ± 84,0
Knochen	-	237,1 ± 35,2	691,6 ± 123,1

Dieser Unterschied ist zunächst überraschend, da der mengenmäßige Übergang dieser PCB-Komponenten aus dem Futter in das Tier bei Mastschweinen etwa 80 % (Vemmer et al., 1991), bei Mastbullen dagegen nur etwa 50 % (Vemmer et al., 1992) betrug. Es handelt sich hierbei jedoch um einen scheinbaren Widerspruch, da von den Mastbullen pro kg angesetztem Körperfett erheblich größere Futtermengen und damit auch PCB-Mengen aufgenommen wurden als von den Mastschweinen.

3.2 PCB-Gehalte der Gewebefrischmasse

Soll die PCB-Belastung des Verbrauchers durch Lebensmittel tierischer Herkunft veranschaulicht werden, so ist die PCB-Konzentration im Gewebefett allein kein geeigneter Maßstab, da der Fettgehalt der einzelnen Gewebe sehr unterschiedlich

ist. Bezieht man dagegen die PCB-Gehalte auf die Gewebefrischmasse, kann die PCB-Aufnahme über verschiedene Lebensmittel besser verdeutlicht werden. In den Tabellen 6-8 wurden deshalb die PCB-Konzentrationen in der Frischmasse der untersuchten Gewebe aufgeführt.

Beim PCB Nr. 138 wurden in der Gruppe 3 die höchsten Gehalte in der Frischmasse des Nierenfettgewebes mit 558,9 ng/g gemessen. Die entsprechenden Werte für Unterhautfettgewebe und Darmfettgewebe betragen 541,5 ng/g bzw. 471,7 ng/g (Tabelle 6). Die Gehalte in der Frischmasse lagen damit - entsprechend dem hohen Fettgehalt dieser Gewebe - nur etwas unter den auf das Gewebefett bezogenen Konzentrationen. Auch für PCB Nr. 153 (Tabelle 7) und PCB Nr. 180 (Tabelle 8) wurden beim Bezug auf die Frischmasse die höchsten Gehalte im Nierenfettgewebe, dicht gefolgt von Unterhautfettgewebe und Darmfettgewebe, ermittelt.

Tabelle 6: **Einfluß gestaffelter Zulagen an PCB Nr. 138 auf die Gehalte im Fett der Gewebe von Mastbullen (ng/g in der Frischmasse) - Mittelwerte und Standardabweichungen -**

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
	PCB Nr. 138 Zulagen im lufttr. Futter		
	0,00 ng/g	10,18 ng/g	30,50 ng/g
Muskel	-	3,72 ± 1,53	8,92 ± 2,64
Leber	-	40,42 ± 7,38	88,68 ± 24,70
Niere	-	8,51 ± 5,58	26,11 ± 12,22
Nierenfettgewebe	-	187,1 ± 64,0	558,9 ± 70,9
Darmfettgewebe	-	191,3 ± 42,2	471,7 ± 140,6
Unterhautfettgewebe	-	168,0 ± 35,3	541,5 ± 114,3
Knochen	-	43,4 ± 14,2	118,5 ± 31,8

Tabelle 7: **Einfluß gestaffelter Zulagen an PCB Nr. 153 auf die Gehalte in der Frischmasse der Gewebe von Mastbul-
len (ng/g Frischmasse) - Mittelwerte und Standardabweichungen -**

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
	PCB Nr. 153 Zulagen im lufttr. Futter		
	0,00 ng/g	9,84 ng/g	29,48 ng/g
Muskel	-	3,54 ± 1,66	8,20 ± 2,61
Leber	-	25,06 ± 5,36	53,70 ± 14,00
Niere	-	7,13 ± 4,52	22,82 ± 10,80
Nierenfettgewebe	-	159,2 ± 57,0	479,9 ± 70,6
Darmfettgewebe	-	166,5 ± 36,8	384,7 ± 107,7
Unterhautfettgewebe	-	142,7 ± 31,5	447,3 ± 82,2
Knochen	-	38,6 ± 14,8	105,8 ± 33,1

In der Frischmasse der Knochen betrug die Konzentration der PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 etwa 25 % der Gehalte der drei untersuchten Fettgewebe.

Der Muskel enthielt beim Bezug auf die Frischmasse von allen untersuchten Geweben die niedrigsten PCB-Konzentrationen. Beim PCB Nr. 138 wurde im Falle der höchsten Dosierung (30,50 ng/g lufttr. Futter) in der Muskelfrischmasse nur ein Gehalt von 8,92 ng/g erreicht (Tabelle 6). Für PCB Nr. 153 und Nr. 180 lauten die entsprechenden Werte 8,20 ng/g (Tabelle 7) bzw. 8,39 ng/g (Tabelle 8). Bezogen auf die Frischmasse lagen im Muskel die PCB-Konzentrationen erheblich unter denen des luftgetrockneten Futters.

PCB Nr. 138 wurde in der Leber besonders stark angereichert. Für diese PCB-Komponente wurden in der Frischmasse der Leber - trotz des nur geringen Fettgehaltes - Konzentrationen erreicht, die etwa um den Faktor 10 über den entsprechenden Werten des Muskels lagen (Tabelle 6). Für PCB Nr. 153 (Tabelle 7) und PCB Nr. 180 (Tabelle 8) wurden in der Leberfrischmasse Gehalte ermittelt, die um den Faktor 6 bis 7 größer waren als die Werte der zugehörigen Muskelproben.

In der Frischmasse der Nieren lagen die Konzentrationen von PCB Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 zwischen den entsprechenden Werten von Leber und Muskel (Tabellen 6-8), sie waren etwa um den Faktor 2 bis 3 größer als in der Frischmasse der Muskeln.

Der Bezug auf die Gewebefrischmasse ergab somit ein völlig anderes Bild als der Bezug auf das Gewebefett (Tabellen 3-5).

Der Bezug auf die Gewebefrischmasse ergab somit ein völlig anderes Bild als der Bezug auf das Gewebefett (Tabellen 3-5).

Tabelle 8: **Einfluß gestaffelter Zulagen an PCB Nr. 180 auf die Gehalte in der Frischmasse der Gewebe von Mastbul-
len (ng/g Frischmasse) - Mittelwerte und Standardabweichungen -**

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
	PCB Nr. 180 Zulagen im lufttr. Futter		
	0,00 ng/g	11,64 ng/g	32,21 ng/g
Muskel	-	3,36 ± 1,38	8,39 ± 2,68
Leber	-	23,93 ± 3,83	52,17 ± 18,06
Niere	-	8,26 ± 4,7	23,98 ± 11,22
Nierenfettgewebe	-	165,7 ± 52,3	486,9 ± 79,5
Darmfettgewebe	-	174,0 ± 35,6	395,7 ± 103,9
Unterhautfettgewebe	-	141,4 ± 29,2	418,7 ± 71,9
Knochen	-	40,3 ± 9,3	110,6 ± 23,4

Tabelle 9: **Beziehungen zwischen den PCB-Gehalten des Futters und des Nierenfettgewebes bei Mastbullen (Gruppe 1 - 3)**

PCB Nr.	x = PCB im lufttr. Futter (ng/g) y = PCB im Fett der Gewebe (ng/g Fett)
138	$y = 0,497 + 20,895 x ; r = 0,975$
153	$y = -0,314 + 18,586 x ; r = 0,970$
180	$y = -4,848 + 17,330 x ; r = 0,968$

4 Ableitung von maximal tolerierbaren PCB-Gehalten in Gesamtrationen für Mastbullen

Aus den Daten der Tabellen 3-5 und 6-8 läßt sich ableiten, bei welcher PCB-Konzentration in Gesamtrationen die Höchstgehalte der Schadstoff-Höchstmengenverordnung in von Mastbullen stammenden Lebensmitteln erreicht wurden. In der Verordnung werden die 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 Nierenfettgewebe, Darmfettgewebe und Unterhautfettgewebe der Bezug auf das Fett der Gewebe gilt, während für Muskel, Leber und Niere die PCB-Höchstmengen auf die Gewebefrischmasse bezogen werden müssen. Die Ableitung maximal tolerierbarer PCB-Gehalte in Gesamtrationen für Mastbullen muß sich an den tierischen Geweben mit der stärksten PCB-Anreicherung orientieren. Dies sind das Nierenfettgewebe (beim Bezug auf das Gewebefett) und die Leber (beim Bezug auf die Gewebefrischmasse).

In Tabelle 9 sind Regressionsgleichungen aufgeführt, die für PCB Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 die Beziehungen zwischen den Gehalten im Futter und im Nierenfettgewebe beschreiben. Mit Hilfe dieser Gleichungen wurden die PCB-Konzentrationen im Futter berechnet, bei denen mit dem Er-

reichen der für Nierenfettgewebe geltenden Höchstgehalte der Schadstoff-Höchstmengenverordnung zu rechnen ist.

Die Ableitung auf der Basis der Gruppenmittelwerte in Tabelle 10 zeigt, daß mit dem Erreichen der Höchstgehalte im Nierenfettgewebe von Mastbullen für PCB Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 bei einem Gehalt im lufttrockenen Futter von jeweils 5 ng/g zu rechnen ist. Die Berechnung auf der Basis der Gruppenmittelwerte läßt jedoch außer acht, daß aufgrund der Werteverteilung in 50 % aller Fälle mit einer Überschreitung der Höchstgehalte gerechnet werden muß. Es ist daher notwendig, die Streuung in die Überlegungen einzubeziehen. Für PCB Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 betragen beim Nierenfettgewebe die Standardabweichungen etwa $\pm 25\%$ der jeweiligen Mittelwerte. Unter Berücksichtigung von zwei Standardabweichungen wurden die im Nierenfettgewebe zulässigen Höchstgehalte an PCB Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 bei Konzentrationen von jeweils etwa 2,5 ng/g lufttr. Futter erreicht (Tabelle 10).

Mit dem Wert von jeweils 2,5 ng/g lufttr. Futter lassen sich auch die auf die Frischmasse bezogenen Höchstgehalte für PCB Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 in Muskel und Niere und für PCB Nr. 153 und Nr. 180 in der Leber einhalten. Eine Ausnahme bildet nur das PCB Nr. 138 in der Leber, das in diesem Organ besonders stark angereichert wird. Nach der Schadstoff-Höchstmengenverordnung gilt für Leber ein Höchstgehalt von 10 ng PCB Nr. 138/g Frischmasse. Unter Berück-

Tabelle 10: **Maximale PCB-Gehalte in Gesamtrationen für Mastbullen** (gemessen am Höchstgehalt für PCB im Nierenfettgewebe)

PCB Nr.	Zulässiger Höchstgehalt im Nierenfettgewebe* ng/g Fett	Maximale PCB-Gehalte im lufttr. Futter (ng/g) auf der Basis	
		Gruppenmittelwerte	Gruppenmittelwerte + 2 s**
138	100	5	2,4
153	100	5	2,7
180	80	5	2,6

* laut Schadstoff-Höchstmengenverordnung
** s = Standardabweichung

sichtigung von zwei Standardabweichungen wird dieser Wert bei einer Konzentration der Gesamtration von 1,8 ng PCB Nr. 138/g lufttr. Futter erreicht.

Da die PCB-Gehalte von Lebensmitteln tierischer Herkunft aus Vorsorgegründen möglichst niedrig sein sollen, müßte nach den Ergebnissen in Tabelle 10 und unter spezieller Berücksichtigung der Leberwerte in Gesamtrationen für Mastbulen ein maximal tolerierbarer Gehalt für PCB Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 von jeweils 2 ng/g lufttr. Futter vorgeschlagen werden. Dieser Wert kann allerdings erst dann als Richtwert eingesetzt werden, wenn es gelingt, die Bestimmbarkeitsgrenze für PCB-Einzelkomponenten in Futtermitteln von derzeit 5 ng/g (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, 1987) auf 2 ng/g zu senken.

Für PCB Nr. 28, Nr. 52 und Nr. 101 erübrigt sich die Angabe von maximal tolerierbaren Gehalten im Futter, da diese Komponenten in den Geweben der Mastbulen nicht angereichert wurden.

5 Zusammenfassung

In einem Fütterungsversuch mit 27 Mastbulen der Rasse Deutsches Fleckvieh wurde den Gesamtrationen eine Mischung der sechs PCB-Komponenten Nr. 28, Nr. 52, Nr. 101, Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 in Konzentrationen von jeweils 0, 10 und 30 ng/g lufttr. Futter zugesetzt. Am Ende der Mastperiode bei einer Lebendmasse von 600 kg wurden nach der Schlachtung die PCB-Konzentrationen in folgenden Geweben bestimmt: Muskel, Leber, Niere, Nierenfettgewebe, Darmfettgewebe, Unterhautfettgewebe und Knochen.

Die PCB-Komponenten Nr. 28, Nr. 52 und Nr. 101 wurden in den Geweben der Mastbulen nicht angereichert. Bei den PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 bestand eine enge Beziehung zwischen den Konzentrationen im Futter und den Gehalten der untersuchten Gewebe.

Für die PCB-Komponenten Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 wurden anhand der ermittelten Dosiswirkungsbeziehungen die jeweiligen Konzentrationen in Gesamtrationen für Mastbulen berechnet, bei denen die für Lebensmittel tierischer Herkunft geltenden Höchstgehalte noch nicht überschritten werden.

Transfer of polychlorinated biphenyls (PCB) from feed into tissues of growing bulls

2. The content of PCB in tissues of growing bulls as related to the concentration of PCB in feed

In a feeding experiment with a total of 27 growing bulls, 6 PCB components (nos. 28, 52, 101, 138, 153, and 180) were added to the ration. Each component was applied in concentrations of 0 ng, 10 ng, and 30 ng per g air dry feed. Bulls were slaughtered at 600 kg liveweight, and PCB contents were analysed in muscles, liver, kidney, pelvic cavity-kidney fat, stomach-intestine fat, subcutaneous adipose tissue, and bones.

There was no accumulation of PCB components nos. 28, 52, and 101 in tissues of the bulls. With the PCB components nos. 138, 153, and 180, there was a close relationship between dietary intake and concentration in the tissues.

With PCB components nos. 138, 153, and 180, dose: response relations were used to establish maximum amounts in growing bull diets which may be applied without exceeding FRG limits for PCB in animal products.

Literatur

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

Ruschenburg, U. und Jahr, D., 1986: Gehalte von Chlorkohlenwasserstoff-Pestiziden und polychlorierten Biphenylen (PCB) in Rohmilchproben aus dem südbayerischen Raum (Nachuntersuchung). - Deutsche Lebensmittel-Rundschau 82, S. 334-335.

Vemmer, H., Heeschen, W. und Blüthgen, A., 1989: 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. - Landbauforschung Völkenrode 39, S. 151-162.

Vemmer, H., Heeschen, W. und Blüthgen, A., 1991: Übergang polychlorierter Biphenyle (PCB) aus Futtermitteln in Gewebe von Mastschweinen. 2. Mitteilung: Der mengenmäßige Übergang von PCB aus dem Futter in das Mastschwein. - Landbauforschung Völkenrode 41, S. 74-81.

Vemmer, H., Heeschen, W., Blüthgen, A. und Daenicke, R., 1992: Übergang polychlorierter Biphenyle (PCB) aus Futtermitteln in Gewebe von Mastbulen. 1. Mitteilung: Der mengenmäßige Übergang von PCB aus dem Futter in Mastbulen. - Landbauforschung Völkenrode 42, S. 223-228.

Vemmer, H., Heeschen, W., Blüthgen, A. und Daenicke, R., 1993: Der Einfluß polychlorierter Biphenyle (PCB) im Futter auf die PCB-Gehalte in Geweben von Mastkälbern. - Landbauforschung Völkenrode, in Vorbereitung.

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, 1987: Kapillargaschromatographische Bestimmung chlorierter Kohlenwasserstoffe einschließlich ausgewählter PCB-Einzelkomponenten-Verbandsmethode. - VDLUFA-Mitteilungen, Heft 1, 1987, S. 32-46.

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: Vemmer, Herward, Dr. sc. agr. und Daenicke, Reinhard, Dr. sc. agr., Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Komm. Leiter: Prof. Dr. Joachim Piotrowski.

Heeschen, Walter, Prof. Dr. med. vet. Dr. habil. und Blüthgen, Albrecht, Dr. agr., Institut für Hygiene der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel, Leiter: Prof. Dr. med. vet. Dr. habil. Walter Heeschen.