

Dioxin in Futter und Lebensmitteln – Ein Paradebeispiel für Carry over-Vorgänge und ihre Folgen

Dioxins in feed and food – an example for carry over effects and their consequences

K.-H. SCHWIND und H. HECHT

Zusammenfassung

Die Kenntnis von Carry over-Vorgängen stellt oftmals den Schlüssel zum ursächlichen Verständnis auftretender Kontaminationsfälle von Futter- und Lebensmitteln mit Dioxin und dioxinähnlichen PCB dar. Um solche Kontaminationsfälle aber zukünftig so weit wie möglich vermeiden und die Gehalte an diesen unerwünschten Stoffe in Lebensmitteln minimieren zu können, ist es notwendig, ihren Eintrag in Futtermittel und pflanzliche Lebensmittel schon an den Entstehungsquellen weitestgehend zu verringern.

Summary

The knowledge of carry over effects often is the key for understanding the background why feedstuffs and food are contaminated with dioxins and dioxinlike-PCBs. In order to reduce contamination levels of these compounds in feed and food as far as possible it is necessary to minimize the input of these contaminants in feedstuff and vegetable food at their sources.

Schlüsselwörter	Dioxin – dioxinähnliche PCB – Eintrag in Futtermittel und Lebensmittel – Carry over-Vorgänge – Anreicherung – unerwünschte Stoffe
Key Words	dioxins – dioxinlike PCBs – entry in feed and food – carry over – accumulation – undesired substances

Einleitung

In fast schon regelmäßigen Abständen begegnen wir in den Medien Schlagzeilen wie beispielsweise „2500 Tonnen Tierfutter dioxinverseucht“ (<http://www.netzeitung.de/deutschland/235777.html>). Im Januar dieses Jahres war zu lesen „Hohe Dioxinmengen in Billiglachs“ (<http://www.spiegel.de/archiv>).

Der Verbraucher steht solchen Schlagzeilen verständlicherweise mit großer Sorge begleitet von einem - meist beträchtlichen - Unsicherheitsgefühl gegenüber, das zum erheblichen Teil auf Unkenntnis der zugrunde liegenden Transportvorgänge beruht.

Dieser Beitrag möchte versuchen, einige der als wichtig erkannten Zusammenhänge und Verkettungen - wie „Dioxin“ beispielsweise über die Nahrungskette in die Lebensmittel bis hin zum Menschen gelangen kann - ein Stück näher zu bringen.

Kontaminationsfälle

Blicken wir kurz zurück in die jüngere Vergangenheit. Im Jahr 1998 kam Zitrustrester, der Rinderfuttermitteln zur Erhöhung des Rohfaseranteils zugemischt wird, in die Schlagzeilen. Ursache für diesen Dioxin-Fall war die Verwendung von Kalkchargen im Produktionsprozess, die mit „Dioxin“ verunreinigt waren. Durch Ausschluss dieser kontaminierten Kalk-

chargen konnte das Sekundärkontaminationsproblem gelöst werden.

Ein Jahr später stand das Mineral Kaolinit im Focus des Interesses. Es wird Futtermitteln zugesetzt, um ein Verbacken oder Verkleben zu verhindern. Interessant war in diesem Zusammenhang, dass man es hier offensichtlich mit Dioxinen zu tun hatte, die nicht vom Menschen herrührten, sondern die sich in der Natur während geologischer Prozesse bei der Ablagerung in einzelnen Tonschichten gebildet hatten. Diese Erkenntnis wurde gestützt durch ähnlich gelagerte Problemfälle in den USA und Australien.

Im selben Jahr rückten auch Recycling-Fette aus Belgien ins Rampenlicht, die mit PCB-haltigen Transformatorenölen versetzt waren und in die Futtermittelproduktion gelangten. Das wiederum führte zur Kontamination damit erzeugter vom Tier stammender Lebensmittel. Durch Erkennen und Ausschließen der Quellen konnte das Sekundärkontaminationsproblem gelöst werden.

Ebenfalls im Jahr 1999 kam es in einem Trockengrünwerk in Brandenburg zu einem weiteren Dioxinkontaminationsfall. Hier wurden chemisch behandelte Abfallhölzer als Brennstoff zur Energieerzeugung verwendet und die heißen Verbrennungsgase anschließend im Direktverfahren durch das Grünfutter geleitet, das durch Trocknung lagerfähig gemacht werden sollte.

Fast analoge Hintergrundursachen lagen vor, als 4 Jahre später Backabfälle, die in Schweinefuttermitteln Verwendung finden sollten, in einer thüringischen Anlage ebenfalls nach dem Direktverfahren getrocknet wurden.

Der jüngste Fall ereignete sich im Januar dieses Jahres. Schlagzeilen wie „Lachs mit Umweltgiften stark belastet“ und die schon erwähnte „Hohe Dioxinmengen in Billiglachs“ (<http://focus.msn.de/D/DG/DGN/dgn.htm?snr=128507>) stellten sich bei genauerer Betrachtung als überzogen heraus. Ursache für diese Meldung war

ein Umrechnungsfehler im Zusammenhang mit Konzentrationseinheiten, bei dem in der Presse 1000-fach höhere Dioxingehalte errechnet wurden als sie in Wirklichkeit tatsächlich vorlagen. In einer Stellungnahme vom 09. Januar 2004 konnte das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) Entwarnung für den Verbraucher geben. Zwar liegen die Dioxingehalte von in Europa gezüchteten Lachsen etwas über denen von Wildlachsen, aber bis zum Erreichen der zulässigen Höchstmengen von EU, WHO und FDA fehlte noch ein ganzes Stück.

Dioxin – Was ist das ?

Um die vorliegende Problematik besser verstehen zu können, müssen zunächst ein paar Begriffe geklärt werden. Mit dem Begriff „Dioxin“ werden gemeinhin 3 unterschiedliche Substanzklassen zusammengefasst. Zwei davon - die Polychlorierten Dibenzo-*p*-dioxine (PCDD) und die Dibenzofurane (PCDF) - sind chlorierte tricyclische Ether. Bei der dritten handelt es sich - chemisch gesehen - um chlorierte Aromaten mit Biphenyl-Grundstruktur (Abb. 1). Allen drei Stoffklassen ist eine hohe Langlebigkeit in der Umwelt sowie ein ausgeprägter lipophiler Charakter gemein. Die Zahlen in der Abbildung 1 markieren die Positionen am jeweiligen Molekülgrundgerüst, die jeweils von Wasserstoff- oder Chloratomen besetzt sind. Aus den statistisch möglichen Anordnungen für die Wasserstoff- und Chloratome resultiert eine Vielzahl möglicher Einzelverbindungen oder Kongenere. Bei den Dibenzo-*p*-dioxinen sind 75, in der Stoffklasse der Dibenzofurane 135 und bei den chlorierten Biphenylen 209 unterschiedliche Einzelverbindungen möglich. Immer dann, wenn am Dioxin- oder Furangrundkörper die Positionen 2, 3, 7 und 8, bzw. am PCB-Molekülgrundkörper die Positionen 3, 4, 5 und 3', 4' oder 5' mit Chloratomen besetzt sind, besitzen die Kongenere toxische Eigenschaften. Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe der Analytik, aus diesen insgesamt 419 Einzelverbindungen 29 Kongenere quantitativ zu erfassen.

Um bei dieser Vielzahl von Verbindungen das toxische Gesamt-Wirkpotential beschreiben zu können, wurde das Konzept der Toxizitätsäquivalente entwickelt. Es ermöglicht die Angabe des toxischen Potentials in Form eines einzigen Zahlenwerts. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass den zugrunde liegenden 29 Einzelverbindungen aufgrund der unterschiedlichen chemischen Strukturen mit daraus resultierenden unterschiedlich starken toxikologischen Eigenschaften - die durch Tierversuche belegt sind - teilweise sehr breit variierende Toxizitäten zugeschrieben werden müssen. Dies wird im TEQ-Modell durch so genannte Toxizitäts-

äquivalentfaktoren (TEF) berücksichtigt. Der jeweilige Toxizitätsäquivalentfaktor drückt die relative Toxizität eines Kongeners im Vergleich zu der des 2,3,7,8-TCDD - besser bekannt unter dem Begriff „Seveso-Dioxin“ - aus, dem ein TEF von 1 zugewiesen wird.

Zur Berechnung der Toxizitätsäquivalentkonzentration, also des TEQ, werden die analytisch bestimmten Kongenerengehalte mit ihrem zugehörigen TEF multipliziert und daraus dann der TEQ durch Addition aller so berechneten Produkte bestimmt (Abb. 2).

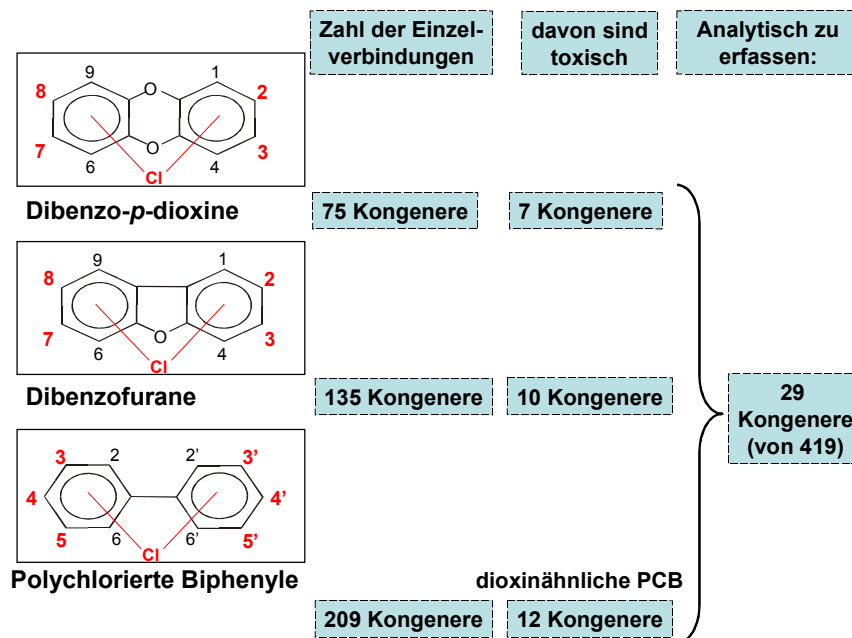


Abb. 1: Strukturen und Eigenschaften der drei Stoffklassen des Dioxins

$$TEQ = \sum_i (TEF)_i * C_i$$

TEQ = Toxizitätsäquivalentkonzentration (z. B. in ng/kg)
 TEF = Toxizitätsäquivalentfaktor des Kongeners i
 C_i = Konzentration des Kongeners i

Alle Kongenerenkonzentrationen werden mit ihrem TEF multipliziert und die Gesamttoxizität durch Addition aller Produkte bestimmt.

Abb. 2: Formel zur Berechnung des Toxizitätsäquivalents (TEQ)

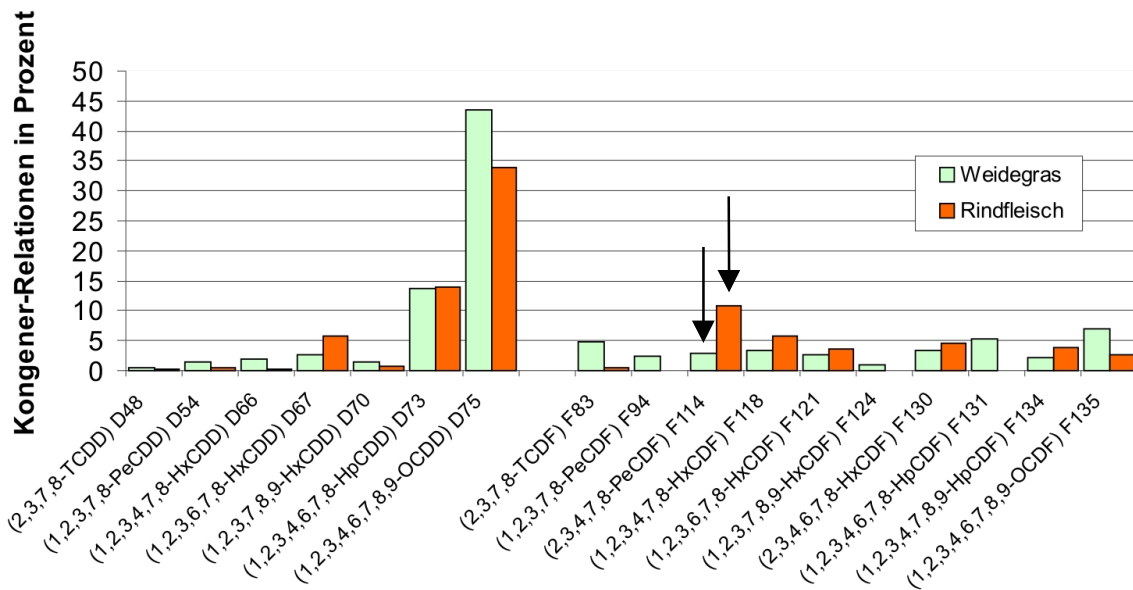


Abb. 3: Vergleich der Kongenerenmuster von Weidegras und Rindfleisch (auf Basis einer prozentualen Verteilung der 17 toxisch relevanten Dioxin- und Furankongeneren)

Eine graphische Darstellung, in der die in einer Probe gemessenen Konzentrationen dieser 17 relevanten Einzelverbindungen gegen ihre jeweiligen Gehalte aufgetragen werden, wird auch als so genanntes Kongenerenmuster einer Probe bezeichnet (Abb. 3). Kongenerenmuster können Hinweise auf bestimmte Dioxin-Quellen geben. So unterscheidet sich beispielsweise das Dioxin-Kongenerenmuster, das bei einem Verbrennungsvorgang in einer Hausmüllverbrennungsanlage erzeugt wird von einem solchen, das bei einem Verbrennungsprozess entsteht, bei dem z. B. Schweröl in einer Industriefeuerungsanlage verbrannt wird. Weitere unterschiedliche Dioxinmuster treten als Verunreinigung in dem - inzwischen in Deutschland - verbotenen Fungizid Pentachlorphenol und dem ebenfalls in Deutschland nicht mehr zulässigen Herbizid 2,4-D auf.

Der Eintrag von Dioxin in die Umwelt

Den meisten Dioxinquellen liegen Verbrennungsprozesse zugrunde. So entstehen Dioxine bei der Verbrennung von Haus-, Sonder- oder Krankenhausmüll

ebenso wie bei der Verbrennung von Klärschlamm oder auch in Krematorien. Einen weiteren Beitrag liefern Verbrennungsprozesse, die im Zusammenhang mit der Energiegewinnung stehen. Dabei kann es sich beispielsweise um Heizungssysteme zur Wärmeenergiegewinnung, um Kraftwerke, die mit festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen betrieben werden, aber auch um Abgase aus Verbrennungsmotoren handeln. Die Liste der dioxinliefernden Verbrennungsprozesse lässt sich noch fortsetzen.

Nicht zuletzt tragen Brände ganz allgemein - egal ob es sich um Brände im Zusammenhang mit Unglücksfällen oder beispielsweise um Waldbrände durch Blitzschlag handelt - ebenfalls zur Dioxinbildung bei.

Weitere Dioxinquellen liegen in einer Vielzahl von industriellen Produktionsprozessen. So werden Dioxine bei der thermischen Verhüttung von Erzen ebenso gebildet wie bei Recyclingprozessen zur Metallwiedergewinnung. Auch die Herstellung von Chlorchemikalien sowie die von Papier erzeugte Dioxin

in Spuren. Seit Bekanntwerden dieser Zusammenhänge wurde aber viel getan. Produktionsprozesse und -verfahren wurden bereits in vielen Fällen modifiziert bzw. optimiert, um Dioxinbildung zu vermeiden oder, wenn das nicht möglich ist, zumindest auf ein Minimum abzusenken. Nur ein Beispiel stellvertretend für viele andere: Bei der Papierherstellung wird zunehmend auf das Bleichen des Papierbreies mit dem Element Chlor verzichtet. Stattdessen wird Ozon verwendet und so eine Dioxinmission in die Umwelt vermieden.

Denn gerade über Emissionen aus Verbrennungs- und industriellen Produktionsprozessen wird Dioxin in die Umwelt eingetragen. Mittlerweile hat sich Dioxin über die Luftströmungen global (ubiquitär) verteilt. Dioxin ist in den Polregionen ebenso gegenwärtig wie am Äquator. Der eigentliche Transport des Dioxins erfolgt dabei aber nicht molekular, sondern gebunden an Schwebstaubpartikel, die über Luftströmungen Verbreitung finden. Ein Abbremsen dieser Schwebstaubpartikel führt zu deren Deposition auf den Pflanzen sowie auf den Boden. Sind die Partikel mit den Dioxinen einmal auf den Boden gelangt, bleiben sie meist in den oberen Bodenhorizonten lokalisiert und reichern sich dort mit der Zeit an.

Diese Depositionsvorgänge von dioxinhaltigen Feinststaubpartikeln führen dazu, dass Dioxine auf die Oberflächen von Pflanzen gelangen. Der Grad oder die Höhe der so verursachten Dioxinkontamination hängt zum einen von der Expositionszeit ab - der Zeit also, der die Pflanzen diesen Immissionen ausgesetzt sind - und zum anderen von ihrer Wachstumsgeschwindigkeit. Ein schnelles Pflanzenwachstum führt zu einer entsprechend schnellen Zunahme der Biomasse, wodurch sich - bei konstant angenommener Immissionssituation - ein Verdünnungseffekt des Dioxins auf der Pflanzenoberfläche ergibt. Das führt dazu, dass die Dioxingehalte auf den wirtschaftseigenen Futtermitteln gewissen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sind. Denn je länger die Pflanzen den Feinststaubimmissionen ausgesetzt

sind und/oder je langsamer sie wachsen, umso höher ist ihre Dioxinbeaufschlagung. Als Folge ergibt sich, dass Nutztierarten mit höherem Grünfutteranteil in der Gesamtration, wie z.B. Wiederkäuer, damit generell mehr Dioxin aufnehmen als Tierarten wie Schweine oder Geflügel, bei denen der Grünfutteranteil geringer ist. Beim Dioxingehalt von Hühnereiern deutet sich an, dass Eier aus der Käfighaltung - u. a. aus vorgenannten Gründen - geringer dioxinbelastet sind, als solche von Hühnern aus Freilandhaltung.

Das Carry over-Geschehen

In diesem Zusammenhang gewinnt natürlich auch die Frage Bedeutung, ob Dioxine aus dem Boden über die Wurzeln von den Pflanzen aufgenommen und so ins Innere einer Pflanze gelangen können? Diese Frage ist klar zu verneinen. Dioxine sind aufgrund ihrer ausgeprägten Fettlöslichkeit oder anders gesagt wegen der fehlenden Wasserlöslichkeit geradezu mit konträren Eigenschaften ausgestattet, die Pflanzen normalerweise für eine Stoffaufnahme über die Wurzeln benötigen. Ein Carry over von Dioxin ins Innere von Pflanzen findet also nicht statt. Eine Dioxinkontamination von Pflanzen und Futtermitteln ist aber möglich durch Oberflächenkontaminationen wie z.B. durch anhaftende Bodenpartikel oder wie schon erwähnt durch feinste Staubpartikel aus der Umgebungsluft. Für den Verbraucher ergibt sich damit im Bereich der pflanzlichen Lebensmittel durch sorgfältiges Waschen von Salat, Broccoli, Karotten oder anderem Gemüse und Obst eine wirksame Möglichkeit zur Dioxin-dekontamination. Noch effektiver lässt sich die Reduzierung der Dioxin-Oberflächenkontamination beispielsweise bei Nüssen, Bananen, Äpfeln, Kartoffeln und anderem Obst und Gemüse durch Schälen erreichen.

Dass Dioxin- und PCB-Verbindungen auch beim Getreidekorn in bzw. auf den äußeren Schichten sitzen, hat ein jüngst abgeschlossenes BMVEL-Forschungsvorhaben gezeigt, bei dem Getreide, Kleien sowie Staubfraktionen aus Trans-

port- und Reinigungsvorgängen von Getreide auf eine Vielzahl unerwünschter Stoffe untersucht wurden (Schriftenreihe 2004). Am BFEL-Standort Kulmbach wurden unter anderem die dioxinähnlichen PCB-Verbindungen analysiert. Dabei zeigte sich klar, dass der Medianwert des WHO-PCB-TEQ-Gehalts in den Reinigungsstaubfraktionen - also in den äußersten Getreidekornschichten - mit 0,662 ng/kg FM am höchsten war.

Die Abbildung 4 zeigt (Bild oben links) das Aussehen einer solchen Staubfraktion, die beispielsweise dann entsteht, wenn Getreidekörner in Silofahrzeugen transportiert werden, dabei aneinander reiben und über Gebläse in andere Silos umgeladen werden. In Kleie, die aus den weiter innen liegenden Randschichten des Getreidekorns besteht, ist der PCB-TEQ-Gehalt mit 0,157 ng/kg TM deutlich niedriger und im gereinigten Silogetreide, das in die Lebensmittelproduktion geht, mit einem Mediangehalt von 0,063 ng/kg für die dioxinähnlichen PCB am niedrigsten.

Der sog. „Carry over“, der Übergang eines Stoffes vom Futter in ein vom Tier stammendes Lebensmittel, hängt davon ab, wie hoch die Aufnahme rate des Stoffes über den Darm ist, ob der Stoff hydrophiles oder lipophiles Verhalten zeigt, was

dann im Zusammenwirken mit den weiteren Stoffwechselfvorgängen im Nutztiergewebe zu An- oder Abreicherungen führt und ob und wie ein Stoff über Ausscheidungsvorgänge (Metabolisierung) wieder aus dem Tier eliminiert werden kann.

Dieses Übergangsverhalten eines Stoffes aus dem Futter in ein Nutztiergewebe bzw. -organ lässt sich anschaulich mit der Größe des „Carry over-Faktors“ beschreiben. Der Carry over-Faktor ist definiert als Quotient der festgestellten Stoff-Konzentration im jeweils untersuchten Tiergewebe und der Konzentration dieses Stoffes im aufgenommenen Futtermittel. Als einfache Relation ist er dimensionslos und zur Beschreibung des An- oder Abreicherungsverhaltens gut verwertbar. Ein Zahlenwert größer als 1 zeigt an, dass eine Einlagerung mit Anreicherung des Stoffes im untersuchten Gewebe stattfindet, bei einem Zahlenwert kleiner als 1 liegt eine Abnahme vor.

Für Dioxine, dioxinähnliche PCB und die meisten anderen Organochlorverbindungen ist der resultierende Carry over-Faktor in den allermeisten Fällen größer > 1. Das bedeutet also, dass diese Verbindungen sich im Tiergewebe anreichern, und zwar besonders im Fettgewebe und im Fett der Organe.

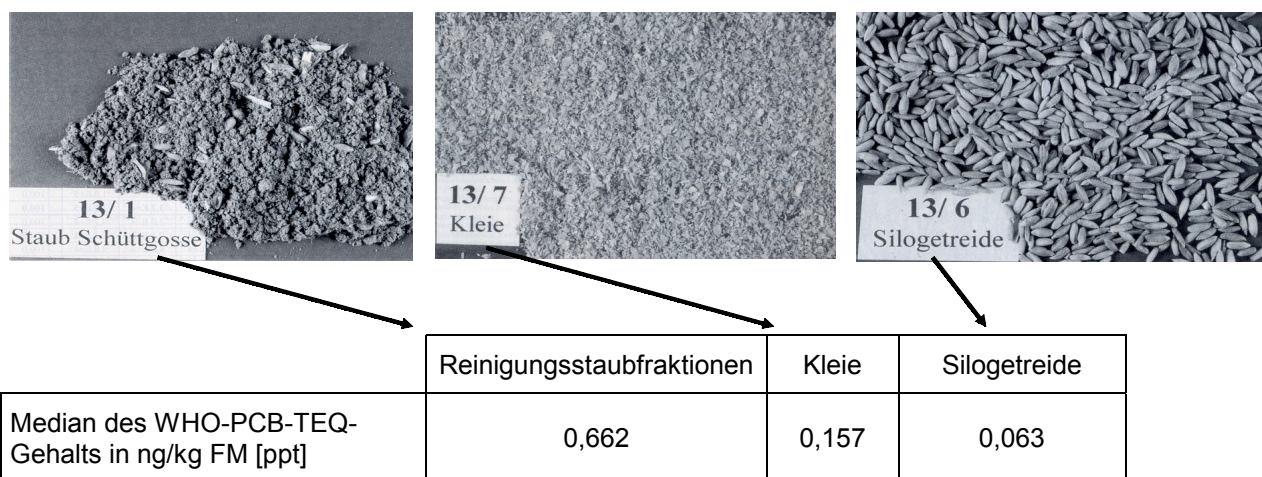


Abb. 4: Dioxinähnliche PCB sitzen in / auf den äußeren Schichten des Getreidekorns

Aufgrund unterschiedlich stark ausgeprägter lipophiler Eigenschaften zeigen aber nicht alle Dioxin- und PCB-Kongenerer gleich hohe Carry over-Faktoren, sondern variieren in einer gewissen Bandbreite, woraus wiederum ein teilweise stark unterschiedliches Anreicherungsverhalten resultiert.

Dies wird beispielsweise bei Betrachtung der unterschiedlichen Dioxin-Kongenerenmuster in Weidegras und Rindfleisch deutlich. Abbildung 3 zeigt den jeweiligen Prozentanteil eines jeden der 17 relevanten Dioxinkongenerer, wie sie in Weidegras und Rindfleisch vorliegen. Die Datenreihe für Weidegras basiert auf den Werten von 51 (MAYER, RUTZMOSER; 2001), die für Rindfleisch etwa auf 200 Einzelproben (HECHT, BLÜTHGEN; 1998). Die beiden Pfeile markieren den jeweiligen Anteil des Kongenerers F114 oder 2,3,4,7,8-Pentachlor-Dibenzofurans, der im Weidegras etwa bei 3 %, im Fleisch von Rindern aber bei etwa 11 % liegt. Dieser Unterschied ist im Carry-over-Verhalten dieses Kongenerers begründet, das beim Übergang vom Weidegras ins Rind ein erhebliches Anreicherungspotential besitzt.

Untersuchungen - mit welchem Anteil die Dioxin-Kongenerer aus dem Futter in das Kuhmilchfett übergehen - haben besonders für die Kongenerer, denen von der WHO hohe Toxizitätsäquivalentfaktoren zugeordnet wurden, auch erhebliche Carry over-Anteile ergeben. Für das Kongenerer 2,3,7,8-TCDD wird vom Scientific Committee on Animal Nutrition der EU ein Carry over Anteil von 35 % angegeben (SCAN; 2000). Das bedeutet, dass 35 % dieses Kongenerers, die mit dem Futter aufgenommen werden, in die Milch übergehen. Für das vorhin beim Übergang vom Weidegras in das Fleisch von Rindern erwähnte Dibenzofurankongenerer F114 wird für den Übergang in die Milch ein ebenso hoher Wert von 35 % errechnet. Obwohl es große Schwankungen bei den Einzelverbindungen geben kann, mit welchem Anteil sie aus dem Futter in die Milch übergehen, scheint es doch so zu sein, dass eine zunehmende

Zahl von Chloratomen am DioxinGrundgerüst den übergelenden Carry over Anteil abschwächt.

Lebensmittelkontamination

Wie groß ist die Dioxinmenge, die vom Verbraucher täglich über die vom Tier stammenden Lebensmittel aufgenommen wird? Im Zeitraum von 1996-1998 fand hierzu eine erste Studie statt, an der auch der BFEL Standort Kulmbach beteiligt war und in deren Rahmen die Lebensmittelgruppen Milch, Fleisch und Fisch mit ihren Produkten repräsentativ untersucht wurden (HECHT, BLÜTHGEN; 1998).

Das Ergebnis war damals, dass die tägliche Dioxinmenge, die der Verbraucher mit den vom Tier stammenden Lebensmitteln aufnimmt, absolut gesehen pro Tag bei 36,8 pg i-TEQ lag. Toxizitätsäquivalente wurden damals noch auf Basis sogenannter „Internationaler Toxizitätsäquivalente“ (i-TEQ) angegeben. Heute wird mit Werten der WHO-TEF-Tabelle gerechnet, wobei sich die dargestellten Werte aber nur im Bereich der letzten Stelle ändern würden. Mit der Studie konnte belegt werden, dass ein Erwachsener von 70 kg Körpergewicht damit über die Lebensmittel täglich 0,52 pg i-TEQ pro kg Körpergewicht aufnimmt. Angestrebt wird auch heute noch ein Wert von weniger als 1pg - nun aber WHO-TEQ - pro kg Körpergewicht und Tag. Allerdings sind heute hierbei - nach WHO-Vorgaben - auch die dioxinähnlichen PCB mit einzubeziehen.

Zur Erhebung entsprechender Daten startet in Kürze an der BFEL eine neue Studie, die vom Institut für Chemie und Physik in Kulmbach koordiniert wird. Dabei werden in jeder Probe neben Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen auch die dioxinähnlichen PCB bestimmt. Die Pläne zur Probenahme sind so angelegt, dass damit eine möglichst hohe Repräsentativität erreicht wird. Einbezogen in die Untersuchungen sind Futtermittel, Fleisch und Fleischprodukte, Milch und Milchprodukte, Fisch und Fischprodukte sowie Eier. Die neuen Daten können - im Blick

auf die vor 6-8 Jahren durchgeführte erste Studie - auch zur Trenderfassung herangezogen werden.

Ausblick

Carry over-Vorgänge mit PCDD, PCDF und dioxinähnlichen PCB sind sehr komplex. Zur Vermeidung von Lebensmittelkontaminationen mit Dioxinen ist daher eine möglichst umfassende Kenntnis der Carry over-Vorgänge dieser Substanzklassen unumgänglich. Bei den Dioxinen und PCB lässt sich - wie bei den meisten anderen ubiquitär durch Luftströmungen verteilten Stoffen - in den Lebensmitteln keine schlagartige Abnahme, sondern nur eine allmähliche erreichen.

Um diese Abnahme zu errechnen, sind Maßnahmen zur Vermeidung oder Minimierung der Emissionen aus den Eintragsquellen nötig. Denn nur ein Rückgang der Emissionen führt zu einer Verringerung des Eintrags in die Futtermittel, was dann zu einem Kontaminationsrückgang in Nutztieren und den von ihnen stammenden Lebensmitteln führt.

Unabhängig davon ist weiterhin alles Erdenkliche zur Schließung erkannter Sekundärkontaminations-Eintragsquellen zu unternehmen, damit dem Verbraucher Schlagzeilen wie die eingangs zitierten in Zukunft möglichst erspart bleiben.

Literatur

<http://www.netzeitung.de/deutschland/235777.html>

<http://www.spiegel.de/archiv/.....>

<http://focus.msn.de/D/DG/DGN/dgn.htm?snr=128507>

Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft – Angewandte Wissenschaft Heft 496 (2004): Untersuchungen an Nebenprodukten der Müllerei auf unerwünschte Stoffe.

HECHT, BLÜTHGEN (1998): Polychlorierte Dibenzo-*p*-dioxine und Dibenzofurane in Fleisch und Fleischerzeugnissen. Teilbericht II eines Forschungsprojektes des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und der produktbezogenen Bundesforschungsanstalten zur flächendeckenden Bestimmung der Dioxinkontamination der Lebensmittel in Deutschland.

MAYER, RUTZMOSER (2001): Erhebungen zu Inhaltswerten und unerwünschten Stoffen in Grünfütter und Trockengrün (Bayerische Landesanstalt für Tierzucht Grub). Bundesfachverband landwirtschaftlicher Trocknungswerke Deutschland e.V. (BLTD). Unveröffentlichter Untersuchungsbericht.

SCAN: Scientific Committee on Animal Nutrition (2000): Dioxin contamination of feedstuffs and their contribution to the contamination of food of animal origin.