

Organozinnverbindungen in verbrauchernahen Produkten

Aktualisierte Stellungnahme Nr.034/2011 des BfR vom 2. August 2011*

Chemische Substanzen, in denen Zinn an organische Gruppen gebunden vorliegt (Organozinnverbindungen), spielen vor allem bei industriellen Herstellungsprozessen eine Rolle. Mono- und Diorganozinnverbindungen werden beispielsweise bei der Herstellung von Polyvinylchlorid (PVC) als Wärme- und Lichtstabilisatoren eingesetzt. Einige Verbindungen sind als Stabilisatoren auch für die Herstellung von Kunststoffen mit Lebensmittelkontakt zugelassen. Di- und Triorganozinnverbindungen hingegen wurden auch in Pflanzenschutzmitteln oder Biozidprodukten verwendet.

Die Anzahl und das Verhältnis der an Zinn gebundenen organischen und anorganischen Gruppen haben einen wesentlichen Einfluss auf die chemisch-physikalischen Eigenschaften und die biologischen Wirkungen. Bei der Bewertung möglicher gesundheitlicher Gefährdungen müssen die einzelnen Vertreter dieser Stoffklasse daher differenziert betrachtet werden.

Im Folgenden gibt das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) einen Überblick über Organozinnverbindungen und ihre toxischen Wirkungen sowie über Grenz- und Orientierungswerte für diese Verbindungen.

1 Organozinnverbindungen und ihre Verwendungen

Unter dem Begriff „Organozinnverbindungen“ werden Derivate des vierwertigen Zinns zusammengefasst, bei denen kovalente Kohlenstoff-Zinn-Bindungen zu einem oder mehreren organischen Gruppen bestehen. Von technischer Bedeutung sind im Wesentlichen Derivate mit Methyl-, Butyl-, Octyl- und Phenylgruppen. Die Anzahl und das Verhältnis der an Zinn gebundenen organischen und anorganischen Gruppen haben einen wesentlichen Einfluss auf die chemisch-physikalischen Eigenschaften und die biologischen Wirkungen. Insoweit müssen die einzelnen Vertreter dieser Stoffklasse im Hinblick auf mögliche gesundheitliche Gefährdungen differenziert betrachtet werden.

Industriell werden in erster Linie Mono-, Di- und Triorganozinnverbindungen, vor allem Mono-, Di- und Tributylzinn-, Mono- und Dioctylzinn- sowie Triphenylzinn-derivate, eingesetzt. Insbesondere die Mono- und Diorganozinnverbindungen werden in großem Umfang als Wärme- und Lichtstabilisatoren bei der Herstellung von Polyvinylchlorid (PVC) verwendet. Aufgrund ihrer geringen Toxizität sind bestimmte Methyl- und Octylzinnstabilisatoren auch für Kunststoffe mit Lebensmittelkontakt (Lebensmittelverpackungen) zugelassen. Darüber hinaus kommen Organozinnverbindungen als Katalysatoren im Herstellungsprozess von Polyurethanschäumen, Silikondichtungen und bei der Vergütung von Glasoberflächen zum Einsatz. Di- und Triorganozinnverbindungen wurden auch in Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten eingesetzt, zum Beispiel in Fungiziden und Akariziden, in Oberflächendesinfektionsmitteln sowie in Schutzmitteln für Holz, Papier und Textilien. In der öffentlichen Kritik stehen vor allem Triorganozinnverbindungen, die in der Vergangenheit als Antifoulingmittel den Farben für Schiffsanstriche zugesetzt wurden. Die Verwendung von zinnorganischen Verbindungen als Antifoulingfarben ist seit 2003 weltweit¹ verboten.

¹ Ein Internationales Übereinkommen über Verbots- und Beschränkungsmaßnahmen für schädliche Bewuchsschutzsysteme von Schiffen (AFS-Übereinkommen) wurde am 5. Oktober 2001 auf einer Konferenz (AFS-Konferenz) unter der Schirmherrschaft der Internationalen Seeschiffahrtsorganisation (IMO) mit Beteiligung von Mitgliedsstaaten der Gemeinschaft angenommen.

In der EU wurde dieses Verbot bereits 2002 in Kraft gesetzt.² Mit der ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION vom 28. Mai 2009 zur Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates hinsichtlich der Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung von zinnorganischen Verbindungen zwecks Anpassung ihres Anhangs I an den technischen Fortschritt wurden weitere umfangreiche Verwendungs- und Inverkehrbringungsverbote für Di- und Triorganozinnverbindungen EU-weit erlassen: So dürfen seit dem 1. Juli 2010 keinerlei Triorganozinnverbindungen mehr in Erzeugnissen verwendet werden, wenn die Konzentration von Zinn in dem Erzeugnis oder in Teilen davon 0,1 Gew.-% übersteigt. Erzeugnisse mit einem Gehalt über 0,1 Gew.-% Zinn dürfen seitdem nicht mehr in Verkehr gebracht werden.

Ab dem 1. Januar 2012 dürfen dann analog Dibutylzinnverbindungen generell nicht mehr in Gemischen und Erzeugnissen, die dazu bestimmt sind, an die breite Öffentlichkeit abgegeben zu werden, verwendet werden und entsprechende dibutylzinnhaltige Erzeugnisse nicht mehr in Verkehr gebracht werden. Davon ausgenommen ist bis zum 1. Januar 2015 lediglich eine kurze Liste mit Erzeugnissen, bei denen aufgrund ihrer Verwendung eine andauernde Exposition des Menschen auszuschließen ist.

In gleicher Weise dürfen Dioctylzinnverbindungen nach dem 1. Januar 2012 nicht mehr in den nachstehend aufgeführten Erzeugnissen verwendet werden, die dazu bestimmt sind, an die breite Öffentlichkeit abgegeben oder von dieser verwendet zu werden, wenn die Konzentration von Zinn in dem Erzeugnis oder in Teilen davon 0,1 Gew.-% übersteigt:

- Textilartikel, die dazu bestimmt sind, mit der Haut in Kontakt zu kommen
- Handschuhe
- Schuhe oder Teile davon, die dazu bestimmt sind, mit der Haut in Kontakt zu kommen
- Wand- und Bodenverkleidungen
- Babyartikel
- Damenhygieneartikel
- Windeln
- Zwei-Komponenten-Raumtemperaturvulkanisierungs-Abform-Sets (RTV-2-Abform-Sets).

2 Toxische Wirkungen von Organozinnverbindungen

Organozinnverbindungen sind in der Regel nur wenig flüchtig, adsorbieren stark an Partikel und sind praktisch unlöslich in Wasser. Die akute Toxizität steigt von den Mono- bis zu den Triorganozinnverbindungen an. So sind bei oraler Gabe die Monoorganozinnverbindungen weniger akut toxisch für Säugetiere als die Diorganozinnverbindungen. Triorganozinnverbindungen wirken besonders toxisch auf Säugetiere, wobei die akute Toxizität hier mit der Kettenlänge der organischen Gruppen abnimmt (Tabelle 1). In den eigentlich schwach toxischen Mono- und Diorganozinnverbindungen, die als Stabilisatoren bei der Kunststoffherstellung verwendet werden, können toxische Tributylzinnderivate als Verunreinigung enthalten sein. Tetraorganozinnverbindungen weisen ein geringes akutes toxisches Potenzial auf. Die in der Tabelle angegebenen LD₅₀-Werte (letale Dosis 50) geben die Dosis einer Testsubstanz an, bei der im Tierversuch 50 Prozent der Versuchstiere sterben. In der Tabelle sind experimentell ermittelte LD₅₀ Werte für Maus oder Ratte angegeben.

² RICHTLINIE 2002/62/EG DER KOMMISSION vom 9. Juli 2002 zur neunten Anpassung von Anhang I der Richtlinie 76/769/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen an den technischen Fortschritt (zinnorganische Verbindungen)

Tabelle 1: LD₅₀-Werte ausgewählter Organozinnverbindungen bei oraler Verabreichung an Nager

Verbindungen	LD ₅₀ oral (mg/kg Körpergewicht)(Blunden and Evans 1990; Bulten and Meinema 1991)
(a) Monoorganozinnverbindungen	
Monomethylzinnerivate (MMT)	575-3300
Monobutylzinnerivate (MBT)	2200
Monooctylzinnerivate (MOT)	2400-3800
(b) Diorganozinnverbindungen	
Dibutylzinnerivate (DBT)	109-1600
(c) Triorganozinnverbindungen	
Trimethylzinnerivate (TMT)	9,1
Triethylzinnerivate (TET)	4
Tributylzinnerivate (TBT)	125-380
Triphenylzinnerivate (TPT)	125-491
Tricyclohexylzinnerivate (TCyT)	235-540
(d) Tetraorganozinnverbindungen	
Tetrabutylzinn (TTBT)	>4000
Tetraoctylzinn (TTOT)	50.000

Viele organische Zinnverbindungen wirken nach dermalen oder inhalativer Exposition toxischer als nach oraler Aufnahme. In der Praxis werden akute Vergiftungen mit Organozinnverbindungen jedoch selten beobachtet und gehen meist auf einen Unfall oder auf eine Exposition am Arbeitsplatz ohne geeignete Schutzmaßnahmen zurück.

Die weiteren Informationen aus der wissenschaftlichen Literatur zu toxischen Wirkungen nach Exposition mit unterschiedlichen zinnorganischen Verbindungen stammen aus Tierversuchen und mechanistischen Studien:

2.1 Immuntoxizität

Di- und Triorganozinnverbindungen, vor allem Di- und Trialkyl- und Triphenylzinnverbindungen, wirken immuntoxisch. Sie verursachen eine Verminderung der Lymphozytenzahlen im Thymus und in den peripheren Lymphorganen und eine Hemmung der Lymphozytenbildung. Für Tributylzinnverbindungen ist nachgewiesen, dass es zur Apoptose bei T-Zellen und den natürlichen Killerzellen (NK-Zellen) des angeborenen Immunsystems führen kann. Die immuntoxischen zinnorganischen Verbindungen wirken dabei kumulativ, wobei Triorganozinnverbindungen (wie TBT und TPT) eine höhere Wirkpotenz aufweisen als Diorganozinnverbindungen (SCHER 2006).

2.2 Reizende und sensibilisierende Wirkungen

Es gibt Hinweise darauf, dass Dibutylzinnverbindungen zur Verursachung schwerer Hautverätzungen und Augenschäden führen und vor allem Gemische aus Mono- und Dimethyl- sowie aus Mono- und Dioctylzinnverbindungen reizend auf Haut und Augen wirken. Auch können diese Verbindungen sensibilisierend wirken. Im Unterschied zu den Methyl- und Octylzinnverbindungen haben sich Monobutylverbindungen im Tierversuch als nicht sensibilisierend erwiesen. Dibutylzinnverbindungen können allergische Hautreaktionen verursachen (CLP Regulation 2009). Allerdings wird die Datenlage als nicht ausreichend eingeschätzt, um eine abschließende Bewertung der sensibilisierenden Eigenschaften aller Vertreter dieser Stoffklasse vornehmen zu können (World Health Organization (WHO) 2006).

2.3 Reproduktionstoxizität

Bestimmte Organozinnverbindungen sind als fortpflanzungsgefährdend und fruchtschädigend (Dibutyl- und Triphenylzinnverbindungen) eingestuft (CLP Regulation 2009). Für weitere Organozinnverbindungen (v.a. Tributylzinnverbindungen) existieren Nachweise von Reproduktionstoxizität im Tierversuch (World Health Organization (WHO) 2006). Ein Einstufungsvorschlag für TBT Verbindungen zur Reproduktionstoxizität nach der CLP-Verordnung wird derzeit von Deutschland erarbeitet.

2.4 Wirkungen auf das endokrine System des Menschen

Für Di- und Tributylzinnverbindungen (DBT, TBT) sowie für Triphenylzinnverbindungen sind schädigende Wirkungen auf die Geschlechtsdifferenzierung und die Fortpflanzungsfähigkeit von Tieren seit langem bekannt. Auch für den Menschen gibt es zahlreiche Hinweise, dass Di- und Tributylzinnverbindungen einen Einfluss auf den Metabolismus von Steroidhormonen ausüben. Diese Organozinnverbindungen werden daher den sogenannten endokrinen Disruptoren zugerechnet. Allerdings ist der Wirkmechanismus bisher noch nicht vollständig verstanden (Nakanishi 2008).

2.5 Neurotoxizität

Methyl- und Ethylzinnverbindungen besitzen eine ausgeprägte Neurotoxizität. Im Tierversuch führt die orale Gabe von Methyl- und Ethylzinnverbindungen zum Absterben von Neuronen. Trimethylzinnverbindungen lösen bei Ratten Aggressionen, Tremor, Verwirrtheit oder Hyperaktivität aus. Die orale Aufnahme von hohen Dosen führt beim Menschen zu neuronalen Schäden, die mit Symptomen wie initialer Hyperaktivität, Schlaf- und Appetitlosigkeit sowie mit Erbrechen, Kopfschmerzen, Sehstörungen und Verwirrtheit einhergehen. Chronische Expositionen führen zu Konfusion und generalisierten Krämpfen (World Health Organization (WHO) 2006).

2.6 Mutagene oder karzinogene Wirkungen

Hinweise auf eine genotoxische Wirkung von zinnorganischen Verbindungen gibt es bislang nicht. Im Tierversuch traten nach Applikation von Triphenylzinnverbindungen und Tributylzinnoxid gehäuft verschiedene Tumoren (Hypophysen-Tumoren, Leydig-Zell-Tumoren) auf, deren Entstehungsmechanismus bisher wissenschaftlich nicht geklärt werden konnte. Alle Befunde deuten auf einen Mechanismus der Tumorentstehung hin, der indirekt durch adverse Wirkungen auf das Hormonsystem oder das Immunsystem ausgelöst wird (Appel 2004).

Tabelle 2: NOAEL/LOAEL-Werte ausgewählter Organozinnverbindungen

Verbindungen	Neurotoxizität	Entwicklungstoxizität	Endokrine Wirkung	Immuntoxizität
(a) Monoorganozinnverbindungen				
Monomethylzinnderivate	>0,6	*	*	>5
Monobutylzinnderivate	*	>400-2000	*	*
Monooctylzinnderivate	Nein	120	Nein	0,87
(b) Diorganozinnverbindungen				
Dimethylzinnderivate	0,6	10	*	>5
Dibutylzinnderivate	Nein	2,5	Ja	2,5 (LOAEL)
Diocetylzinnderivate	Nein	45	Nein	0,23
(c) Triorganozinnverbindungen				
Tributylzinnderivate			Ja	0,025

Angaben in (mg/kg Körpergewicht) aus einem Bericht der WHO (World Health Organization (WHO) 2006)

* = keine Daten verfügbar

In Tabelle 2 sind Werte für Dosierungen angegeben, unterhalb derer in subchronischen oder chronischen Tierexperimenten keine statistisch signifikanten, behandlungsbedingten adversen Effekte bezüglich der untersuchten Endpunkte (Neurotoxizität, Entwicklungstoxizität, endokrine Wirkung, Immuntoxizität) mehr beobachtet werden konnten (NOAEL, No Observed Adverse Effect Level). Für die immuntoxische Wirkung von Dibutylzinnderivaten konnte im Tierversuch aus Toxizitätsstudien kein NOAEL bestimmt werden. Stattdessen wurde hier die niedrigste Dosis der verabreichten Testsubstanz angegeben, bei der im Tierexperiment noch Schädigungen beobachtet wurden (LOAEL, Lowest Observed Adverse Effect Level).

3 Grenz- und Orientierungswerte für Organozinnverbindungen

3.1 Tolerierbare tägliche Aufnahmemenge für die orale Aufnahme

Für den oralen Expositionspfad gibt es Ableitungen für die maximale tägliche orale Aufnahmemenge, bei der keine Gefährdung der menschlichen Gesundheit zu erwarten ist (TDI-Wert; Tolerable Daily Intake). Im Tierversuch wurde beobachtet, dass das Immunsystem am empfindlichsten auf die Exposition gegenüber Organozinnverbindungen reagiert. Daher wurde dieser Parameter herangezogen, um eine lebenslängliche tägliche orale Aufnahmemenge abzuleiten, für die keine Gefährdung der menschlichen Gesundheit angenommen werden muss. Dazu wurde die Wirkung von Tributylzinnverbindungen auf das Immunsystem in Fütterungsversuchen an juvenilen Ratten untersucht. Bei einer Aufnahme von 0,025 mg/kg Kör-

pergewicht pro Tag war bei den juvenilen Ratten keine Wirkung mehr nachweisbar. Bei dem auf diese Weise experimentell bestimmten NOAEL von 0,025 mg/kg Körpergewicht und Tag und Anwendung eines üblichen Sicherheitsfaktors von 100 wurde ein TDI-Wert für Tributylzinnverbindungen von 0,00025 mg/kg Körpergewicht und Tag abgeleitet. Dieser Wert wurde von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) für Triphenyl-, Tributyl-, Dibutyl- und Dioctylzinnverbindungen als ein Gruppen-TDI-Wert (Summenwert) abgeleitet, weil sie hinsichtlich der Immuntoxizität ein vergleichbares Wirkprofil wie Tributylzinnverbindungen besitzen (European Food Safety Authority (EFSA) 2004). Hieraus errechnet sich für einen 60 Kilogramm schweren Erwachsenen eine tolerierbare Aufnahmemenge von 0,015 mg Tributylzinnderivaten pro Tag.

Für die Risikobewertung von Triphenylzinn-Verbindungen (Fentinacetat, Fentinchlorid, Fentinhydroxid), die in Pestiziden eingesetzt wurden und zu Rückständen in oder auf Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft führen können, hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO 1991) einen ADI (Acceptable Daily Intake) von 0 bis 0,0005 mg/kg Körpergewicht abgeleitet, der für die oben genannten Stoffe einzeln oder in Summe gilt. Für Fenbutatinoxid wurde in der EU ein ADI und eine ARfD von 0,05 mg/kg Körpergewicht abgeleitet.

3.2 Maximale Arbeitsplatzkonzentration für die inhalative Aufnahme

Für den inhalativen Expositionspfad am Arbeitsplatz gelten sogenannte maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte (MAK-Werte), die durch die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) festgelegt werden (MAK-Kommission). Die MAK-Werte geben höchstzulässige Durchschnittskonzentrationen eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft an, die nach derzeitiger Kenntnis in der Regel bei Einwirkung während einer Arbeitszeit von acht Stunden täglich und bis 42 Stunden pro Woche auch über längere Perioden die Gesundheit der am Arbeitsplatz Beschäftigten nicht gefährden. Die MAK-Kommission hat für Octylzinnverbindungen einen MAK-Wert von 0,02 mg/m³ Luft sowie für alle weiteren zinnorganischen Verbindungen einen MAK-Wert von 0,1 mg/m³ Luft (MAK- und BAT-Werte-Liste 2009) festgelegt.

3.3 Migrationsgrenzwerte für Lebensmittelverpackungen

Aufgrund ihrer geringen Toxizität sind bestimmte Methyl- und Octylzinnverbindungen als Stabilisatoren auch für Nahrungsmittelverpackungen zugelassen. Für ihren Übergang auf Lebensmittel gelten gesetzlich festgelegte spezifische Migrationsgrenzwerte. Sie betragen zum Beispiel für bestimmte Mono- und Dimethylzinnverbindungen 0,18 mg/kg Lebensmittel, für Monoctylzinnverbindungen 1,2 mg/kg Lebensmittel, für Dioctylzinnverbindungen 0,04 mg/kg Lebensmittel (gemäß Richtlinie 2002/72/EG).

3.4 Richtwert für Sand und Boden auf Kinderspielflächen

Für Kinderspielflächen wurde ein gefahrenbezogener Richtwert von 25 mg Organozinnverbindung pro kg Sand bzw. Boden abgeleitet. Dieser Wert gilt auch für die Nutzung von Stränden hinsichtlich einer oralen und dermalen Exposition. In Hinblick auf das Qualitätsziel „gesundes Baden an norddeutschen Küsten“ wird von den in der Norddeutschen Arbeitsgruppe zusammenarbeitenden Bundesländern ein umwelthygienischer Vorsorgewert von 0,5 mg Organozinnverbindung pro kg Sand bzw. Boden vorgeschlagen (Norddeutsche Arbeitsgruppe 2005).

4 Organozinnverbindungen in Verbraucherprodukten und in der Umwelt

Die Beispiele aus einer Expositionsschätzung (Tabelle 4) zeigen, dass durch die tägliche Aufnahme von Organozinnverbindungen aus verbrauchernahen Produkten unter Worst-case-Annahmen eine nicht zu vernachlässigende Belastung von Verbrauchern mit bestimmten Organozinnverbindungen entstehen kann. So können PVC-Handschuhe und PVC-Sandalen und Zwei-Komponenten-Silikonmassen jeweils zu über 10 % zur Auslastung der täglich tolerierbaren Aufnahmemenge vor allem für die Organozinnverbindungen mit Dibutylzinn- und Dioctylzinngruppen beitragen. Auch die aus Lebensmittelkontaktmaterialien migrierenden Mengen an bestimmten Organozinnverbindungen können zu einer zusätzlichen Belastung mit diesen Verbindungen beitragen. Zusätzlich kann die (orale) Aufnahme von Hausstaub bei Kleinkindern zu einer hohen Auslastung des TDI führen (Umweltbundesamt (UBA) und Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) 2008)). Das Ausmaß der inhalativen Exposition bleibt hier allerdings unberücksichtigt.

Tabelle 4: Belastungen von Erwachsenen und Kindern aufgrund von Expositionen gegenüber Dibutyl- und Dioctylzinnderivaten (Umweltbundesamt (UBA) et al. 2008)

Produkt	Auslastung TDI (%)	
	Erwachsene	Kinder
T-Shirts	2,5	19
PVC-Handschuhe	33	-
PVC-Sandalen	33	33
Zahnabdruckmassen	46	-
Zwei-Komponenten-Silikonmassen	40-87	-
PVC-Lebensmittelverpackungsmaterial	22	54
Spielzeug	-	15

Über Gehalte von Organozinnverbindungen in Hausstaub und anderen Umweltproben gibt es eine große Zahl Messdaten für diverse zinnorganische Verbindungen aus einer Vielzahl von Überwachungsprogrammen. Umwelt und Hausstaub zählen zu den bedeutsamsten Quellen für die Belastung des Menschen mit Organozinnverbindungen. In Tabelle 5 sind mittlere Gehalte von ausgewählten Organozinnverbindungen in Hausstaub-Proben und einer Strandsand-Probe einander gegenüber gestellt.

Tabelle 5: Mittlere Gehalte ausgewählter Organozinnverbindungen in Hausstaub-Proben und einer Strandsand-Probe im Vergleich zu Ergebnissen aus der Beprobung durch das Fraunhofer IVV am 10.11.2008

Verbindungen	Hausstaub (Fromme et al 2005)	Strandsand (Norddeutsche Arbeitsgruppe 2005)
Monobutylzinnderivate	50-1400	167
Dibutylzinnderivate	30-3400	186
Tributylzinnderivate	8-460	37
Tetrabutylzinn	*	*
Monooctylzinnderivate	8-350	*
Diocetylzinnderivate	5-60	*
Tricyclohexylzinnderivate	*	37
Triphenylzinnderivate	<10	15

Angaben in µg Organozinnverbindung je kg Probe

* = keine Daten verfügbar;.

5 Referenzen

Appel, K. E. (2004). Organotin compounds: toxicokinetic aspects. *Drug Metab Rev* 36, 763-786.

Blunden, S. J. & Evans, C. J. (1990). *Anthropogenic compounds*. (Hutzingers, O., ed) Springer Verlag, Heidelberg, New York.

Bulten, E. J. & Meinema, H. A. (1991). Tin. In: *Metals and their compounds in the environment* (Merian, E., ed), pp. 1243-1258, Verlag Chemie, Weinheim.

CLP Regulation (2009). COMMISSION REGULATION (EC) No 790/2009 of 10 August 2009 amending, for the purposes of its adaptation to technical and scientific progress, Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council on classification, labelling and packaging of substances and mixtures.

European Food Safety Authority (EFSA) (2004). Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the food chain food on a request from the Commission to assess the health risk to consumers associated with exposure to organotins in foodstuffs. *The EFSA Journal* 102, 1-119.

European Food Safety Authority (EFSA) (2010). Fenbutatin oxide EFSA Conclusion: *EFSA Journal* 2010; 8(8):1711

EU (2011). Richtlinie 2011/30/EU vom 07.03.2011

Fromme, H.; Mattulat, A.; Lahrz, T.; Ruden, H. (2005). Occurrence of organotin compounds in house dust in Berlin (Germany). *Chemosphere* 58, 1377-1383.

Nakanishi, T. (2008). Endocrine disruption induced by organotin compounds; organotins function as a powerful agonist for nuclear receptors rather than an aromatase inhibitor. *J Toxicol Sci* 33, 269-276.

Norddeutsche Arbeitsgruppe (2005). *Organische Verbindungen in Sandstrand - Ableitung von Richtwerten zur Gefährdungsabschätzung und gesundheitlichen Beurteilung von Bodenkontaminationen mit organischen Zinnverbindungen. Stellungnahme und Vorschlag*

der norddeutschen Arbeitsgruppe (HB, HH, MVP, NS, SH) unter Beteiligung des Umweltbundesamtes.

SCHER (2006). Revised assessment of the risks to health and the environment associated with the use of the four organotin compounds TBT, DBT, DOT and TPT. SCHER Report, Opinion adopted by the SCHER during the 14th plenary of 30 November 2006.

Umweltbundesamt (UBA) und Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2008). BfR und UBA empfehlen, den Einsatz von Organozinnverbindungen in Verbraucherprodukten weiter zu begrenzen. Aktualisierte Gemeinsame Stellungnahme 032/2008.

World Health Organization (WHO) (2006). Mono- and disubstituted methyltin, butyltin, and octyltin compounds. Concise International Chemical Assessment Document 73.