

Risikobewertung zur Hexachlorbenzol-Belastung in Lebensmitteln aus dem Görtschitztal

Datenlage 27. März 2014 bis 20. März 2015

AGES, 29. April 2015

1. Zusammenfassung

Diese Risikobewertung ist eine Aktualisierung der Risikobewertung vom 12. Dezember 2014, welche im Auftrag vom Bundesministerium für Gesundheit durchgeführt wurde. Diese Bewertung berücksichtigt wesentlich mehr Untersuchungsdaten aus dem belasteten Zeitraum und liefert deshalb genauere Ergebnisse als die Bewertung vom 12. Dezember 2014.

Insgesamt wurden die Ergebnisse von 824 Rückstandsuntersuchungen in die Bewertung einbezogen. Es handelt sich dabei vorwiegend um Milch und Milchprodukte, Fleisch- und Fleischwaren, aber auch Eier, Öle, Honig, Getreide, Obst und Gemüse, Trinkwasser und Fruchtsäfte. Milch und Milchprodukte sowie Fleisch sind Grundnahrungsmittel und tragen daher aufgrund ihres hohen Verzehrs und des hohen Fettanteils (HCB ist fettlöslich und reichert sich im Fett an) am stärksten zur Belastung bei.

Auf Basis der Ernährungsgewohnheiten der österreichischen Bevölkerung und unter der Annahme, dass sich die Bevölkerung ausschließlich von mit HCB belasteten Produkten aus dem Görtschitztal ernährt hat, wurden durchschnittliche Aufnahmemengen von HCB für Kinder, Frauen und Männer ermittelt. Diese Werte wurden den aktuellsten verfügbaren gesundheitsbezogenen Richtwerten (ATSDR 2013) gegenübergestellt. Darunter versteht man jene Menge einer Substanz, die ein Mensch täglich zu sich nehmen kann, ohne dass gesundheitliche Auswirkungen zu erwarten sind.

Diese Berechnungen wurden auch für Personen durchgeführt, die besonders große Mengen einzelner Lebensmittelgruppen essen. Da die belasteten Lebensmittel ab Dezember nicht mehr verkauft wurden, liegen die berechneten Werte höher als die tatsächlich aufgenommenen Mengen.

Die Ergebnisse sind:

Kurzfristiger Verzehr von Lebensmitteln ausschließlich aus dem Görtschitztal

Bei einem kurzfristigen Verzehr (bis zu 14 Tagen) von belasteten Lebensmitteln besteht keine Gefährdung. Weder bei hohem noch durchschnittlichem Konsum wird die tolerierbare Aufnahmemenge von 8 µg/kg Körpergewicht und Tag überschritten. Auch bei hohem Verzehr werden nur 10% der tolerierbaren Aufnahmemenge erreicht.

Mittelfristiger Verzehr von belasteten Lebensmitteln ausschließlich aus dem Görtschitztal

Bei einer Aufnahme zwischen 15 und 364 Tagen kommt es bei allen Bevölkerungsgruppen zu einer Überschreitung der tolerierbaren Aufnahmemenge von 0,1 µg/kg Körpergewicht und Tag. Diese beträgt bei durchschnittlichem Verzehr das Dreifache und bei einem hohen Milch- und Fleischkonsum das Sechsfache der tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge.

Längerfristiger Verzehr von belasteten Lebensmitteln ausschließlich aus dem Görtschitztal

Bei einer Aufnahme von mehr als einem Jahr liegt die durchschnittliche Aufnahme von HCB beim Vierfachen, bei hoher Aufnahme von Milch- und Fleischprodukten beim Achtfachen der tolerierbaren Aufnahmemenge von 0,07 µg/kg Körpergewicht und Tag.

Gesundheitliche Auswirkungen sind bei mittel- und längerfristigem Verzehr nicht zu erwarten, können aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Tabelle 9: Zusammenfassung des Risikos

Wer ist betroffen?	Personen, die über einen längeren Zeitraum regelmäßig tierische Lebensmittel aus dem Görtschitztal verzehrt haben
Wie wahrscheinlich ist eine gesundheitliche Beeinträchtigung durch den Verzehr von HCB belasteten Lebensmitteln?	Es besteht kein unmittelbares akutes Risiko für die Bevölkerung bei einmaligem oder kurzfristigem Verzehr belasteter Lebensmittel.
	Die Möglichkeit der Entstehung von Krebs wird als gering angesehen, da für die Krebsentstehung ein längerer Zeitraum für die Exposition gegenüber einer Substanz nötig ist als im hier vorliegenden Fall.
	Bei monate- bzw. jahrelangem Verzehr von belasteten Lebensmitteln können negative Wirkungen auf Leber, Schilddrüse, Bildung der Blutkörperchen, Haut und Nervensystem nicht ausgeschlossen werden. Hier kann die gezielte Überwachung der Bevölkerung durch Umweltmonitorings Aufschluss geben.
Wie sicher ist die vorliegende Risikobewertung?	Die vorliegende Risikobewertung enthält Unsicherheiten bei den Auftretensdaten, Verzehrdaten und toxikologischen Daten. Sie wurde unter konservativen Annahmen durchgeführt und führt eher zu einer Überschätzung der Exposition und des Risikos.
Wie kann der Konsument seine Gefährdung minimieren?	Der Verzehr von mit HCB belasteten Lebensmitteln wie Milch und Milchprodukte, Fleisch, Wildbret, Wurst- und Fleischwaren, aber auch Kräuter aus dem Görtschitztal sollte vermieden bzw. gering gehalten werden (Anmerkung: diese Lebensmittel wurden bereits vom Markt genommen).
	HCB wird hauptsächlich über die Nahrung aufgenommen. Fettreiche Lebensmittel können mehr HCB enthalten als weniger fetthaltige Lebensmittel. Zusätzlich kann, wenn HCB in Lebensmitteln vorhanden ist, mit fettreichen Speisen mehr HCB aufgenommen werden als mit fettarmer Nahrung. Deshalb kann der Verzehr fettarmer Lebensmittel das Risiko einer Exposition gegenüber HCB reduzieren.

2. Aufgabenstellung

Mit Schreiben vom 3. Dezember 2014 des Bundesministeriums für Gesundheit wurde die Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) in Zusammenhang mit den Vorfällen in Kärnten betreffend der Umweltkontamination mit Hexachlorbenzol (HCB) um Ausarbeitung einer Risikobewertung in Lebensmitteln beauftragt. Die Risikobewertung soll auf Basis der aktuellsten toxikologischen Studien durchgeführt werden. Mit 12. Dezember 2012 lag die erste Risikobewertung zu HCB im Görtschitztal vor. Die aktualisierte Version vom 29. April 2015 ist ein Up-Date der Risikobewertung vom 12. Dezember 2014 und berücksichtigt weitere Untersuchungsdaten.

Diese Risikobewertung bezieht sich ausschließlich auf Lebensmittel aus der Region Görtschitztal.

3. Gefahrenidentifikation und Gefahrencharakterisierung

3.1. Gefahrenidentifikation

HCB ist ein persistenter organischer Schadstoff, der in der Umwelt ubiquitär verbreitet ist und sich aufgrund seiner hohen Fettlöslichkeit in der Nahrungskette anreichert. HCB wird als „POP“ („persistent organic pollutant“) bezeichnet.

Aufgrund seiner gesundheitsschädlichen Eigenschaften (leber- und nierenschädigend, fruchtschädigend, möglicherweise krebserzeugend [IARC, 2001]) wurde HCB in der Europäischen Gemeinschaft 1981 für die landwirtschaftliche Verwendung (Fungizid als Saatgutbeizmittel) verboten (Rat der Europäischen Gemeinschaften, 1979). In Österreich wurde HCB 1992 für die Anwendung als Pflanzenschutzmittel verboten (Bundesminister für Umwelt, Jugend und Familie, 1992). Im Mai 2001 wurde die Stockholmer Konvention zum Schutz der Gesundheit und der Umwelt von 151 Staaten unterzeichnet: HCB ist eine von 12 Chlorverbindungen, die mit diesem Abkommen weltweit verboten wurden. Dieses Übereinkommen trat im Mai 2004 in Kraft (Vereinte Nationen, 2001).

HCB gehört zur Gruppe der polychlorierten Benzole. HCB wurde auch als Weichmacher und Flammschutzmittel eingesetzt, bei der Produktion von Sprengstoff und synthetischem Gummi verwendet und ist Ausgangsprodukt für die Synthese verschiedener organischer Verbindungen (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1995).

Anlässlich der Untersuchung von Milchproben aus dem Görtschitztal (Kärnten) wurden Gehalte von HCB über dem gesetzlich geregelten Höchstgehalt von 0,01 mg/kg¹ in Milch gemessen, wodurch eine entsprechende Ursachenabklärung notwendig wurde und weitere Proben untersucht wurden, die teilweise ähnliche Ergebnisse zeigten. Zusätzlich wurden erhöhte Konzentrationen insbesondere in anderen Lebensmitteln tierischer Herkunft (Fleisch, verarbeitete Milchprodukte) festgestellt. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass sich HCB als fettlösliche Substanz mit Tendenz zur Bioakkumulation im Fett anreichert.

3.2. Toxizität

Für HCB wurde zuletzt im Juni 2013 von der amerikanischen Agentur für toxische Substanzen und Erkrankungsregister ein toxikologisches Profil erstellt (Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2013). Im folgenden Text werden die wichtigsten Erkenntnisse daraus zusammengefasst.

Die gesundheitlichen Auswirkungen von HCB hängen grundsätzlich davon ab, wie hoch die Exposition gegenüber HCB ist und wie lange diese Exposition dauert. Daten aus verschiedenen Umweltmonitorings zeigen, dass die Bevölkerung üblicherweise geringen Mengen von HCB entweder durch direkten Kontakt oder über Luft, Wasser, Nahrung oder Erdreich ausgesetzt ist (ATSDR, 2013).

3.2.1. Effekte bei kurzfristiger Belastung

Die kurzfristige Exposition gegenüber sehr hohen Konzentrationen von HCB führt zu Wirkungen auf das Nervensystem mit typischen Symptomen wie Schwäche, Zittern und Krämpfen. Es können Hautreizungen auftreten. Wirkungen auf die Leber können in Form von Porphyrie beobachtet werden. Porphyrie führt zu einer Abnahme der Produktion des Häm-Farbstoffs, der zusammen mit dem Eiweiß Globin für die Sauerstoffaufnahme in den roten Blutkörperchen verantwortlich ist. Effekte in der Schilddrüse verursachen eine Reduktion der Schilddrüsenhormone. In den 1950er Jahren traten in der Türkei nach

¹ Geregelt wie alle anderen Lebens- und Futtermittel pflanzlicher und tierischer Herkunft in der VO (EG) Nr. 396/2005

Verzehr von Brot aus mit HCB gebeiztem Getreide diese Symptome auf. Die Aufnahme von HCB über das kontaminierte Brot wurde auf 50 bis 200 mg pro Tag geschätzt.

3.2.2. Effekte bei langfristiger Belastung

Eine langfristige Exposition gegenüber HCB kann ähnliche Effekte verursachen, wie sie bei kurzzeitiger Einwirkung beschrieben werden. Da sich HCB im Fett (einschließlich Brustgewebe) anreichert und nur sehr langsam im Körper abgebaut wird, ist die biologische Halbwertszeit sehr lang. Schätzungen liegen zwischen 4 bis 8 Jahren. Eine langfristige Exposition kann zu einer Anreicherung von HCB im Körper führen. Daher kann eine langfristige Exposition schwerwiegendere Effekte auf die Gesundheit haben als eine akute oder kurzfristige Exposition.

Tierversuchsstudien haben gezeigt, dass bei jahrelanger Verfütterung von HCB-hältigem Futtermittel Krebs in der Leber, Niere und Schilddrüse entstehen kann (IARC, 2001).

3.2.3. Effekte bei Kindern

In der Türkei wurde im Zuge einer Vergiftungsepidemie in den 1950er Jahren festgestellt, dass Säuglinge und Kleinkinder besonders empfindlich auf HCB reagierten. Gestillte Säuglinge von Müttern, die hochgradig kontaminiertes Brot gegessen hatten, entwickelten eine Erkrankung, die als „Pink Disease“ bekannt ist und durch rosafarbene Bläschen an Händen und Füßen, Fieber und Durchfall gekennzeichnet ist. Andere Symptome waren Schwäche und Krämpfe. Viele der erkrankten Säuglinge starben an dieser Krankheit. Kleinkinder über 2 Jahre entwickelten keine Hautkrankheit, bei ihnen traten aber Anomalien an der Haut, dem Nervensystem und den Knochen zu einem späteren Zeitpunkt auf.

Im Tierversuch waren junge Tiere, die HCB vor und kurz nach der Geburt ausgesetzt waren, besonders empfindlich gegenüber HCB. An Ratten mit kombinierter prä- und postnataler Exposition wurden Leberläsionen im Erwachsenenalter festgestellt. Wirkungen auf das Nervensystem und Immunsystem traten bei jungen Tieren bereits bei niedrigeren Dosen auf als bei Erwachsenen. Tierversuche zeigten auch, dass HCB Effekte auf verschiedene endokrine Organe hat, einschließlich der Schilddrüse (Hypothyreose), Nebenschilddrüse (Hyperparathyreoidismus), Nebenniere, und der Eierstöcke. Diese Gewebe produzieren Hormone, die für das normale Wachstum und die Entwicklung des Organismus wichtig sind.

3.2.4. Effekte auf das Ungeborene

Höhere Gehalte von HCB wurden im Körperfett von männlichen Kleinkindern mit Hodenhochstand festgestellt. Es ist jedoch nicht eindeutig bewiesen, ob HCB diesen Defekt verursacht hat. Ein Zusammenhang zwischen HCB-Gehalten im Blut der Mutter, Muttermilch, Nabelschnurblut oder Blut von Kindern und Entwicklungsendpunkten wie Frühgeburten, Geburtsgewicht, Wachstum nach der Geburt oder Ergebnissen von Intelligenztests geht aus diversen Untersuchungen nicht eindeutig hervor (ATSDR, 2013).

3.3. Gefahrencharakterisierung nach ATSDR

ATSDR hat im Juni 2013 verschiedene Minimal Risk Levels (MRL) für die menschliche Gesundheit für HCB festgelegt. Diese MRL-Werte sind mit der in Europa üblichen tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge (TDI) vergleichbar. Ein MRL-Wert ist definiert als jene tägliche Aufnahmemenge für eine Substanz, die ohne nennenswertes Risiko für negative Wirkungen über eine bestimmte Dauer der Exposition ist. MRL-Werte berücksichtigen nicht die krebserzeugende Wirkung eines Stoffes.

Für die akute (bis zu 14 Tage) orale Aufnahme wurde ein MRL-Wert von 8 µg/kg Körpergewicht pro Tag (KG/d) festgelegt. Dieser basiert auf einem LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) von 2,5 mg/kg KG/d für den Endpunkt Hyperaktivität bei jungen Ratten, deren Muttertieren HCB über vier Tage vor der Paarung verabreicht wurde. Dabei wurde ein Sicherheitsfaktor von 300 berücksichtigt, dieser besteht aus einem Sicherheitsfaktor 10 für die Extrapolation von Ratte auf Mensch, 10 für die Variabilität innerhalb der Menschen und einem zusätzlichen Sicherheitsfaktor von 3, da ein LOAEL anstelle eines NOAELs (No Observed Adverse Effect Level) verwendet wurde.

Für die mittelfristige (15 bis 364 Tage) orale Aufnahme wurde ein MRL-Wert von 0,1 µg/kg KG/d festgelegt. Dieser basiert auf einem LOAEL von 0,01 mg/kg KG/d, bei dem degenerative Veränderungen an den Eierstöcken von weiblichen Affen, denen HCB über 90 Tage verabreicht wurde, auftraten. Dabei wurde ein Sicherheitsfaktor von 90 berücksichtigt, dieser besteht aus einem Sicherheitsfaktor 3 für die Extrapolation von Affe auf Mensch, 10 für die Variabilität innerhalb der Menschen und einem zusätzlichen Sicherheitsfaktor von 3, da ein LOAEL anstelle eines NOAELs verwendet wurde.

Für die chronische (365 Tage und mehr) orale Aufnahme wurde ein MRL-Wert von 0,07 µg/kg KG/d festgelegt. Dieser basiert auf einem LOAEL von 0,022 mg/kg KG/d für den Endpunkt peribiliäre Lymphozytose (erhöhte Lymphozytenzahl um die Gallenkapillaren) und Leberfibrose bei erwachsenen männlichen Ratten in der F1-Generation in einer 2-Generationenstudie, welche 130 Wochen mit HCB gefüttert wurden. Dabei wurde ein Sicherheitsfaktor von 300 berücksichtigt, dieser besteht aus einem Sicherheitsfaktor 10 für die Extrapolation von Ratte auf Mensch, 10 für die Variabilität innerhalb der Menschen und einem zusätzlichen Sicherheitsfaktor von 3, da ein LOAEL anstelle eines NOAELs verwendet wurde.

3.4. Gefahrencharakterisierung gemäß WHO - IPCS

Das International Programme on Chemical Safety (WHO - IPCS, 1997) hat eine tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI) von 0,17 µg/kg KG/d für nicht-neoplastische (nicht-krebserzeugende) Effekte festgelegt. Diese basiert auf einem NOEL (No Observed Effect Level) von 0,05 mg/kg KG/d für den Endpunkt lebertoxische Effekte in einer subchronischen Studie in Schweinen und mehreren chronischen Studien in Ratten. Dabei wurde ein Sicherheitsfaktor von 300 berücksichtigt, dieser besteht aus einem Sicherheitsfaktor 10 für die Extrapolation von Tier (Ratte bzw. Schwein) auf Mensch, 10 für die Variabilität innerhalb der Menschen und einem zusätzlichen Sicherheitsfaktor von 3 für die Schwere des Effekts.

Für neoplastische (krebserzeugende) Effekte hat das International Programme on Chemical Safety (WHO - IPCS, 1997) einen Richtwert von 0,16 µg/kg KG/d festgelegt. Dieser basiert auf einer krebserzeugenden Dosis in 5 % der Versuchstiere (TD5 = tumorigenic dose) von 0,81 mg/kg KG/d für den Endpunkt neoplastische Leberknötchen in einer 2-Generationenstudie mit Ratten. Dabei wurde aufgrund unzureichender mechanistischer Daten ein Sicherheitsfaktor von 5000 berücksichtigt.

3.5. Gefahrencharakterisierung in der Studie zum österreichischen Ölkürbis

Im Rahmen eines AGES Projektes "Ausarbeiten von Risiko-Management-Optionen zur Minimierung der HCB Belastung von österreichischen Ölkürbis", im November 2008 wurde auf Basis der verfügbaren Informationen "eine duldbare tägliche Aufnahme" (DTA Wert) von 0,01 µg/kg KG/d beziehungsweise eine akute Referenzdosis (ARfD) von ebenfalls 0,01 µg/kg KG abgeleitet. Dabei einberechnet wurde ein Sicherheitsfaktor von 1.000, da HCB bewiesenermaßen krebserzeugend und auch hormonell schädigend sei. Als Basis für die Ableitung der toxikologischen Kenngrößen wurde ein LOAEL von 0,01 mg/kg KG/d aus einer Affenstudie über 90 Tage herangezogen. Der dabei verwendete Unsicherheitsfaktor von 1000 (10 x 10 x 10) wurde damit argumentiert, dass der zusätzliche Faktor von 10 aufgrund dessen, dass die genannte Dosierung lediglich einen LOAEL darstelle, und zudem die Substanz kanzerogene und hormonal disruptorische Wirkungen zeigen, berechtigt sei (AGES, 2008).

4. Expositionsabschätzung

4.1. Ergebnisse von Rückstandsuntersuchungen (Zeitraum 27.03.2014 bis 20.03.2015)

Es wurden die Ergebnisse von 824 Rückstandsuntersuchungen von pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln, die sowohl in amtlichen als auch privaten Proben aus dem Görtschitztal ermittelt wurden, zusammengefasst. Der Großteil der Untersuchungsergebnisse stammen aus der AGES, aus der Lebensmitteluntersuchungsanstalt Wien LUA 3 und der Lebensmittelversuchsanstalt LVA.

In Tabelle 1 sind diese Daten (Stand 20.03.2015) zusammengefasst. Angegeben sind jeweils die Anzahl an Proben in der jeweiligen Lebensmittelgruppe sowie die Mittelwerte (MW) und die Maximalwerte. Für die Berechnung der durchschnittlichen Gehalte in den einzelnen Lebensmittelgruppen wurde nach dem Lower-Bound (LB) – Upper-Bound (UB) – Konzept vorgegangen (WHO, 2009). Im LB-Ansatz entsprechen Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze (NG) oder Bestimmungsgrenze (BG) gleich „null“. Für die Berechnung des UB werden die Werte unterhalb der NG bzw. BG gleich dem Wert der jeweiligen Grenze gesetzt. Für den Medium-Bound (MB) werden Werte unterhalb NG bzw. BG gleich der Hälfte der jeweiligen Grenze gesetzt. Mittelwerte wurden nur für Lebensmittelgruppen mit mindestens 20 Proben berechnet, da eine niedrigere Anzahl von Proben als nicht ausreichend angesehen wird und zu größeren Unsicherheiten führt.

Tabelle 1: HCB-Gehalte in Lebensmitteln ($\mu\text{g}/\text{kg}$) aus dem Görtschitztal (27.03.2014 bis 20.03.2015)

Lebensmittelgruppe	Anzahl Proben	Anzahl Proben <NG ¹	Anzahl Proben <BG ²	Anzahl Proben >BG	MW ³ LB ⁴ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	MW MB ⁵ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	MW UB ⁶ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Maximum ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Milch und Milchprodukte (außer Butter)	453	86	160	207	9,28	10,07	10,86	137
Käse	71	11	31	29	17,23	17,53	17,83	137
Milch und Sauermilch	341	75	91	175	8,35	9,23	10,11	66,75
Milchmischerzeugnisse	41	0	38	3	3,23	4,14	5,06	19
Antialkoholische Getränke (Fruchtsäfte, Trinkwasser, Sirupe, Tees)	65	3	58	4	1,00	2,38	3,77	24
Fruchtsäfte	18	3	15	0	n. ber. ⁷	n. ber.	n. ber.	<BG
Trinkwasser	41	0	40	1	0,00	0,01	0,02	20
Sirupe	2	0	2	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Tee- und Teegetränke	4	0	1	3	n. ber.	n. ber.	n. ber.	24
Wurst- und Fleischwaren	58	0	40	18	22,22	23,94	25,66	218
Pökelfleisch	36	0	24	12	28,01	30,24	32,46	218
Würste	22	0	16	6	12,73	13,64	14,55	96
Gemüse	43	8	33	2	0,95	4,72	8,49	13
Blattgemüse	7	3	4	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Fruchtgemüse	1	1	0	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<NG
Gemüsemischungen	2	0	2	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Hülsenfrüchte	1	0	1	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Kohlgemüse	2	0	2	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Kräuter	4	0	2	2	n. ber.	n. ber.	n. ber.	13
Salatgemüse	13	2	11	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Sprossen- und Lauchgemüse	4	1	3	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Wurzel- und Knollengemüse (außer Kartoffeln)	9	1	8	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Fette, Öle, Butter	38	10	10	18	49,11	50,55	52,00	556
Butter	26	10	5	11	53,13	54,29	55,44	556
Speiseöle (Kürbiskernöl, Rapsöl, Maiskeimöl)	10	0	4	6	n. ber.	n. ber.	n. ber.	111
Tierische Fette (Schwein)	2	0	1	1	n. ber.	n. ber.	n. ber.	30,5

¹ NG = Nachweisgrenze, ² BG = Bestimmungsgrenze, ³ MW = Mittelwert, ⁴ LB = Lower-Bound, ⁵ MB = Medium-Bound, ⁶ UB = Upper-Bound, ⁷ n. ber. = nicht berechnet

Fortsetzung Tabelle 1: HCB-Gehalte in Lebensmitteln ($\mu\text{g}/\text{kg}$) aus dem Görtischtal (27.03.2014 bis 20.03.2015)

Lebensmittelgruppe	Anzahl Proben	Anzahl Proben <NG ¹	Anzahl Proben <BG ²	Anzahl Proben >BG	MW ³ LB ⁴ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	MW MB ⁵ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	MW UB ⁶ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Maximum ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Eier	34	13	10	11	8,80	10,11	11,42	50
Honig	32	1	31	0	0,00	4,89	9,78	<BG
Fleisch, Geflügel, Wild, Innereien	28	3	8	17	78,57	79,81	81,04	625
Fleisch (Rind, Lamm, Schwein)	21	3	3	15	94,17	94,86	95,55	625
Geflügel (Huhn)	3	0	3	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Innereien (Schwein)	1	0	1	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Wildbret (Hirsch)	3	0	1	2	n. ber.	n. ber.	n. ber.	205
Getreide (Dinkel, Hirse, Mais, Roggen, Weizen, Buchweizen)	20	1	19	0	0,35	4,43	8,50	<BG
Obst und Obsterzeugnisse	16	2	14	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Schalenobst, Öl- und andere Samen	8	0	4	4	n. ber.	n. ber.	n. ber.	50
Zusammengesetzte Lebensmittel (Teigwaren gefüllt, Leberknödel)	8	0	4	4	n. ber.	n. ber.	n. ber.	19
Kartoffeln	6	1	5	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Mehle und Stärken	5	0	5	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Süßwasserfische (Forelle)	4	2	2	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Alkoholische Getränke (Schnaps, Most)	2	1	1	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Pilze	1	0	1	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Brot	1	0	1	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Speiseeis	1	0	0	1	n. ber.	n. ber.	n. ber.	12
Schokolade	1	0	1	0	n. ber.	n. ber.	n. ber.	<BG
Gesamtergebnis	824	131	407	286	n. ber.	n. ber.	n. ber.	625

¹ NG = Nachweisgrenze, ² BG = Bestimmungsgrenze, ³ MW = Mittelwert, ⁴ LB = Lower-Bound, ⁵ MB = Medium-Bound, ⁶ UB = Upper-Bound, ⁷ n. ber. = nicht berechnet

Wie in Tabelle 1 dargestellt, sind vor allem tierische Lebensmittel mit HCB belastet. Besonders fettreiche tierische Lebensmittel enthalten HCB, wie die Lebensmittelgruppen Fette, Öle und Butter, Fleisch, Wurst und Fleischwaren sowie Milch und Milchprodukte. Aber auch einige Pflanzen können HCB anreichern wie Kürbisse in den ölreichen Kürbiskernen und verschiedene Kräuter mit großer Blattoberfläche, z. B. Pfefferminze und Thymian.

4.2. Berechnung der HCB-Aufnahme durch den Menschen

Nur Lebensmittelgruppen mit 20 oder mehr untersuchten Proben wurden in die Expositionsrechnung miteinbezogen. Jene Lebensmittelgruppen mit weniger als 20 Proben wurden auch von der Expositionsrechnung ausgeschlossen. Für die Berechnung der Aufnahmemengen von HCB wurden die Verzehrsdaten der österreichischen Bevölkerung herangezogen, die im Rahmen des Ernährungsberichtes 2008 erhoben wurden (Elmadfa et al., 2009). Für die drei Bevölkerungsgruppen Schulkinder (6-15 Jahre), Frauen (19-65 Jahre) und Männer (19-65 Jahre) wurden die durchschnittlichen Aufnahmemengen von HCB durch Verknüpfung des durchschnittlichen Verzehrs der jeweiligen Bevölkerungsgruppe mit den durchschnittlichen Gehalten in Lebensmitteln aus dem Görtischtal berechnet. Zur Berechnung eines hohen Verzehrs für HCB wird gemäß EFSA (2011) vorgegangen. Dabei wird angenommen, dass Personen für die beiden Lebensmittelgruppen, die am meisten zur durchschnittlichen Aufnahme beitragen, Vielverzehrer (95. Perzentil der Konsumenten) sind und die restlichen Lebensmittelgruppen in durchschnittlichen Mengen (Mittelwert des Kollektivs) verzehren. In den vorliegenden Berechnungen tragen in allen Bevölkerungsgruppen die Lebensmittelgruppen Fleisch sowie Milch- und Milchprodukte am meisten zur durchschnittlichen HCB-Aufnahme bei.

Tabelle 2: Aufnahmemenge von HCB für Schulkinder bei durchschnittlichem und hohem Verzehr

Lebensmittelgruppe	Durchschnittlicher Verzehr					Hoher Verzehr				
	Verzehr (g/d ¹)	Aufnahme LB ³ (µg/kg KG/d ²)	Aufnahme MB ⁴ (µg/kg KG/d)	Aufnahme UB ⁵ (µg/kg KG/d)	Anteil LB (%)	Verzehr (g/d)	Aufnahme LB (µg/kg KG/d)	Aufnahme MB (µg/kg KG/d)	Aufnahme UB (µg/kg KG/d)	Anteil LB (%)
Milch und Milchprodukte (außer Butter)	214,4	0,050	0,054	0,059	25	466,2	0,109	0,118	0,128	27
Antialkoholische Getränke	852,8	0,021	0,051	0,081	11	852,8	0,021	0,051	0,081	5
Wurst- und Fleischwaren	33,8	0,019	0,020	0,022	9	33,8	0,019	0,020	0,022	5
Gemüse	78,6	0,002	0,009	0,017	1	78,6	0,002	0,009	0,017	0
Fette, Öle, Butter	18,9	0,023	0,024	0,025	12	18,9	0,023	0,024	0,025	6
Eier	17,3	0,004	0,004	0,005	2	17,3	0,004	0,004	0,005	1
Honig	1,0	0,000	0,000	0,000	0	1,0	0,000	0,000	0,000	0
Fleisch, Geflügel, Wild, Innereien	40,9	0,081	0,082	0,084	40	113,0	0,224	0,227	0,231	56
Getreide	16,6	0,000	0,002	0,004	0	16,6	0,000	0,002	0,004	0
Gesamtaufnahme	1274,3	0,201	0,248	0,295	100	1598,2	0,402	0,457	0,511	100

¹ g/d = Gramm pro Tag, ² µg/kg KG/d = Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht und Tag, ³ LB = Lower-Bound, ⁴ MB = Medium-Bound, ⁵ UB = Upper-Bound

Für Schulkinder liegt die durchschnittliche HCB-Aufnahme zwischen 0,201 und 0,295 µg/kg Körpergewicht und Tag (KG/d) (LB – UB). Bei hohem Verzehr liegt sie zwischen 0,402 und 0,511 µg/kg KG/d.

Tabelle 3: Aufnahmemenge von HCB für Frauen bei durchschnittlichem und hohem Verzehr

Lebensmittelgruppe	Durchschnittlicher Verzehr					Hoher Verzehr				
	Verzehr (g/d ¹)	Aufnahme LB ³ (µg/kg KG/d ²)	Aufnahme MB ⁴ (µg/kg KG/d)	Aufnahme UB ⁵ (µg/kg KG/d)	Anteil LB (%)	Verzehr (g/d)	Aufnahme LB (µg/kg KG/d)	Aufnahme MB (µg/kg KG/d)	Aufnahme UB (µg/kg KG/d)	Anteil LB (%)
Milch und Milchprodukte (außer Butter)	193,4	0,028	0,031	0,033	17	550,0	0,080	0,087	0,094	17
Antialkoholische Getränke	1314,7	0,021	0,049	0,078	13	1314,7	0,021	0,049	0,078	4
Wurst- und Fleischwaren	36,2	0,013	0,014	0,015	8	36,2	0,013	0,014	0,015	3
Gemüse	190,3	0,003	0,014	0,025	2	190,3	0,003	0,014	0,025	1
Fette, Öle, Butter	32,3	0,025	0,026	0,026	15	32,3	0,025	0,026	0,026	5
Eier	16,8	0,002	0,003	0,003	1	16,8	0,002	0,003	0,003	0
Honig	2,5	0,000	0,000	0,000	0	2,5	0,000	0,000	0,000	0
Fleisch, Geflügel, Wild, Innereien	59,1	0,073	0,074	0,075	44	262,6	0,324	0,330	0,335	69
Getreide	26,4	0,000	0,002	0,004	0	26,4	0,000	0,002	0,004	0
Gesamtaufnahme	1871,7	0,165	0,212	0,260	100	2431,9	0,468	0,524	0,580	100

¹ g/d = Gramm pro Tag, ² µg/kg KG/d = Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht und Tag, ³ LB = Lower-Bound, ⁴ MB = Medium-Bound, ⁵ UB = Upper-Bound

Für Frauen liegt die durchschnittliche HCB-Aufnahme zwischen 0,165 und 0,260 µg/kg KG/d (LB – UB). Bei hohem Verzehr liegt sie zwischen 0,468 und 0,580 µg/kg KG/d.

Tabelle 4: Aufnahmemenge von HCB für Männer bei durchschnittlichem und hohem Verzehr

Lebensmittelgruppe	Durchschnittlicher Verzehr					Hoher Verzehr				
	Verzehr (g/d ¹)	Aufnahme LB ³ (µg/kg KG/d ²)	Aufnahme MB ⁴ (µg/kg KG/d)	Aufnahme UB ⁵ (µg/kg KG/d)	Anteil LB (%)	Verzehr (g/d)	Aufnahme LB (µg/kg KG/d)	Aufnahme MB (µg/kg KG/d)	Aufnahme UB (µg/kg KG/d)	Anteil LB (%)
Milch und Milchprodukte (außer Butter)	166	0,019	0,020	0,022	11	166	0,019	0,020	0,022	4
Antialkoholische Getränke	1261,7	0,015	0,037	0,058	9	1261,7	0,015	0,037	0,058	4
Wurst- und Fleischwaren	84,3	0,023	0,025	0,027	13	300,0	0,082	0,088	0,094	19
Gemüse	164,2	0,002	0,010	0,017	1	164,2	0,002	0,010	0,017	0
Fette, Öle, Butter	35,0	0,021	0,022	0,022	12	35,0	0,021	0,022	0,022	5
Eier	17,2	0,002	0,002	0,002	1	17,2	0,002	0,002	0,002	0
Honig	2	0,000	0,000	0,000	0	2	0,000	0,000	0,000	0
Fleisch, Geflügel, Wild, Innereien	92,1	0,089	0,090	0,092	52	303,0	0,292	0,297	0,301	67
Getreide	30,3	0,000	0,002	0,003	0	30,3	0,000	0,002	0,003	0
Gesamtaufnahme	1852,8	0,171	0,208	0,244	100	2279,4	0,433	0,478	0,522	100

¹ g/d = Gramm pro Tag, ² µg/kg KG/d = Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht und Tag, ³ LB = Lower-Bound, ⁴ MB = Medium-Bound, ⁵ UB = Upper-Bound

Für Männer liegt die durchschnittliche HCB-Aufnahme zwischen 0,171 und 0,244 µg/kg KG/d (LB – UB). Bei hohem Verzehr liegt sie zwischen 0,433 und 0,522 µg/kg KG/d.

5. Risikocharakterisierung

In der Risikocharakterisierung wird die geschätzte Exposition den derzeit aktuellsten toxikologischen Kennzahlen der ATSDR (Amerikanische Agentur für toxische Substanzen und Erkrankungsregister, 2013) für akute, mittelfristige und chronische Aufnahme gegenübergestellt.

Tabelle 5: Auslastung des Minimal Risk Levels MRL* für chronische Aufnahme von 0,07 µg/kg KG/d gemäß ATSDR

Bevölkerungsgruppe	Exposition			Auslastung MRL chronisch		
	LB (µg/kg KG/d)	MB (µg/kg KG/d)	UB (µg/kg KG/d)	LB (%)	MB (%)	UB (%)
Durchschnittliche Exposition						
Schulkinder	0,201	0,248	0,295	287	354	422
Frauen	0,165	0,212	0,260	235	303	371
Männer	0,171	0,208	0,244	245	296	348
Hohe Exposition						
Schulkinder	0,402	0,457	0,511	575	653	731
Frauen	0,468	0,524	0,580	669	749	828
Männer	0,433	0,478	0,522	619	682	745

*Diese MRL-Werte sind mit der in Europa üblichen tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge (TDI) vergleichbar.

Die tolerierbare chronische Aufnahmemenge von 0,07 µg/kg KG/d wird bei durchschnittlichem und hohem Verzehr von allen Bevölkerungsgruppen überschritten (Tabelle 5, Abbildung 1).

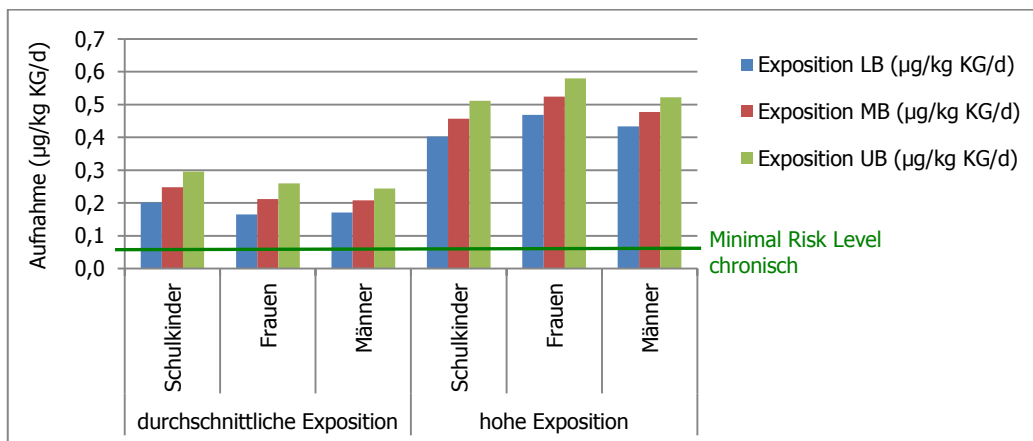


Abbildung 1: Vergleich der Aufnahme von HCB durch die verschiedenen Bevölkerungsgruppen mit der tolerierbaren Aufnahmemenge (MRL chronisch) von 0,07 µg/kg KG/d

Tabelle 6: Auslastung des Minimal Risk Levels MRL* für mittelfristige Aufnahme von 0,1 µg/kg KG/d gemäß ATSDR

Bevölkerungsgruppe	Exposition			Auslastung MRL vorübergehend		
	LB (µg/kg KG/d)	MB (µg/kg KG/d)	UB (µg/kg KG/d)	LB (%)	MB (%)	UB (%)
Durchschnittliche Exposition						
Schulkinder	0,201	0,248	0,295	201	248	295
Frauen	0,165	0,212	0,260	165	212	260
Männer	0,171	0,208	0,244	171	208	244
Hohe Exposition						
Schulkinder	0,402	0,457	0,511	402	457	511
Frauen	0,468	0,524	0,580	468	524	580
Männer	0,433	0,478	0,522	433	478	522

*Diese MRL-Werte sind mit der in Europa üblichen tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge (TDI) vergleichbar.

Die tolerierbare mittelfristige Aufnahmemenge von 0,1 µg/kg KG/d wird bei durchschnittlichem und hohem Verzehr von allen Bevölkerungsgruppen überschritten (Tabelle 6).

Tabelle 7: Auslastung des Minimal Risk Levels MRL* für akute Aufnahme von 8 µg/kg KG/d gemäß ATSDR

Bevölkerungsgruppe	Exposition			Auslastung MRL akut		
	LB (µg/kg KG/d)	MB (µg/kg KG/d)	UB (µg/kg KG/d)	LB (%)	MB (%)	UB (%)
Durchschnittliche Exposition						
Schulkinder	0,201	0,248	0,295	3	3	4
Frauen	0,165	0,212	0,260	2	3	3
Männer	0,171	0,208	0,244	2	3	3
Hohe Exposition						
Schulkinder	0,402	0,457	0,511	5	6	6
Frauen	0,468	0,524	0,580	6	7	7
Männer	0,433	0,478	0,522	5	6	7

*Diese MRL-Werte sind mit der in Europa üblichen tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge (TDI) vergleichbar.

Die tolerierbare akute Aufnahmemenge von 8 µg/kg KG/d wird bei durchschnittlichem und hohem Verzehr von allen Bevölkerungsgruppen eingehalten (Tabelle 7).

6. Unsicherheiten

Im Rahmen der Expositionsabschätzung treten Unsicherheiten bei den Auftretensdaten und den Verzehrdaten auf. Für die vorliegende Expositionsabschätzung wurden nur Untersuchungsdaten von Lebensmitteln aus dem Görtschitztal herangezogen. Es wurde angenommen, dass sich die Bevölkerung ausschließlich von diesen Lebensmitteln ernährt. Die Annahme, dass sich die Bevölkerung ausschließlich von mit HCB belasteten Lebensmitteln aus dem Görtschitztal ernährt, kann zu einer Überschätzung der Exposition und damit des Risikos führen. Die Anwendung des LB-UB-Konzeptes für die Berechnung der durchschnittlichen Gehalte in den Lebensmittelgruppen führt im UB ebenfalls zu einer Überschätzung der Exposition. Bei den Verzehrdaten liegen oft nur Informationen zum Verzehr von Lebensmittelgruppen und nicht zu spezifischen Lebensmitteln vor. Von Verzehrsmengen weniger Tage während des Erhebungszeitraumes wird auf eine längerfristige bzw. lebenslange Aufnahme geschlossen. Dies kann sowohl zu einer Überschätzung als auch zu einer Unterschätzung der Exposition bzw. des Risikos führen.

Bei der Toxizität liegt ein Teil der Unsicherheiten in der Verwendung von Tierversuchsstudien für die Ableitung von gesundheitlichen Richtwerten. Für die Berechnung dieser gesundheitlichen Richtwerte wurde von LOAEL-Werten ausgegangen, also von Dosierungen, bei denen bereits Effekte im Tierversuch beobachtet wurden, und nicht von NOAEL-Werten, also von Dosierungen, bei denen im Tierversuch noch keine Effekte beobachtet wurden. Diese beiden Unsicherheiten werden durch die Verwendung von Unsicherheitsfaktoren in der Berechnung berücksichtigt, um bei den festgelegten gesundheitsbezogenen Referenzwerten mit einer hohen Sicherheit gesundheitliche Effekte ausschließen zu können. Eine weitere Unsicherheit liegt darin, dass mehrere Fremdstoffe in einem Lebensmittel gleichzeitig auftreten bzw. mit der Nahrung gleichzeitig aufgenommen werden können, und es zu Wechselwirkungen zwischen diesen Stoffen kommen kann. Nach derzeitigem Wissensstand werden in der Risikobewertung jedoch kombinierte Effekte mit anderen Fremdstoffen nicht berücksichtigt, z. B. gleichzeitige Aufnahme von HCB mit anderen chlorierten Kohlenwasserstoffen, wie Dioxinen und polychlorierten Biphenylen.

Unter Einbeziehung aller Aspekte führt die Summe aller Unsicherheiten eher zu einer Überschätzung des Risikos (Tabelle 8), wobei das Risiko für Föten, Säuglinge und Kleinkinder nicht berechnet wurde, da hierfür weder Verzehr- und Auftretensdaten noch gesundheitsbezogene Referenzwerte vorliegen.

Tabelle 8: Qualitative Evaluierung des Einflusses der Unsicherheiten auf die vorliegende Risikobewertung

Quelle der Unsicherheit	Richtung
Für die Risikobewertung wurden nur Untersuchungsdaten von Lebensmitteln aus dem Görtschitztal herangezogen.	+ ¹
Es wurde angenommen, dass sich die Bevölkerung ausschließlich von Lebensmitteln aus dem Görtschitztal ernährt.	+
Das LB-UB-Konzept wurde für die Berechnung der durchschnittlichen Gehalte in den Lebensmittelgruppen verwendet.	-/+ ²
Bei den Verzehrdaten liegen oft nur Informationen zum Verzehr von Lebensmittelgruppen und nicht zu spezifischen Lebensmitteln vor.	+
Von Verzehrsmengen weniger Tage während des Erhebungszeitraumes wurde auf eine längerfristige bzw. lebenslange Aufnahme geschlossen.	-/+
Kombinierte Effekte mit anderen Fremdstoffen werden nicht berücksichtigt.	-/+
Das Risiko für Föten, Säuglinge und Kleinkinder wurde nicht berechnet, da weder Verzehrdaten noch gesundheitsbezogene Referenzwerte vorliegen.	- ³

¹ + = die Unsicherheit kann zu einer Überschätzung der Exposition bzw. des Risikos führen, ² -/+ = die Unsicherheit kann entweder zu einer Unterschätzung oder zu einer Überschätzung der Exposition bzw. des Risikos führen, ³ - = die Unsicherheit kann zu einer Unterschätzung der Exposition bzw. des Risikos führen

7. Literatur

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2013: Draft Toxicological Profile for Hexachlorobenzene, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Juni 2013. <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp90.pdf>

AGES, 2008: Projekt „Ausarbeiten von Risiko-Management-Optionen zur Minimierung der HCB-Belastung von österreichischem Ölkürbis (*Cucurbita pepo* L. subsp. *pepo* var. *styriaca* Greb.)“ https://www.dafne.at/prod/dafne_plus_common/attachment_download/7c0a8ab1ed87da616b7313a5ab634da8/Endbericht_HCB.PDF

Bundesminister für Umwelt, Jugend und Familie, 1992: Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über ein Verbot bestimmter gefährlicher Stoffe in Pflanzenschutzmitteln. BGBl. Nr. 97/1992 idgF.

Elmadfa, I., Freisling H., Nowak V. et al., 2009: Österreichischer Ernährungsbericht 2008. Institut für Ernährungswissenschaften, Universität Wien, 1. Auflage.

Europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA), 2011: Use of the EFSA Comprehensive European Food Consumption Database in Exposure Assessment. EFSA Journal 9(3): 2097.

Europäische Union, 2005: Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Februar 2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs und zur Änderung der Richtlinie 91/414/EWG des Rates. ABl. L 70 vom 16.3.2005, S. 1.

International Agency for Research on Cancer (IARC), 2001: Hexachlorobenzene. Summaries and Evaluations 79: 493. <http://www.inchem.org/documents/iarc/vol79/79-13.htm>

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1995: Stoffbericht Hexachlorbenzol (HCB). Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle. 1. Auflage, Karlsruhe. https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/16795/stoffbericht_hcb.pdf?command=downloadContent&filename=stoffbericht_hcb.pdf

Rat der Europäischen Gemeinschaften, 1979: Richtlinie 79/117/EWG des Rates vom 21. Dezember 1978 über das Verbot des Inverkehrbringens und der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, die bestimmte Wirkstoffe enthalten. ABl. L33/36 vom 8.2.1979, S. 36-40.

Weltgesundheitsorganisation (WHO) - International Programme of Chemical Safety (IPCS), 1997: Hexachlorobenzene. Environmental Health Criteria 195.

Weltgesundheitsorganisation (WHO), 2009: Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food, International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 240. Chapter 6: Dietary Exposure Assessment of Chemicals in Food: <http://www.who.int/ipcs/food/principles/en/index1.html>

Vereinte Nationen, 2001: Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Stockholm, 22. Mai 2001. http://www.pops.int/documents/convtext/convtext_en.pdf