

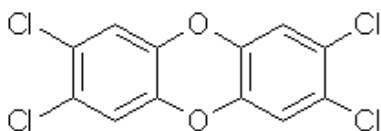
Dioxine

1. Was sind Dioxine und dioxinähnliche PCB?	1
2. Was sind Toxizitätsäquivalente?	2
3. Wie entstehen Dioxine?	3
4. Wo kommen dioxinähnliche PCBs vor?	4
5. Was sind die Hauptquellen für die Dioxine in der Umwelt?	4
6. Welche Maßnahmen wurden ergriffen, um die Dioxinbelastung zu senken?	6
7. Wie gelangen Dioxine in die Umwelt?	10
8. Wie sieht die Dioxinbelastung in der Umwelt aus?	11
9. Wie gelangen Dioxine in den Menschen?	11
10. Wie hoch ist die Dioxinbelastung des Menschen in Deutschland?	11
11. Wie ist die Wirkung der Dioxine auf den Menschen?	13
12. Was muss in der Zukunft getan werden, um die Dioxinbelastung weiter zu senken?	14

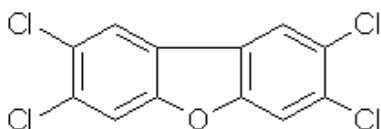
1. Was sind Dioxine und dioxinähnliche PCB?

1.1. Was sind Dioxine?

Dioxin ist im allgemeinen Sprachgebrauch eine Sammelbezeichnung für chemisch ähnlich aufgebaute chlorhaltige Dioxine und Furane. Insgesamt besteht die Gruppe der Dioxine aus 75 polychlorierten Dibenzopara-Dioxinen (PCDD) und 135 polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF). Dioxine liegen immer als Gemische von Einzelverbindungen (Kongenere) mit unterschiedlicher Zusammensetzung vor. Das toxischste Dioxin ist das **2,3,7,8 Tetrachlor-Dibenzo-p-Dioxin** (2,3,7,8 TCDD), das auch nach dem es bei dem Chemieunfall in Seveso im Juli 1976 die Umwelt kontaminierte, als "**Seveso-Gift**" bezeichnet wird. Für die toxikologische Beurteilung der Dioxine sind zusätzlich die anderen 2,3,7,8 chlorierten Dioxine, bzw. Furane relevant, die weitere Chloratome besitzen. Diese 17 Verbindungen (7 Dioxine, 10 Furane) werden für die Bewertung der Toxizität herangezogen und die toxische Wirkung als Toxizitätsäquivalent (TEQ) im Verhältnis zu der von 2,3,7,8 TCDD ausgedrückt.



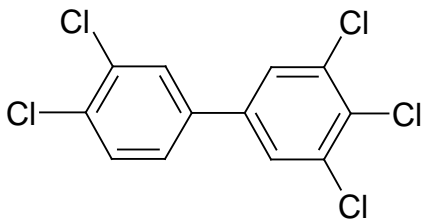
2,3,7,8 Tetrachlor-Dibenzo-p-Dioxin (2,3,7,8 TCDD)



2,3,7,8 Tetrachlor-Dibenzofuran (2,3,7,8 TCDF)

1.2. Was sind dioxinähnliche PCB?

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind ebenfalls chlorierte Kohlenwasserstoffe mit einer ähnlichen chemischen Struktur wie Dioxine. Sie sind eine Stoffgruppe, die am Grundgerüst eines Biphenyls eine unterschiedliche Anzahl von Chloratomen binden können. Insgesamt gibt es 209 mögliche Verbindungen (**Kongenerere**). Von diesen 209 möglichen PCB-Kongeneren werden diejenigen 12 Kongenerere als dioxinähnliche-PCB bezeichnet, die eine dem PCDD/PCDF ähnliche räumliche und elektronische Struktur haben, (non ortho Kongenerere PCB-Nr. 77, 81, 126, 169 und mono ortho Kongenerere 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189). Die giftigste dioxinähnliche Wirkung zeigt das PCB 126.



3,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl (PCB 126)

2. Was sind Toxizitätsäquivalente?

Man geht davon aus, dass die verschiedenen Dioxine die gleichen toxischen Wirkungsmechanismen haben und sich nur in der Stärke ihrer Wirkung unterscheiden. Diese unterschiedliche Wirkungsstärke wird mit einem Faktor, dem Toxizitätsäquivalenzfaktor (TEF) berücksichtigt. Dabei bewertet man die relative Giftwirkung der einzelnen Verbindungen im Vergleich zu dem hochgiftigen 2,3,7,8 TCDD. Dieses hat den Faktor 1. Die toxische Wirkung wird dann über die Gehalte der Einzelverbindungen und dem zugehörigen Faktor als sogenanntes Toxizitätsäquivalent (TEQ) errechnet und addiert. Der TEQ-Wert entspricht dann der toxischen Wirkung einer vergleichbaren Menge des 2,3,7,8 TCDD.

Die Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) werden anhand unterschiedlicher Studien ermittelt und bei neueren Erkenntnissen aktualisiert. Daher gibt es verschiedene Listen dieser Faktoren, was beim Vergleich von Daten berücksichtigt werden muss. Am häufigsten wird noch bei rechtlichen Regelungen im **Umweltbereich** die I-TEF-Liste von 1988 zur Ermittlung eines I-TEQ verwendet (I-TEF auch TEF nach NATO/CCMS).

Eine Fortentwicklung dieser Liste stellen die von der WHO aufgestellten TEF-Werte dar. In dieses TEF-Konzept sind auch die zwölf sogenannten dioxinähnlichen PCB eingebunden, die nach demselben Mechanismus wie die PCDD/PCDF toxisch wirken und damit zur Gesamtbelastung durch Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen beitragen. Bei den rechtlichen Regelungen von **Lebensmitteln** kommen die WHO-Faktoren von 1998 zum Einsatz. Die letzte Anpassung der WHO-Faktoren an neue Erkenntnisse fand 2005 statt.

Internationale toxische Äquivalenzfaktoren nach NATO-CCMS (I-TEF 1988) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO-TEF, 1998 und 2005)

Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD)	I-TEF	WHO-TEF 1998	WHO-TEF 2005
2,3,7,8-TCDD	1	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	0,5	1	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01	0,01
OCDD	0,001	0,0001	0,0003
Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF)	I-TEF	WHO-TEF 1998	WHO-TEF 2005
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,05	0,05	0,03
2,3,4,7,8-PeCDF	0,5	0,5	0,3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01	0,01
OCDF	0,001	0,0001	0,0003
Polychlorierte Biphenyle		WHO-TEF 1998	WHO-TEF 2005
Non ortho PCB			
PCB 77		0,0001	0,0001
PCB 81		0,0001	0,0003
PCB 126		0,1	0,1
PCB 169		0,01	0,03
Mono ortho PCB			
PCB 105		0,0001	0,00003
PCB 114		0,0005	0,00003
PCB 118		0,0001	0,00003
PCB 123		0,0001	0,00003
PCB 156		0,0005	0,00003
PCB 157		0,0005	0,00003
PCB 167		0,00001	0,00003
PCB 189		0,0001	0,00003

Quellen: North Atlantic Treaty Organization – Committee on Challenges of modern Society (NATO/CCMS) International toxicity equivalency factor (TEF) method of risk assessment for completely mixtures of dioxins and related compounds. Pilot study on international information exchange on dioxins and related compounds, report no. 176, 1988;
 Van den Berg et al.: Toxic Equivalency Factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for Humans and Wildlife Environmental Health Perspectives Volume 106, No. 12, 1998;
 The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds; Toxicological Science Advance Access published July 7, 2006 (mit leichten Modifikationen)

3. Wie entstehen Dioxine?

Dioxine wurden nie im technischen Maßstab produziert. Sie entstehen unerwünscht bei allen Verbrennungsprozessen in Anwesenheit von Chlor und organischen Kohlenstoff unter bestimmten Bedingungen, z. B. bei bestimmten Temperaturen. Dioxin entsteht bei 300 °C und mehr und wird bei 900 °C und

höher zerstört. Dioxine können auch bei Waldbränden und Vulkanausbrüchen entstehen. Man fand Dioxine (keine Furane) auch in etwa 200 Millionen Jahre alten Kaolinitböden.

Auch bei allen chemischen Produktionsverfahren, in denen Chlor verwendet wird, werden mehr oder weniger Dioxine gebildet, die dann auch als Verunreinigung in den Produkten enthalten sein können. So weisen vor allem Chlorphenole hohe Verunreinigungen mit Dioxinen auf, z.B. das seit 1989 in Deutschland verbotene Pentachlorphenol (PCP).

4. Wo kommen dioxinähnliche PCBs vor?

PCB wurden bis in die 1980´er Jahre als technische Gemische der 209 Kongenere produziert und vor allem in Transformatoren, elektrischen Kondensatoren, in Hydraulikanlagen als Hydraulikflüssigkeit, sowie als Weichmacher in Lacken, Dichtungsmassen, Isoliermitteln und Kunststoffen verwendet. In diesen Gemischen sind auch immer unterschiedlich große Anteile dioxinähnlicher PCB enthalten. PCB ist in Deutschland seit 1989 verboten, die fachgerechte Entsorgung, ohne die Umwelt zu belasten, ist jedoch ein großes weltweites Problem.

5. Was sind die Hauptquellen für die Dioxine in der Umwelt?

Über dioxinbelastete Chemikalien, wie Pentachlorphenol, polychlorierte Biphenyle (PCB), bestimmte Herbizide wurden in den 80er Jahren Dioxine jährlich im Kilogrammereich in die Umwelt eingetragen. Diese Stoffe sind mittlerweile durch Verbotsverordnungen reglementiert. Für den Eintrag in die Luft waren früher Metallgewinnung und die Abfall-Verbrennungsanlagen die wichtigsten Quellen. Dank anspruchsvoller Grenzwerte und Technik konnte der Dioxinausstoß aus den Abfall-Verbrennungsanlagen drastisch gesenkt werden. Heute sind thermische Prozesse der Metallgewinnung und -verarbeitung und Kleinquellen in den Vordergrund der Dioxinemissionen getreten.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die Emissionsquellen in Deutschland und die Menge an emittiertem Dioxin.

Dioxin-Emissionsquellen in Deutschland, jährliche Menge an Dioxin in g I-TEQ

Quellen	Emissionen pro Jahr in g I-TEQ		
	1990	1994	2004
Metallurgische Industrie	737	270	55
Sinteranlagen	576	168	41,5
übrige Eisen- + Stahlproduktion	38	10	11,5
NE-Metalle	123	92	2
Thermische Abfallbehandlung	400	32	2
Hausmüll		30	1
Industrie-/Sondermüll		2 ¹	1 ²
Klärschlamm		< 0,1	<0,1
Zementherstellung	NE	NE	0,8
Zellstoff- und Papierindustrie	NE	NE	0,3
Koks- und Anodenproduktion	NE	3	2
Kraftwerke und industrielle Feuerungsanlagen (GFA, TA-Luft)	15	11	8
Kleinfeuerungsanlagen*	37	27	25
Verkehr	10	5	4
Krematorien	4	2	0,1
Gesamtemission Luft	1203	350	97

¹ Sondermüll, Klinikmüll

² Inkl. Altholz

Quelle 1990 und 1994

Detzel, A., Patyk, A., Fehrenbach, H., Franke, B., Giegrich, J., Lell, M., Vogt, R. (1998): Ermittlungen von Emissionen und Minderungsmaßnahmen für persistente organische Schadstoffe in der Bundesrepublik Deutschland, Forschungsbericht 295 44 365, UBA-FB 98-115, UBA-Texte 74/98, Umweltbundesamt.

Berdowski, J.J.M., Baas, J., Bloos, J.P.J., Visschedijk, A.J.H., (1997): The European Atmospheric Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants for 1990, Forschungsbericht 104 02 672/03, Umweltbundesamt.

Quelle 2004:

Rentz, O., Karl, U., Haase, M., Koch, M. (2008): Nationaler Durchführungsplan unter dem Stockholmer Abkommen zu persistenten organischen Schadstoffen (POPs) -, Forschungsbericht 205 67 444, Umweltbundesamt.

* **aktualisierte Quelle:** zentrales System Emissionen des Umweltbundesamtes, Stand: 18.01.2011

6. Welche Maßnahmen wurden ergriffen, um die Dioxinbelastung zu senken?

Die Umweltbelastung, aber auch die Belastung von Lebensmitteln und des Menschen durch Dioxine sind in Deutschland seit Ende der 80er Jahre deutlich zurückgegangen. Grund dafür war eine Fülle technischer und rechtlicher Maßnahmen vor allem bei Verbrennungsprozessen Emissionsbeschränkungen und in der Chemikalienproduktion Verbotsverordnungen.

Dioxine und PCB sind persistente organische Schadstoffe ("persistent organic pollutants" bzw. POPs). Als solche werden organische Chemikalien bezeichnet, die sich in den Körpern von Menschen, Tieren und Pflanzen anreichern und das Potential zum weiträumigen Transport aufweisen. Um den resultierenden Gefahren für Mensch und Umwelt durch POPs zu begegnen, wurden in der Vergangenheit verschiedene internationale Umwelt-Abkommen getroffen. Die Verhandlungen zu dem POPs Protokoll unter der UNECE - Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung ([CLRTAP](#)) wurden am 24. Juni 1998 abgeschlossen. Es trat am 23. Oktober 2003 in Kraft. Das [Stockholmer Übereinkommen zu POPs](#) wurde im Mai 2001 geschlossen und trat am 17. Mai 2004 in Kraft. Im Gegensatz zum regionalen UNECE Protokoll über POPs ist es ein globales Abkommen zur Beendigung oder Einschränkung der Produktion, Verwendung und Freisetzung von [POPs](#). Die Bundesrepublik Deutschland hat beide Abkommen als einer der ersten Zeichnerstaaten bereits im April des Jahres 2002 ratifiziert und die Inhalte in einem separaten nationalen Gesetz umgesetzt (Gesetz zu dem Stockholmer Übereinkommen vom 23. Mai 2001 über persistente organische Schadstoffe (POPs-Übereinkommen) und zu dem Protokoll vom 24. Juni 1998 zu dem Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend persistente organische Verbindungen (POPs-Protokoll) vom 9. April 2002 - BGBl II S. 803 vom 16. April 2002). Die Europäische Union hat in der ersten Hälfte des Jahres 2004 mit der Anpassung und Ergänzung geltender Gemeinschaftsvorschriften in Form einer POPs-Verordnung ([Verordnung \(EG\) Nr. 850/2004](#) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über persistente organische Schadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 79/117/EWG. - Abl. L 229/5 vom 29.06.2004) die rechtliche Voraussetzung zur Ratifikation beider Vertragswerke geschaffen. Die Inhalte und Vorgaben dieser Verordnung stellen in den Mitgliedstaaten unmittelbar gültiges Recht dar.

Übersicht über wichtige rechtliche Regelungen in Deutschland

Rechtliche Regelungen zu Emissionsbeschränkungen

Gesetz/Verordnung	vom	Regelung für Dioxine
Bundes-Immissionsschutzgesetz BImSchG	in der Fassung vom 26.09.2002 letzte Änderung: 11.08.2009	Geregelt in den Bundesimmissionsschutzverordnungen (BImSchV)
13. BImSchV: Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen	20.07.2004	Emissionsgrenzwert für Dioxine: 0,1 ng I-TEQ/Nm³
17. BImSchV: Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe	23.11.1990 letzte Änderung: 27.01.2009	Die Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die Mittelwerte, die über die jeweilige Probenahmezeit gebildet werden, den Emissionsgrenzwert für die im Anhang genannten Dioxine und Furane - angegeben als I-TEQ - von 0,1 ng/Nm³ nicht überschreiten.
19. BImSchV Chlor- und Bromverbindungen als Kraftstoffzusatz	17.01.1992 letzte Änderung: 21.12.2000	Scavenger Verbot - verbleites Benzin Verbot von Chlor- und Bromzusätzen in Benzin
27. BImSchV Krematorien	19.03.1997 letzte Änderung: 03.05.2000	Grenzwert für Dioxin im Abgas 0,1 ng I-TEQ/Nm³
Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft nach BImSchG (TA Luft)	24.07.2002	Grenzwert für Dioxin im Abgas 0,1 ng TEQ/Nm³ Bei Anlagen für Stahl, Eisen und sonstige Metalle soll eine Konzentration von 0,1 ng/Nm ³ im Abgas angestrebt, 0,4 ng/Nm ³ dürfen nicht überschritten werden.

Die europäischen RICHTLINIE 2000/76/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Verbrennung von Abfällen vom 4. Dezember 2000 enthält Grenzwerte für Verbrennungsanlagen, die in Deutschland bereits durch die oben dargestellten Bundesimmissionsschutzverordnungen geregelt sind. Durch diese Regelungen konnte die Emission von Dioxinen von 1200 g seit 1990 auf unter 70 g gesenkt werden.

Rechtliche Regelungen zum Verbot der Produktion, des Vertriebs und der Verwendung bestimmter Chemikalien und Produkte

Gesetz/Verordnung	Vom	Regelung für Dioxine
Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz - ChemG)	in der Fassung vom 02.07.2008	
PCB-, PCT-, VC-Verbotsverordnung	18.07.1989	Verbot der Produktion, Vertrieb und Verwendung von polychlorierten Biphenylen, Terphenylen (PCB, PCT) ab 50 ppm und VC (Vinylchlorid) als Treibgas
Pentachlorphenolverbotsverordnung (PCP-V)	12.12.1989	Verbot der Produktion, Vertrieb und Verwendung von PCP, von Zubereitungen mit mehr als 100 ppm PCP, und Artikeln mit mehr als 5 ppm PCP
Chemikalien-Verbotsverordnung ChemVerbotsV	13.06.2003 letzte Änderung 21.07.2008	Grenzwerte für Dioxine und Furane, auch für bromierte Dioxine und Furane, keine TEQ-Summe, sondern nach Toxizität und Persistenz in Gruppen eingeteilt von 1 bis 100 µg/kg Stoff/Erzeugnis

Durch das Verbot und die Einschränkungen von bestimmten Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen nach dem Chemikaliengesetz konnte eine jährliche Belastung der in diesen Produkten enthaltenen Dioxin-Verunreinigungen im Kilogramm Bereich gestoppt werden.

Rechtliche Regelungen und Empfehlungen zu Boden und Klärschlamm

Gesetz/Verordnung	Vom	Regelung für Dioxine
Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)	17.03.1998 geändert 09.12.2004	
Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)	12.07.1999 geändert 23.12.2004	Maßnahmenwerte Dioxine und Furane: [ng TEQ/kg Trockenmasse], Für Kinderspielflächen: 100 Für Wohngebiete: 1.000 Für Park- und Freizeitanlagen: 1.000 Für Industrie- und Gewerbegrundstücke: 10.000
AbfKlärV Klärschlammverordnung	15.04.1992 geändert 20.10.2006	Grenzwert für die Aufbringung auf landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Böden: 100 ng I-TEQ/kg Trockensubstanz Klärschlamm

Die Bund/Länder Arbeitsgruppe Dioxine hat in ihrem 2. Bericht 1993 Richtwerte und Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung vorgeschlagen:

PCDD/F-Kontamination ng I-TEQ/kg Boden-Trockenmasse	Handlungsempfehlungen
<5	Zielgröße; jegliche Nutzung ungeprüft möglich
5 - 40	Prüfaufträge und Handlungsempfehlungen für die landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung
> 40	Einschränkung auf bestimmte landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung, - uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer

Rechtliche Regelungen zu Futtermitteln und Lebensmitteln

Seit Juli 1998 gelten in der Europäischen Union Höchstgehalte für Dioxine in Zitrustrester (Richtlinie 98/60/EG). Mit Richtlinie 2001/102/EG wurden Dioxinhöchstgehalte für weitere Futtermittel festgelegt. Seit Juli 2002 gelten in der Europäischen Union Höchstgehalte für Dioxine in Lebensmitteln und in Futtermitteln.

Bei der Erstellung dieser Lebensmittel-Grenzwerte wurde berücksichtigt, welche Konzentrationen an Dioxinen und PCB normalerweise in den jeweiligen Lebensmitteln vorkommen. (Hintergrundkontamination). Höchstgehalte für Dioxine und dioxinähnliche PCB in Lebensmitteln sind geeignet, eine unannehmbar hohe Exposition der Bevölkerung und den Vertrieb unannehmbar stark kontaminierter Lebensmittel - beispielsweise durch versehentliche Verunreinigung oder Exposition - zu vermeiden ([Erwägungsgrund 10 der Verordnung \(EG\) Nr. 2375/2001](#)). Ein solcher Grenzwert sagt nichts über die Giftigkeit aus.

Neben Höchstgehalten sind auch Auslösewerte festgesetzt worden, die etwa 25 % niedriger sind als die korrespondierenden Höchstgehalte. Beim Überschreiten dieser Werte muss nach den Ursachen der Kontamination gesucht werden. Als Zielwerte gelten Konzentrationen, bei deren Einhaltung keine gesundheitlichen Risiken zu erwarten sind. Sie sollten von der Europäischen Kommission Ende 2008 festgesetzt werden, sind aber noch in der Diskussion. Der für die tolerierbare tägliche Aufnahme abgeleitete Wert (TDI) beinhaltet neben den Dioxinen alle Stoffe, die aufgrund ihrer chemischen Struktur eine dioxinähnliche Wirkung haben. Daher werden die dioxinähnlichen PCB bei der Grenzwertfestsetzung mit berücksichtigt. Höchstgehalte für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB in Futtermitteln gelten seit Februar 2006 ([Richtlinie 2006/13/EG](#)). Für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB in Lebensmitteln gelten Höchstgehalte seit Dezember 2006 ([Verordnung \(EG\) Nr. 1881/2006](#)).

7. Wie gelangen Dioxine in die Umwelt?

Dioxine gelangen in die Umwelt über

- die Luft
- Produkte (Chemikalien, Papier)
- feste Rückstände (Asche, Schlacke, Klärschlamm)
- das Abwasser (Zellstoffmühlen, Deponiesickerwasser)

Obwohl Dioxine nie im industriellen Maßstab produziert wurden, sind sie in der Umwelt verbreitet und haben sich im Boden angereichert. In den Boden gelangt das Dioxin hauptsächlich über die Luft, aber auch über die Bewirtschaftung, z.B. über die Düngung mit Klärschlamm oder anderen Sekundärrohstoffdüngern. Eine wichtige Quelle für lokale Dioxinkonzentrationen kann auch das unkontrollierte Verbrennen von lackiertem oder behandeltem Holz oder anderen Abfällen sein. Mit einer Halbwertszeit von mehreren Jahrzehnten ist Dioxin im Boden sehr langlebig und wird kaum verlagert. Durch Untersuchungen weiß man, dass Dioxine mit wenigen Ausnahmen (Zucchini) kaum im Gemüse zu finden sind, sondern durch Bodenpartikel außen am Gemüse oder Gras anhaften. Die Dioxine aus dem Boden gelangen hauptsächlich über diese anhaftenden Bodenpartikel in die Nahrungskette. Daher ist bei belasteten Böden eine Nutzung als Weide oder Hühnerauslaufgebiet besonders problematisch. In den Tieren und im Menschen werden die Dioxine lange Zeit im Fett gespeichert und können sich so dort anreichern.

Über Abwasser und Flüsse gelangten Dioxine jahrzehntelang in hohen Konzentrationen in die Meere. Dioxine reichern sich hier über die Nahrungskette besonders im Fett von Fischen, Säugetieren und Vögeln an.

8. Wie sieht die Dioxinbelastung in der Umwelt aus?

Um die Öffentlichkeit über die Kontamination von Mensch und Umwelt mit Dioxinen zu informieren, werden beim Umweltbundesamt Messdaten zu Konzentrationen von Dioxinen und anderen POPs in der Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder mit den dazugehörigen Zusatzinformationen wie z.B. Ort der Probenahme, Probenahmemethode, Analyseverfahren, Labordaten u.a. gesammelt. Allgemeine Informationen und Auswertungen dieser Daten werden im Internet über einen [Webservice](#) zur Verfügung gestellt. Die Daten zu Umweltkonzentrationen und Trends in Deutschland sind im [5. Bericht](#) der Bund/Länder Arbeitsgruppe Dioxine veröffentlicht.

Der Neueintrag von Dioxinen in die Umwelt ist aufgrund der dioxinmindernden Maßnahmen seit 1990 erheblich gesunken. Der Rückgang hat sich in den letzten Jahren verlangsamt und zwischendurch auch wieder kleine Anstiege verzeichnet. Durch die Langlebigkeit der Dioxine hat sich das Problem von der Emissionsseite verstärkt auf die Umweltseite verlagert. Es müssen daher neben Maßnahmen zur Emissionsminderung auch geeignete Vorsorgemaßnahmen getroffen werden, um den Eintrag von Dioxinen aus der Umwelt in die Nahrungskette zu vermindern.

Fetteiche Fische wie Heringe und Lachse sind besonders in der östlichen Ostsee durch jahrelangen Eintrag über Abwässer und Deposition zum Teil hoch mit Dioxinen belastet. Aus diesem Grund dürfen diese Fische nur für den einheimischen Markt in Finnland und Schweden verwendet und nicht in andere EU-Länder exportiert werden.

9. Wie gelangen Dioxine in den Menschen?

Vom Menschen werden 90-95 % der Dioxine über die Nahrung aufgenommen. Nahezu zwei Drittel dieser Aufnahme erfolgt über den Verzehr von Fleisch und Milchprodukten. Fische sind zwar - je nach Fettgehalt - höher mit Dioxinen belastet, werden jedoch nur in kleinen Mengen in Deutschland konsumiert.

Die Aufnahme über die Atemluft ist im Vergleich zur Nahrung für nicht beruflich exponierte Personen vernachlässigbar gering.

Dioxine reichern sich in Lebewesen vor allem in Fettgewebe an und bauen sich nur langsam ab. Die Halbwertszeit des giftigsten Dioxins (2,3,7,8 TCDD) beträgt im Körperfett des Menschen etwa 7 Jahre, das sich am langsamsten abbauende 2,3,4,7,8 Pentachlordibenzofuran ist erst nach fast 20 Jahren zur Hälfte eliminiert.

10. Wie hoch ist die Dioxinbelastung des Menschen in Deutschland?

Ein erwachsener Mensch nimmt in Deutschland durch Dioxine (berechnet mit den Daten aus 2000-2003) durchschnittlich etwa 0,7 pg (ein Pikogramm = ein Billionstel Gramm) WHO-TEQ pro Kilogramm Körpergewicht und Tag auf. Einschließlich der dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle mit 1,3 pg WHO-TEQ pro Kilogramm Körpergewicht und Tag kommt es zu einer täglichen Aufnahme von durchschnittlich 2 pg WHO-TEQ pro Kilogramm Körpergewicht. Ausgehend von einer sich weiter fortsetzenden Belastungsminderung liegen derzeit in Deutschland allerdings etwas niedrigere Belastungen vor. Es ist dabei zu

berücksichtigen, dass diese Schätzung der Dioxinaufnahme auf durchschnittlich belastete Lebensmittel bei durchschnittlichen Verzehrsgewohnheiten der Menschen beruht. Abweichende Ernährungsgewohnheiten können zu erheblichen Unterschieden führen.

Tägliche Aufnahme von Dioxin und dioxinähnlichen PCB eines Erwachsenen in Deutschland über die Nahrung, Quelle Mathar, BfR 2003

	WHO-TEQ-Aufnahme			
	Dioxine/ Furane	Dioxinähnliche PCB	Summe	Anteil
	pg/Person und Tag			%
Fleisch				
Schwein	4,8	2,4	7,2	5,2
Rind	4,9	12,2	17,1	12,4
Geflügel	2,2	2,2	4,4	3,2
Milch	17,0	40,7	57,7	41,8
Eier	4,5	6,0	10,5	7,6
Pfl. Fette	5,2	5,2	10,4	7,5
Fisch	6,0	17,9	23,9	17,3
Obst/Gemüse	3,9	3,9	7,8	5,6
Lebensmittel pro Tag	48	90	138	
Lebensmittel pro kg Körpergewicht und Tag	0,7	1,3	2,0	

Die Dioxinaufnahme vor und nach der Geburt ist - je nach der mütterlichen Belastung sehr hoch. Studien zeigen, dass über die Plazenta eine Belastung des Kindes mit Dioxin entsteht, die etwa der Hälfte der mütterlichen Fettkonzentration entspricht. Über die Muttermilch werden ebenfalls Schadstoffe an den Säugling weitergegeben. So lag z.B. 1998 die Dioxinaufnahme bei einem Säugling, der in den ersten 4 Monaten gestillt wird, bei täglich durchschnittlich 57 pg I-TEQ pro kg Körpergewicht. Noch im Alter von 11 Jahren hatten bei Untersuchungen in Baden Württemberg gestillte Kinder etwa 20 % mehr Dioxin im Blut als nicht gestillte Kinder ([4. Bericht AG Dioxine, BMU 2002](#)). Gleichwohl wird das Stillen von der WHO und der Nationalen Stillkommission empfohlen, da die positiven Effekte des Stillens überwiegen.

Das Essverhalten von Kleinkindern unterscheidet sich von den Erwachsenen. Kinder essen mehr im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht als Erwachsene und nehmen mehr Milchprodukte zu sich, die über die tierischen Fette mit organischen Schadstoffen belastet sind. Studien zeigen, dass Kleinkinder zwei- bis dreimal mehr Dioxine mit der Nahrung aufnehmen als Erwachsene.

Die Frauenmilch gilt auch als **Indikator** für die Belastung des Menschen mit Dioxinen. Frauenmilch ist sehr fettreich und eignet sich daher sehr gut dazu, die Rückstände von Dioxinen im menschlichen Fettgewebe anzuzeigen. Langjährige

Untersuchungsreihen haben gezeigt, dass sich der Erfolg der getroffenen Reduzierungsmaßnahmen auch in der Frauenmilch widerspiegelt. Der Dioxingehalt von Frauenmilch in Deutschland ist seit Ende der 80er Jahre um 60 % zurückgegangen.

Die tolerierbare tägliche Aufnahme gibt an, wie hoch die tägliche Aufnahme lebenslang sein kann, ohne dass es vermutlich zu schädlichen Auswirkungen kommt. Die WHO hat als tägliche tolerierbare Aufnahme eine Spanne von 1 bis 4 pg WHO-TEQ pro Kilogramm Körpergewicht ermittelt, betont aber, dass aus Vorsorgegründen ein Wert unter 1 pg WHO-TEQ pro Kilogramm Körpergewicht und Tag angestrebt werden soll. Dies entspricht auch der deutschen Position. Das [Scientific Committee on Food](#) (SCF) hat für die Aufnahme von Dioxin und dioxinähnlichen PCB eine wöchentliche Aufnahme von 14 pg WHO-TEQ pro Kilogramm Körpergewicht abgeleitet, was einer täglichen tolerierbaren Aufnahme von 2 pg entspricht. Das Umweltbundesamt hat dazu seine Kritikpunkte in einer [Stellungnahme \(englischer Text\)](#) dargestellt.

11. Wie ist die Wirkung der Dioxine auf den Menschen?

Das 2,3,7,8 TCDD (Seveso-Gift) ist bereits in kleinsten Mengen extrem giftig. Die akute Giftigkeit dieser Substanz wird nur noch von einigen Naturstoffen übertroffen, in Tierversuchen zeigt sich das Diphtherie-Toxin dreimal so toxisch, Tetanus-Toxin 10.000fach und das Botulinus-Toxin A 30.000fach). Das Seveso-Dioxin ist 10mal toxischer als das Mycotoxin aus Schimmelpilzen, 500mal toxischer als Strychnin und Curare und 1000mal toxischer als das reine Nikotin.

Ein Vergleich der Dosis, bei der 50 % der Tiere sterben (LD 50) zeigt sehr unterschiedliche Empfindlichkeiten der Versuchstiere (Daten aus EPA-Report 2000).

LD 50 von 2,3,7,8 TCDD

Meerschweinchen	0,6 - 2,1 µg/kg Körpergewicht
Ratte	10 - 340 µg/kg Körpergewicht
Rhesusaffe	70 µg/kg Körpergewicht
Hamster	1160 - 5050 µg/kg Körpergewicht

Eine akute Wirkung von Dioxin ist beim Menschen nur bei sehr hohen Mengen, z. B. durch Vergiftungen zu erwarten. Dabei zeigt sich in Tierversuchen, dass es zu dem sogenannten Auszehrungssyndrom (wasting syndrome) kommt, mit einem starken Gewichtsverlust und mit massiven Leberschäden und Stoffwechsellentgleisungen, die verzögert, nach mehreren Tagen bis Wochen zum Tod führen können. Durch Dioxine können Hautschädigungen (Chlorakne), Störungen des Immunsystems, des Nervensystems, des Hormonhaushalts, der Reproduktionsfunktionen und der Enzymsysteme mit all ihren Folgen hervorgerufen werden. In Seveso hat sich nach der Dioxinkatastrophe das Geschlechterverhältnis bei den Geburten verschoben. Männer, die zum Zeitpunkt der Dioxinkatastrophe sehr jung waren, zeugten später mehr Mädchen.

Die Gefahren des Dioxins liegen darin, dass es im Körperfett gespeichert wird, sich dort anreichert und nur sehr langsam eliminiert wird. 2,3,7,8 TCDD ist von der

Weltgesundheitsorganisation WHO im Februar 1997 als humankanzerogen (krebserzeugend für den Menschen) eingestuft worden. Andere Dioxine stehen im Verdacht krebserzeugend zu sein. Aus Tierversuchen sind Störungen des Immunsystems und der Reproduktion schon bei sehr niedrigen Dioxinkonzentrationen bekannt. Das Dioxin gelangt über Plazenta und Muttermilch in die Kinder. Mutter-Kind-Studien zeigen, dass höhere Dioxinbelastungen der Mütter; die aber noch im "Normalbereich" liegen, bei Kindern zu vielfältigen Störungen oder Verzögerungen der kindlichen Entwicklung führen können.

12. Was muss in der Zukunft getan werden, um die Dioxinbelastung weiter zu senken?

Die Dioxinbelastung der Menschen und der Umwelt müssen noch weiter gesenkt werden, da immer noch große Teile der Bevölkerung mehr Dioxin täglich zu sich nehmen, als die WHO als Vorsorgewert empfiehlt. In Schweden wird daher Mädchen und jungen Frauen geraten, nur einmal im Monat fetten Fisch aus der Ostsee zu essen, damit bei einer Schwangerschaft noch nicht so viel Dioxin im Körperfett gespeichert ist und das Kind nicht zu hoch belastet wird. Die europäische Kommission hat in ihrer [Strategie zu Dioxinen, Furanen und polychlorierten Biphenylen](#) kurzfristige und langfristige Maßnahmen zu einer Verringerung vorgeschlagen. Über die bereits eingetretenen Erfolge hinaus müssen Maßnahmen getroffen werden, um weitere Dioxinquellen zu identifizieren und an der Quelle die Emissionen zu senken.

Da die bereits in der Umwelt vorhandenen Dioxine weltweit verbreitet sind und sich nur sehr langsam abbauen, muss Vorsorge getroffen werden, dass diese Stoffe möglichst nicht in die Nahrungskette gelangen. Wie Dioxinskandale in der Vergangenheit zeigen, sind verunreinigte Futtermittel häufig die Ursache für die Kontamination von Lebensmitteln. Daher müssen Futtermittel verstärkt kontrolliert und Produktionsverfahren so geregelt werden, dass eine Kontamination möglichst gering gehalten wird. Die Grenzwerte in Futtermitteln und in Lebensmitteln müssen langfristig so weit gesenkt werden, dass die gesamte Bevölkerung den von der WHO empfohlenen Vorsorgewerts einhalten kann.