

Inhalt

Wissen zu PCB

Messergebnisse aus den Probemessungen an der Hochschule Reutlingen

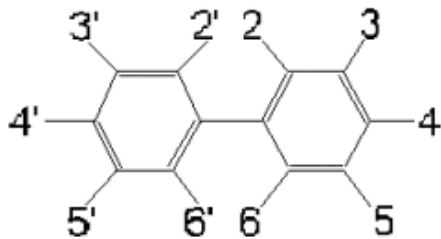
Nach Gruppen gegliederte Fragen aus den E-Mails

1 Wissen zu PCB

1.1 Was sind PCB (Polychlorierte Biphenyle) $C_{12}H_{10-n}Cl_n$?

PCB gehören chemisch zur Gruppe der chlorierten aromatischen Kohlenwasserstoffe.

Ausgangsverbindung ist das Biphenyl, das bei der Destillation von Steinkohleteer anfällt.



Chemische Struktur

Biphenyl besteht aus zwei miteinander verbundenen Phenylringen, an denen 1 bis insgesamt 10 Chloratome gebunden sind.

In Abhängigkeit von der Zahl und der Position der Chloratome gibt es 209 verschiedene Biphenyle (Strukturisomere, genannt **Kongener**), von denen ca. 20-60 in kommerziellen Produkten vorkommen. Der Chlorierungsgrad geht von 1 bis 10 Chloratome.

Entsprechend entstehen dünn- oder dickflüssige Öle oder Wachse.

Kongener und Probemessungen an der Hochschule Reutlingen

An der Hochschule Reutlingen wurden folgende vorgeschriebenen Kongener gemessen.

Kongener	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'	Zahl der Chloratome
PCB 28	+				+	+					Tri ChlorBiphenyl
PCB 52	+	+					+	+			Tetra ChlorBiphenyl
PCB 101	+	+			+		+	+			Penta ChlorBiphenyl
PCB 138	+	+	+		+	+		+			Hexa ChlorBiPhenyl
PCB 153	+	+			+	+	+	+			Hexa ChlorBiPhenyl
PCB 180	+	+	+		+	+	+	+			Hepta ChlorBiPhenyl

In den Zimmern hat PCB101 den größten Anteil, im Treppenhaus (Fugenmassen) PCB 52.

Dioxinähnliche Kongener

Als besonders giftig werden die „dioxin-ähnlichen“ PCB angesehen.

Hier haben die Positionen 2, 2', 6 und 6' keine Chloratome. Deshalb liegen hier die beiden Ringe in einer Ebene. Aufgrund der ähnlichen Wirkung wie bei den Dioxinen wurde deshalb festgelegt, dass solche PCB besondere Aufmerksamkeit erhalten müssen.

1.2 Eigenschaften

Physikalische-Daten [6] (Quellenangabe siehe Tabelle "1.10 Quellen")

- hoher Flammpunkt 170-200 °C
- Siedebereich 275-470 °C
- Niedriger Dampfdruck 10^3 - 10^2 Pa bei 20°C, 10^4 - 10^2 Pa bei 200°C
(zum Vergleich: Wasser 23 hPa bei 20°C, 1555 kPa bei 200°C)
- Dichte (höher als Wasser) 1,2 -1,6 [g/cm³] bei 20 °C
(zum Vergleich: Wasser 1 [g/cm³] bei 3,8°C)
- geringe Wasserlöslichkeit(hydrophil) 0,1-7000 [ug/l]
- hohe Fettlöslichkeit (lipophil) kein offizieller Wert bekannt

Die Eigenschaften der polychlorierten Biphenyle hängen im Einzelnen von ihrem Chlorierungsgrad ab. Die

Wasserlöslichkeit, die Flüchtigkeit und die Reaktivität mit zunehmendem Chlor-Anteil nehmen ab, während die Fettlöslichkeit, die Stabilität und die Anreicherungstendenz in Organismen zunehmen.

Materialeigenschaften

- klare bis gelbliche Flüssigkeiten (Handelsform)
- mäßig bis deutlich zähflüssig
- geruchlos bis schwach aromatischer Geruch
- geringe Flüchtigkeit
- nahezu unbrennbar, flammhemmende Wirkung
- bei Temperaturen von 300 bis etwa 800 °C entstehen giftige Zersetzungsprodukte wie Dioxine und Furane
- kaum löslich in Wasser, Glycerin und Glykolen
- gut löslich in den meisten organischen Lösungsmitteln
- gut löslich in Fetten, reichern sich im Fettgewebe von Organismen an
- Dichte zwischen 1,2 und 1,6 [g/cm³] (schwerer als Wasser)
- sehr beständig gegen Chemikalien
- biologisch kaum abbaubar, vermutete Halbwertszeiten zwischen 10 und 100 Jahren
- ausgezeichnete Isolatoren

1.3 Problematik auf die Umwelt, Tier und Mensch

PCB zeichnen sich weniger durch eine akute Giftigkeit (Toxizität) aus, als vielmehr durch das Gesundheitsrisiko bei dauerhafter Belastung. Weil sie nur sehr langsam biologisch abgebaut werden und fettlöslich sind, reichern sie sich im Lauf des Lebens im Fettgewebe an.

- **Stabilität**
Biologisch werden die PCB langsam abgebaut.
- **Ubiquität**
Man findet PCB in Luft, Gewässern, im Boden, in und auf Pflanzen, in Mensch und Tier überall auf der Welt. Die Verfrachtung findet durch Anlagerung der PCB-Moleküle an feine Schwebeteilchen in der Luft (Aerosole) statt, über die dann auch die Absetzung an Bodenpartikeln erfolgt. Die Aerosole werden über große Entfernungen durch die Luft transportiert und reichern sich besonders in kälteren Regionen an. Robben, Eisbären, Inuits haben einen hohen PCB-Anteil.
- **Akkumulierbarkeit**
Durch die Verteilung in den Umweltmedien hat PCB Eingang in der Nahrungskette gefunden. Wegen der großen chemischen und biochemischen Stabilität und aufgrund der Fettlöslichkeit kommt es zu Anreicherungen in der Nahrungskette, sodass Glieder am Ende der Kette wesentlich höher belastet sind als Pflanzen oder Wasser.

1.4 Geschichte der PCB

- 1929 Die ersten PCB werden industriell hergestellt.
- bis 1983 wurden in Deutschland ca. 23000 Tonnen PCB hergestellt.
- 1983 Produktion in Deutschland ist generell eingestellt.
- 1989 PCB werden in Deutschland generell verboten in offenen und geschlossenen Systemen. Weder die Herstellung, noch Import und Export ist erlaubt.
- 1997 Der PCB-Gehalt der Nahrung ist auf 1/3 gegenüber 1980 zurückgegangen.
- 1999 PCB-Altlasten müssen gemeldet und als Sondermüll entsorgt werden.
- 2001 Stockolmer Abkommen über die POPs (persistent organische Schadstoffe, „dirty dozen“).
- 2004 POP-Abkommen tritt in Kraft.
- 31.12.2010 Bis zu diesem Zeitpunkt müssen PCB-haltige Geräte entsorgt sein.

Das „Dreckige Dutzend“ (dirty dozen), die POPs (persistent organic pollutants)

Aldrin	Insektizid	Hexachlorbenzol (HCB)	Fungizid, Getreidetrockenbeizmittel
Chlordan	Insektizid	Mirex	Insektizid
Dieldrin	Insektizid	PCB	Polychlorierte Biphenyle
DDT	Insektizid	PCDD	Polychlorierte Dibenzodioxine
Endrin	Insektizid	PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane
Heptachlor	Insektizid	Toxaphen	„Ca.mphechlor“, Insektizid

(Quelle:http://de.wikipedia.org/wiki/Dirty_dozen)

Alle zwölf Giftstoffe stehen im starken Verdacht,

erbgutverändernd,
krebserzeugend und
teratogen (Fehlbildungen am Embryo, teratologie=Lehre von den Fehlbildungen von tera=Ungeheuer)
zu wirken.

Ihre Gefährlichkeit resultiert vor allem aus folgenden Merkmalen:

Bioakkumulation (Anreicherung im Gewebe),
Persistenz (Langlebigkeit),
hohe Toxizität (Giftigkeit),
Möglichkeit zum Ferntransport (z.B. in der Nahrungskette oder durch andere Mechanismen).

Entsorgung

Sie müssen so entsorgt werden, dass die organischen Schadstoffe chemisch-physikalisch unumkehrbar umgewandelt oder verbrannt oder dauernd sicher unterirdisch gelagert werden.

1.5 Wo und wie ist der Mensch durch PCB belastet?

Quellen von PCB:

- **Außenluft** [9]
In der unteren Troposphäre werden Werte zwischen [0,1-10 ng/m³] Luft gefunden (Chlorgehalt ca. 55%).
In Industriellen Ballungsgebieten wurden PCB-Belastungen bis zu 100 [ng/m³] gemessen.
- **Raumluft**
In der Öffentlichkeit findet diese Quelle die höchste Beachtung, obwohl die Raumluft wesentlich weniger zur Belastung beiträgt als die Nahrung.
Im Mittelpunkt des Interesses stehen hier (Platten)-Bauten, die etwa zwischen 1955 und 1980 errichtet wurden (Hochschulen, Schulen, Kindergärten).
- **Böden**
Landwirtschaftlich genutzte Böden haben Werte bei 10 [ug PCB/kg Boden].
Im Klärschlamm geht es bis 150 [ug PCB/kg Boden].
- **Wasser**
Je nach Region ist die Belastung verschieden.
Messungen gehen von [10 ng PCB /l Wasser] (Inn, Iller) bis 300 [10 ng PCB /l Wasser] (Ruhr).
Im Grundwasser kommt PCB kaum vor, da es sich an Humus-Partikel bindet.
Trinkwasser ist relativ gering belastet.
- **Nahrung** (Anteil an der Gesamtbelastung: 90% [5], 65% [6], 95-90% [9] mit fallender Tendenz über die Jahre.
Bei Pflanzen kommt PCB wegen der hydrophoben Eigenschaft kaum vor.
Tierische Nahrungsmittel zeigen einen erheblich höheren Gehalt, abhängig vom Fettanteil
(Fische: 10 [mg/kg], Milch: 0,3 [mg/kg], Butter: 0,17 [mg/kg], Eier 0,03 [mg/kg], Margarine (0,07 [mg/kg])).
- **Menschlicher Körper**
Im Humanfett und im Knochenmark werden Werte von 1- 10 [mg/kg Fett] gefunden.
Der Chlorgehalt ist ca. 60%. Die Belastung steigt mit dem Alter an.
Die durchschnittliche nahrungsbedingte Aufnahme von PCB pro Tag(d) und kg Körpergewicht(KGW) wurde in den Mitgliedstaaten der EU mit **1200 – 3000 [ng PCB/d/kg KGW]** gemessen [9].
Andere Quellen geben andere Daten an, (z.B. Uni Tübingen: 50 [ng/d/kg KGW] (und ein paar Zeilen später 500-1000 [ng/d/kg KGW]).

1.6 Die Ursache für die Belastung der Raumluft

Die Belastung stammt von der intensiven Verwendung von PCB bei Bauten aus den Jahren, bevor PCB verboten wurde (<1980). PCB wurde wegen der vielseitigen Eigenschaften sowohl in Objekten verwendet, die im Prinzip von der Raumluft getrennt sind, als auch in Materialien, die immer mit der Raumluft in Verbindung standen.

Da PCB einen sehr geringen Dampfdruck haben, dampfen sie kontinuierlich temperaturabhängig und setzen sich auf der Oberfläche ab. Die Ausgasungen sind bei höheren Temperaturen normalerweise höher. Das bedeutet, dass die Messwerte in den Sommermonaten oft deutlich höher als in den Wintermonaten.

- **Objektart „im Prinzip von der Raumluft getrennt“**
z.B. lecke und kaputte elektrische Kondensatoren in Leuchtstoffröhren, Transformatoren, Motoren von Haushaltsgeräten, Heizungspumpen, Büromaschinen, Hydraulikanlagen

- **Objektart „im Prinzip mit der Raumluft verbunden“**

- Fugendichtungsmassen**

- (Trennfugen, Bewegungsfugen zwischen Betonfertigungsteilen, Anschlussfugen bei Fenstern und Türen, Fugen im Sanitärbereich, Parkettfugenkitte)

- Anstrichstoffe und Beschichtungen Klebstoffe

- PCB in Deckenplatten als Flammenschutzmittel**

- Kunststoffe mit PCB als Weichmacher

- Kabelummantelungen**

- Textilien

Fugendichtungsmassen und **Deckenplatten** sind die wichtigsten PCB-Quellen in Innenräumen. Sie befinden sich in rund der Hälfte der Beton-Hochbauten, die etwa zwischen 1955 bis 1975 erstellt wurden.

Verursacher in Innenräumen



Deckenplatten



Fensterfugen



Gebäudefugen



PCB Glanzanstriche

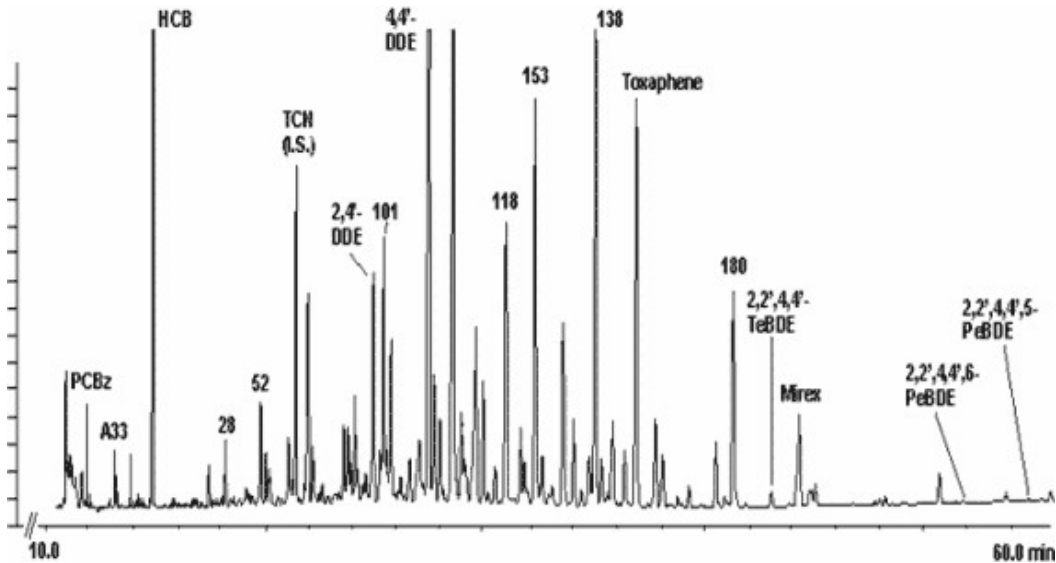
Die PCB-Quellen an der Hochschule sind die Deckenplatten und die Treppenschlussfugen.

1.7 Messung des PCB-Gehaltes

Bei den technisch eingesetzten PCB handelt es sich immer um Mischungen verschiedener Kongenere. Sie enthalten meist zusätzliche produktionsbedingte Verunreinigungen wie chlorierte Furane und chlorierte Naphthaline.

Raumluftmessung in den Innenräumen

Über einen Zeitraum von mehreren Stunden wird eine bestimmte Luftmenge durch ein absorbierendes Medium gesaugt und im Labor gaschromatographisch untersucht. Dabei werden die 6 Kongenere 28,52,101,138,153 und 180 stellvertretend für das Gemisch aller PCB gemessen. Das Ergebnis wird mit dem Faktor 5 multipliziert [9] um alle Kongenere zu berücksichtigen.



Messung im menschlichen Körper (Biomonitoring)

Für die gesundheitliche Bewertung ist die Menge eines Stoffes, die man über eine Zeit hinweg aufnimmt, wesentlich. Denn, wie wir (vielleicht nicht) alle wissen: Es gilt der viel zitierte Satz von Paracelsus:(1493 Einsiedeln-1541 Salzburg): „**All Ding' sind Gift und nichts ohn' Gift; allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist.**“

Die biologische PCB-Belastung kann im Blut, in der Muttermilch und in Fettgewebeproben bestimmt werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass eine PCB-Belastung der Raumluft sich kaum in den Biomonitorwerten niederschlägt. Als Grund wird angegeben, dass die Zuführung aus der Nahrungskette im Verhältnis zur Raumluft viel bedeutsamer ist.

Die PCB-Belastung durch Nahrungsaufnahme wird bei 50 [ng/d/kg KGW] angegeben.

Andere Angaben sind 3000-8000 [ng/d und Person] ohne Nennung des Durchschnittsgewichtes [6].

Bei Untersuchungen von Lehrern und Schülern wurde festgestellt, dass bei einer PCB-Raumluft-Belastung von 3000 [ng/m³ RL] ein Anstieg des PCB im Körper vor allem von PCB 28 um etwa 5% gemessen wurde. Höher chlorierte PCB waren nicht verändert.

Die zuständigen Gremien empfehlen deshalb nicht, im Zusammenhang mit einer PCB-Innenraumbelastung eine Blutuntersuchung auf PCB vorzunehmen. Folgende Gründe werden genannt:

- analytische Schwierigkeiten bei der Bestimmung in Höhe umweltrelevanter Belastungen
- in der Regel kein Hinweis auf die Belastungsquelle(n),
- fehlende Richt- und Grenzwerte zur Beurteilung einer konkreten gesundheitlichen Gefährdung und
- weitgehend fehlende Referenzwerte für niederchlorierte PCB, die bei Raumluftbelastungen vor allem von Interesse sind, da sie eine höhere Flüchtigkeit aufweisen.

1.8 Welche möglichen gesundheitlichen Risiken werden genannt?

Nach [5] und [6] sind PCB für den Menschen bei akuter Einwirkung nur schwach toxisch.

Die Langzeitwirkung ist derzeit trotz umfangreicher Forschung nicht genau bekannt. Das liegt daran, dass neben den PCB auch andere POPs in die Nahrung gelangen, die ähnliche Wirkung haben können. Auf jeden Fall werden die PCB langsamer abgebaut, als sie zugeführt werden.

Die Wirkung der PCB auf die verschiedenen Systeme im Körper ist in [9] wissenschaftlich umfangreich untersucht und beschrieben.

Gesichert ist offenbar, dass die Aufnahme in erster Linie über die Nahrung erfolgt, aber auch über Atemwege und Hautresorption geschehen kann. Der Hauptteil der PCB wird im Fettgewebe deponiert, ein kleiner Teil gelangt in Leber, Niere, Lunge und Herz. PCB kann die Placenta-Schranke passieren, sodass der Fötus und der durch Muttermilch gestillte Säugling höher belastet sind als die Mutter.

In den Beschreibungen genannten Fakten und Verdachtsangaben:

- Die Toxizität von PCB wurde erstmals 1968 in Japan (Yusho-Krankheit) festgestellt. Durch einen Defekt

eines PCB-haltigen Wärmetauschers gelangten große Mengen von PCB in Reisöl, das von der Bevölkerung über 6 Monate konsumiert wurde. 1979 gab es in Taiwan einen ähnlichen Unfall. Hierbei nahmen die Menschen durchschnittlich 0,7 -1,8 g PCB 400 (48% Chlorgehalt) pro Tag auf. Dies führte zu folgenden Symptomen:

Lidschwellungen, Chlorakne, Hauptpigmentierungen, Sehstörungen, Taubheit in den Gliedmaßen, Schwäche und Müdigkeit. Im weiteren Verlauf kamen hinzu: Blindheit, Gelbsucht, Diarrhöe, Veränderung des Menstruationszyklus, Neuropathien, Kopfschmerz, Haarausfall, Fehlgeburten.

- Im Hinblick auf die Gefährdung von Embryos und Säuglingen besteht Forschungsbedarf. Fetale Missbildungen, Verzögerung der körperlichen und geistigen Entwicklung werden vermutet bzw. als bewiesen behauptet [7].
- Feminisierung männlicher Tiere und als Folge geringere Fertilität und abnehmende Population.
- Im Tierversuch haben PCB zur Veränderung des Immunsystems, der Leber und Fortpflanzung geführt [5].
- Eine krebserregende Wirkung wurde bei Tieren nachgewiesen, konnte aber bei Menschen bisher nicht bestätigt werden.

1.9 Wie sind die Grenzwerte definiert?

Internationale Gremien wie die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und nationale Institute und Gremien wie das (frühere) Bundesgesundheitsamt und die Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamten haben in den 80er und frühen 90er Jahren gesundheitliche Bewertungen einer PCB-Aufnahme durch den Menschen erarbeitet und Grenzwerte definiert.

ADI,TDI-Grenzwert (WHO)	Welche Menge PCB kann dem Menschen pro kg Körpergewicht (KGW) täglich maximal zugemutet werden?
ADI-(acceptable daily intake) TDI-(tolerable daily intake) Grenzwert 1000 [ng/d/kg KGW] = 1 [pg/d/kg KGW] KGW=Körpergewicht	Der Mensch sollte über alle Aufnahmepfade (Atmung, Hautkontakt, Nahrung) diesen Wert nicht überschreiten. Unterhalb dieses Wertes sind keine gesundheitlichen Störungen zu befürchten. Der Wert ist festgelegt für eine lebenslange gleichmäßige Belastung über den Tag.
Raumluft Grenzwert (Bundesgesundheitsamt)	Der Anteil der Belastung durch Raumluft (RL) gegenüber dem ADI darf maximal 10% sein!
Vorsorgewert unter 300 [ng/m ³ RL]	Ungefährlich
300 [ng/m ³ RL] bis 3000 [ng/m ³ RL]	In diesem Bereich soll die PCB-Quelle aufgespürt und unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit eingedämmt (Lüften) oder beseitigt werden
Grenzwert über 3000 [ng/m ³ RL]	Hier soll eine Intervention erfolgen. Der Wert gilt im Jahresmittel und bei einer Aufenthaltsdauer von 24 Std./Tag. Bei kürzerer Aufenthaltsdauer kann eine entsprechend höhere Konzentration zeitweilig toleriert werden.
Materialien	
unter 50 [mg/kg]	Nicht kritisch
über 50 [mg/kg]	PCB-belastet, Sachgemäße Entsorgung erforderlich

Wie kommt die WHO auf den ADI-Wert von 1000 [ng/d/kg KGW]?

Ausgangspunkt sind Tierversuche. Beispielsweise hat das Land NRW hat den TDI-Wert toxologisch aus Versuchen mit Rhesusaffen abgeleitet. Dabei wurde die höchste Schadstoffdosis, die die Tiere ohne erkennbare Wirkung absorbieren konnten, ermittelt. Das Ergebnis war: **5000 [ng/d/kg KGW]**.

Daraus wurde mit dem Sicherheitsfaktor von 300 ein Wert für den Menschen ermittelt und der Wert **15 [ng/d/kg KGW]** vorgeschlagen [9].

Die WHO geht davon aus, dass derartige Tierversuche die Zusammensetzung der Kongenere nicht richtig berücksichtigt haben und die gefährlichen (coplanaren) Kongenere in kontaminierten Räumen nur in etwa 100-fach niedrigerer Konzentration auftreten und legte den Wert von **1000 [ng/d/kg KGW]** fest.

Andere Vorschläge gehen von 15-70 [ng/d/kg KGW]. Laut Literatur besteht hier noch Forschungsbedarf.

Wie kommt das Bundesgesundheitsamt auf die Werte 300 und 3000 [ng/m³ RL]?

Als Ziel für den „Vorsorgewert“ wurde festgelegt, dass durch die Raumluftbelastung eine zusätzliche PCB-

Aufnahme in Höhe von 10 % des ADI-Wertes nicht überschreiten sollte.
Der „Grenzwert“ sollte derjenige Wert sein, der dem ADI-Wert entspricht.

Man ging von folgenden Annahmen aus: Ein Mensch atmet 20 m³ Luft am Tag ein und die PCB werden aus der Atemluft zu 100 % aufgenommen (beide Annahmen sind eher konservativ, da das tatsächlich aufgenommene Volumen – je nach Alter und Tätigkeit – bis über 100 % überschätzt wird und die tatsächliche PCB-Aufnahme aus der Atemluft beim Menschen nicht genau bekannt ist (Beobachtungen schwanken zwischen unter 10 und 100 %).

Daraus ergibt sich:

Angepeilte Aufnahme durch Raumluft 10% von 1000 [ng/d/kg KGW] = 100 [ng/d/kg KGW]
Bei 60 kg Durchschnittsgewicht /Person ergibt sich 6000 [ng/d/Person]
Bei 20 m³ Atemluft pro Person und Tag ergibt sich 6000/20 [ng/m³ RL] = 300 [ng/m³ RL]

Der Grenzwert ist laut Definition 10 mal höher, da er gleich dem ADI-Wert sein soll.

Warum wird meist mit den Raumluft-Werte 900 und 9000 [ng/m³ RL] gerechnet?

Der Vorsorge- und Grenzwert ist für einen Aufenthalt von 24 Std. für lebenslange gleichmäßige Belastung definiert. Bei einer Aufenthaltszeit von im Mittel 8 Stunden am Tag in Schulen und Büros ist die tägliche Belastung 8/24 = 1/3. Maßgebend für die Gesundheitsgefahr ist nicht die aktuelle Belastung, sondern die im Fettgewebe gespeicherte Menge.

Der Länderausschuss hat im Jahre 2002 empfohlen, den Grenzwert von 300 [ng/m³ RL] für Schwangere (bezogen auf 24 Std.) einzuhalten.

Beispielrechnung bezüglich der PCB-Einlagerung im menschlichen Fettgewebe

Bei leichter körperlicher Arbeit atmet ein Mensch ca. 1 - 1,7 [m³/h] (Frau, Mann) Luft ein [8].

Laut Wikipedia (Stichwort "Atmung") sind es bei Erwachsenen 0,4 - 0,6 [m³/h].

Es wird angenommen, dass das ganze PCB in der Luft aufgrund der guten Fettlöslichkeit vom Körper vollständig absorbiert wird. (vermutet wird allerdings ein Wert von 10-100%).

Männlich, leichte Arbeit, Atmung	1,7 [8]	0,6 [Wikipedia]	[m ³ /h]
Körpergewicht	75		[kg]
Arbeitszeit	8		[h/d]
PCB Raumluft Raum 3-206 ohne Lüftung	4085		[ng/m ³ RL]
Belastung pro Tag	4085*1,7*8/75 = 740	261	[ng/d/kg KGW]
Belastung pro Tag mit Lüftung	2580*1,7*8/75 = 467	165	[ng/d/kg KGW]
Vergleichswert PCB-Aufnahme durch Nahrung	1200-3000		[ng/d/kg KGW]
PCB Luft nach Lüftung/PCB Nahrung	15%-39%	6% - 13%	

Mit einem [PCB-Rechner](#) [8] der Uni Tübingen (Quelle 8) können Sie nach Ansicht der Autoren berechnen, wie lange Sie sich in einem mit PCB belasteten Raum aufhalten dürfen, ohne „gesundheitliche Schäden“ befürchten zu müssen, wobei sie hier die Grenzwerte selbst definieren können.

1.10 Welche Maßnahmen sind denkbar

Sofern nachgewiesen wurde, dass ein Innenraum PCB belastet ist, kommen je nach Belastung verschiedene Sanierungsmöglichkeiten in Betracht:

- Einfachste Sofortmaßnahme ist das regelmäßige Stoßlüften (mehrfach täglich).
- Verringerung des Hausstaubes (Staub saugen, Boden und Möbel feucht wischen, Gardinen und Vorhänge wechseln).
- Änderung der Raumnutzung.
- Entfernen oder Maskieren der gefundenen PCB-Quellen durch Fachfirmen.
Maskieren heißt, dass PCB-Quellen durch Folien (Aktivkohle, PE-Aluminium) abgedeckt werden.
Die Erfahrung zeigt, dass ein Zielwert von 300 ng/m³ RL nach einiger Zeit erreicht werden kann.

Die EU hat 1996 festgelegt, dass POP-haltige Abfälle so entsorgt werden müssen, dass die darin enthaltenen persistenten organischen Schadstoffe zerstört oder unumkehrbar gewandelt werden müssen oder auf andere Weise umweltgerecht entsorgt werden, wenn ihre Zerstörung oder unumkehrbare Umwandlung nicht die unter Umweltsichtspunkten vorzuziehende Möglichkeit darstellt.

Zugelassene Verfahren

- D8 biologische Behandlung
- D9 chemisch-physikalische Behandlung
- D10 Verbrennung an Land
- D12 Dauerlagerung in sicheren tiefen unterirdischen Lagerstätten
- D15 Zwischenlagerung bis zur Anwendung eines der obigen Verfahren

Richtlinien zur Entsorgung [3]

Richtlinien zur Sanierung von belasteten Gebäuden. [1] [2]

1.11 Quellen

	Datum	Autoren	Bezeichnung	Dokumente
[1]]	9/1994	Fachkommission der zuständigen Minister der Länder (ARGEBAU)	Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden	Richtlinien1.pdf
[2]]	3/1995	Wie oben	Zusatzbestimmungen zu oben	Richtlinien2.pdf
[3]]	3/2006	Umweltbundesamt	Polychlorierte Biphenyle	www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/polychlorierte-biphenyle.htm
[4]]	10/2006	Wikipedia, freie Enzyklopädie	Polychlorierte Biphenyle	de.wikipedia.org/wiki/Polychlorierte_Biphenyle
[5]]	8/2006	Dr.M.Otto, Prof.K. E. von Mühlendahl	Polychlorierte Biphenyle(PCB)	allum.de/index.php?mod=noxe&n_id=10
[6]]	6/1995	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz	Polychlorierte Biphenyle(PCB)	www.bayern.de/lfu/umwberat/data/chem/stoff/pcb_1995.htm
[7]]	1/2002		Polychlorierte Biphenyle stören die kindliche Entwicklung	www.cbgnetwork.org/Ubersicht/Zeitschrift_SWB/SWB_2002/SWB_01_2002/PCB_Studie/pcb_studie.html
[8]]		PCB und Dioxine in der Uni Tübingen	PCB-Rechner	www.tat.physik.uni-tuebingen.de/~pcb-info/pcb-rechner.html
[9]]	1/2003	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz	Dioxinähnliche PCB in der Umwelt-Fachtagung	www.bayern.de/lfu/publikationen/pdf/pcb_umwelt.pdf

2 Messergebnisse aus den Probemessungen

Ausführung

VBA Tübingen
Fr. Mayer-Hekeler
Schnarrenbergstr. 1
72076 Tübingen

Sachverständigenbüro
Dr. Roland Blessing
Ahornstr.100
71088 Holzgerlingen

Ergebnisberichte

Was wird gemessen?	Wo	Wann	Bericht vom	Dericht

PCB-in der Raumluft 28,52,101,153,138,180	Raum 4-026	19.9.2006, 10:45-12:08	27.9.2006	Messwerte 1.pdf
PCB-in der Raumluft 28,52,101,153,138,180	Raum 3-201	20.9.2006, 08:26–09:48	29.9.2006	Messwerte 2.pdf
PCB-in der Raumluft 28,52,101,153,138,180	Raum 4-324	21.9.2006, 08:15–09:34	29.9.2006	Messwerte 3.pdf
Fugenmassen aus dem EG auf Polychlorierte Biphenyle und Chlorparaffine qualitativ	Erdgeschoss Gebäude 4	Datum? , Uhrzeit?	24.10.2006	Messwerte 4.pdf
%Luftfeuchtigkeit, Temperatur CO2-Gehalt-Aufzeichnung	Büro 3-206	16.-19.10.2006, 08:00-17:30		Messwerte-Grafik 1.pdf
PCB-Raumluft und Tempera- tur-Aufzeichnung	Büro 4-111	16.-19.10.2006, 06:45-17:00		Messwerte-Grafik 2.pdf
PCB-Raumluft-Messung nach Sanierung	Raum 4-026	12.10.2006, 09:58–11:26	19.10.2006	Messwerte- Sanierung.pdf
PCB in der Raumluft	Gebäude 3 und 4	19.-21.9.2006		Messwerte- Gesamtuebersicht.pdf

Mess-Tendenz

Gemessen wurden die folgenden Kongenere: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 153, PCB 138, PCB 180.

Gebäude 3 (gemessen wurden 14 Räume)

- 5 Räume (36%) liegen über dem Grenzwert von 3000 [ng/m³].
- Alle liegen über 300 [ng/m³ RL].
- Der Durchschnittswert aller Räume ist 2702 [ng/m³ RL].
- Der Maximalwert ist 4085 (Raum 3-206).
- Der Minimalwert ist 1012 (Raum 3-U05).
- Nach Lüftung sinkt der Maximalwert nach Messung auf 2580 [ng/m³ RL] = 63% bezogen auf den Ausgangswert.
- Setzt man dies für den Durchschnitt an, ergibt sich eine Absenkung nach Lüftung auf 1702 [ng/m³ RL].

Gebäude 4 (gemessen wurden 19 Räume)

- 10 Räume (52%) liegen über dem Grenzwert von 3000 [ng/m³].
- Alle liegen über 300 [ng/m³ RL].
- Der Durchschnittswert aller Räume ist 3117 [ng/m³ RL].
- Der Maximalwert ist 7535 (Raum 4-023).
- Der Minimalwert ist 640 (Raum 4-012).
- Nach Lüftung sinkt der Wert des Raumes 4-111 auf 90% bezogen auf den Ausgangswert.
- Setzt man dies für den Durchschnitt an, ergibt sich eine Absenkung nach Lüftung auf 2805 [ng/m³ RL].

Fragen an die Mess-Firma

- Warum werden nur die Polymere: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 153, PCB 138, PCB 180 gemessen? Sind sie am kritischsten?
- Warum ist in den Zimmern der PCB 101-Anteil am höchsten und im Treppenhaus PCB 52?
- Worauf sind im Gebäude 4 die hohen Werte in Raum 4-023 (7535 [ng/m³ RL]) und Raum 4-025 (5390 [ng/m³ RL]) zurückzuführen, obwohl der Raum 4-024 dazwischen einen sehr niedrigen Wert (2305 [ng/m³ RL]) aufweist?
- Bericht Messwert-Grafik 1:
Wieso werden die 3 Werte (F, T, CO₂) in Büro 3-206 gemessen? Was soll die Grafik aussagen?
- Bericht Messwert-Grafik 2:
Welcher Zusammenhang besteht zwischen PCB-Gehalt und Raumtemperatur?
War die Mittagstemperatur im Raum 4-111 an all diesen Tagen deutlich über 30 Grad C und warum war der PCB-Gehalt der Raumluft hier jeweils am niedrigsten?
Warum steht in der Gesamtübersicht 25 Grad? Was soll dieser Wert bedeuten?
- Bericht „Messwerte-Gesamtübersicht.xls“:
Wieso steht unter „Nutzungsbedingungen 16-19.10.2006 und oben 19.-21.09.2006“?

3 Nach Gruppen gegliederte Fragen aus den E-Mails

3.1 Fragen zu den PCB-Messungen

- Welche chemischen Stoffe wurden gemessen (Dioxine, Furane)?
- Wurde die Konzentration der Stoffe gemessen?
- An welchen Objekten wurden gemessen (Räume, Decken, Möbel, Blutproben)?
- Unter welchen Bedingungen wurde gemessen (Temperatur, Lüftung)?
- Welche Grenzwerte gibt es?
- Warum wurden keine koplanneren, also Dioxin-ähnlichen PCB gemessen wurden, da diese eine besondere Gefährdung bedeuten. Hierauf wird auch besonders auf den Tübinger Internet-Seiten hingewiesen.
- Welche Materialien wurden außer den Deckenplatten und den Fugenmassen noch untersucht wurden. In Tübingen wurden in den Türzargen bisweilen PCB-Gehalte im zweistelligen Prozentbereich gefunden und diese stellen damit bei einer Sanierung wichtige Objekte dar.
- Die bislang durchgeführten Messungen geben doch nur die Konzentration einiger Kongenere wieder. Von diesen Konzentrationen wird dann auf einen Anhaltswert für die PCB-Konzentration insgesamt geschlossen. Für die Betroffenen ist aber wichtig einen Anhaltswert für die Toxizität zu haben, der sich wegen der chemischen Ähnlichkeit zu Dioxin als Vergleichswert ermitteln läßt. Sind Konzentrationsmessungen der hochtoxisch geltenden Kongenere vorgesehen ?

3.2 Frage zu den PCB-Messergebnissen, PCB-Belastung

- Wie stark ist die PCB-Belastung in den einzelnen Gebäuden?
- Welche Auswirkung hat die Belastung auf Papiere, Bücher, usw. Ist die PCB-Belastung nach Hause verschleppt worden?

3.3 Fragen zu den gesundheitlichen Auswirkungen

- Kann PCB-Belastung im Körper nachgewiesen werden?
- Welche Auswirkungen auf den menschlichen Körper und die Gesundheit sind bekannt? (Beispiele: Schuppenflechte, Amyloidose, Anreicherung PCB im Fettgewebe Kopfschmerzen, Übelkeit, Atemwege, Auswirkung auf das Immunsystem)
- Gibt es Symptome bei Mitarbeitern, die auf die PCB-Belastung zurückgeführt werden können?
- Sind Schäden bei Kindern denkbar, deren Mütter während ihrer Schwangerschaft hier tätig waren und ist eine Gesundheitsüberprüfung empfehlenswert?

3.4 Sanierung

- Was bedeutet die Angabe „Probesanierung“ und welche Verbesserung hat sie ergeben?
- Welche Maßnahmen sind zur Grund-Sanierung geplant?
- Wie ist der Zeitplan der geplanten Sanierung?
- Wie wird das Raumproblem während der Sanierung gelöst?
- Die Ergebnisse der Probesanierungen sind ja relativ ernüchternd. Hat man evtl. Quellen vergessen? Welche Ergebnisse gab es bei vergleichbaren Probesanierungen?

3.5 Konsequenzen für die Mitarbeiter?

- Wann kann man wieder in den probesanierten Büros arbeiten?
- Wie sollen die Mitarbeiter sich bis zur Sanierung verhalten?
- Wie lange darf man sich in den belasteten Gebäuden aufhalten?
- Müssen die Arbeiten und Vorlesungen in Gebäude 3 und 4 eingestellt werden?
- Können Studenten ganztägig in den belasteten Räumen unterrichtet werden?
- Kann man Mitarbeiter (Gebäude 1) auf der CA.D-Insel in Gebäude 4 ganztägig arbeiten lassen?
- Welche praktischen Maßnahmen gibt es, um die PCB-Belastung im Büro zu reduzieren? Lüftung: Wie oft und wie lange soll gelüftet werden?
- Bringen (bestimmte) Zimmerpflanzen etwas, um die Belastung zu reduzieren?

3.6 Verfahrensfragen an die Hochschulleitung und das Bauamt

- Wie lange hat die Hochschule (das Bauamt) Kenntnis von einer möglichen PCB-Problematik?
- Warum wurde nicht schon früher gemessen?
- In welchen Gebäuden wurde außer in 3 und 4 gemessen, warum nicht in allen?
- Warum werden andere Baumaßnahmen (Aula, Gebäude 9) der Grundsanierung vorgezogen?
- Ist (wenn ja wann) der Antrag auf Sanierung gestellt worden

Autoren: [Prof. Dr. Anton Frick](#) / [Dipl.-Ing. \(FH\) Jürgen Brenner](#)