



Schadstoffe in der Innenraumluft und ihre gesundheitliche Bewertung

Update

- ÖGD-Tagung LANUV 14.11.2013 -



Definition Innenraum

Foto: www.commonswikimedia.org

- Räume in öffentlichen Gebäuden: Schulen, Kindergärten, Jugendhäuser, Krankenhäuser, Sporthallen, Bibliotheken, Gaststätten und andere Veranstaltungsräume
- private Wohn- und Aufenthaltsräume: Wohn-, Schlaf- und Badezimmer, Küche, Bastel-, Sport- und Kellerräume
- Fahrgasträume von Kraftfahrzeugen und öffentlichen Verkehrsmitteln
- Arbeitsräume und Arbeitsplätze in Gebäuden, die nicht über Arbeitsstättenverordnung bzw. den Regelungen des Gefahrstoffrechtes (insbesondere zu Arbeitsplatzgrenzwerten) unterliegen

Rechtliche Grundlagen Gesundheitsschutz in (öffentlichen) Gebäuden

Länderübergreifend

- LBO NW § 16 (Auszug): Bauliche Anlagen dürfen Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährden. Sie müssen so angeordnet sein, dass Gefahren durch chemische, physikalische oder biologische Einflüsse nicht entstehen

NRW-Spezifisch



- ÖGDG NW § 10 (2): Die untere Gesundheitsbehörde kann zur Abwehr von gesundheitlichen Schäden oder Langzeitwirkungen in öffentlichen Gebäuden entsprechende Maßnahmen anordnen

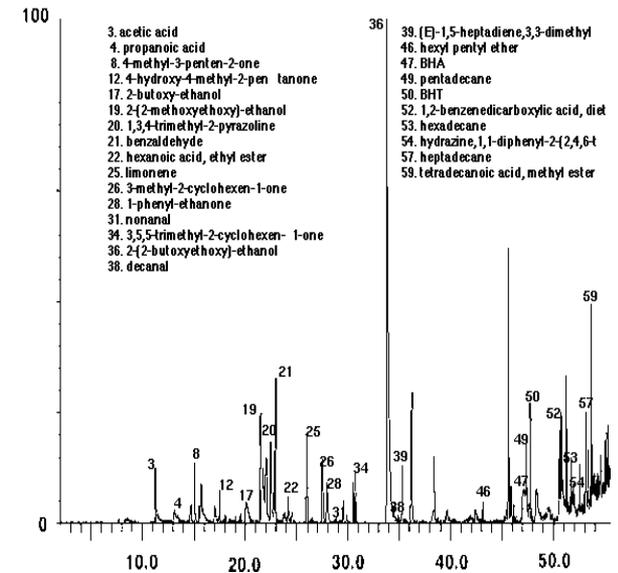
Vorgehen bei der Bewertung möglicher Innenraumluftverureinigungen

-Beurteilung von Probenahme (Nutzungsbedingungen?) und Analytik



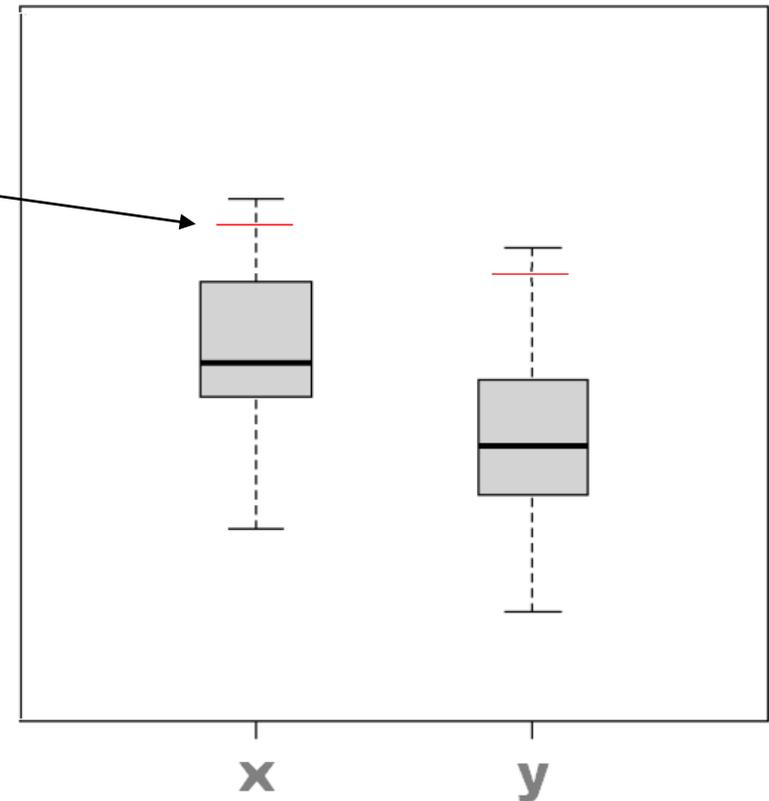
-Vergleich mit Referenzwerten

-Vergleich mit (wirkungsbezogenen) Richtwerten



Referenzwerte

- “übliches” Vorkommen eines Stoffes in der Innenraumlufte
- angegeben z.B. als 50.- 90.- oder 95.-Perzentil einer Verteilung
- erhoben auf Basis repräsentativer Daten (z.B. aus UBA-Umweltsurvey)
- Daten aus anlassbezogenen Untersuchungen sind i.d.R. nicht repräsentativ
- kein Gesundheitsbezug



Gesundheitsbezogene Grenz- und Richtwerte für Innenräume

- 2. BImSchV – Tetrachlorethen in Innenräumen an chemische Reinigungen angrenzend
- Technische Baubestimmungen (Länderregelungen):
 - PCB-Richtlinie (teilweise eingeführt)
 - PCP-Richtlinie (teilweise eingeführt)
- Richt- und Leitwerte der Arbeitsgemeinschaft der obersten Landesgesundheitsbehörden und Mitglieder der Innenraumluft-Hygiene-Kommission am Umweltbundesamt (AG Innenraumrichtwerte)
- WHO-Indoor Air Quality Guidelines

Verfahren bei der Risikobeurteilung

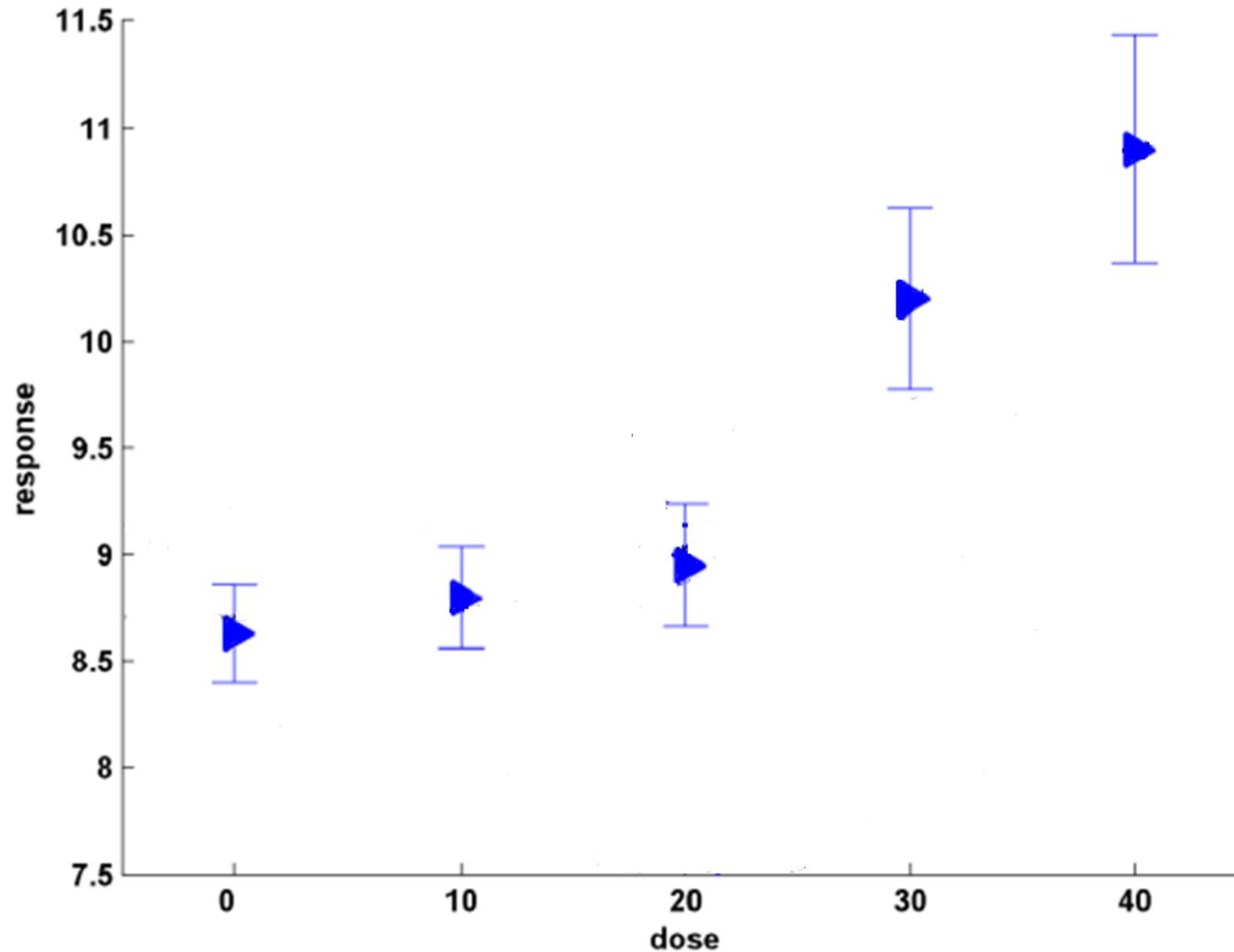
LOAEL/NO(A)EL-Ansatz

Festlegung von Beurteilungsmaßstäben auf Grundlage der niedrigsten Konzentration mit schädlichem Effekt bzw. der Konzentration ohne schädlichen Effekt

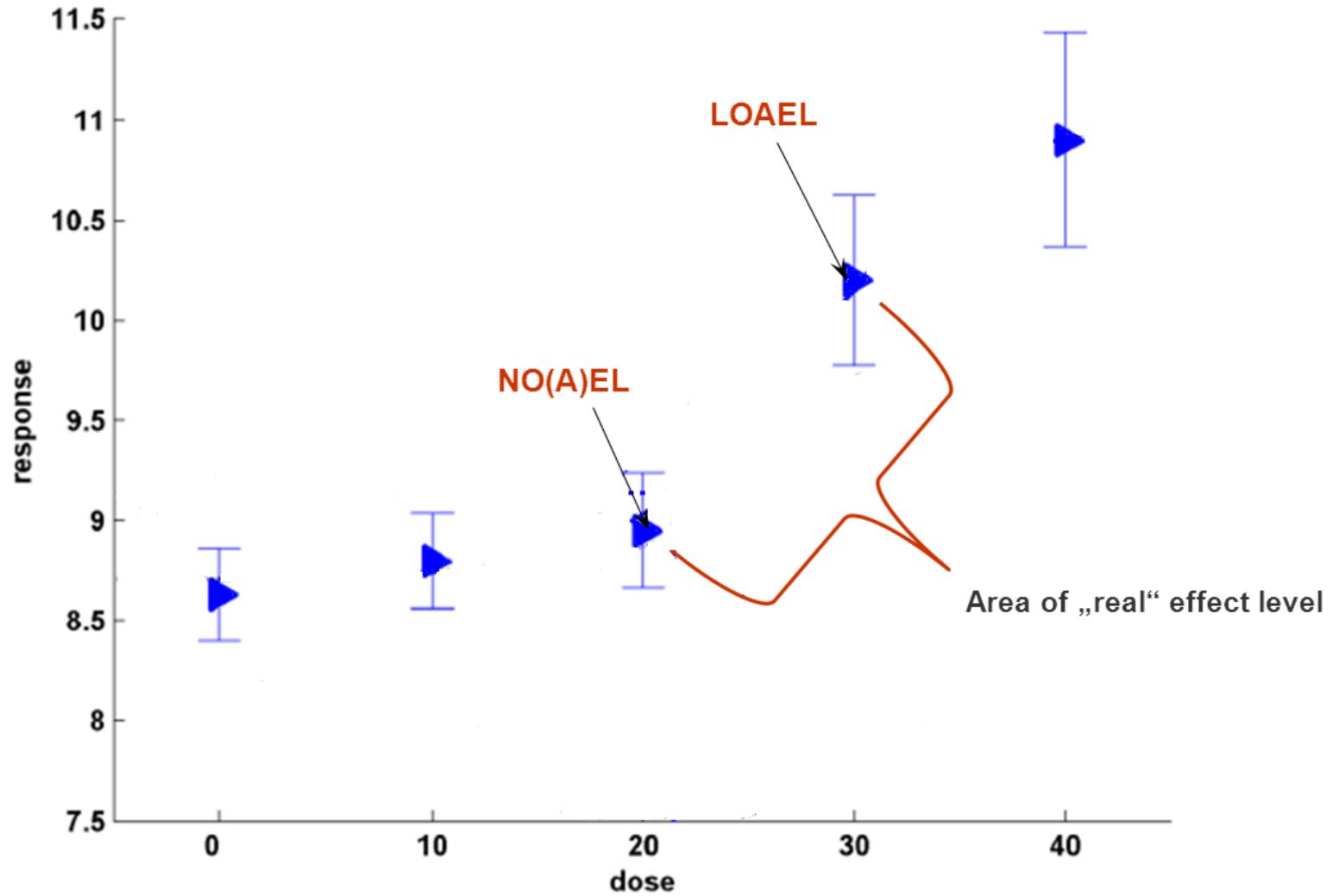
Benchmark-Verfahren

Festlegung von Beurteilungsmaßstäben auf Grundlage der Konzentration, die mit einer vorgegebenen definierten Effektschwere (Benchmark-Response, z.B. 10%iger Anstieg der Inzidenz oder Prävalenz eines interessierenden Effektes) assoziiert ist

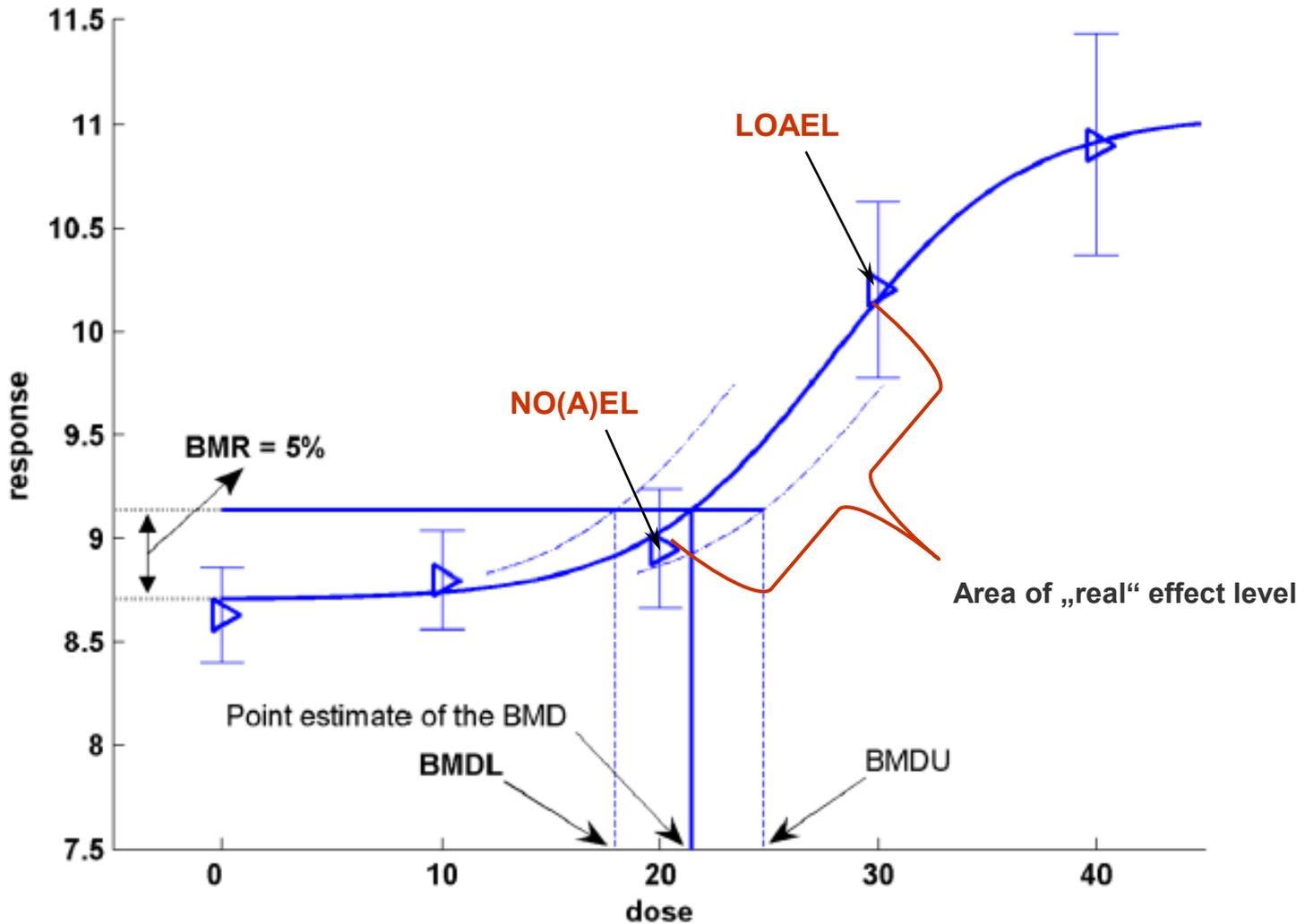
LOAEL/NO(A)EL-Ansatz



LOAEL/NO(A)EL-Ansatz



LOAEL/NO(A)EL- und Benchmarkdosis(BMD)-Ansatz



Definition der Richt-/ Leitwerte der AG Innenraumrichtwerte

Richtwert II:

- Konzentrationswert, der in einem Bereich liegt, in dem Schäden für die menschliche Gesundheit mit hinreichender Wahrscheinlichkeit anzunehmen sind
- auf Basis LOAEL oder Benchmarkdosis abgeleitet
- unverzügliches Handeln bei Erreichen bzw. Überschreiten. Denn: Empfindliche Personen können gesundheitlich gefährdet sein.

Richtwert I:

- Dividiert durch Faktor 10 aus RW II oder abgeleitet aus NOAEL oder Benchmarkdosis
- Sanierungszielwert, aber: kein Ausschöpfen des Wertes

Konkreter Handlungsbedarf auch bei Werten zwischen RW I und RW II

Leitwert:

- „hygienisch“ begründeter Beurteilungswert, mit steigender Konzentration nimmt die Wahrscheinlichkeit für Beschwerden oder nachteilige gesundheitliche Auswirkungen zu
- Kenntnisstand reicht nicht aus, um toxikologisch begründete Richtwerte abzuleiten

Standard-Extrapolationsfaktoren der AOLG /IRK zur Festsetzung von Innenraum-Richtwerten

Ausgangspunkt	LOAEL / NO(A)EL / BMD
Interspeziesvariabilität (Tier - Mensch)	<u>Inhalative Applikation</u> Kinetik (1) Dynamik (2,5) <u>Orale Applikation</u> Kinetik: Maus (7), Hamster (5), Ratte (4), Meerschweinchen (3), Affe (2) Dynamik (2,5)
Intraspeziesvariabilität (Mensch - Mensch)	Mensch - Mensch (5 (Irritation) - 10) Kinder (2)
Aufenthaltsdauer (Humandaten)	Arbeitsplatz 8 h - 24 h (3)
Studiendauer (tierexperimentelle Daten)	Subakut - Chronisch (6) Subchronisch - Chronisch (2)
Richtwert II	X
Richtwert I	X/10 oder aus NO(A)EL / BMD abgeleitet

Verbindung	Richtwert II ¹⁾ (mg/m ³)	Richtwert I ¹⁾ (mg/m ³)	Jahr der Festlegung	Verbindung	Richtwert II ¹⁾ (mg/m ³)	Richtwert I ¹⁾ (mg/m ³)	Jahr der Festlegung
2-Ethylhexanol	1(v)	0,1(v)	2013	Methylisobutylketon	1	0,1	2013
Ethylenglykolmonomethylether (EGME, CAS-Nr. 109-86-4)	0,2 [= 0,05 ppm]	0,02	2013	Ethylbenzol	2	0,2	2012
Diethylenglykolmethylether (DEGME, CAS-Nr. 111-77-3)	6 (v) [= 1 ppm]	2 (v)	2013	Alkylbenzole, C ₉ -C ₁₅	1	0,1	2012
Diethylenglykoldimethylether (DEGDME, CAS-Nr. 111-96-6)	0,3 [= 0,06 ppm]	0,03	2013	Zyklische Dimethylsiloxane D ₃ -D ₆ (Summenrichtwert)	4		2011
Ethylenglykolmonoethylether (EGEE, CAS-Nr. 110-80-5)	1 [= 0,4 ppm]	0,1	2013	Benzaldehyd	0,2	0,02	2010
Ethylenglykolmonoethyletheracetat (EGEEA, CAS-Nr. 111-15-9)	2 [= 0,4 ppm]	0,2	2013	Benzylalkohol	4	0,4	2010
Diethylenglykolmonoethylether (DEGEE, CAS-Nr. 111-90-0)	2 (v) [= 0,4 ppm]	0,7 (v)	2013	Monozyklische Monoterpene (Leitsubstanz d-Limonen)	10	1	2010
Ethylenglykolbutylether (EGBE, CAS-Nr. 111-76-2)	1 (= 0,3 ppm)	0,1	2013	Aldehyde, C ₄ bis C ₁₁ (gesättigt, azyklisch, aliphatisch)	2	0,1	2009
Ethylenglykolbutyletheracetat (EGBEA, CAS-Nr. 112-07-2)	2 (v) [= 0,3 ppm]	0,2 (v)	2013	C ₅ -C ₁₄ -Alkane / Isoalkane (aromate form)	2	0,2	2005
Diethylenglykolbutylether (DEGBE, CAS-Nr. 112-34-5)	1 (v) [= 0,2 ppm]	0,4 (v)	2013	Naphthalin	0,020	0,002	2004
Ethylenglykolhexylether (EGHE, CAS-Nr. 112-25-4)	1	0,1	2013	Terpene, bicyclischen (Leitsubstanz α-Pinen)	2	0,2	2003
2-Propylenglykol-1-methylether (2PG1ME, CAS-Nr. 107-98-2)	10	1	2013	Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)	0,05	0,005	2002
Dipropylenglykol-1-methylether (D2PGME, CAS-Nr. 34590-94-8; 13429-07-7; 20324-32-7; 13588-28-8; 55956-21-3)	7 (v) [=1 ppm]	2 (v)	2013	Diisocyanate	Siehe Erläuterungen im folgenden Text		2000
2-Propylenglykol-1-ethylether (2PG1EE, CAS-Nr. 1569-02-4)	3 [=0,5 ppm]	0,3	2013	Quecksilber (als metallischer Dampf)	0,00035	0,000035	1999
2-Propylenglykol-1-tertbutylether (2PG1tBE, CAS- Nr. 57018-52-7)	3 [=0,5 ppm]	0,3	2013	Styrol	0,3	0,030	1998
Default-Wert: Glykoether mit unzureichender Datenlage	0,05 ml/m ³ [=0,05 ppm]	0,005 ml/m ³ [=0,005 ppm]	2013	Stickstoffdioxid (NO ₂)	0,35 (30 Min-Wert)		1998
					0,06 (7 Tage-Wert)		
				Dichlormethan	2 (24 h)	0,2	1997
				Kohlenmonoxid	60 (½ h)	6 (½ h)	1997
					15 (8 h)	1,5 (8 h)	
				Pentachlorphenol (PCP)	0,001	0,0001	1997
				Toluol	3	0,3	1996

Leitwerte für VOC / TVOC-Konzept der AG AOLG/IRK

Stufe	Konzentrationsbereich [mg/m ³]	Hygienische Bewertung
1	≤ 0,3 mg/m ³	Hygienisch unbedenklich In der Regel keine Beschwerden
2	> 0,3–1 mg/m ³	Hygienisch noch unbedenklich, soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen vorliegen. In Einzelfällen Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z. B. nach kleineren Renovierungsmaßnahmen oder Neumöblierungen in den letzten Wochen
3	> 1–3 mg/m ³	Hygienisch auffällig. Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel (<12 Monate). Innerhalb von ca. 6 Monaten sollte TVOC-Konzentration deutlich unter den anfangs gemessenen TVOC-Wert abgesenkt werden. Fälle mit Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z. B. nach größeren Renovierungsarbeiten

Einzel-Richtwerte haben immer Vorrang!

4	> 3–10 mg/m ³	Hygienisch bedenklich. Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel (< 1 Monat). Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter 3 mg/m ³ abgesenkt werden. Fälle mit Häufung von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z. B. nach größeren Renovierungsarbeiten.
---	--------------------------	--

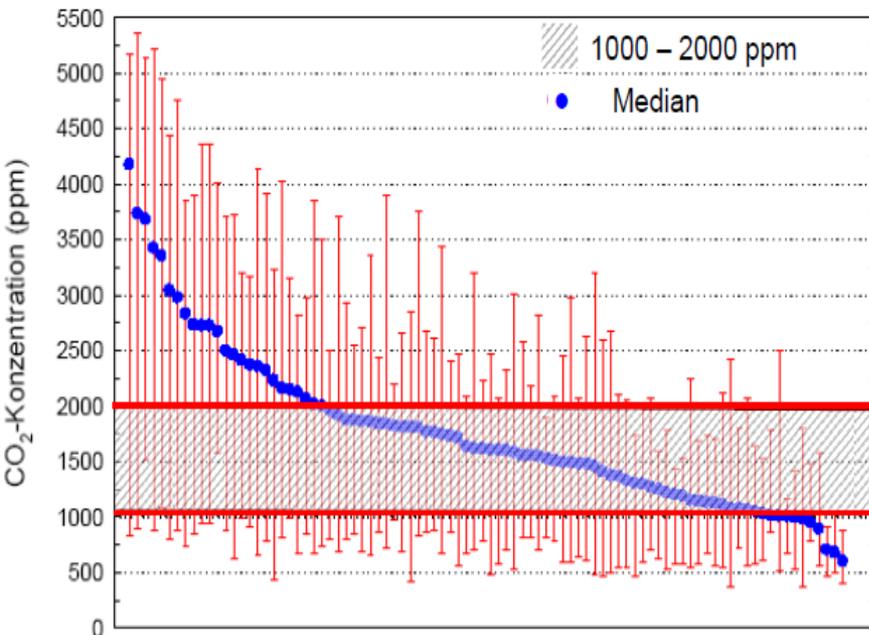
5	> 10 mg/m ³	Hygienisch inakzeptabel. Raumnutzung möglichst vermeiden. Ein Aufenthalt ist allenfalls pro Tag stundenweise/zeitlich befristet zulässig. Bei Werten oberhalb von 25 mg/m ³ ist eine Raumnutzung zu unterlassen. Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter 3 mg/m ³ abgesenkt werden. In der Regel Beschwerden und Geruchswahrnehmungen z.B. nach Fehlanwendungen, Unfällen.
---	------------------------	---

Leitwerte für Kohlendioxid der AG AOLG/IRK

CO ₂ (ppm)	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
<1.000	Hygienisch unbedenklich	Keine weiteren Maßnahmen
1.000 - 2.000	Hygienisch auffällig	Lüftungsmaßnahme (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2.000	Hygienisch inakzeptabel	Belüftbarkeit des Raums und ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen

Kohlendioxid in Innenräumen

- Wichtigste Quelle im Innenraum: der Mensch (Ausatemluft: bis zu 4 % CO₂)
- Problembereiche: v.a. schlecht gelüftete Klassenzimmer, aber auch Kitas, Sitzungsräume, Kfz-Innenräume
- Auswirkungen < 2.000 ppm: Konzentrations- und Aufmerksamkeitsstörungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel etc.



Einzelmessungen in Klassenräumen

Fromme et al., Gesundheitswesen 2008

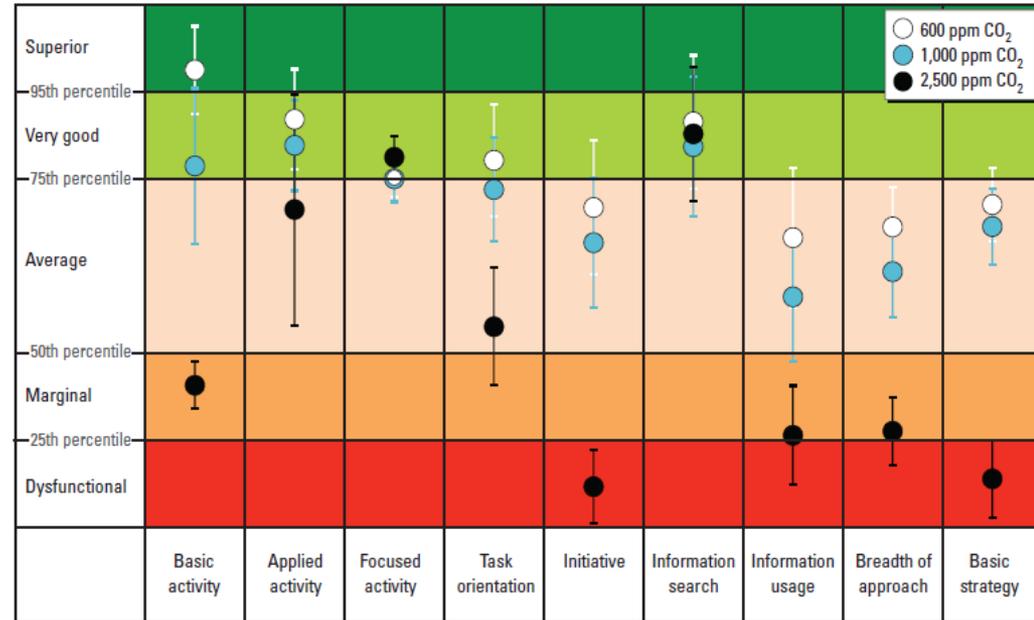
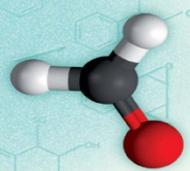


Figure 2. Impact of CO₂ on human decision-making performance. Error bars indicate 1 SD.

Satish et al., EHP 2012

SELECTED POLLUTANTS



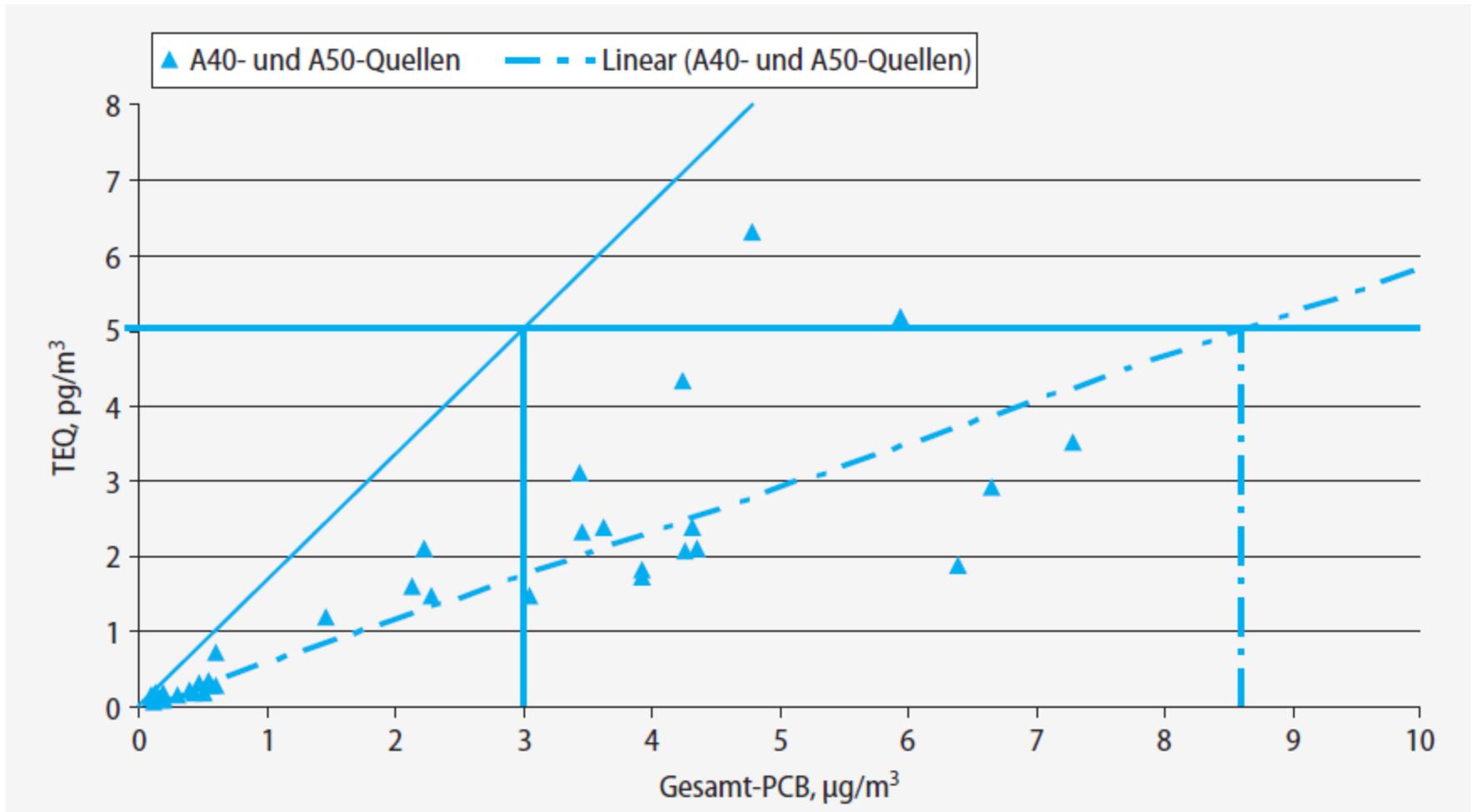
WHO Guidelines for Indoor Air Quality (2010)

Formaldehyd	0,1 mg/m ³		
Naphthalin	0,01 mg/m ³		
Stickstoffdioxid	0,2 mg/m ³ (1 h)	0,04 mg/m ³	
Kohlenmonoxid	100 mg/m ³ (0,25 h)	35 mg/m ³ (1 h)	10 / 7 mg/m ³ (8 / 24 h)
Benzol (UR: 6x 10 ⁻⁶)	1/10.000: 17 µg/m ³	1/100.000: 1,7µg/m ³	1/1.000.000: 0,17µg/m ³
BaP (UR: 8,75x 10 ⁻⁵)	1/10.000: 1,2 ng/m ³	1/100.000: 0,12 ng/m ³	1/1.000.000: 0,012ng/m ³
Radon	100 Bq/m ³ (Ref.w.)		
Trichlorethen (UR: 4,3 x 10 ⁻⁷)	1/10.000: 230 µg/m ³	1/100.000: 23 µg/m ³	1/1.000.000: 2,3 µg/m ³
Tetrachlorethen	0,25 mg/m ³		

Werte ohne Zeitbezug sind Langzeitwerte (Jahresmittel)

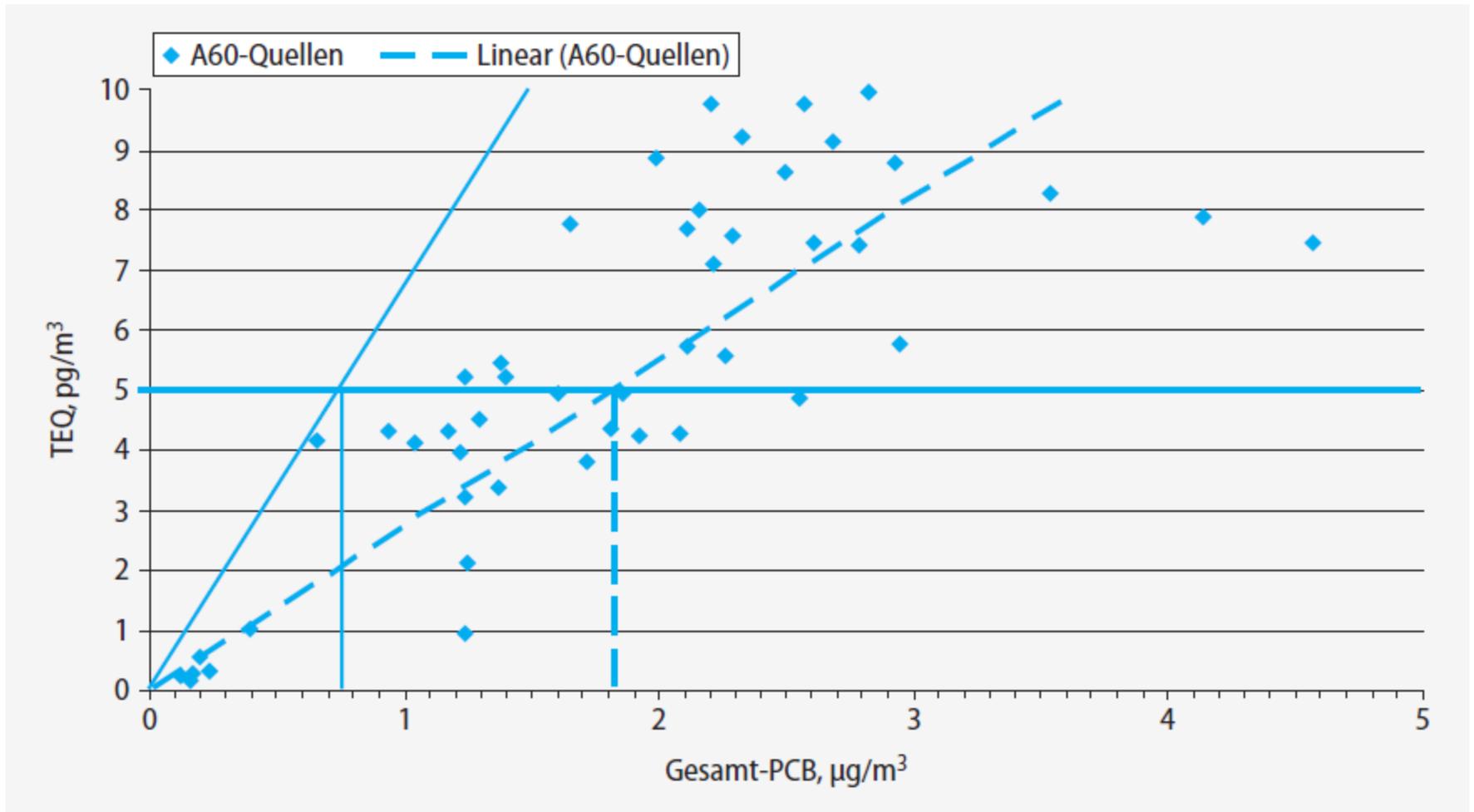
UR= Unit Risk: für Benzol und Trichlorethan bezogen auf 1 µg/m³, für BaP bezogen auf 1 ng/m³

Zusammenhang zwischen PCB-Gesamtbelastung und WHO-TEQ's bei Clophen-A40/50-Quellen im Innenraum



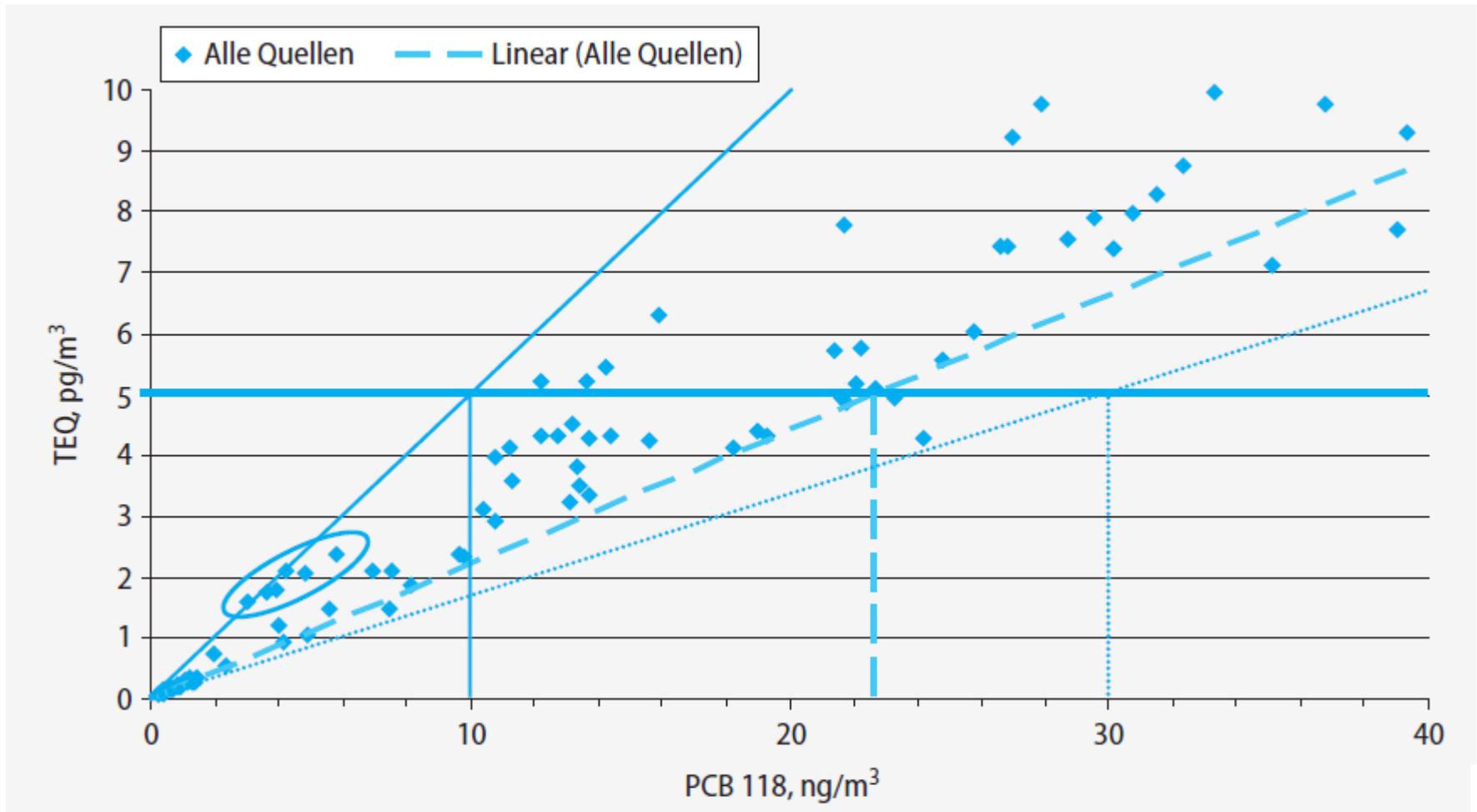
aus: AG AOLG/IRK, Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2007 (50)

Zusammenhang zwischen PCB-Gesamtbelastung und WHO-TEQ's bei Clophen-A60-Quellen im Innenraum



aus: AG AOLG/IRK, Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2007 (50)

Zusammenhang zwischen PCB 118-Belastung und WHO-TEQ's bei verschiedenen PCB-Quellen im Innenraum



aus: AG AOLG/IRK, Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2007 (50)

Sonderfall PCB

PCB-Richtlinien der Länder (1996)

- Vorsorgewert: **300 ng/m³** Interventionswert: **3.000 ng/m³**
- zwischen 300 und 3.000 ng PCB/m³ ist die Quelle der Raumluftverunreinigung aufzuspüren und unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit mittelfristig zu beseitigen
- Erfassung der PCB-Belastung: (PCB 28, 52, 101, 138, 153 und 180) x 5



www.lfu.bayern.de

Ergänzende Empfehlung zur Berücksichtigung dioxinähnlicher PCB (2007)

- Differenzierung zwischen Clophen A 40/50- und Clophen A 60-Quellen
- LOAEL PCDD/F, dl-PCB: 6 pg/kg KG/d, ausschöpfbar durch Innenraumluft: 1,5 pg TEQ/kg KG/d
- 1,5 pg TEQ/kg KG/d/0,3 m³/kg KG/d \approx **5 pg TEQ/m³** (Prüfwert)
- Bei Unterschreitung von 1.000 ng PCB-gesamt/m³ sind 5 pg TEQ/m³ unterschritten
- Bei Unterschreitung von **10 ng PCB 118/m³** sind 5 pg TEQ/m³ unterschritten
- Miterfassung von PCB 118, bei Überschreitung von 10 ng/m³ (i.d.R. nur bei A 60-Quellen bzw. Mischquellen) sollten alle TEQ miterfasst werden und mit Prüfwert verglichen werden

Gesundheitliche Bewertung dioxinähnlicher polychlorierter Biphenyle in der Innenraumluft

Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit!