Ergebnisse aktuelle PCB-Laborvergleichsmessungen aus dem QS-Angebot der AGÖF e.V.

Jörg Mertens[1], Bastian Berndl[2], Maike Rochow[3]

1. Einleitung

Sowohl für probennehmende und beauftragende Sachverständige, als auch für durchführende Labore selber sind wiederkehrende, nachvollziehbare und belastbare Laborvergleichsmessungen wie hier von Polychlorierten Biphenylen (PCB) in der Innenraumluft von zentraler Bedeutung: Sie ermöglichen Einschätzungen zur Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messdaten über verschiedene Untersuchungsstellen hinweg. Da PCB eine komplexe Mischung aus zahlreichen Kongeneren darstellen, sind neben standardisierte Verfahren und sorgfältigen Qualitätskontrollen auch interlaboratorische Vergleiche bedeutend, um konsistente Ergebnisse für eine belastbare Beurteilung einer möglichen Nutzergefährdung durch PCB im Innenraum zu erzielen. Die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) fordert zudem für Prüflaboratorien zur Erlangung bzw. zur Aufrechterhaltung ihrer Akkreditierung den Nachweis über die erfolgreiche Teilnahme an Eignungsprüfungen und/oder Vergleichsprüfungen, sofern diese verfügbar und zweckmäßig sind [1].

Die Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V. (AGÖF) lud im Rahmen ihrer QS-Angebote nach 2013 erstmals wieder für Januar 2025 kurzfristig und verbandsintern zu einer PCB-Laborvergleichsmessung in der Innenraumluft inkl. Probenahme ein (1.Realmessung). Es folgte im Herbst 2025 in einem zweiten Schritt ein weiterer Abgleich von PCB-dotierten Sammelmedien mit den bereits zuvor involvierten Laboren. Abschließend erfolgte im April 2026 eine erneute, diesmal jedoch nicht nur auf Verbandsmitglieder beschränkte PCB-Laborvergleichsmessung der Raumluft in einem weiteren Objekt (2.Realmessung), deren Ergebnisse den Teilnehmern im Juni dieses Jahrs mitgeteilt wurden.

Ziel der Laborvergleiche war es, ein realitätsnahes Bild der aktuellen Messpraxis zu erhalten und die Streuung der Ergebnisse unter echten Bedingungen zu erfassen. Die Laborvergleichsmessungen zielen neben der individuellen Qualitätssicherung, übergeordnet auch auf eine Stärkung des Vertrauens in die PCB-Analytik und die Entwicklung robuster Verfahren in einem sich gewandelten, regulatorischen Umfeld (neue Innenraumrichtwerte des AIR [2] gegenüber den Bewertungsgrößen der PCB-Richtlinie [3]) ab.

Mertens, Jörg; Berndl, Bastian; Rochow, Maike (2026): Ergebnisse aktuelle PCB-Laborvergleichsmessungen aus dem QS-Angebot der AGÖF e.V.. Beitrag zum 14. Fachkongress 2026, Bremen, 24.09.2026. Hrsg. AGÖF. https://www.agoef.de/veranstaltungen/fachkongresse/14-fachkongress-2026/ergebnisse-aktuelle-pcb-laborvergleichsmessungen-aus-dem-qs-angebot-der-agoef-ev
Beitrag zum 14. AGÖF-Fachkongress am 24. und 25. September 2026 in Bremen
„Umwelt, Gebäude & Gesundheit: Gerüche, Asbest, PCB und weitere SVOC“

2. 1. Realmessung – Januar 2025

2.1 Durchführung

Die Laborvergleichsmessung erfolgte in einem ungenutzten, seit vielen Jahren leerstehenden Großraumkeller (Baujahr 1959) eines früheren Supermarktes. Als primär-belastete Bauteile wurden 2021 ursprünglich Beschichtungen an Betondecken/-stützen/-unterzügen sowie an gemauerten Wänden identifiziert (PCB-Gesamt der Beschichtungen im Mittel: > 20.000 mg/kg). Nach einem Oberflächenabtrag bis Frühjahr 2022 mit Mängeln in der Umsetzung erfolgten bis zum Laborvergleich keine weiteren Maßnahmen, keine technische und manuelle Lüftung und keine Nutzung des Kontaminationsbereiches.

Sechs AGÖF-Mitglieder nahmen an der kurzfristigen Laborvergleichsmessung teil, teils mit Mehrfachbeprobungen auch auf unterschiedliche Sammelmedien (PU-Schäume/Florisil). Drei Teilnehmer verfügten über eigene Labore, die damit wussten, dass es sich um Proben eines Laborvergleiches handelte. An neun weitere Labore wurden Luftproben geschickt, ohne einen Hinweis auf eine Laborvergleichsmessung zu geben. Ein Teilnehmer verfügte über Objektvorkenntnisse.

Es wurde vorgegeben, dass vor der Probenahme keine Nutzungssimulation, z.B. durch definiertes Anblasen zu erfolgen hat, dies vor dem Hintergrund, dass mögliche PCB-Konzentrationen im Liegestaub mit räumlicher Lage unterschiedlich ausgeprägt sein könnten. Hierdurch sollten räumliche Varianzen für die PCB-Luftkonzentrationen durch die Staubfraktion vermieden werden.

Die Messungen erfolgten etwa in einem Achtel des Großraumes, in einer quadratischen Anordnung von 3 mal 3 Messfeldern. Der maximale Abstand von entfernt platzierten Teilnehmern betrug dabei 17 Meter, zum direkten Messnachbarn jedoch mindestens 5 Meter. Der Abstand zum Rand des Raumes betrug mindestens 7,5 Meter. Frühere parallele Luftuntersuchungen in diesem Objektbereich (4 Eckenmessungen) durch einen Teilnehmer lieferten bei noch größeren räumlichen Abständen nicht mehr als Abweichungen von einem Faktor von 1,2 bei derselben Messmethode zwischen der höchsten und niedrigsten PCB-Gesamt-Konzentration (dabei jedoch inkl. Mobilisierung und gemeinsame Erfassung von Staub- und Gasfraktion).

Die Probenahmen hier erfolgte bei Umgebungsbedingungen von ca. 6,3°C und 83 % relativer Luftfeuchtigkeit. Insgesamt wurden 19 Messergebnisse abgegeben, davon waren 16 Proben auf PU-Schäumen und 3 auf Florisil genommen.

Die Auswertung der Laborvergleichsmessung erfolgte über ein teilnehmendes AGÖF-Mitglied, vorerst ohne die Durchführung von Ausreißertests. Dabei wurden Mittelwerte über alle Ergebnisse gebildet. Der Z-score wurde im Intervall von -2 bis +2 als akzeptabel eingestuft.

Tabelle 1: *Übersicht Teilnehmer/Labore hinsichtlich Sammelmedien, Probenahme und Analytik*

Teil-nehmer	Labor	Medium	Medien-kennung	PN-Fluss	PN-Volumen	Aufarbeitung / Analysemethode (Angaben der Labore)
A	**06**	PU Gr.+GFF	**α1**	30 L/min	2100 L	VDI 2464 B1
B	**12**	PU Gr.+GFF	**α1**	42 L/min	5000 L	Dotierung Schäume vor PN und zusätzlich vor Analytik mit insgesamt 3 verschiedenen Standardsubstanzen. Soxhlet-Extraktion mit n-Hexan / Lösemittelwechsel / Aufreinigung mit konzentrierter Schwefelsäure / GC-MS
		PU Gr.+GFF	**α1**	42 L/min	5000 L	
C	**11**	PU Gr.+GFF	**α1**	27 L/min	ohne Angabe	Anlehnung VDI 2426 B1
D	**07**	PU Gr.	**α2**	30 L/min	1000 L	Niosh 5506
	08	PU Gr.	**α2**	30 L/min	1000 L	Anlehnung DIN ISO 18287
	09	PU Gr.	**α2**	30 L/min	1000 L	PCB Richtlinie NRW
	10	PU Gr.	**α2**	30 L/min	1000 L	ASTM 4867
E	**03**	Florisil groß	**γ2**	2,0 L/min	400 L	DFG Methode Nr. 1
	04	Florisil klein	**γ1**	1,3 L/min	240 L	PCB Richtlinie NRW
	05	PU Gr.	**α2**	30 L/min	1200 L	PCB Richtlinie NRW
		PU Klein	**β**	9 L/min	900 L	
	06	PU Gr.	**α2**	30 L/min	1200 L	VDI 2464 B1
		PU Klein	**β**	9 L/min	900 L	
F	**01**	Florisil	**γ2**	5 L/min	1000L	ohne Angabe
		PU Klein	**β**	10 L/min	1000 L	
		PU Gr.+GFF	**α1**	30 L/min	1050 L	
	02	PU Gr.+GFF	**α1**	30 L/min	2100 L	ohne Angabe
		PU Gr.+GFF	**α1**	30 L/min	2100 L	

GGF = Glasfaserfilter PN=Probenahme L=Liter

2.2 Ergebnisse und Diskussion

Folgende Untersuchungsergebnisse, absteigend sortiert nach der Gesamt-PCB-Konzentration, wurden übermittelt:

Tabelle 2: *PCB-Untersuchungsergebnisse der 1. Realmessung*

Teilnehmer A-F Labor 1-12 Sammelmedium	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180	Gesamt-PCB
A.06 α1 *	0,96	53,3	291	163	250	27,1	**3927**
E.06 α2 *	<	51,2	278	156	240	22,9	**3741**
E.06 β *	1,02	45,9	265	154	245	22,1	**3665**
F.02 α1	1	59	280	110	220	29	**3495**
F.01 β	<	43	240	150	150	24	**3035**
D.08 α2	<	46	230	120	140	21	**2785**
F.02 α1	<	46	220	79	170	24	**2695**
B.12 α1 *	0,793	43,3	227	113	124	19,1	**2640**
B.12 α1 *	0,855	44,9	215	104	123	19,1	**2530**
F.01 α1	<	42	210	110	110	17	**2445**
D.10 α2	<	33	210	71	140	18	**2360**
E.03 γ2	<	39,3	203	93,2	111	23,9	**2350**
D.09 α2	<	32	180	87	120	21	**2200**
C.11 α1 *	2,1	41,0	186	99,2	84,1	17,6	**2152**
E.04 γ1	0,7	32,4	161	85,8	96	16,1	**1960**
F.01 γ2	<	31	170	66	81	5,2	**1766**
E.05 α2	<	17	110	58	68	12	**1325**
E.05 β	<	15	98	57	65	12	**1235**
D.07 α2	<	8,7	51	18	30	4,6	**561,5**
Mittelwert	**1,1**	**38,1**	**201,3**	**99,7**	**135,1**	**18,7**	**2467**
Standardabw. abs.	**0,49**	**13,2**	**63,6**	**38,4**	**64,2**	**6,6**	**887**
Standardabw. rel.	**44,5%**	**34,6 %**	**31,6 %**	**38,5%**	**47,5 %**	**35%**	**36%**

Konzentrationsangaben in ng/m³ *Labor wusste von Laborvergleichsmessung

Dazu wurden folgende Z-Scores ermittelt:

Tabelle 3: *Ermittlung der Z-Scores (*Labor wusste von Laborvergleichsmessung)*

Teilnehmer A-F Labor 1-12	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180	Gesamt-PCB
A.06 *	-0,227	1,151	1,411	1,650	1,789	1,271	1,647
E.06 *		0,992	1,206	1,467	1,634	0,634	1,437
E.06 *	-0,096	0,590	1,002	1,415	1,711	0,513	1,352
F.02	-0,137	1,583	1,238	0,269	1,322	1,559	1,160
F.01		0,371	0,608	1,311	0,232	0,801	0,641
D.08		0,598	0,451	0,529	0,076	0,346	0,359
F.02		0,598	0,294	-0,539	0,543	0,801	0,257
B.12 *	-0,560	0,393	0,404	0,347	-0,173	0,057	0,195
B.12 *	-0,433	0,515	0,215	0,112	-0,189	0,057	0,071
F.01		0,295	0,136	0,269	-0,391	-0,261	-0,024
D.10		-0,387	0,136	-0,748	0,076	-0,109	-0,120
E.03 - Florisil		0,090	0,026	-0,169	-0,376	0,786	-0,132
D.09		-0,463	-0,336	-0,331	-0,235	0,346	-0,301
C.11 *	2,204	0,221	-0,236	-0,012	-0,794	-0,169	-0,354
E.04 - Florisil	-0,750	-0,432	-0,635	-0,362	-0,609	-0,398	-0,571
F.01 - Florisil		-0,538	-0,493	-0,878	-0,843	-2,051	-0,790
E.05		-1,599	-1,437	-1,087	-1,045	-1,020	-1,288
E.05		-1,750	-1,626	-1,113	-1,092	-1,020	-1,389
D.07		-2,228	-2,365	-2,129	-1,637	-2,142	-2,149

Der Fokus der weiteren Betrachtung wird nachfolgend hier auf den Gesamt-PCB-Gehalt gelegt, auch wenn im Rahmen der Laborvergleichsmessungen die Betrachtung der einzelnen 6 Kongenere ebenfalls erfolgte.

Graphische Darstellung der Ergebnisse PCB-Gesamt:

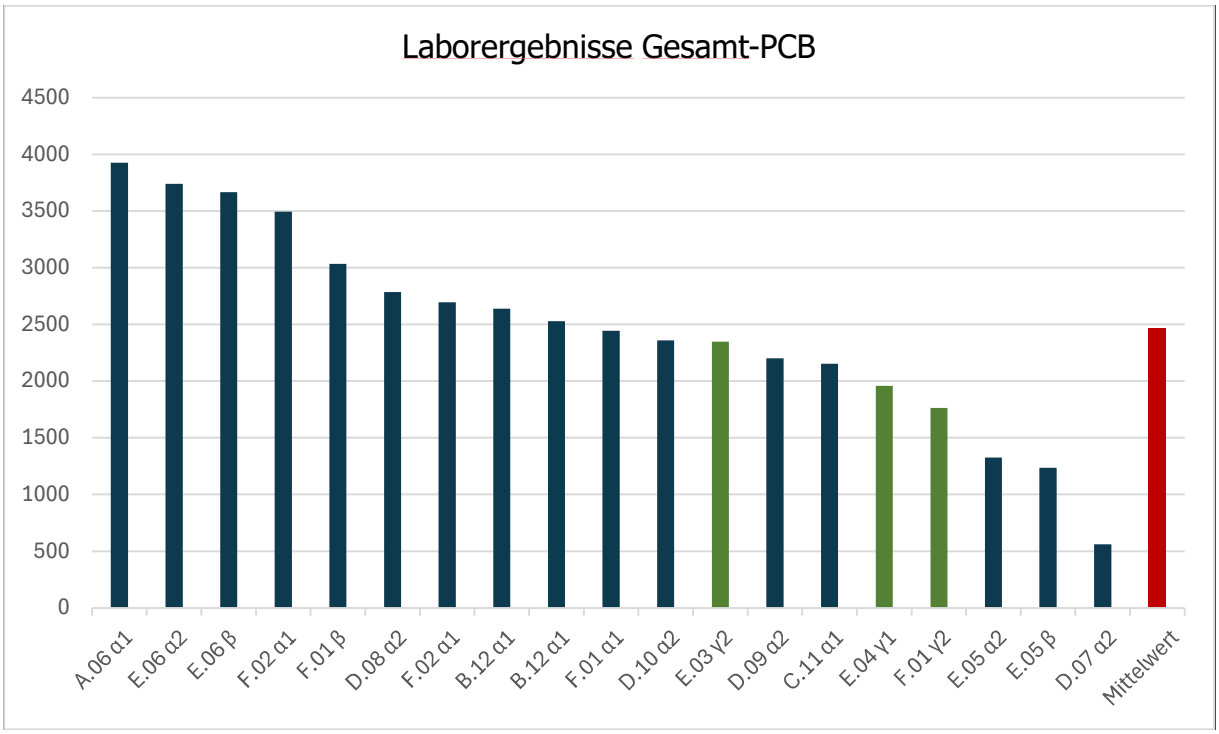


***Abbildung 1**: Graphische Darstellung der Ergebnisse PCB-Gesamt*

Konzentrationen links in ng/m³
blaue Balken = Proben mit PU-Schaum / grüne Balken = Proben mit Florisil / roter Balken = Mittelwert
A bis F = Teilnehmer/Probenehmer 1 bis 12 = Labor

Zwischen der geringsten PCB-Gesamtkonzentration und der höchsten liegt ein Faktor von 7. Zwischen der zweitniedrigsten Gesamtkonzentration und der höchsten lag noch ein Faktor von etwa 3,2.
Beispielhaft wird ausgeführt:
12 von 19 Ergebnisse (63%) der PCB-Gesamtkonzentration unter Beteiligung von 9 von 12 Laboren liegen innerhalb eines z-Score-Intervalls ±1. Mehr als die Hälfte der Ergebnisse liegt damit noch relativ nah um den Mittelwert beieinander. Andererseits liegen auch 7 von 19 Ergebnissen unter Beteiligung von 5 von 12 Laboren außerhalb dieses Intervalls.
Das Labor 06 lieferte ausschließlich die 3 höchsten Ergebnisse, mit Proben zweier unterschiedlicher Teilnehmer / Probenehmer.
Die Labore 05 und 07 hingehen lieferten ausschließlich niedrige Messwerte. Die Probenehmer E und D nahmen jeweils mindestens 3 weitere Proben, die bei anderen Laboren deutlich höher ausfielen. Indizien, die weniger auf räumliche oder Probenahme-bedingte Unterschiede hindeuten, sondern eher auf Abweichungen zwischen den Laboren.
Das Labor 01 erhielt von einem Teilnehmer/Probenehmer 3 Proben auf unterschiedlichen Sammelmedien, die an derselben Messposition im Raum entnommen wurden. Hier ergaben

sich unterschiedliche Ergebnisse von 1766 ng/m³ bis 3035 ng/m³ für die Gesamt-PCB-Konzentration, sie liegen im Extrem etwa einen Faktor 1,72 auseinander. Hier scheinen erkennbare Abweichungen zwischen verschiedenen Messmethoden innerhalb eines Labors vorhanden zu sein.
Insgesamt erstaunt die Streuung aller Raumluftmesswerte. Die Standardabweichung für PCB-Gesamt lag bei ca. 36% und im Maximum für PCB 153 bei fast 48%. Die AGÖF sah hier einen Handlungsbedarf zur Nachbesserung gegeben und bot im Nachgang zu der Laborvergleichsmessung ein Diskussionsforum zur Aufarbeitung der Laborvergleichsmessung für die Labore an, in dem die möglichen Einflussfaktoren auf die Messergebnisse diskutiert wurden. Dieses wurde von Gästen, wie dem Vorsitzenden des Richtlinienausschusses VDI 4301 Blatt 8 (vgl. Richtlinienhinweis weiter unten) und aus dem DIBt begleitet.

3. Dotierung von Sammelmedien

3.1 Durchführung

In einem nächsten Schritt sollte die Laboranalytik isoliert, also ohne den Faktor der Probenahme überprüft werden. Hierzu schickten dieselben Labore ihre Probenahmemedien an das ausrichtende Labor, von dem die Medien mit einer bekannten Konzentration eines PCB-Mischstandards dotiert wurden und danach an die Teilnehmer zurückgeschickt wurden. Um eine Korrelation zwischen möglichen Minder- oder Überbefunden und der Laboranalytik herstellen zu können wurden Probenahmemedium, Probenvorbereitung, Detektion und die verwendeten Kalibrierstandards als Faktoren mit abgefragt. Diese wurden mit den Ergebnissen in Relation gesetzt, um Ansätze für mögliche Korrekturmaßnahmen bieten zu können. An dieser Vergleichsmessung nahmen dieselben 12 Labore teil. Es wurden insgesamt: 18x PU-Schaum groß, 10x PU-Schaum klein und 10x Florisil dotiert und untersucht. Die Ergebnisse sollten auf fiktive, für die jeweiligen Medien übliche, Probenahmevolumen berechnet werden, sodass am Ende alle Proben die gleiche Konzentration ergeben.

3.2 Ergebnisse und Diskussion

Aus den 38 Ergebnissen wurde ein Mittelwert an Gesamt-PCB von 263 ng/m³ ermittelt. Der Maximalwert lag bei 390 ng/m³ (+67% über dem Mittelwert) und der Minimalwert lag bei ca. 142 ng/m³ (54% unterhalb des Mittelwertes). Die Standardabweichung betrug für Gesamt-PCB 19,5% (bzw. 51,3 ng/m³).

Das Verhältnis der unterschiedlichen Einflussfaktoren zu den Ergebnissen wird im Folgenden grafisch dargestellt:

Probenahmemedium:
PU-groß: 18 Werte aus 9 Laboren

PU-klein: 10 Werte aus 4 Laboren
Florisil: 10 Werte aus 5 Laboren

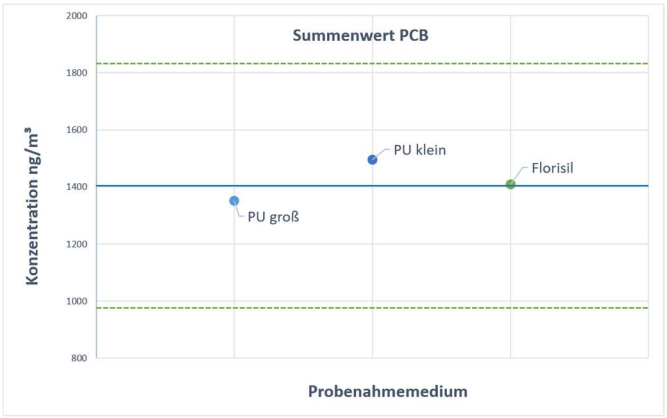


Abbildung 2: *Mittelwerte PCB-Gesamt einzelner Probenahmemedien*

Probenvorbereitung:
Soxhlet: 23 Werte aus 11 Laboren
ASE: 6 Werte aus 2 Laboren
Extraktion/Ultraschall: 9 Werte aus 4 Laboren

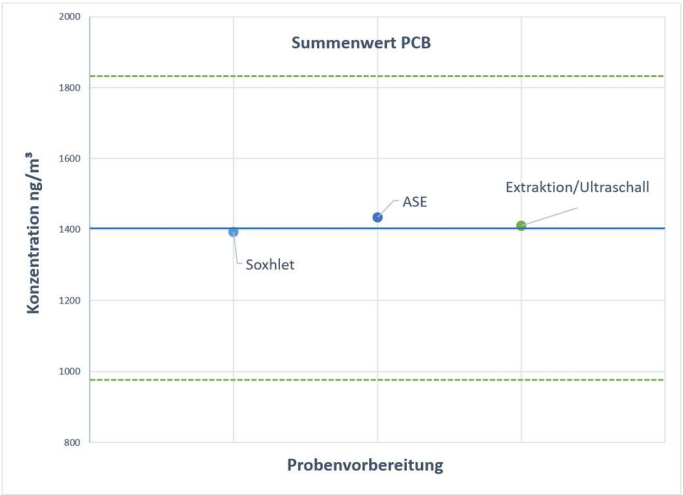


Abbildung 3: *Mittelwerte PCB-Gesamt verschiedener Extraktionsverfahren*
ASE (eng.: Accelerated Solvent Extraction) - Beschleunigte Lösemittelextraktion

Detektion:

Massenspektrometer im SIM-Modus: 26 Werte aus 8 Laboren

ECD/FID: 10 Werte aus 3 Laboren

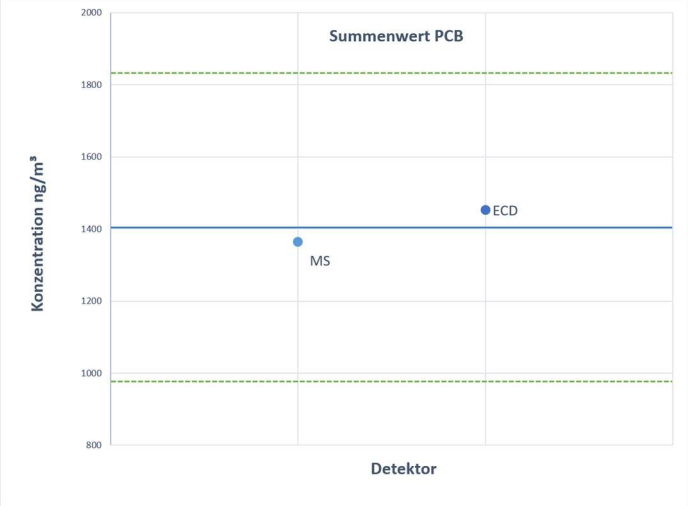


Abbildung 4: Mittelwerte PCB-Gesamt verschiedener Detektoren

Standardlösungen:

Standard 1: 7 Werte aus 3 Laboren
Standard 2: 16 Werte aus 5 Laboren
Standard 3: 5 Werte aus 1 Laboren
Standard 4: 6 Werte aus 1 Laboren
Standard 5: 2 Werte aus 1 Laboren



Abbildung 5: *Mittelwerte PCB-Gesamt bezogen auf verschiedene Anbieter von PCB-Standards*
„Summenwert PCB" meint hier ebenfalls die Gesamt-PCB-Konzentration nach LAGA also das 5-fache der Summe der 6 Einzelkongenere

Die Auswertungen zeigen bezugnehmend auf das Probenahmemedium, die Probenvorbereitung und die Detektion isoliert betrachtet keine besonderen Auffälligkeiten. Bei der Auswertung anhand der verwendeten Kalibrierlösungen zeigten sich Tendenzen zu Abweichungen, die als Hinweis für weitere Maßnahmen an die Labore weitergegeben wurden. Eine Abfrage und Auswertung bezugnehmend auf das Lösemittel erfolgte nicht.

4. 2. Realmessung

4.1 Durchführung

Am 22.04.2026 fand in einer mit PCB- kontaminierten Turnhalle (Baujahr 1972) ein weiterer Laborvergleich mit 17 Teilnehmern statt. Als Primärquellen lagen PCB-haltige Fugendichtstoffe vor (Hallenfassade außen / Turnhalle innen). Im Innenbereich waren diese jedoch zuvor überwiegend mit Aluminiumfolie abgeklebt worden. Quellennahe Farbbeschichtungen wiesen noch 1.500 mg/kg, Lacke an Türzargen und anderen Metallelementen in der Halle noch um 250 mg/kg, der Prallschutz an den Stirnseiten 73 mg/kg an Gesamt-PCB auf. Eine technische und manuelle Lüftung erfolgte in den 12 Stunden vor Beginn der Laborvergleichsmessung nicht mehr. Mit einigen Ventilatoren sollte eine gleichmäßige Verteilung der Belastung in der Halle gewährleistet werden. Verschiedene Probenehmer und Labore konnten die Probenahme an den zugewiesenen Positionen A bis Q (Abbildung 8) in der Halle durchführen. Platzierungen und Größenangaben (Hallenvolumen, Mindestabstände zu den Wänden, usw.) lassen sich ebenfalls Abbildung 8 entnehmen. Das Probenahmemedium konnte zwischen PU-Schaum groß, PU-Schaum klein und Florisil ausgewählt werden. Probenahmevolumen und Durchfluss konnte von den Probenehmern selbst bzw. in Abstimmungen mit ihren Laboren bestimmt werden. Die Messungen wurden bei einer Temperatur zwischen 18 °C bis 20 °C (Anstieg im zeitlichen Verlauf) und einer relativen Luftfeuchte zwischen 33% r.F. und 44% r.F. durchgeführt. Ein Teilnehmer hatte Vorkenntnisse und nahm neben einem Messpunkt noch 4 weitere Messungen in den Ecken des Gesamtmessfeldes vor.



Abbildung 6: *Laborvergleichsmessung zu Beginn der Probenahme, von Feld D in Richtung Feld N gerichtet*

Es sollten die PCB-Kongenere PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180 und der Gesamt-PCB-Gehalt als 5-faches der Summe dieser 6 Kongenere (analog wie oben) ermittelt werden. Optional konnte ein Ergebnis für PCB 118 mit angegeben werden, dies taten 16 Teilnehmer. Die Ergebnisse wurden an das auswertenden AGÖF-Mitgliedslabor übermittelt und dort statistisch ausgewertet.

Aufgrund der größeren Teilnehmerzahl und des fortschreitenden Abgleich-Gesamtprozesses wurde diesmal auch ein Ausreißertest nach Dean Dixon mit einer Signifikanz von 5% durchgeführt. Hierbei wurden für die Kongenere PCB 138, 153 und 118 jeweils zwei Ausreißer und für das Kongener 180 ein Ausreißer identifiziert. Diese wurden jeweils nicht in die Bewertung mit aufgenommen. Zur Beurteilung der Ergebnisse wurde der z-Score ermittelt. Dieser berechnet sich über die nachfolgende Formel:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

x = Labormittelwert, μ = Erwartungswert (hier Gesamtmittelwert), σ =Standardabweichung.

Anhand dieses z-Scores lassen sich die Analysenergebnisse in drei Bewertungskategorien einordnen:

$|z| \leq 2$: zufriedenstellendes Ergebnis
$2 < |z| < 3$: fragwürdiges Ergebnis
$3 \leq |z|$: nicht zufriedenstellendes Ergebnis

4.2 Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 36 Proben von 17 Probenehmern genommen und in 15 verschiedenen Laboren untersucht. Hierbei wurden 210 Messwerte ermittelt. Davon waren elf Werte außerhalb eines z-Scores von I2I. Die Tabelle 4 zeigt zu den Ergebnissen einige statistische Kenngrößen, Abbildung 7 zeigt die gemittelten Gesamt-PCB-Konzentrationen je Messfeld.

Tabelle 4: *Statistikwerte nach Kongeneren der 2. Realmessung*

	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180	Gesamt-PCB
Anzahl n > BG (ohne Ausreißer)	23	36	36	19	21	5	36
Minimalwert in ng/m³	0,71	16,1	6,03	0,5	0,5	0,171	141,8
Maximalwert in ng/m³	3,09	54	21	2	2	2	390
Mittelwert in ng/m³	**1,6**	**35,6**	**13,5**	**1,2**	**1,3**	**1,3**	**262,5**
Standardabw. rel. In %	**44,2**	**20,6**	**24,6**	**32,3**	**42,2**	**58,4**	**19,5**

Folgende Untersuchungsergebnisse für die Gesamt-PCB-Konzentration wurden übermittelt, absteigend sortiert nach der Gesamt-PCB-Konzentration:

Tabelle 5: *PCB-Untersuchungsergebnisse*

der 2. Realmessung Laborcode	Proben-Nr.	Konzentration Gesamt-PCB in ng/m³	Anzahl Kongenere > BG	z-Score
L1	31	390	5	2,49
L1	22	355	5	1,81
L3	24	335,5	2	1,42
L7	32	322	6	1,16
L1	30	310	4	0,93
L8	21	303,5	4	0,80
L15	34	292,5	5	0,59
L11	12	292	5	0,58
L11	11	290	5	0,54
L4	10	288,5	5	0,51
L14	20	287,5	2	0,49
L12	17	287,3	3	0,48
L4	25	287	5	0,48
L8	35	280	3	0,34
L8	36	280	3	0,34
L7	33	273,5	6	0,21
L6	29	270	6	0,15
L13	16	268	3	0,11
L13	15	265,5	3	0,06
L14	19	265,5	2	0,06
L5	5	259,6	5	-0,06
L5	4	257,6	5	-0,10
L2	26	253,9	3	-0,17
L6	28	250	6	-0,24
L4	9	245,865	5	-0,33
L2	23	239,05	5	-0,46
L12	18	236,6	5	-0,51
L2	3	235	2	-0,54
L5	27	230	2	-0,63
L12	14	215,7	4	-0,91
L12	13	203,5	2	-1,15
L2	2	200	2	-1,22
L7	8	185	5	-1,51
L10	6	177,95	3	-1,65
L7	7	176	4	-1,69
L9	1	141,805	6	-2,36
Mittelwert:		**263 ng/m³**	**7x / 7x / 4x / 13x / 5x**	
Median:		**267 ng/m³**		
relative Standardabweichung:		**19,5 %**		

Der Fokus der weiteren Betrachtung wird auch hier nachfolgend auf den Gesamt-PCB-Gehalt gelegt.

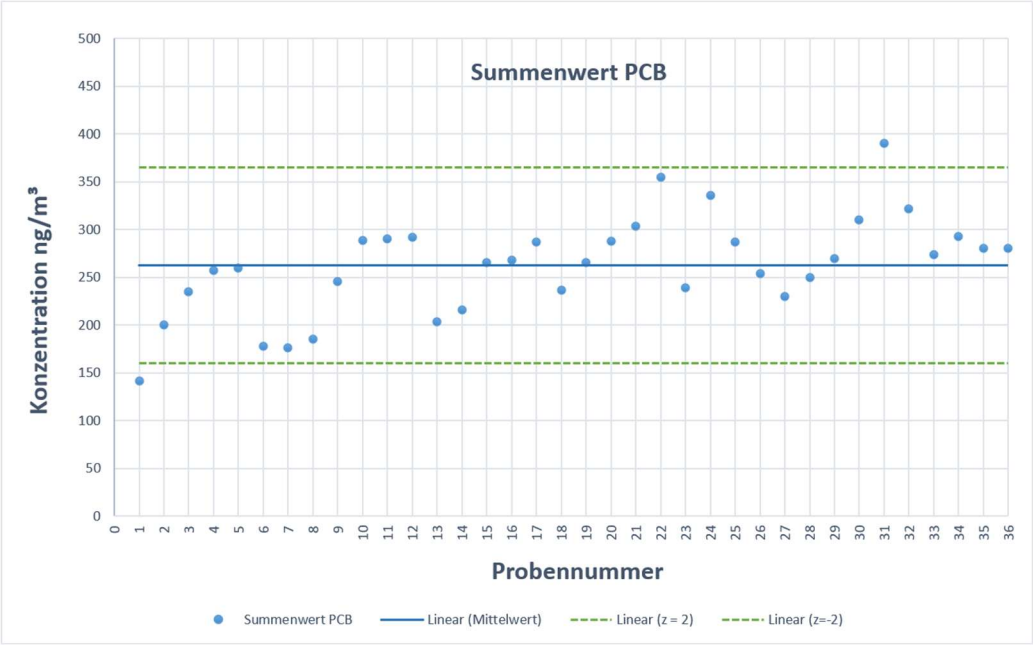


***Abbildung** 7: graphische Darstellung der PCB-Gesamt-Konzentrationen aller 36 Proben*

Zwischen der höchsten (390 ng/m³) und der niedrigsten (142 ng/m²) Konzentration liegt ein Faktor von 2,7. Hierzu wir beispielhaft ausgeführt: Labor 9 hat ausschließlich den niedrigsten Wert geliefert, Labor 10 ausschließlich den drittniedrigsten Wert. Drei der fünf höchsten Werte, bzw. die zwei höchsten Konzentrationen wurden von Labor 1 produziert. Labor 3 lieferte ausschließlich die dritthöchste PCB-Gesamtkonzentration, die lediglich auf der Quantifizierung von 2 Kongeneren basiert. Damit sind einige Konzentrationen am oberen und unteren Rand überwiegend mit einzelnen Laboren verknüpft.
Beispielhaft wird weiter ausgeführt: Labor 7 hat 4 Werte geliefert, die von 176 ng/m³ bis 322 ng/m³ variierten. 26 der 36 eingereichten Werte aus 12 Laboren lagen innerhalb eines z-Score von ±1. 3 dieser Labore haben aber auch Werte außerhalb dieses z-Score geliefert.

Wie Tabelle 5 auch zeigt, lagen deutliche Unterschiede in der Anzahl der quantifizierten Kongenere vor. Sieben Ergebnisse des Gesamt-PCB-Gehaltes basierten nur auf der Bestimmung zweier Kongenere, sieben weitere auf der Bestimmung von 3 Kongeneren. Der PCB-Gesamt-Gehalt wurde aber bei 50% aller Ergebnisse auch auf der Basis von fünf oder sechs quantifizierten Kongeneren bestimmt.

Bei einem Vergleich der gemittelten Gesamt-PCB Konzentration bezogen auf die Position im Raum bzw. auf den Probenehmer konnte keine Korrelation festgestellt werden.

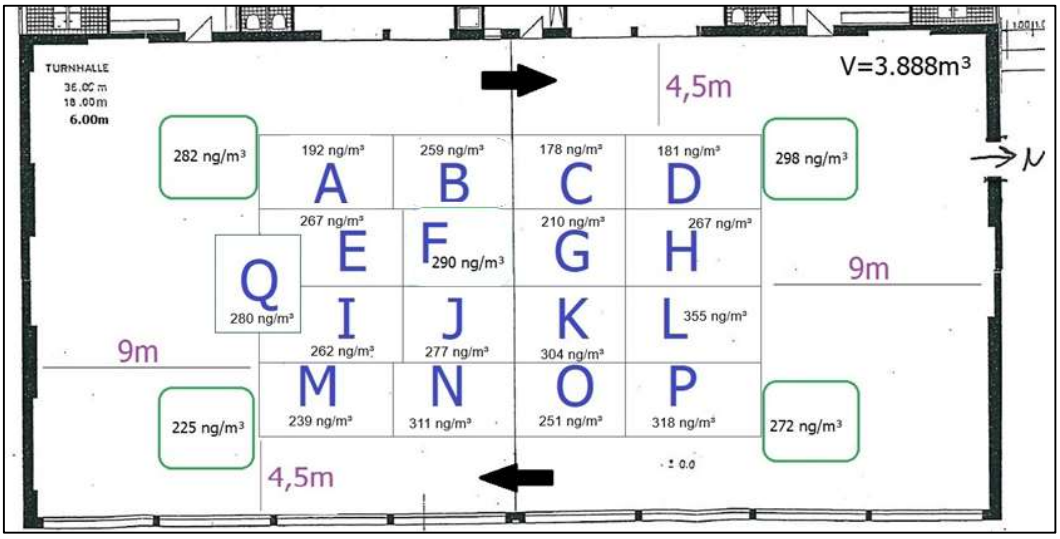


Abbildung 8: *Messfeldanordnung mit Ergebnissen für den Gesamt-PCB-Gehalt (Mittelwerte je Messfelder)*

Auswertung in Relation zu den abgefragten Einflussfaktoren:
(in Einzelfällen wurden keine Angaben gemacht, hier nicht mit aufgeführt)

Probenahmemedium:
PU-groß: 19 Werte aus 10 Laboren – Mittelwert = 267 ng/m³ - Standardabweichung = 14,5 %
PU-klein: 9 Werte aus 5 Laboren – Mittelwert = 259 ng/m³ - Standardabweichung = 25,3 %
Florisil: 8 Werte aus 6 Laboren – Mittelwert = 257 ng/m³ - Standardabweichung = 25,5%

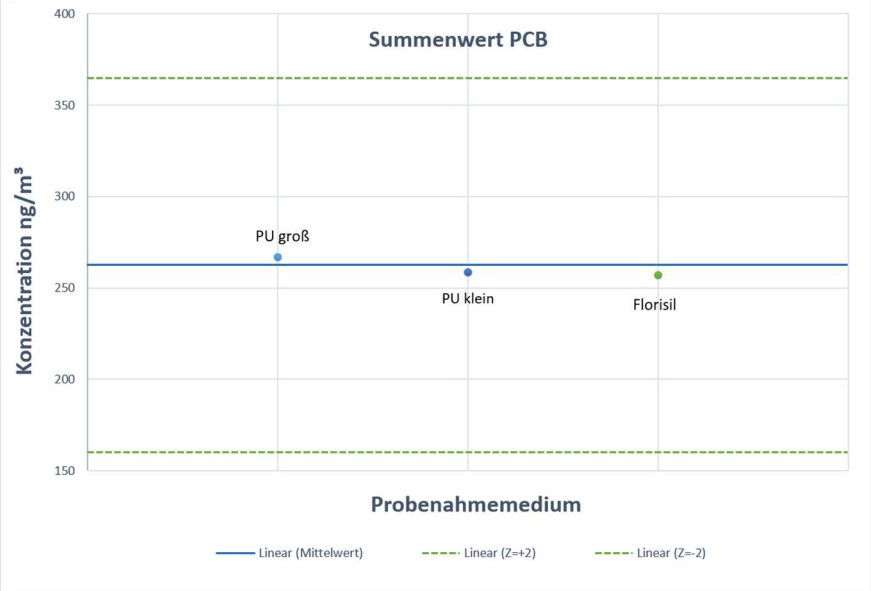


Abbildung 9: *gemittelte Gesamt-PCB-Konzentration je Probenahmemedium*

Die gemittelten Gesamt-PCB-Konzentrationen zu den verschiedenen Probenahmemedien liegen sehr nah beieinander. Signifikante Unterschiede zwischen den Probenahmemedien konnten daher hinsichtlich PCB-Gesamt im Mittel nicht festgestellt werden. Die Laborvergleichsmessung bestätigt in diesem Punkt auch die Aussagen von Walker [4] in der Vorankündigung der neuen VDI-Richtlinie 4301 Blatt 8 dazu hier zumindest für Bereich ohne hohe Staubfraktionen.

Standardlösungen:

Standard 1: 5 Werte aus 3 Laboren – Mittelwert = 211 ng/m³ - Standardabweichung = 29,5 %
Standard 2: 17 Werte aus 7 Laboren – Mittelwert = 272 ng/m³ - Standardabweichung = 22,0 %
Standard 3: 2 Werte aus 1 Labor – Mittelwert = 259 ng/m³ - Standardabweichung = 0,5 %
Standard 4: 2 Werte aus 1 Labor – Mittelwert = 260 ng/m³ - Standardabweichung = 5,4 %
Standard 5: 5 Werte aus 2 Laboren – Mittelwert = 271 ng/m³ - Standardabweichung = 6,5 %

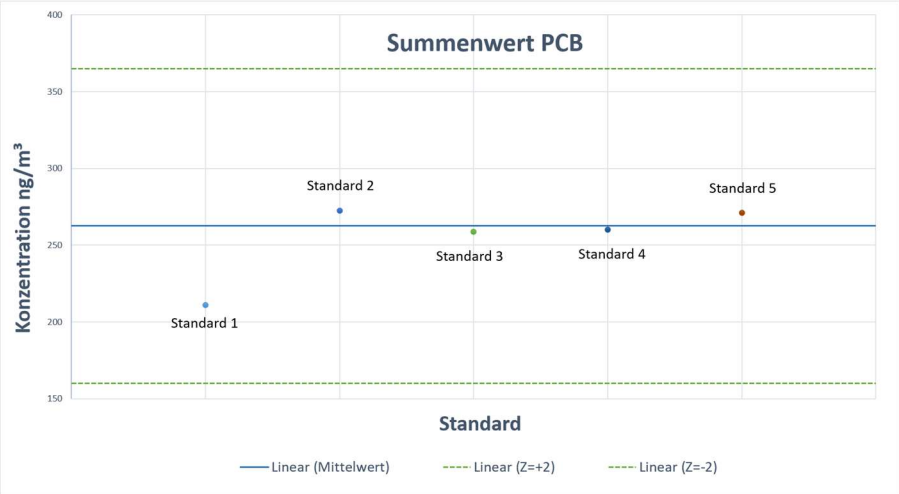


Abbildung 10: *gemittelte Gesamt-PCB-Konzentration je verwendeten Standard*

Lösemittel:

Hexan: 13 Werte aus 6 Laboren - Mittelwert = 251 ng/m³ - Standardabweichung = 17,8 %
Toluol: 8 Werte aus 3 Laboren - Mittelwert = 254 ng/m³ - Standardabweichung = 11,7 %
Aceton/Hexan: 8 Werte aus 3 Laboren - Mittelwert = 305 ng/m³ - Standardabweichung = 15,3 %
Cyclohexan: 2 Werte aus 1 Labor / Aceton: 1 Wert aus 1 Labor / Toluol-Hexan: 1 Wert aus 1 Labor

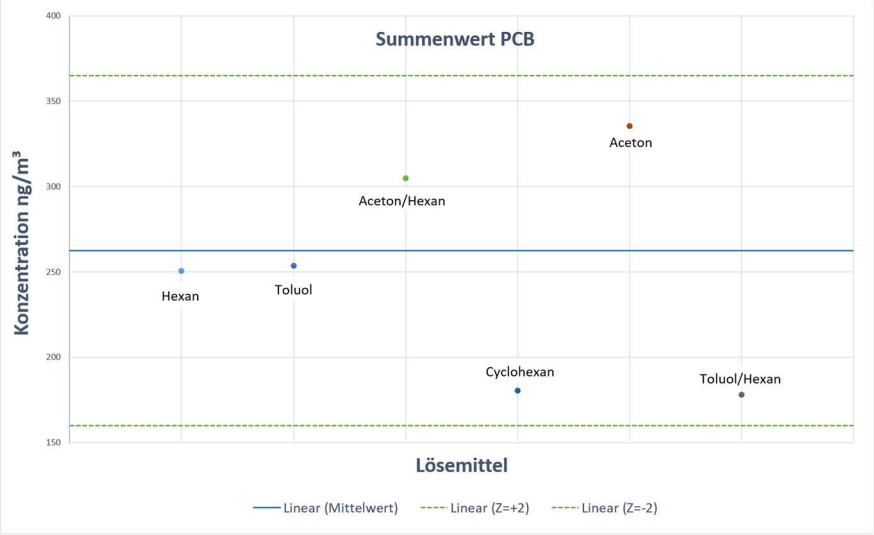


Abbildung 11: *gemittelte Gesamt-PCB-Konzentration je Lösemittel*

Bei den verwendeten Standardlösungen und Lösemitteln konnten Tendenzen zu Minder- bzw. Überbefunden festgestellt werden.
Werden die verschiedenen Extraktionslösemittel verglichen, fällt auf, dass mit Hexan und Toluol sehr ähnliche Werte erzielt werden. Mit einer Mischung aus Aceton und Hexan sowie mit reinem Aceton werden höhere Ergebnisse und mit den Lösemitteln Cyclohexan und dem Gemisch aus Toluol und Hexan niedrigere Werte erzielt. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse für die Lösemittel Aceton, Cyclohexan und Toluol/Hexan jeweils nur von einem einzigen Labor geliefert wurden.

Probenvorbereitung:
Soxhlet: 20 Werte aus 8 Laboren Mittelwert = 268 ng/m³ - Standardabweichung = 21 %
ASE: 4 Werte aus 2 Laboren Mittelwert = 263 ng/m³ - Standardabweichung = 3,5 %
Extraktion/Ultraschall: 4 Werte aus 2 Laboren Mittelwert = 252 ng/m³ - Standardabw. = 23 %

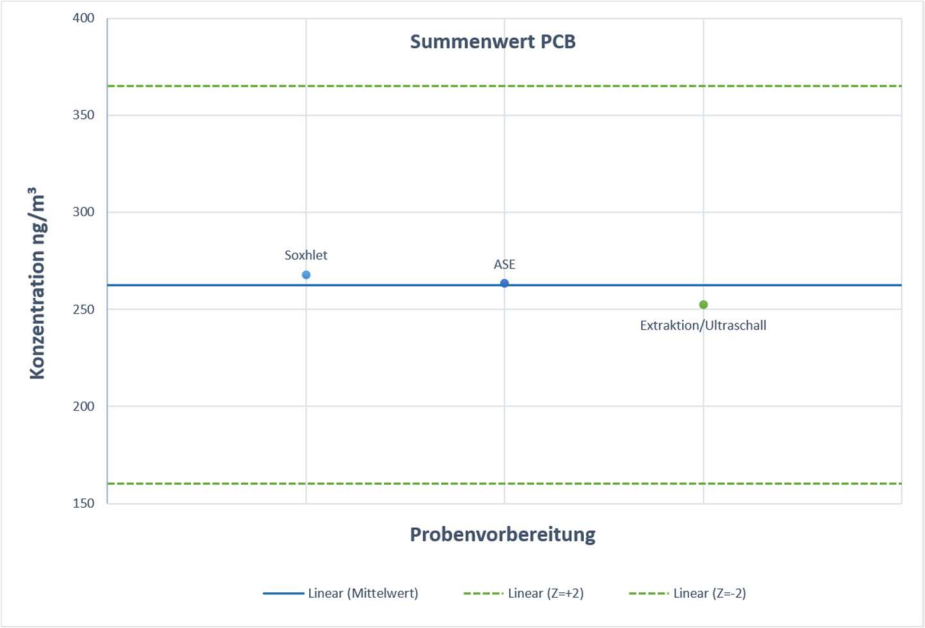


Abbildung 12: gemittelte Gesamt-PCB-Konzentration je Extraktionsverfahren

Die Einflussfaktoren „Probenahmemedium“ und „Probenvorbereitung“ zeigten damit ähnlich geringe Unterschiede wie schon im Dotierungsversuch.

Für die PCB 28, 138, 153, 180 und 118 waren die Konzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenzen der Labore. Hier lag die relative Standardabweichung zwischen 32 %

und 58 %. Diese höhere Standardabweichung ist aufgrund der Nähe zur Bestimmungsgrenze und der aufgrund dessen auch geringeren Stichprobenanzahl erwartungsgemäß.

Insgesamt ist zu beachten, dass aufgrund des geringen Stichprobenumfanges und der vielen verschiedenen Variablen bei der Laboranalytik, die von diesem Laborvergleich abgeleiteten Tendenzen nur Hinweise ergeben, die als Möglichkeit zu sehen sind Ansätze für weitere Verbesserungsmaßnahmen zu planen.

Von den 15 teilnehmenden Laboren konnten 10 Labore eine Bestimmungsgrenze von 1 ng/m³ oder weniger je Kongener ausweisen. 3 Labore gaben u.a. eine Bestimmungsgrenze von um die 2 ng/m³ an, bei 2 Laboren lag u.a. die Bestimmungsgrenze bei 5 ng/m³.

Aus Sicht der AGÖF sind solch hohe Bestimmungsgrenzen je Kongener nicht geeignet die Einhaltung des neuen Innenraumrichtwertes I von entsprechend 80 ng/m³ (AIR-Angabe: 0,080 µg/m³ [2]) in Innenraumszenarien belastbar zu überprüfen. Dies liegt an der Besonderheit, dass von 209 PCB-Kongeneren lediglich 6 analytisch erfasst werden und deren Summe zur Abbildung der Gesamtkonzentration an PCB mit 5 multipliziert werden. Ein Messwert von 70 ng/m³ für den Gesamt-PCB-Gehalt, gekoppelt mit Bestimmungsgrenzen von 3 ng/m³ oder mehr je Kongener erzeugt hinsichtlich der Einhaltung des Innenraumrichtwertes I, bei Ergebnisangaben < BG zu einzelnen Kongeneren, somit eine falsche Sicherheit. Hieraus ergibt sich die Anforderung, Raumluftuntersuchungen zur Überprüfung der Einhaltung des Innenraumrichtwertes I für Gesamt-PCB (beispielsweise Sanierungskontrolluntersuchungen) damit zwangsweise auch an Anforderungen an die Bestimmungsgrenzen je Kongener (beispielsweise BG von 1,5 ng/m³ oder kleiner) zu koppeln.

Die große Anzahl der in der Laborvergleichsmessung involvierten Laboren erfüllen bereits entsprechende Anforderungen. *Walker* [4] weist in seiner Vorankündigung zum anstehenden Gründruck der neuen Analytik Richtlinie VDI 4301 Blatt 8 „Messen von polchlorierten Biphenylen (PCB) in der Innenraumluft mittel GC-MS“ bereits auf die erreichbaren Bestimmungsgrenzen von 0,5 bis 1,5 ng/m³ je Kongener auch für die Florisil-Methoden hin. Probenahmen und Analytiken mit großen GF-PUF-Kartuschen erreichen dabei noch deutlich geringere Bestimmungsgrenzen.

In den hier vorliegenden Fällen kann nicht eingeschätzt werden, ob die Analysenmethode im Labor oder eine fehlerhafte Abstimmung zwischen Probenehmer und Labor, mit entsprechend deutlich zu geringem Probenahmevolumen, für die hohen Bestimmungsgrenzen ursächlich war.

Die Abfrage der durch das Labor erzielbaren Bestimmungsgrenzen für die einzelnen PCB-Kongenere bildet damit jedoch auch ein wesentliches Auswahlkriterium des Labors für Sachverständige.

Aus ähnlichen Überlegungen ergeht der Hinweis, dass Labore mit geringeren Bestimmungsgrenzen und der Quantifizierung von 4 bis 6 Kongeneren tendenziell einen etwas höheren PCB-Gesamtgehalt ermittelt haben könnten, als Labore die in Folge von höheren Bestimmungsgrenzen nur 2 oder 3 Kongenere quantifiziert haben. Tatsächlich jedoch war ein entsprechender Effekt bei der Auswertung der Laborvergleichsmessung nicht deutlich erkennbar.

5. Zusammenfassung / Abschlussbemerkungen

Ein Vergleich der beiden Realmessungen ist nur bedingt möglich. So lagen deutliche Konzentratuionunterschiede in der PCB-Gesamtbelastung und Kongenerenverteilung der beiden Messräume vor. Zudem wussten die Labore beim jüngsten Abgleich (Auswertung diesmal mit Ausreißertests) bei der Bearbeitung der Proben von einer Laborvergleichsmessung, sie waren also nicht mehr überwiegend naiv wie noch beim ersten Abgleich.

Dennoch ist festzustellen, dass die Standardabweichung für den Gesamt-PCB-Gehalt von 36% auf ca. 20% gesenkt werden konnte. Dabei wurden die höchsten oder niedrigsten Gesamt-PCB-Gehalte von einzelnen Laboren eingereicht, die zudem auch weitere Hinweise erhalten haben, die Analytik zu überprüfen (Lösemittel / Bezugsstandard). Der überwiegende Teil der teilnehmenden Labore lag für PCB-Gesamt nahe am Mittelwert (26 der 36 eingereichten Werte aus 12 Laboren lagen innerhalb eines z-Score von ±1). Betraf dies beim ersten Abgleich noch 63% aller Ergebnisse, waren es zuletzt bereits 72%. Eine positive Entwicklung der durchgeführten QS-Maßnahmen deutet sich damit auch hierbei an.

Signifikante Unterschiede zwischen den Probenahmemedien (PU-Schaum/ Florisil) konnten hinsichtlich der PCB-Gesamt-Konzentrationen bei der Probenahme in einer staubarmen Umgebung hier nicht festgestellt werden, was sich mit den Erfahrungen der Arbeitsgruppe VDI-Richtlinie 4301 Blatt 8 [4] und auch Kenntnissen aus dem 2013-PCB-Agbleich der AGÖF inhaltlich deckt.

Insbesondere mit dem neuen, gegenüber dem Sanierungsleitwert der PCB-Richtlinie deutlich niedrigeren Innenraumrichtwert I des AIR [2/3] sind belastbare Raumluftuntersuchungen auch unterhalb von 100 ng/m³ für Gesamt-PCB noch bedeutender geworden. Bestimmungsgrenzen von größer 1,5 ng/m³ je PCB-Kongener scheinen dabei weniger geeignet.

Richtlinienhinweis:

Die AGÖF verweist auf den anstehenden Gründruck der neuen ***VDI 4301 Blatt 8 - Messen von Innenraumluft-verunreinigungen - Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB)*** in der Innenraumluft mittels GC-MS. Dieser ist inhaltlich verabschiedet und befindet sich in redaktioneller Veröffentlichungs-Vorbereitung. Mit dem Erscheinen des Gründrucks ist zum

Jahreswechsel zu rechnen. Eine inhaltliche Ankündigung erfolgte bereits durch *Walker* [4] in Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft 03-04.2026.

Autoren:

1: Jörg Mertens, Bremer Umweltinstitut GmbH, Bremen
2: Bastian Berndl, anbus analytik GmbH, Fürth
3: Maike Rochow, Analytik Aurachtal GmbH, Aurachtal-Münchaurach

Literatur

[1] Regeln zur Akkreditierung von Prüflaboratorien nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 - DAKKS-Regelwerk R17025-PL, Freigabedatum: 31.01.2023, Abschnitt 7.7.2

[2] Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: „Richtwerte für Polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Innenraumluft“ Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR), Bundesgesundheitsbl 2025 · 68:201–218 https:// doi.org/ 10.1007/ s00103- 024- 04000-6 Online publiziert: 14. Januar 2025 © Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2025, abrufbar auch unter: https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/4031/dokumente/2025_air_richtwerte_fuer_pcb_bdgsbl_0.pdf

[3] Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCB-Richtlinie) Fassung September 1994, Mitteilungen DIBt Heft 2/1995 Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)

[4] Walker, G.; 2026: Vorankündigung: Neue VDI-Richtlinie VDI 4301 Blatt 8 „Messen von Polychlorierten Biphenylen (PCB)“.
Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft – Gefahrstoffe 86 (2026) NR.03-04, S.77-79