

**GMN Neuss**  
**Herr Armin Krüger**  
Meererhof 1  
41460 Neuss

Korschenbroich, den 06.06.2012

**Stellungnahme – Nr. 2012-06-024**

**PCB-haltige Fugen**

Sehr geehrter Herr Krüger,  
im Rahmen einer Auftragsvergabe am 29.5.2012 beauftragten Sie die Beantwortung der folgenden Frage:

„Welche raumlufthtechnischen Maßnahmen sind erforderlich, um die Belastung der Raumluft soweit zu reduzieren, dass die vorgegebenen Richtwerte für die Nutzung im Schulbetrieb eingehalten werden?“

Die Beantwortung dieser Frage beinhaltet neben lufthygienischen auch bautechnische Aspekte. Es lässt sich mit messtechnischen Mitteln feststellen, welche Mengen von PCB im Rahmen des normalen Schulbetriebes in die Raumluft gelangen. Diese Messungen wurden in meinem Bericht für die Dreikönigenschule geschildert. Auf die darin ermittelten Ergebnisse nehme ich hier Bezug.

Die Frage, welche Substanzmengen derzeit in der Bausubstanz und in welchen Tiefen der Fugen noch vorliegen, kann vom Unterzeichner nicht beantwortet werden. Selbst wenn mit sehr großem technischen Aufwand in jedem einzelnen Raum die derzeit noch in der Bausubstanz vorhandenen Substanzmengen bestimmt werden könnten, lassen sich daraus keine Prognosen über die zu erwartenden

Raumluftkonzentrationen und das Abklingverhalten der Luftverunreinigungen ableiten. Umgekehrt kann von den ermittelten Raumluftkonzentrationen nicht auf die Substanzmengen geschlossen werden, die in die Bausubstanz eingedrungen sind.

Nur wenn Schadstoffquellen eine flächige Ausbreitung haben und die Diffusion aus den Quellen in die Luft ungehindert erfolgen kann, lassen sich Rückschlüsse auf die Schadstoffquelle und deren Quellstärke ziehen. Die Voraussetzungen sind im vorliegenden Fall nicht gegeben. Bekannt ist aber, dass Fugendichmassen unterschiedlicher PCB-Konzentration und von unterschiedlicher Raumluftkontaktflächen – Größe für die PCB-Raumluftkonzentrationen verantwortlich zu machen sind.

Aufgrund unterschiedlicher Konzentrationen und vorliegender Tiefen der PCB enthaltenden Fugen und unterschiedlicher Fugenbreiten ist in den einzelnen Räumen von unterschiedlichen Substanzmengen und verschiedenen Diffusionswiderständen beim Raumluftübergang auszugehen. Die Quellstärke, die die Substanzmenge beschreibt, die in einer Zeiteinheit aus der Bausubstanz in die Raumluft übertritt, korreliert in diesem Fall nicht mit der in der Bausubstanz vorhandenen Schadstoffmenge.

Die große Schwankungsbreite der PCB-Messergebnisse bei verschiedenen Witterungseinflüssen kann als Beleg dafür angesehen werden, dass auch witterungsbedingte Temperaturunterschiede im Kern der Bausubstanz einen erheblichen Einfluss auf die Quellstärke und damit auf die Höhe der Schadstoffkonzentrationen in der Raumluft haben. Ein Anstieg der Temperatur in der Bausubstanz bewirkt eine Erhöhung der Ausdiffusionsrate und beeinflusst dadurch die Quellstärke (Substanzmenge, die in die Räume übertritt). Die Erfahrung zeigt, dass bei sommerlichen Temperaturen die Quellstärke von ausgasenden Fugendichmassen stark zunimmt. Die Frage, nach welcher Zeit die in der Baumasse verbliebenen Schadstoffe durch Emission abklingen werden, setzt voraus, dass die vorhandene Substanzmenge bekannt ist. Da dieses nicht bekannt ist, kann das Abklingverhalten über die Jahre nicht näher angegeben werden.

Eine Reduktion der Innenraumluftkonzentration kann grundsätzlich auf 2 Wegen erfolgen:

- a) durch bauliche Maßnahmen zur Beseitigung der Emissionsquellen,
- b) durch Luftaustausch und Fortleitung der in die Luft freigesetzten Luftverunreinigungen und
- c) durch eine Kombination der beiden Verfahrensweisen.

Zur Beantwortung der Frage, in welchem Umfang die Quellstärken durch bauliche Maßnahmen zu reduzieren sind, und wie sich Lüftungstechnische Maßnahmen auf die Schadstoffgehalte in der Raumluft auswirken würden, habe ich auf der Grundlage der Messergebnisse eine Abschätzung mit Hilfe der unten angeführten Berechnungsformel vorgenommen. Die verwendete Gleichung ist der Richtlinie VDI 4300 Bl. 1 entnommen und beschreibt die Änderung von Stoffkonzentrationen in Abhängigkeit von der Zeit.

$$dC_i/dt = Q/V + nC_a - AC_i - nC_i \quad (1)$$

mit

- $C_i$ : Innenraumluft-Konzentration (mg/m<sup>3</sup>)
- $Q$ : Quellstärke (mg/h)
- $V$ : Raumvolumen (m<sup>3</sup>)
- $n$ : Luftwechsel (h<sup>-1</sup>)
- $C_a$ : Außenluftkonzentration (mg/m<sup>3</sup>)
- $A$ : Abbau-Faktor
- $T$ : Zeit

Da im Ausgleichszustand unter Idealbedingungen im zeitlichen Verlauf keine Änderung der Innenraumluftkonzentration mehr erwartet wird, kann der Term  $dC_i/dt = 0$  gesetzt werden. Dies ist insbesondere nach den gewählten Messbedingungen von mehr als 8-stündiger Nichtlüftung gegeben.

Die im Objekt nachgewiesenen PCBs sind in der Außenluft als Luftverunreinigungen üblicherweise nicht vorhanden, so dass auch der Term  $nC_a$  entfällt. Außenluftkonzentrationen von 0,5 bis 20 ng/m<sup>3</sup> können zwar auftreten, jedoch sind diese im vorliegenden Fall unter Berücksichtigung der Schwankungsbreite der Messergebnisse aufgrund sehr starken Temperatureinflusses, der Objektlage und der betrachteten Außenluftmesswerthöhe zu vernachlässigen.

Im hier zu betrachtenden Fall liegen viele PCB-Kongeneren in der Luft vor. Die Größe  $AC_i$  kann vernachlässigt werden, wenn die Summe aller PCB-Kongeneren zur

Berechnung der Quellstärke und Innenraumluftkonzentrationen herangezogen wird. Eine wirksamer Abbau von PCBs in Innenräumen ist auch nicht literaturdokumentiert. PCBs sind überdies reaktionsträge und hochgradig inert.

Die wirksame Quellstärke ( $\Sigma$  PCB nach LAGA) lässt sich deshalb nach Umformung der oben angeführten Gleichung (1) nach folgender vereinfachter Formel berechnen:

$$Q = C_i \times V \times n \quad (2)$$

Durch Einsetzen der Summe der in den Räumen gemessenen PCB-Konzentrationen als  $C_i$  und Zugrundelegung einer bei verschlossenen Fenstern und Türen zu erwartenden Luftwechselzahl von 0,1/h bis 0,4/h (Einschätzung des Sachverständigen) kann die wirksame Quellstärke unter Berücksichtigung der Raumvolumina abgeschätzt werden (s. Anhangseiten zu dieser Stellungnahme).

Die Luftwechselzahl  $n$  muss dabei zwischen 0,1 h<sup>-1</sup> und 0,4 h<sup>-1</sup> variiert werden, da zwischen dicht schließenden Fenstern und aufgrund des Alters zum Teil nicht dicht schließenden Fenstern unterschieden werden muss. Auch ist die Lüftungssituation in Fluren und aufgrund ihrer Größen und der Möglichkeit der Außenluftverdünnung infolge Türspalten, undicht schließender Außentüren und größer in den Fluren vorhandener Fensterflächen eher im höheren Bereich einzuschätzen. Gerade in denm Fluren liegen aber z.-T. deutlich erhöhte PCB- Raumlufkonzentrationen aufgrund hoher Fugenlängen PCB- haltiger Fugendichtmassen vor. Für Flure wird der Luftwechsel bei Probenahme deshalb eher 0,4 h<sup>-1</sup> anzusetzen sein, für Klassenräume guter Fensterdichtheit mit ca. 0,2 h<sup>-1</sup>.

Das Verhältnis der PCB-Kongenerere ist durch die Ausgasung von Fugendichtmassen gegeben und der leichtflüchtigen Kongenerere überwiegt. Das Verhältnis der Kongenerenkonzentration ist auch nicht stark variabel und in keinem Fall ist vpon hochcjhlorierten Gemische  $n$  oder PCB- Kontaminationen der Raumluf aufgrund gleichzeitiger Einflüsse aus verschiedenen PCB- Anwendungen auszugehen. Die Stabilität der Kongenerenverhältnbnisse ist hingegen gut und lässt durchgängig aug Raumlufkonzentrationen aus Fugendichtmassen mit einem hohen Anteil an Clophen A30 oder ähknlich strukturierten PCB- Gemischen zum Anrichten der Fugenmassen schließen.

Auf der Basis der Ergebnisse der in der Dreikönigenschule durchgeführten Raumlufmessungen ist festzustellen, dass sich das Verhältnis der PCB-Kongeneren im Laufe des Betrachtungszeitraumes einiger Jahre nicht signifikant verändern wird.

Auf der Grundlage der ermittelten Quellstärken und ihrer Variationsbreiten kann abgeschätzt werden, in welchem Umfang die Quellstärke reduziert werden müsste, damit der Sanierungszielwert von  $300 \text{ ng/m}^3$  auch bei sommerlichen Witterungsverhältnissen eingehalten werden kann. Dabei wird eine Verdoppelung der Werte unter sommerlichen Bedingungen als schlechtesten Fall gegenüber den Messungen zur Karnevalszeit wie in der Dreikönigenschule durchgeführt, angenommen.

Für die Klassenräume wurde eine Luftwechselzahl von 0,25 bei Messung unter sachverständiger Abschätzung der Gegebenheiten angesetzt. Der Ansatz von  $0,4 \text{ h}^{-1}$  erfolgte für die Flure unter Berücksichtigung des dort deutlich erhöhten Außenlufteinflusses und eine Lüftungsrate von 0,30 wurde für die anderen Räume („Übrige Räume“) gewählt.

Der Tabelle im Anhang kann entnommen werden, welcher Aufwand bei dem derzeitigen Lüftungskonzept erforderlich ist und welchen Beitrag eine optimierte mechanische Lüftung für das Erreichen des Sanierungszieles liefern kann. Ab Werten oberhalb von  $150 \text{ ng/m}^3$  (halber Sanierungszielwert; Berücksichtigung der sommerlichen Erhöhung) wechselt der Farbton auf orange und indiziert einen Bedarf technischer Lüftung. Bleibt die Farbgebung im Grünbereich, so wird durch technische Lüftung spezifizierter Höhe der Schadstoffgehalt der Luft damit wahrscheinlich ausreichend gut zu reduzieren sein.

Es ergibt sich, dass bei natürlicher Lüftung (Ansatz Luftwechsel  $1/\text{h}$ ) die Schadstoffminderung bis unter unkritische Grenzen auch im Sommer für die Gänge und die Mehrzahl der Klassenräume nicht realistisch erscheint. Der Tabelle ist zu entnehmen, dass bei Beibehaltung des Fensterlüftungskonzeptes die Reduktion der Schadstoffgehalte nahezu ausschließlich durch bauliche Maßnahmen (Ausbau der kontaminierten Bauteile, diffusionsdichtes Abkapseln kontaminierter Bauteile) erfolgen muss.

Erst mit technischen Luftwechselraten von 3/h erscheint es wahrscheinlich, dass in allen Klassen durchgängig genügend Schadstoffverdünnung erfolgt, so dass der Sanierungszielwert von 300 ng/m<sup>3</sup> recht sicher eingehalten wird. Höhere Luftwechselraten als 3/h bergen nach meinem Dafürhalten die Gefahr von Zugscheinungen in Teilbereichen der Räumlichkeiten.

In den Gang- bzw. Flurbereichen sind bauliche Maßnahmen (Ausbau, oder Maskierung der Primärquellen) deshalb in jedem Fall notwendig.

Die aus hygienischer Sicht erforderlichen Luftwechselzahlen für den Unterrichtsbetrieb werden somit ohne zusätzliche Lüftungsmaßnahmen während des Unterrichtes in den Klassen nicht sicher erreicht.

Der Unterzeichner geht auf der Basis der vorgenommenen Abschätzung davon aus, dass mit Hilfe lüftungstechnischer Einrichtungen - die so ausgelegt sind, dass durch Nutzer verursachte Luftverunreinigungen optimal fortgeleitet werden - in den Räumen mit Ausnahme der Flure die Höhe der PCB-Konzentrationen soweit reduziert werden kann, dass in allen Unterrichtsräumen der Sanierungszielwert von 300 ng / m<sup>3</sup> auch im Sommer mit hoher Wahrscheinlichkeit unterschritten bleibt.

In den Flurbereichen erscheinen bauliche Sanierungsmaßnahmen unumgänglich. Technische Lüftungskonzepte bergen in diesen Bereichen die Gefahr von Unterdimensionierungen.

Für Rückfragen und weitere Erläuterungen zu dieser Stellungnahme steht der Unterzeichner jederzeit gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Dipl.-Ing. M. Obeloer  
Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Schadstoffe in Innenräumen  
biomess Ingenieurbüro GmbH

Für unterschiedliche Luftwechsellzahlen									
Raum- typ	Entnahmeort	Gesamt-Σ PCB* ng/m³	Raumvolumen m³	Quellstärke ng/h	ZUERWARTENDE KONZENTRATIONEN				
					Angenommener Luftwechsel bei Messung n (1/h)	1 BEI 1/h	2 BEI 2/h	3 BEI 3/h	
Flure / Gänge	EG, Flur F EA	2133	157,50	134379	0,4	853	427	284	
Flure / Gänge	EG, Tür vor Küche	763	123,30	37631	0,4	305	153	102	
Flure / Gänge	EG, Flur F EC	869	89,70	31180	0,4	348	174	116	
Flure / Gänge	EG, Eingangshalle	682	375,60	102464	0,4	273	136	91	
Flure / Gänge	1 OG, Flur F 1C	1081	370,50	160204	0,4	432	216	144	
Flure / Gänge	1 OG, Flur F 1B	847	370,50	125525	0,4	339	169	113	
Flure / Gänge	1 OG, Flur 1A	1218	157,50	76734	0,4	487	244	162	
Flure / Gänge	2. OG, Flur F 2C	1278	370,50	189400	0,4	511	258	170	
Flure / Gänge	2. OG, Flur F 2B	953	370,50	141235	0,4	381	191	127	
Flure / Gänge	2. OG Flur F 2A	1128	157,50	71064	0,4	451	228	150	
<b>Statistik</b>	<i>Minimum</i>	682	90	31180		273	136	91	
	<i>Maximum</i>	2133	376	189400		853	427	284	
	<i>Mittelwert</i>	1095	254	106982		438	219	148	
	<i>Standardabweichung</i>	414	125	52360		166	83	55	
Klassen	EG, Gruppe	283	56,40	3990	0,25	71	35	24	
Klassen	EG, Kl. E-18 (Geb.Seite SW)	536	186,90	25045	0,25	134	67	45	
Klassen	EG, Klasse E-17	512	184,50	23616	0,25	128	64	43	
Klassen	EG, Mehrzweckraum	610	234,00	35685	0,25	153	76	51	
Klassen	EG, Klasse E-1	289	193,60	13988	0,25	72	36	24	
Klassen	EG Kl. E-18 (Geb.Seite NO)	612	186,60	28550	0,25	153	77	51	
Klassen	EG, Klasse E-6	863	259,50	55987	0,25	216	108	72	
Klassen	EG, Klasse E-7	240	186,90	11214	0,25	60	30	20	
Klassen	1 OG, Klasse 1.03	428	184,20	19709	0,25	107	54	36	
Klassen	1 OG, Klasse 1.02	606	184,20	27906	0,25	152	76	51	
Klassen	1 OG, Klasse 1.01	292	192,60	14060	0,25	73	37	24	
Klassen	1 OG, Klasse 1.10	632	186,60	29483	0,25	158	79	53	
Klassen	1 OG, Klasse 1.11	585	228,00	33345	0,25	146	73	49	
Klassen	1 OG, Klasse 1.08	520	186,90	24297	0,25	130	65	43	
Klassen	1 OG, Klasse 1.09	543	184,50	25046	0,25	136	68	45	
Klassen	2 OG, Computerraum	656	192,60	31586	0,25	164	82	55	
Klassen	2 OG, Klasse 2.02	944	184,20	43471	0,25	236	118	79	
Klassen	2 OG, Klasse 2.11	682	228,00	38874	0,25	171	85	57	
Klassen	2 OG, Klasse 2.08	620	186,90	28970	0,25	155	78	52	
Klassen	2 OG, Klasse 2.09	604	184,50	27860	0,25	151	76	50	
Klassen	2 OG, Klasse 2.10	731	186,60	34101	0,25	183	91	61	
Klassen	2 OG, Klasse 2.03	870	184,20	40064	0,25	218	109	73	
<b>Statistik</b>	<i>Minimum</i>	240	56	3990		60	30	20	
	<i>Maximum</i>	944	260	55987		236	118	79	
	<i>Mittelwert</i>	575	190	28038		144	72	48	
	<i>Standardabweichung</i>	189	36	11538		47	24	16	
Übrige	EG Büro Hausmeister	122	72,60	2657	0,3	37	18	12	
Übrige	EG, Küche E-5	857	60,90	15657	0,3	257	129	86	
Übrige	EG, Sekretariat	80	45,70	1097	0,3	24	12	8	
Übrige	EG, E-12 Lehrzimmer	117	159,30	5591	0,3	35	18	12	
Übrige	EG, Rektor E-10	90	77,40	2090	0,3	27	14	9	
Übrige	EG, E-11 Stellv. Rektor	125	57,6	2160	0,3	38	19	13	
<b>Statistik</b>	<i>Minimum</i>	80	46	1097		24	12	8	
	<i>Maximum</i>	857	159	15657		257	129	86	
	<i>Mittelwert</i>	232	79	4875		70	35	23	
	<i>Standardabweichung</i>	307	41	5497		92	46	31	

\* nach LAGA