

Untersuchungsbericht

Untersuchungen zu einem neuen Sanierungsverfahrens für PCB-belastete Deckenplatten

Auftraggeber:

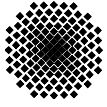


Datum des Berichtes: 01.07.2002

Auftrag: V/202 0097 Zö/Gö

Textseiten: 13 (einschließlich Deckblatt)

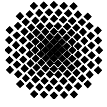
Beilagen: -



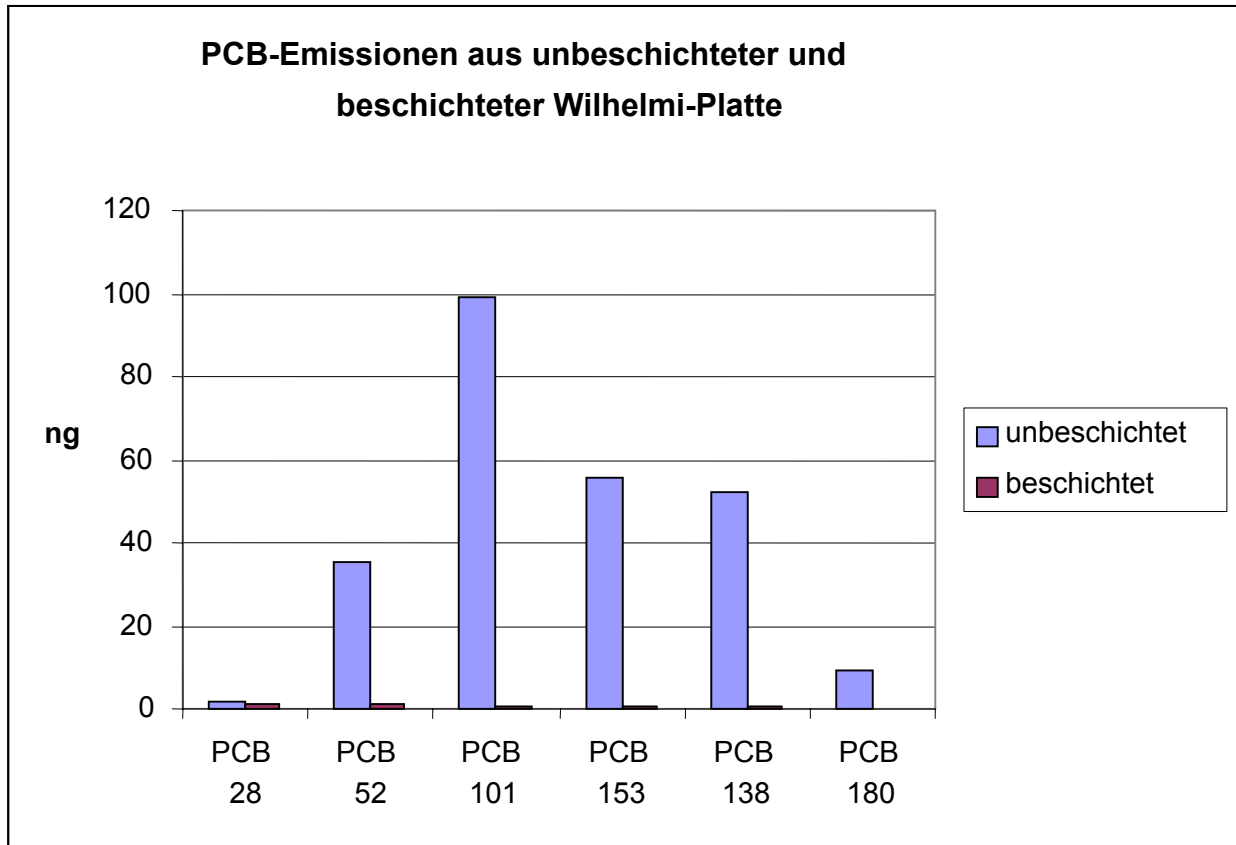
AUFGABENSTELLUNG

Eine der Hauptemissionsquellen für polychlorierte Biphenyle in öffentlichen Gebäuden sind Deckenplatten, dessen Oberfläche bis zum Jahre 1973 mit einem PCB-haltigen Flammschutzanstrich versehen wurde. Die Gehalte in diesem Anstrich können bis zu 20 % betragen, wobei es sich um ein PCB-Gemisch mit größtenteils hochchlorierten PCBs handelt (A50-60). Diese PCB-Emissionsquelle führt im Innenraum in der Regel zu PCB-Raumluftbelastungen in der Größenordnung von 1500 – 3500 ng/m³, was kurz- bis mittelfristig Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung erforderlich macht. Nach der PCB-Richtlinie kommt für eine dauerhafte Sanierung von Primärquellen nur das Entfernen oder auch in Einzelfällen deren räumliche Trennung durch feste Bauteile in Betracht. Diese Sanierungsmaßnahmen müssen unter Beachtung der erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen und mit Maßnahmen zum Schutz der Gebäudenutzer durchgeführt werden. Durch staubdichte Abschottungen der Arbeitsbereiche muß sichergestellt werden, dass bei der Sanierung freigesetzte Stäube nicht in angrenzende Gebäudebereiche gelangen können. Der Aufwand für die Sanierung von Räumen mit PCB-haltigen Deckenplatten beläuft sich nach den Erfahrungen mit bisher durchgeführten Sanierungsmaßnahmen incl. der Installation von neuen Deckenplatten auf ca. 200 € – 400 € pro Quadratmeter.

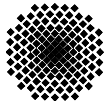
Um für diese Sanierungsmaßnahmen eine kostengünstigere Alternative zu finden wurden Versuche mit einem Sanierungssystem durchgeführt, welches schon bei der Sanierung von PCB-Sekundärbelastungen auf Oberflächen erfolgreich eingesetzt wurde. Dieses Sanierungssystem „PF-2-Combi“ ist ein zweistufiges Oberflächen- Sanierungsverfahren, wobei zunächst einige Schadstoffe chemisch umgewandelt, andere physikalisch an der Oberfläche fixiert werden. Daran anschließend werden die Oberflächen mit einer farblosen, dauerelastischen Diffusionsbremse überzogen.



Vorversuche an einer PCB-belasteten Deckenplatte („Wilhelmi-Deckenplatte“) zeigten noch ca. 6 Monate nach der Beschichtung der Platten mit PF-2-Combi eine mehr als 95%ige Reduzierung der PCB-Emissionen von der Oberfläche, wie die folgende Abbildung der Kongenerenverteilung der emittierten PCBs aus beschichteter und unbeschichteter Platte zeigt:



Um dieses PCB-Sanierungsverfahren an einem realen Objekt zu erproben, sollten in einem mit PCB-belasteten Deckenplatten ausgestatteten Raum eine Probesanierung durchgeführt werden. Hierfür wurde durch das [REDACTED] ein Raum im Gebäude D der Universität [REDACTED] – zur Verfügung gestellt. Das Ergebnis dieser Maßnahmen sollten durch begleitende Messungen vor und nach der Beschichtung, sowohl in dem Proberaum, als auch in einem baugleichen Referenzraum dokumentiert werden.



DURCHFÜHRUNG DER MAßNAHMEN UND MEßERGEBNISSE

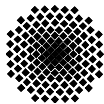
Zur Ermittlung der PCB-Raumluftkonzentrationen vor der Durchführung der Beschichtungsarbeiten an der „Wilhelmi-Decke“ im Probesanierungsraum P 14 des Gebäudes D erfolgte zunächst eine Ausgangsmessung. Diese Ausgangsmessungen wurden am 17. April 2002 sowohl im Probesanierungsraum P 14 als auch im Referenzraum P 07 durch das Institut Prof. Dr. Jäger durchgeführt (siehe „Prüfbericht vom 29.05.2002 an das [REDACTED] mit Tagebuch-Nr.: L 6917“ des Instituts Jäger).

Bei den Untersuchungen erfolgten jeweils zusätzliche Messungen in einem Referenzraum, der die gleiche Ausstattung wie der Probesanierungsraum aufwies, in dem jedoch keine Sanierungsmaßnahmen erfolgten. Durch einen Vergleich der Raumluftgehalte im Probesanierungsraum und im Referenzraum können damit Änderungen der PCB-Raumluftgehalte, die sich allein aufgrund unterschiedlicher Raumtemperaturen bzw. Oberflächentemperaturen ergeben, bei der Beurteilung der Maßnahmen zur PCB-Sanierung berücksichtigt werden.

Die Messungen wurden unter „worst-case“-Bedingungen durchgeführt, d.h. um vergleichbare Bedingungen bei den einzelnen Messungen zu erhalten, blieben die Räume vor den Messungen ca. 8 - 12 Stunden ungelüftet. Neben den Raumluftprobemessungen wurden auch die klimatischen Parameter sowie die Oberflächentemperaturen in den jeweiligen Meßräumen ermittelt.

Hierbei ergaben sich dann folgende Ergebnisse:

Messungen Inst. Jäger vor Probesanierung 17.04. 02	Raumluftgehalte Sanierungsraum P 14 [ng/m ³]	Raumluftgehalte Referenzraum P 07 [ng/m ³]
Proben-Nr.	L 6917/1	L 6917/2
PCB - Nr. 28	4	6
PCB - Nr. 52	35	23
PCB - Nr. 101	93	70
PCB - Nr. 153	69	38
PCB - Nr. 138	52	35
PCB - Nr. 180	14	10
Summe PCB nach LAGA] ②	1335	910



Für das Raumklima wurden während der Messungen folgende Parameter ermittelt:

	Sanierungsraum P 14	Referenzraum P 07
Ø Raumtemperatur	21,5 °C	21 °C
Ø Raumluftfeuchte	37 %	47 %

Die Bestimmung der Oberflächentemperaturen ergab folgende Ergebnisse:

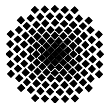
	Sanierungsraum P 14	Referenzraum P 07
Boden	22 °C	20 °C
Decke	22 °C	21 °C
Innenwände	22 °C	21 °C
Außenwand/ Fuge	18 – 20 °C	17 – 18 °C

Die Beschichtung der „Wilhelmi-Decke“ mittels dem System „PF-2-Combi“ erfolgte dann am 6. / 7. Mai im Raum P 14.

Nach einer Trocknungsphase von ca. 2 Wochen wurden dann am 22. Mai 2002 wiederum durch das Institut Prof. Jäger Kontrollmessungen auf die PCB-Raumluftgehalte in dem Probesanierungsraum P 14 als auch in dem Referenzraum P 07 unter den gleichen Bedingungen durchgeführt.

Hierbei ergaben sich folgende Ergebnisse:

Messungen Inst. Jäger 22.05.02	nach Beschichten der Decke Sanierungsraum P 14 Raumluftgehalte [ng/m³]	Raumluftgehalte Referenzraum P 07 [ng/m³]
Proben-Nr.	L 6917/3	L 6917/4
PCB - Nr. 28	3	10
PCB - Nr. 52	17	48
PCB - Nr. 101	38	135



Messungen Inst. Jäger 22.05.02	nach Beschichten der Decke Sanierungsraum P 14 Raumluftgehalte [ng/m³]	Raumluftgehalte Referenzraum P 07 [ng/m³]
Proben-Nr.	L 6917/3	L 6917/4
PCB - Nr. 153	34	118
PCB - Nr. 138	36	114
PCB - Nr. 180	7	22
Summe PCB [nach LAGA] ②	675	2235

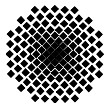
Für das Raumklima wurden während der Messungen folgende Parameter ermittelt:

	Sanierungsraum P 14	Referenzraum P 07
Ø Raumtemperatur	23 °C	23,2 °C
Ø Raumluftfeuchte	47 %	52 %

Die Bestimmung der Oberflächentemperaturen ergab folgende Ergebnisse:

	Sanierungsraum P 14	Referenzraum P 07
Boden	23 °C	23 °C
Decke	24 °C	24 °C
Innenwände	24 °C	24 °C
Außenwand/ Fuge	23 – 25 °C	23 – 25 °C

Zur Verifizierung der obigen Messergebnisse und zur Erfassung der von den Oberflächen des Probesanierungsraumes weiterhin emittierenden PCB-Restemissionen wurde die Forschungs- und Materialprüfungsanstalt mit weiteren Untersuchungen beauftragt. Diese Untersuchungen fanden am 7. Juni 2002 im Probesanierungsraum P 14 und im Referenzraum P 07 statt. Im Probesanierungsraum P 14 war zwei Tage vorher der Boden entwacht und neu gewachst worden.



Die beiden Räume sollten wiederum am Vorabend der Messungen intensiv gelüftet und dann bis zum Abschluß der Raumlufthprobenahmen ungelüftet bleiben. Entgegen diesen Vorgaben wurde jedoch der Referenzraum P 07 am Morgen des 7. Juni versehentlich gelüftet, was jedoch erst nach Abschluß der Messungen bekannt wurde.

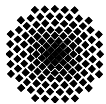
Die Raumlufthuntersuchungen am 7. Juni 2002 ergaben folgende Raumlufthgehalte und Klimaparameter:

Messungen FMPA 07.06.02	nach Beschichten der Decke Sanierungsraum P 14 Raumlufthgehalte [ng/m³]	Raumlufthgehalte Referenzraum P 07 [ng/m³]
FMPA-Pr.Nr.	20307	20521
PCB - Nr. 28	3,7	9,3
PCB - Nr. 52	19,6	38,3
PCB - Nr. 101	48,2	123
PCB - Nr. 153	40,9	87,3
PCB - Nr. 138	43,9	88
PCB - Nr. 180	12,8	16,5
Summe PCB [nach LAGA] ②	845	1810 *

* Raum P07 wurde ca. 2 Stunden vor Messungen gelüftet!!

Für das Raumklima wurden während der Messungen folgende Parameter ermittelt:

	Sanierungsraum P 14	Referenzraum P 07
∅ Raumtemperatur	22,6 -23,3 °C	22 -23,7 °C
∅ Raumlufthfeuchte	58 - 55 %	54 - 52 %



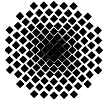
Die Bestimmung der Oberflächentemperaturen ergab folgende Ergebnisse:

	Sanierungsraum P 14	Referenzraum P 07
Boden	22,8 °C	22,8 °C
Decke	22,9 °C	22,9 °C
Innenwände	23,0 °C	23,0 °C
Betonpfeiler	23,3 °C	-
Schränke	22,9 °C	22,9 °C
Fensterrahmen	20,3 °C	20,2 °C

Die Untersuchungen auf die Restemissionen an polychlorierten Biphenylen von den Oberflächen des Probesanierungsraumes erfolgten mit speziellen Passivsammlern, die von Freitag, dem 7. Juni bis Freitag den 14. Juni 2002 auf die Oberflächen aufgesetzt wurden. Die von der Fläche her relevanten im Raum vorhandenen Oberflächen handelte es sich um die kunststofffurnierten Schränke, die Metall-Zwischenwände, den PVC-Boden und die beschichteten Wilhelmi-Deckenplatten. Die Flächen dieser Materialien im Raum P 14 betragen:

Oberflächen im Raum P 07	Oberfläche [m²]
Schränke	21,6
Metall-Zwischenwände	30
PVC-Fußboden	22,7
Wilhelmi-Deckenplatten	22,7

Die Auswertung der Passivsammler erfolgte nach entsprechender Extraktion mittels Gaschromatografie / hochauflösender Massenspektrometrie, wobei die Quantifizierung gegen 5 ¹³C-PCB-Kongenere erfolgte, mit denen das im Passivsammler befindliche Absorbens vor der Probenahme gespikt worden war.

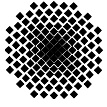


Hierbei ergaben sich folgende PCB-Gehalte in den Passivsammlern:

	Passivsammler Schränke [ng]	Passivsammler Wände [ng]	Passivsammler PVC-Boden [ng]	Passivsammler Wilhelmi-Decke beschichtet [ng]
PCB 28	< 2	< 2	2	< 2
PCB 52	4	3	13	3
PCB 101	8	13	14	3
PCB 152	10	16	3	< 2
PCB 138	14	19	2	< 2
PCB 180	4	4	< 2	< 2
Σ PCB nach Laga	205	280	175	> 30 < 70

Mit der Fläche der Passivsammler, der Fläche der Materialien im Raum, der Dauer der Passivsammlung und dem Raumvolumen lassen sich die Anteile der einzelnen sekundärbelasteten Oberflächen an den verbleibenden PCB-Raumluftgehalten ermitteln. Es ergeben sich folgende Emissions- Werte:

	PCB-Restemissionen von sekundärbelasteten Oberflächen – Probesanierungsraum P 07 (Σ PCB nach Laga)	
	[ng/m ³ h]	[%]-Anteil der Oberfläche an PCB-Raumluftgehalten
Schränke	70	25
Metall-Zwischenwände	130	46
PVC-Fußboden	63	22,5
Wilhelmi-Deckenplatten	18	6,5
Summe der Emissionen	281	100



Bei einer geschätzten Luftwechselrate von 0,4 / h ergeben sich aus den oben ermittelten Summe der Restemissionen von den sekundärbelasteten Oberflächen (281 ng PCB/m³h) Raumlufthalte von ca. 700 ng PCB/m³. Diese aus den Oberflächenemissionen ermittelten Raumlufthalte liegen in der Größenordnung der bei den Raumlufthaltungen des sanierten Raumes P 07 erhaltenen Raumlufthalte von 675 – 845 ng PCB/m³.

Der Anteil der Primärquelle an den PCB-Raumlufthaltungen der Innenraumlufthaltung konnte damit nachweisbar signifikant gesenkt werden

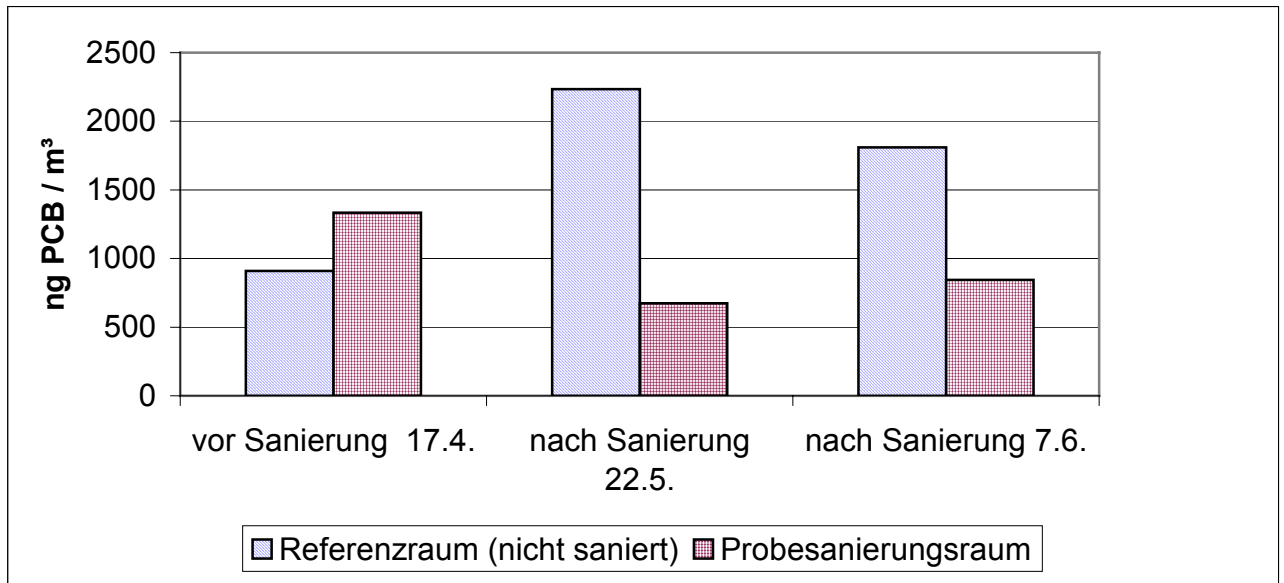
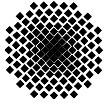
ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

1) Raumlufthaltungen

Eine Zusammenfassung der im Rahmen der Probesanierungsmaßnahmen erhaltenen Ergebnisse der Raumlufthaltungen zeigt die folgende Tabelle bzw. die folgende Grafik:

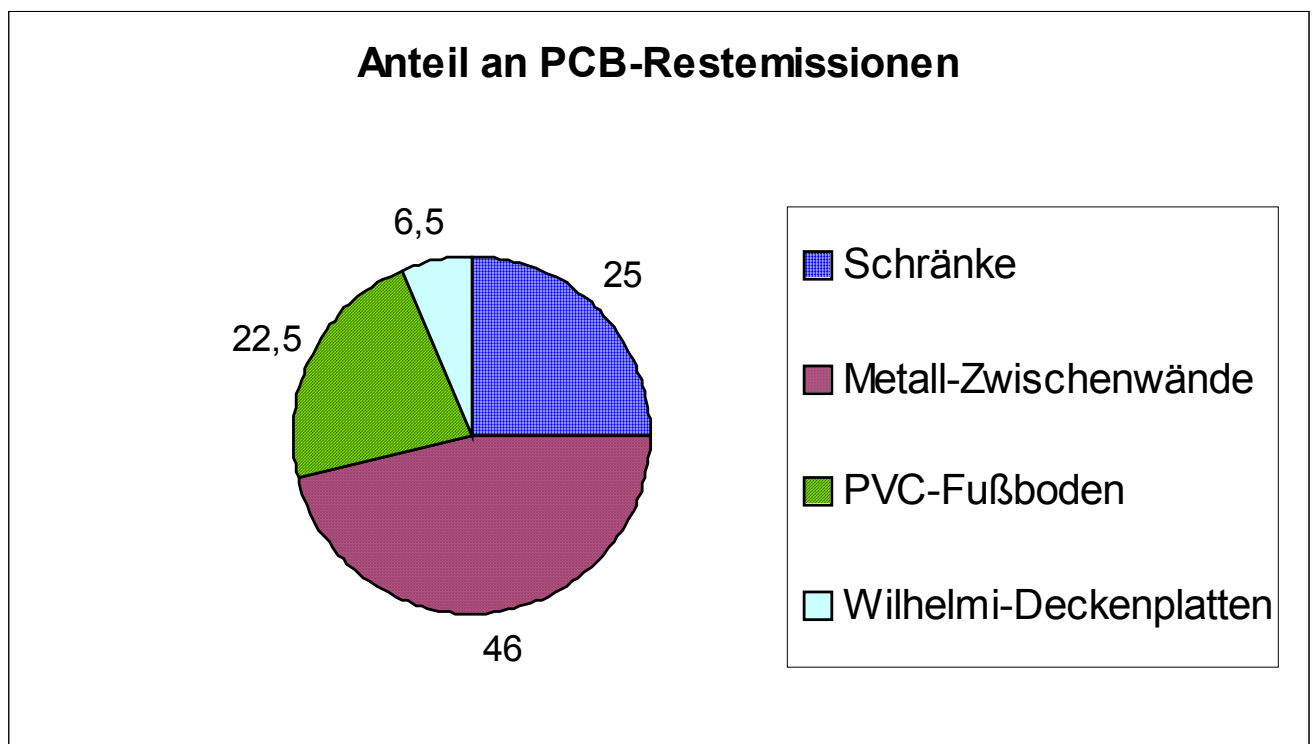
	Raumlufthalte [ng PCB/m³] Laga	Raumlufthalte [ng PCB/m³] Laga	Raumlufthalte [ng PCB/m³] Laga
	vor Sanierung 17.04. 02	nach Sanierung in P 07 22.05.02	nach Sanierung in P 07 07.06.02
Sanierungsraum P 07	1335	675	845
Referenzraum P 14	910	2235	1810*

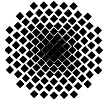
* Raum wurde ca. 2 Stunden vor Messungen gelüftet



2) Untersuchung der Oberflächenemissionen

Den Anteil der verschiedenen Oberflächen an den verbleibenden PCB-Restemissionen im sanierten Raum P 07 zeigt das folgende Diagramm:





BEWERTUNG

Die in einem Probesanierungsraum der Universität [REDACTED] durchgeführten Maßnahmen zur Reduzierung der PCB-Emissionen von den Primärquellen Wilhelmi-Deckenplatten ergab eine mehr als 90 %ige Minderung, wie aus den Ergebnissen der Beprobungen mittels Passivsammlern zu sehen ist.

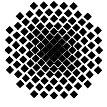
Die Minderung der Raumluftgehalte fiel nicht so deutlich aus, da neben der Primärquelle Wilhelmi-Deckenplatte noch weitere PCB-Emittenten im Raum vorliegen. Bei diesen Emittenten handelt es sich um Sekundärquellen, die sich im Laufe der Zeit mit PCBs aus der Raumluft aufgeladen haben und die diese nun langsam wieder abgeben. Aus den gewonnenen Daten zeigt sich, dass hierbei die Metall-Zwischenwände den höchsten Anteil an den Restemissionen darstellen.

Die Raumluftgehalte im Probesanierungsraum wurden jeweils im Vergleich zu einem Referenzraum ermittelt, um die Reduzierung der PCB-Raumluftgehalte vergleichend unabhängig von den Temperaturschwankungen zu erhalten. Dabei zeigte sich bei der Sanierungskontrollmessung nach Beschichten der Wilhelmi-Decke am 22. Mai 2002, dass eine Reduzierung der Raumluftgehalte um 70 % erreicht werden kann.

Die 3. Messung am 7. Juni 2002 konnte nicht entsprechend ausgewertet werden, da hier aufgrund einer versehentlichen Lüftung des Referenzraumes dessen Raumluftgehalt nicht in die Bewertung einbezogen werden kann.

Die mittels der Beschichtung der Wilhelmi-Deckenplatten erreichte Absenkung der PCB-Raumluftgehalte auf ca. 700 ng PCB/m³ ist u. E. ausreichend für die angestrebte Minderung der Raumluftbelastungen, da diese Raumluftgehalte unter „worst-case“-Bedingungen, d. h. nach mehr als 8-stündigem Geschlossenhalten der Räume ermittelt wurden und da davon auszugehen ist, dass die noch vorhandenen Sekundärkontaminationen der Oberflächen im Laufe der Zeit weiter zurückgehen werden. Unter realen Nutzungsbedingungen mit ca. 1-2 stündlicher Lüftung ist davon auszugehen, dass die PCB-Raumluftgehalte weit niedriger, etwa im Bereich des Sanierungszielwertes der PCB-Richtlinie von 300 ng/m³, liegen werden.

Bei einem Vergleich der möglichen Sanierungsvarianten für PCB-belastete Wilhelmi-Deckenplatten – dem Ausbau der Platten und dem Beschichten der Plattenoberfläche – ergibt sich, dass die Variante der Beschichtung vom Aufwand her die eher günstigste ist, da hier die staubdichte Abschottung der Sanierungsbereiche, die Entsorgung der ausgebauten Deckenplatten und die Wiederherstellung der Decke entfällt.



Dies gilt aber nur unter der Voraussetzung, dass nicht ohnehin Arbeiten an der Decke erfolgen müssen (Installationen etc.), bei denen die Decke geöffnet werden muß, da hier die erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen angewendet werden müssten.

Bei beiden Sanierungsvarianten werden die Emissionen an polychlorierten Biphenylen aus der Primärquelle Deckenplatte erheblich reduziert - bei der Beschichtung um ca. 90%, wie die Auswertungen der Passivsammler zeigen, - beim Ausbau um 100%, da hier ja die Primärquellen gänzlich entfernt wurden. Die verbleibenden Restemissionen resultieren aus sekundärbelasteten Oberflächen, die, sollte ein sofortige weitere Minderung der PCB-Raumluftgehalte angestrebt werden, bei beiden Sanierungsvarianten einer weiteren Behandlung (Intensivreinigung, Beschichtung) unterzogen werden müssten.

ZUSAMMENFASSUNG

Die in einem Probesanierungsraum durchgeführten Versuche zur Minderung der PCB-Emissionen aus belasteten Wilhelmi-Deckenplatten durch ein Beschichtungssystem ergaben eine deutliche Minderung dieser Emissionen und stellen eine Alternative zu dem bisher praktizierten und nach der PCB-Richtlinie erforderlichen Ausbau dieser Primärquellen dar.

Bezüglich der Langzeitwirkung des Beschichtungssystems läuft z. Zt. eine Untersuchung, die über ein Zeitrafferverfahren die Wirkung der Beschichtung über einen Zeitraum von 5 bzw. 10 Jahren prüft. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im Juli / August vorliegen.

Bearbeiter

Leiter des Fachbereichs Bauchemie

Dr. rer. nat. D. Zöltzer

Dr. rer. nat. G. Volland