

PCB-Sanierung im Zeichen der Richtwerte des AIR von 2025

Jörg Wohlgemuth, Competenza GmbH

1. Einleitung

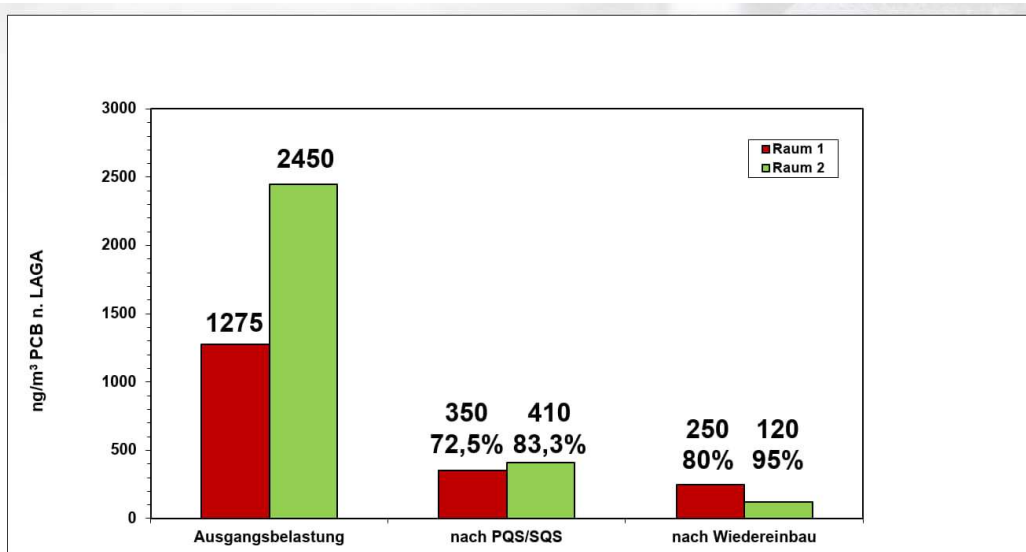
Mit der ersten PCB-Richtlinie (Hessen 1993) wurden Sanierungszielwerte definiert, die sich mehr als 30 Jahre gehalten haben. Der Eingreifwert von 3.000 ng/m³ überdauerte sogar die Herabsetzung des Arbeitsplatzgrenzwertes auf die gleiche Konzentration 2017 – dies, obgleich aktuellere toxikologische Daten vorlagen. Deshalb war es mehr als Zeit, dass der AIR sich mit der Richtwertproblematik für PCB auseinandersetzt. Mit einem RW II von 800 ng/m³ (Eingreifwert) und einem RW I von 80 ng/m³ (Zielwert) sind diese Werte im Vergleich zur derzeit (noch) gültigen PCB-Richtlinie deutlich niedriger. Eine Neufassung der PCB-Richtlinie bzw. die Änderung der Vorgabewerte ist für den Herbst dieses Jahres geplant. Vieles deutet darauf hin, dass nur der RW II in die Richtlinie aufgenommen wird. Auch wenn es derzeit unwahrscheinlich ist, dass es der RW I als Zielwert in die Neufassung schafft, muss trotzdem die Frage gestellt werden, wie der RW I bei einer PCB-Sanierung erreicht bzw. unterschritten werden kann. Dabei sind folgende Fragen relevant:

- ✓ Welche Reduktion kann man mit den bisher bekannten Sanierungsmaßnahmen erreichen?
- ✓ Ist das Sanierungsziel RW I mit Beschichtung von Sekundärquellen erreichbar?
- ✓ Kommen wir bei einer Sanierung mit Zielwert unter RW I ohne mechanische Belüftung aus?
- ✓ Gibt es eine Belastungsgrenze, ab der ein Gebäude abgerissen werden muss, da auch eine mechanische Belüftung nach Sanierung nicht ausreicht?

2. Fallbeispiele

Zur Beantwortung dieser Fragen haben wir drei eigene PCB-Sanierungen und eine auf der DCONEx 2019 von Otmar Reifer vorgestellte PCB-Sanierung genauer untersucht. Zwei dieser Fälle, im Folgenden als Sanierungsfall 1 und Sanierungsfall 4 bezeichnet, im Folgenden näher betrachtet.

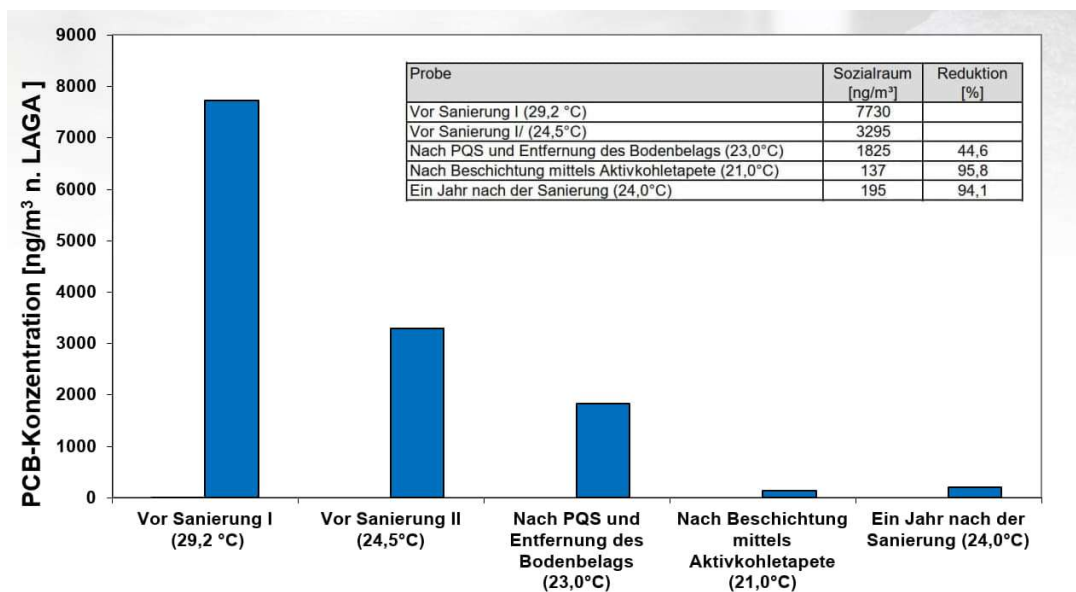
Bei Sanierungsfall 1 handelt es sich um zwei Räume in einem öffentlichen Gebäude, die schon Anfang der 2000er Jahre umfangreich saniert wurden. Dabei wurden die primär belasteten Fugenmassen vollständig und die sekundär belasteten Materialien weitestgehend entfernt. Abbildung 1 zeigt, wie die PCB-Konzentration im Laufe der Sanierung abgenommen hat. Angegeben ist auch die erreichte Reduktion im Vergleich zur Ausgangsbelastung. Nach der Primärquellen- und Sekundärquellensanierung (PQS/SQS) wurde bereits eine Reduktion von ca. 70% bis 80% erreicht. Nach dem Wiedereinbau lag die Reduktion bei 80% bis 95%. Auffällig ist, dass, obwohl beide Räume auf die gleiche Weise saniert wurden, unterschiedliche Reduktionsniveaus erreicht wurden. Dieser Umstand tritt erfahrungsgemäß öfter auf und wurde auch von Herrn Reifer bei der von ihm durchgeführten Sanierung beobachtet.



Im Zuge des Sanierungsfalles 4 wurden die Primärquellen (Fugenmassen) und einige Sekundärquellen entfernt. Die weitaus größte bzw. flächigste Sekundärquelle der Wände und Decken wurde mittels Aktivkohletapete beschichtet. Der Verlauf der PCB-Konzentration während der Sanierung ist in Abbildung 2 gezeigt. Die ersten beiden Werte der Ausgangskonzentration sollen verdeutlichen, wie groß der Einfluss der Raum- bzw. richtiger der Bauteiltemperatur sein kann. Bei einem Großteil der belasteten Fugenmassen handelte es sich um Dichtungsmassen der Fenster. Hier führte eine knapp 5°C geringere Temperatur bei der Zweitmessung zu mehr als einer Halbierung der PCB-Konzentration, die bei der Erstmessung ermittelt wurde, ohne dass bereits eine Sanierungsmaßnahme stattgefunden

hätten. Ein Effekt, der gerade bei Abdichtungsmassen an den Fenstern mit südlicher Ausrichtung zu beobachten ist.

Der in der Abbildung enthaltenen Tabelle ist zu entnehmen, dass die Ausgangsbelastung durch die Sanierung bezogen auf die niedrigere Ausgangskonzentration um ca. 95% reduziert werden konnte. Der Wert war auch ein Jahr nach der Sanierung, wenn man den Temperaturunterschied bei den beiden Messungen von 3°C berücksichtigt, stabil.



Zusammenfassend über alle 4 Fälle lässt sich feststellen, dass die Ausgangsbelastung um 80% bis nahezu 100 % reduziert werden konnte. Die höchsten Reduktionen werden naturgemäß bei Sanierungen erzielt, bei denen möglichst alle PCB-Quellen entfernt werden. Die Werte liegen hier bei bis zu 99,96%. Trotzdem werden auch bei diesen Sanierungen in einzelnen Räumen geringere Reduktionen von knapp über 80% erreicht. Angesichts der Tatsache, dass hierbei oft auch Betonsanierungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen, da bei der Bearbeitung der Fugenflanken die Armierung freigelegt wird, ein ernüchterndes Ergebnis.

Vorschlag: Trotzdem werden auch bei diesen Sanierungen in einzelnen Räumen geringere Reduktionen von knapp über 80% erreicht – ein ernüchterndes Ergebnis angesichts der Tatsache, dass hierbei oft auch Betonsanierungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen, da bei der Bearbeitung der Fugenflanken die Armierung freigelegt wird.

Vor dem Hintergrund, dass sich bei den bislang durchgeführten PCB-Sanierungen Reduktionen von 80% bis nahe 100% erreichen lassen konnten, stellt sich die Frage, welche prozentuale Reduktion wir in Abhängigkeit von der Ausgangsbelastung erreichen müssen, um den RW I zu unterschreiten. Nachfolgend ist dies tabellarisch dargestellt.

Reduktions-niveau	Maximale PCB-Konzentration vor der Sanierung (keine Lüftung)
90%	800,00 ng/m ³
95%	1.600,00 ng/m ³
96%	2.000,00 ng/m ³
97%	2.666,67 ng/m ³
98%	4.000,00 ng/m ³
99%	8.000,00 ng/m ³
99,50%	16.000,00 ng/m ³

Bei den häufig vorkommenden Ausgangsbelastungen von ca. 2.000 ng/m³ bis 4.000 ng/m³ sind gemäß der Tabelle prozentuale Reduktionen von 96% bis 98% erforderlich, um den Richtwert I zu erreichen. Wie oben dargestellt ist das möglich, lässt sich aber homogen über das zu sanierende Gebäude erfahrungsgemäß nicht so darstellen. Es wird dabei immer wieder Räume geben, die das Reduktionsziel nicht erreichen. Schon allein deshalb ist unseres Erachtens nach einer mechanischen Belüftung der Räume erforderlich, um diese Heterogenität der Reduktion auszugleichen. Darüber hinaus ließe sich der erforderliche Sanierungsaufwand durch den Einsatz von Lüftungsanlagen reduzieren. Dabei könnte z.B. auf den Abtrag der Betonflanke verzichtet werden, wenn die Armierungspläne unzureichend sind, um sicherzustellen, dass nach dem Abtrag keine Betonsanierung erforderlich wird.

3. Was kann durch Lüftung erreicht werden?

In welcher Größenordnung lässt sich aber die PCB-Raumluftkonzentration durch eine Lüftungsanlage reduzieren? Für eine erste grobe Abschätzung greifen wir auf die Norm DIN EN ISO 16000-1 zurück. Hier wird für die Veränderung der Konzentration in der Zeit (dCi/dt) in einem Raum folgende Gleichung angegeben.

$$(1) \quad dCi/dt = (Q/V) + n \cdot Ca - A \cdot ci - n \cdot Ci$$

Ci = Konzentration des Stoffes im Innenraum [µg/m³]

Q = Quellstärke [µg/h]

V = Raumvolumen [m³]

n = Luftwechselrate [1/h]

Ca = Konzentration des Stoffes in der Außenluft [µg/m³]

A = Abbau-Faktor

T = Zeit

Unter Ausgleichsbedingungen ist $dC_i/dt = 0$, d.h., die Konzentration ändert sich mit der Zeit bei gleichbleibenden klimatischen Bedingungen nicht. Die PCB-Konzentration in der Außenluft kann vernachlässigt werden und ein Abbau von PCB in der Innenraumluft findet nicht statt. Das heißt, die Ausdrücke $n \cdot C_a$, $A \cdot c_i$, und $n \cdot C_i$ in Gleichung (1) fallen weg. Dadurch wird es möglich, die Konzentration nach der folgenden vereinfachten Gleichung zu berechnen:

$$(2) \quad C_i = Q/V \cdot n$$

bzw. bei bekannter Konzentration, die Quellstärke zu berechnen:

$$(3) \quad Q = C_i \cdot V \cdot n$$

Für die Frage, in welcher Größenordnung der Einfluss einer RLT-Anlage auf die PCB-Konzentration liegt, muss die Frage geklärt werden, bei welchem Luftwechsel die Ausgleichskonzentration ermittelt wurde. Dies sei an zwei Beispielen erläutert.

Hierzu wird zunächst über Gleichung (3) die Quellstärke des Raumes bzw. die Quellstärke aller Oberflächen des Raums bei bekanntem Luftwechsel berechnet. Unter der Annahme, dass die Quellstärke sich, zumindest für geringe Luftwechsel, bei gleicher Temperatur nicht signifikant ändert, kann nach Gleichung (2) die zu erwartende „theoretische“ Konzentration bei höheren Luftwechselraten berechnet werden.

Für beide Beispiele gehen wir von einem Raum von 60 m^3 und einer gemessenen Ausgleichskonzentration von 600 ng/m^3 aus. Im ersten Beispiel beträgt die Luftwechselrate bei der Messungen $0,18$ pro Stunde und im zweiten $0,5$ pro Stunde. Daraus ergeben sich Quellstärken von 6.480 ng/h (Fall 1) respektive 18.000 ng/h (Fall 2). Aus diesen Quellstärken lässt sich berechnen, dass im Fall 1 eine Luftwechselrate von 2 pro Stunde ausreichend ist, um den RW I zu unterschreiten. Im zweiten Fall braucht es, bei der gleichen Ausgangskonzentration, hierfür eine Luftwechselrate von 4 pro Stunde.

Hieraus folgt, dass ohne Kenntnis der Luftwechselrate, die bei der Ermittlung der Raumluftkonzentration ohne RLT vorgeherrscht hat, der Einfluss der Lüftung auf die Konzentration nicht abgeschätzt werden kann!

Was heißt dies für die in den letzten Jahrzehnten auf den alten PCB-Sanierungszielwert sanierten Gebäude? Hierfür wurde auf Basis der Gleichungen (2) und (3) unter der Annahme von Luftwechseln zwischen $0,18$ und 1 pro Stunde bei den Statusmessungen nach Sanierung und einer maximalen Konzentration, die den alten Zielwert widerspiegelt (300 ng/m^3), berechnet, welche Luftwechselrate notwendig ist, um den RW I zu erreichen bzw. zu unterschreiten. Tabelle 2 zeigt die berechneten Werte. Mit Luftwechselraten zwischen 2 und 4 pro Stunde liegen die Werte im Bereich einer normalen Büroraumlüftung.

Luftwechselrate bei der Messung [1/h]	Quellstärke bei 60 m ³ Raumvolumen [ng/m ³]	Luftwechselrate zur Erreichung < RW I [1/h]
0,18	3.240	2
0,5	9.000	2
0,75	13.500	3
1	1.800	4

4. Fazit

- ✓ Eine starke Reduzierung der Ausgangsbelastung ist nur mit umfangreichen Sanierungsmaßnahmen möglich.
- ✓ Auch Beschichtungsmaßnahmen können zur Erreichung einer starken Reduktion geeignet sein.
- ✓ Die stärkste Reduktion ist durch einen möglichst vollständigen Ausbau der Primär- und Sekundärquellen möglich. Dabei sind auch die Betonflanken abzutragen, was aber zu einer Betonsanierung führen kann (sehr hohe Kosten).
- ✓ Für eine sichere und nachhaltige Unterschreitung des RW I im gesamten Objekt ist eine technische Belüftung erforderlich.
- ✓ Für eine grobe Abschätzung der über eine RLT erzielbaren Reduktion der PCB-Konzentration ist die Kenntnis der Luftwechselrate, die bei der Messung vorgeherrscht hat, notwendig.
- ✓ In bereits seit den 1990er Jahren sanierten Gebäuden, bei denen die PCB-Konzentration unterhalb des damaligen Zielwertes liegt, könnte durch den Einbau einer RLT-Anlage der RW I unterschritten werden.

Literatur

- PCB-Richtlinie: Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden, September 1994
- Richtwerte für Polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Innenraumluft, Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR) Bundesgesundheitsbl 2025 · 68:201–218
- Neue Erfahrungen mit dem PCB-Sanierungsziel 100 ng/m³, Dipl.-Ing. Otmar Reifer, Tagungsband DCONex 2019
- DIN-EN-ISO 16000-1, Innenraumluftverunreinigungen – Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie, Deutsche Fassung 2006
- Luftwechsel im Gebäudebestand, Münzenberg et al., https://www.agoef.de/fileadmin/user_upload/dokumente/publikationen/auszuege-kongressreader/Muenzenberg-2004--natuerlicher-Luftwechsel-in-Gebaeuden-Bedeutung-Beurteilung-Schimmelpilzschaeden.pdf, letzter Zugriff 28.07.2026