

**GEMEINDE
REMSHALDEN**



PCB-SANIERUNG DER HAUPTSCHULE GERADSTETTEN



GESAMTSANIERUNGSMABNAHMEN

Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

als die Gemeindeverwaltung davon erfuhr, in welchem Maß unsere Grund- und Hauptschule mit PCB kontaminiert war, waren wir hellauf entsetzt. Entsetzt, weil Schülerinnen, Schüler, Lehrerinnen und Lehrer über Jahre hinweg einer hohen Belastung ausgesetzt waren. Entsetzt aber auch wegen der finanziellen Folgen, die eine Sanierung für den zu jenem Zeitpunkt ohnehin stark strapazierten Gemeindehaushalt bedeutet.

Dennoch war es weder für den Gemeinderat noch für die Gemeindeverwaltung jemals eine Frage, daß diese Aufgabe unverzüglich angegangen werden muß. Dank der Hilfe aller fachkundigen Firmen ist es uns gelungen, eine beispielhafte Sanierung durchführen zu können, bei der die Raumlufthalte von teilweise 15.000 ng PCB/m³ auf 600 ng PCB/m³ zurückgehen konnten.

Ich hoffe, daß diese Informationsbroschüre Ihnen wichtige Informationen über die Sanierung von mit PCB kontaminierten Gebäuden geben mag.

Remshalden im Dezember 1998

Andreas Spätgens
Bürgermeister

1. Beschreibung des Gebäudes

Die Grund- und Hauptschule Remshalden im Ortsteil Geradstetten wurde in den Jahren 1972-1974 erstellt. Es handelt sich um ein versetzt angelegtes Gebäude.

Die einzelnen Klassen-, Fach-, und Nebenräume sind auf verschiedenen Ebenen vom Untergeschoß bis ins vierte Obergeschoß untergebracht.



Abbildung 1: Grund- und Hauptschule Geradstetten

Baukonstruktion

Außenwände	Betonfertigteile
Decken	Betonrippendecke
Stützen	Stahlbetonbau
Trennwände	Mauerwerk, teilweise Sichtmauerwerk, Beton und leichte Holztrennwände
Dach	Flachdach mit Kiesschüttung
Nutzfläche	1.600 m ²
Verkehrsfläche	740 m ²
Umbauter Raum	15.000 m ³

Feststellung der Schadstoffe

Die Schulleitung wurde von Lehrern und Elternvertretern gebeten Schadstoffuntersuchungen ausführen zu lassen. Der Gemeindeverwaltung und dem Bauamt wurde dies im Frühjahr 1997 von der Schulleitung mitgeteilt.

Das Bauamt hat der vedewa am 6.3.1997 den Auftrag über die Schadstoffuntersuchung erteilt.

Am 17.3.1997 wurde eine Begehung und folgende Probenahmen durchgeführt.

Holzdecken in den Klassenzimmer

Untersuchung auf als Holzschutzmittel eingesetztes Pentachlorphenol (PCP) und Lindan.

Dehnfugen zwischen den Fenstern und Betonstützen

Untersuchung auf polychlorierte Biphenyle (PCB).

In den Holzproben waren keine erhöhten Konzentrationen von PCP und Lindan nachzuweisen. Die orientierende PCB-Untersuchung an den Dichtungsfugen zeigte deutlich erhöhte Werte an PCB.

Nach der Richtlinie des Wirtschaftsministeriums Baden Württemberg ist für die Bewertung einer möglichen Gefährdungssituation die Raumluftkonzentration an PCBs maßgebend.

Am 30.4.97 wurden in zwei Räumen die erforderlichen Raumluftmessungen durchgeführt. Die ermittelten hohen Konzentrationen an PCB in der Raumluft lagen in Bereichen, welche nach den Bestimmungen der PCB-Richtlinie Kontrollanalysen notwendig machten.

Diese Untersuchungen wurden von der Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden- Württemberg (FMFA) in der Zeit vom 5.6 bis 11.6.97 vorgenommen.

In vier Räumen wurden Raumluftmessungen unter normalen Nutzungsbedingungen während der Unterrichtszeiten durchgeführt, wobei die von der vedewa ermittelten Werte in der Größenordnung bestätigt wurden.

Vorbesprechungen, Informationsveranstaltung

Um die weitere Vorgehensweise abzuklären wurde am 27.6.97 eine Besprechung einberufen. Zu diesem Termin waren Vertreter des Gesundheitsamtes, der FMFA, vedewa, Schulleitung, sowie der Gemeindeverwaltung mit dem Bürgermeister und dem Bauamt anwesend.

Die Meßergebnisse wurden diskutiert und es wurde festgelegt, daß weitere Untersuchungen vorzunehmen waren.

Bei den ermittelten hohen Belastungen war es unumgänglich, den Schulbetrieb nach den Sommerferien auszulagern und kurzfristig die Sanierungsmaßnahmen zu planen und durchzuführen.

Die Schadstoffbelastung und die damit verbundene Auslagerung des Schulbetriebes als auch die weitere Vorgehensweise wurde in einer Informationsveranstaltung am 24.7.1997 bekanntgegeben.

Die Schulleitung hat die Lehrer und die Eltern über einen Elternbrief zum Schuljahresabschluß über diese Veranstaltung informiert und eingeladen.

In dieser Informationsveranstaltung wurden von Fachleuten über die PCB-Schadstoffbelastung informiert und die bevorstehende Sanierung erläutert, wobei auch auf Fragen der Zuhörer eingegangen wurde.

Um die Sanierungsmaßnahmen fachlich richtig ausführen zu können, wurde bei den Vorgesprächen vereinbart eine Arbeitsgemeinschaft mit Fachleuten und einem Fachbüro für die Ausschreibung zu bilden.

Der Bildung einer Arbeitsgemeinschaft mit den nachfolgenden Firmen hat der Gemeinderat am 28.7.1997 zugestimmt.

UW Umweltwirtschaft Stuttgart Herr Kiefer	Planung Ausschreibung, Bauüberwachung der Schadstoffsanierung
UHST - Umwelthygiene und Sanierungstechnologien GmbH Neustadt / Weinstraße Herr Dr. Eckrich	Beratende Mitwirkung bei der Planung und Ausschreibung der Sanierungsmaßnahmen
FMPA Forschungs- und Material- Prüfungsanstalt Baden-Württemberg Herr Dr. Zöltzer	Beratende Mitwirkung bei der Planung und Ausschreibung der Sanierungsmaßnahmen Schadstoffmessungen und Analysen
Bauamt der Gemeinde Remshalden Herr Enkelmann	Koordination der einzelnen Besprechungen Ausschreibung, Bauüberwachung der Arbeiten nach der Schadstoffsanierung

Der Arbeitskreis hat sich über den Zeitraum der Sanierung einschl. Vorbereitung von August 1997 bis August 1998 insgesamt 16 mal getroffen um die anstehenden Fragen zu erörtern bzw. den Sanierungsablauf und die Sanierungsschritte abzusprechen.

Die Gemeindeverwaltung hat während der Sommerferien in anderen öffentlichen Gebäuden Ersatzräume eingerichtet.

Die Arbeiten für die Probesanierung wurden im August / September 1997 ausgeschrieben. Der Gemeinderat hat in der Sitzung am 29.9.1997 die Probesanierungsarbeiten an den günstigsten Bieter, die Firma Deutsche Industriewartung (DIW), vergeben.

Für die Hauptsanierung wurden in einer beschränkten Ausschreibung 5 Firmen aufgefordert ein Angebot abzugeben. Vor Festlegung der Firmen waren Referenzlisten angefordert und bei den Auftraggebern über die Leistungsfähigkeit der Firmen und den Erfolg bisheriger PCB-Sanierungen nachgefragt worden. Am 26.1.1998 hat der Gemeinderat den Auftrag über die Hauptsanierung an den günstigsten Bieter, die Firma DIW, vergeben.

2. Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Polychlorierte Biphenyle, PCB's, chlorinated biphenyls, chlorobiphenyls, Aroclor, Chlophen u.s.w., sind komplexe Gemische von chlorierten Biphenylen.

Technische PCB's sind farblose bis gelbliche ölige Flüssigkeiten ohne Eigengeruch und sind:
thermisch stabil; nicht brennbar und nicht entflammbar
Siedepunkt zwischen 300 - 450 °C
gute Wärmeleitfähigkeit
schlechte elektrische Leitfähigkeit
chemisch stabil gegen Säuren und Basen
weitgehend unempfindlich gegen Oxydation
geringe Flüchtigkeit
schlecht wasserlöslich
gut löslich in vielen organischen Lösungsmitteln

Aufgrund dieser chemischen und physikalischen Eigenschaften war der Einsatz dieser neuen - Verbindungsgruppe erwartungsgemäß sehr vielfältig. Eine Auswahl dieser Einsatzmöglichkeiten zeigt folgende Tabelle.

Dielektrika in Kondensatoren
Isolier- und Kühlflüssigkeit in Transformatoren und Gleichrichtern
Hydraulikflüssigkeit (Hubwerkzeuge, Pumpanlagen)
Öle für Gasturbinen und Vakuumpumpen
Wärmeaustauscherflüssigkeit
Weichmacher in Kunststoffen (PVC, Polyethylen, Polystyrol, Polyamide, Kautschuk, Polyurethan)
Weichmacher in Lacken und Harzen
Weichmacher für dauerelastische Dichtungsmassen im Hochbau
Schneidöl, Bohröl und Schleifflüssigkeit bei der Metallverarbeitung
Schmiermittel (Getriebeöle, Hochdruckpumpöle, Schraubenfette)
Immersionsöl für Mikroskopie
Feuerhemmende Imprägniermittel in der Elektroindustrie
Bestandteil von Antifoulingfarben (Fensteranstriche, Schiffs- und Siloanstriche)
Zusätze von Kitt, Wachsen, Asphaltmaterial, Chlorkautschuk und Klebstoffen
Beschichtungsmittel für Transparent- und Kopierpapier
Zusätze in Nagellack und Textilien
Pestizid-Zusatz

Über die Giftigkeit der PCB machte man sich lange Zeit keine Gedanken. Forschungen zur Toxikologie wurden nicht angestellt. Diese Forschungsdefizite führten 1968 zu einer erschütternden Vergiftungskatastrophe in der kleinen japanischen Stadt Yusho, zu deren Beginn 700 000 Hühner plötzlich einem rätselhaften Tod zum Opfer fielen. Hektische Spekulationen setzten ein, wo die Ursache wohl zu suchen sei. Die Spur führte zu einer lebensmittelverarbeitenden Fabrik in Yusho. Aus defekten Wärmetauschern der Kühlanlage war die Wärmetauscherflüssigkeit - PCB - ausgelaufen und

unbemerkt in einen Tank mit Reisöl gelaufen. Zum Zeitpunkt der Entdeckung des Schadens war jedoch die weitere Katastrophe nicht mehr abwendbar. Große Mengen des Reisöls waren bereits abgefüllt und in den Handel gelangt. Bei über tausend Reisölverbrauchern traten erste Vergiftungserscheinungen auf. Veränderungen an der Haut in Form akneförmiger Pusteln (Chlorakne), Pigmentveränderungen der Haut, Störungen der Leber-, Milz- und Nierenfunktion folgten (Yusho-Krankheit). Viele Jahre später begannen Krebsgeschwüre im Körper der Betroffenen zu wuchern. In den Monaten nach der Katastrophe kamen 90 % der Babies mit Hautveränderungen als "black Babys" zur Welt.

Trotz des nun vorliegenden Wissens um die Giftigkeit der PCB kam es 12 Jahre später in Taiwan zu einem vergleichbaren Unfall mit ebenfalls über 1000 Vergiftungsfällen. Weitere Vergiftungsfälle folgten in Amerika. Glücklicherweise wurden dabei nur Rinder vergiftet. Die dabei auftretenden Krankheitsbilder wurden in der Literatur unter dem Überbegriff "Cattle Disease" zusammengefasst.

Durch derartige drastischen Ereignisse wurde die Giftigkeit dieser Verbindungsgruppe überdeutlich. Die zunächst hochgeschätzten Eigenschaften der polychlorierten Biphenyle wurden mit der Zeit immer mehr zum ökologischen Problem. PCB gehören zu den stabilsten, je großtechnisch erzeugten organischen Stoffen, nicht nur in der Produktion und den Produkten, sondern auch im Abfall, bei der Müllverbrennung, in den Gewässern, den Böden und in allen Lebewesen. Eingang in die Umwelt fanden und finden die PCB durch Unfälle und Direkteinleitungen in Gewässer und durch die Beseitigung von Müll. In den Müllverbrennungsanlagen werden diese Verbindungen nicht zerstört, sondern verdampfen und kommen über die Abluft in die Atmosphäre.

Aufgrund der guten Fettlöslichkeit und nur geringen Abbaufähigkeit in lebenden Organismen, reichern sich diese Verbindungen in der Nahrungskette an und erreichen uns, an letzter Stelle der Nahrungskette stehend, mit den höchsten Anreicherungsquoten.

Über die Verwendung von PCB war nach Literatur vieles bekannt, aber bis Ende der 80er Jahre gab es über PCB im Innenraum keine Informationen. Anfang der 90er Jahre wurden erste Untersuchungen auf PCB in Gebäuden durchgeführt. Es handelte sich dabei um ein großes Bürogebäude in Frankfurt, in welchem Raumluftbelastungen bis zu $3 \mu\text{g PCB}/\text{m}^3$ gefunden wurden. Die Quelle der Raumluftbelastung war in diesem Fall bei undichten Kondensatoren der Deckenbeleuchtung zu suchen. Spätere Untersuchungen in Schulen zeigten ebenfalls hohe Belastungen in der Raumluft, wobei diesmal die Quellen in den dauerelastischen Dichtungen der Fenster und Dehnungsfugen zu suchen waren. Weitere Quellen in anderen Gebäuden wurden bald aufgespürt. Hohe Konzentrationen wurden in bestimmten Schalldämmplatten gefunden und in

einem Einzelfall PCB in Dispersionsfarben an den Wänden.

Grenz- und Richtwerte, Verordnungen und Empfehlungen

Mit dem Wissen um die globale Verbreitung und Anreicherung, wurde die Herstellung, Verwendung, Entsorgung und die Höchstmengen von PCB in den verschiedenen Medien hart geregelt. Mit der PCB-Verbotsverordnung von 1989 wurde die Herstellung, der Handel und die Verwendung von PCB verboten.

Bedingt durch die in jüngster Zeit gehäuften Feststellungen von erhöhten Raumluftbelastungen durch PCB aus Baumaterialien, wurde durch die ARGEBAU (Bund- Länder Arbeitsgemeinschaft Bau) ein Leitfaden zur Bewertung und Sanierung PCB - belasteter Gebäude erarbeitet. Für diesen Leitfaden hat das Bundesgesundheitsamt im September 1990, PCB im Innenraum bewertet und einen Stufenplan zur Sanierung vorgelegt. Dieser wurde von den Ländern mehrheitlich gebilligt.

Raumluftkonzentrationen von über 3000 ng/m³ (Interventionswert):

Als unverzügliche Maßnahmen (zur Abwehr möglicher Gefahren für die Gesundheit) werden Kontrollanalysen und das Aufstellen eines Sanierungsplanes gefordert. Die Sanierung sollte baldmöglichst durchgeführt werden. Lassen sich mit Erstmaßnahmen die Werte nicht innerhalb von Maximal drei Monaten auf unter 3000 ng/cbm senken, sollte der entsprechende Raum/Gebäudeteil geschlossen werden.

Raumluftkonzentrationen im Bereich 300 - 3000 ng/m³:

Es werden mittelfristige Maßnahmen gefordert. Hierzu zählen insbesondere die intensive Quellensuche, zwischenzeitlich das regelmäßige, gründliche Reinigen, sowie das verstärkte Lüften der Räume. Als Sanierungsziel gilt die Reduktion der Konzentration innerhalb von ein bis zwei Jahren auf Werte $< 300 \text{ ng}/\text{cbm}$.

Raumluftkonzentrationen unter 300 ng PCB/m³ (Vorsorgewert):

Solche Werte sind langfristig tolerabel, sollten jedoch durch regelmäßiges Aufnehmen von Staub (d.h. durch feuchtes Reinigen der Räume) und Lüften möglichst weit gesenkt werden. Langzeitziel ist das Erreichen der Außenluftwerte auch im Innenraum.

3. Ermittlung der PCB-Belastungen

Durch die vedewa, Stuttgart im Juni 1997 durchgeführten Untersuchungen ergaben hohe Gehalte an polychlorierten Biphenylen in den Fugenmaterialien der Schule. Bei den in den Fugenmaterialien enthaltenen PCB handelte es sich zum Großteil um die leichter flüchtigen Kongenere PCB 28, 52 und 101.

Ein typisches Muster der Verteilung in den Fugen zeigt nachfolgende Abbildung (Summe PCB nach LAGA: 27,8%):

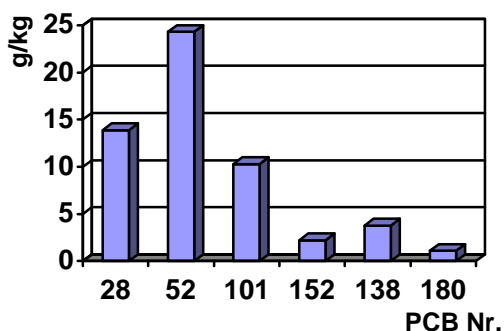


Abbildung 2: Kongenerenverteilung im Fugenmaterial

Danach durchgeführte orientierende Luftmessungen ergaben Raumluftkonzentrationen von 7000 – 10000 ng PCB/m³. Zur Abklärung der Raumluftsituation während der normalen Nutzung wurden in verschiedenen Klassenräumen Langzeituntersuchungen über eine Woche während der Unterrichtszeiten durchgeführt. Hierbei ergaben sich in den Klassenräumen Raumluftgehalte von ca. 12000 ng PCB/m³.

Folgendes Bild zeigt die Gehalte der PCB-Kongenere in der Raumluft in Klassenraum 301 über 1 Woche während der normalen Nutzung, wobei der Klassenraum normalen Lüftungsmaßnahmen unterzogen wurde:

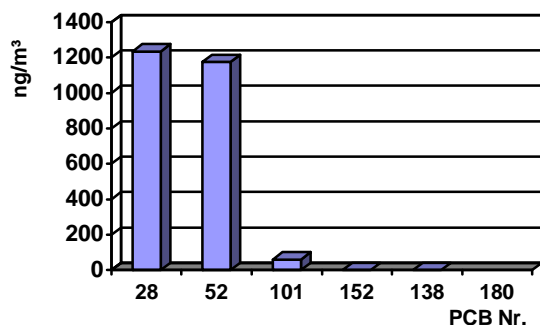


Abbildung 3: Kongenerenverteilung in der Raumluft

Auch in anderen Klassenräumen wurden ähnlich hohe Raumluftgehalte gefunden. Messungen unter sogenannten "worst-case"-Bedingungen, d.h. die Räume über Nacht geschlossen halten und am nächsten Morgen messen, ergaben noch höhere

Raumluftgehalte, z.B. wurden im Werkraum eine Konzentration von 15000 ng PCB/m³ gemessen.

Die Bewertung der PCB-Raumluftkonzentrationen erfolgte anhand der Vorgaben der PCB-Richtlinie. Als Interventionswert ist in der PCB-Richtlinie ein Raumluftgehalt von 3000 ng PCB /m³ bei 24-stündigem Aufenthalt festgelegt, bei dessen Überschreitung unverzüglich Maßnahmen zur Minderung ergriffen werden sollten. Bei kürzeren Aufenthaltszeiten liegt nach den Regelungen der in Baden-Württemberg geltenden PCB-Richtlinie der Interventionswert entsprechend den Aufenthaltszeiten höher, d.h. bei 8 stündigem Aufenthalt brauchen erst bei der Überschreitung von 9000 ng PCB/m³ unverzüglich Maßnahmen ergriffen werden. Da die Messungen kurz vor den Sommerferien abgeschlossen wurden, wurde in Absprache mit dem Gesundheitsamt aufgrund der sehr hohen Gehalte beschlossen, die Schule zu den Sommerferien zu schließen und bis zum Abschluß der Sanierungsarbeiten nicht wieder in Betrieb zu nehmen.

Aufgrund der sehr hohen Gehalte an leichtflüchtigen PCB in der Raumluft mußte mit sehr hohen Sekundärkontaminationen von in den Räumen der Schule befindlichen Oberflächen und Einrichtungsgegenständen gerechnet werden. Diese Sekundärkontaminationen tragen zu einem erheblichen Anteil zu der Raumluftbelastung bei, da die Sekundärquellen oft sehr großflächig vorliegen (Wandflächen, Fußboden, Decke, Möbel etc.).

Um die Höhe der Sekundärkontaminationen zu ermitteln, wurden zum einen Materialproben der Oberflächen verschiedener Materialien entnommen, zum anderen wurden Einrichtungsgegenstände aus den Schulklassen zur Ermittlung der Emissionen an PCB in Prüfkammern untersucht.

Die Untersuchung der Oberflächenproben und Einrichtungsgegenstände führte zu folgenden Ergebnissen, wobei es sich bei den gefundenen PCB zu einem Hauptteil um die leichterflüchtigen Kongenere PCB 28 und 52 handelte:

Materialuntersuchungen

	PCB- Gehalt, Summe nach LAGA [mg/kg]
Oberfläche Holzdecke	180
Rieselschutzfolie über Holzdecke	380
Oberfläche Zwischenwand (korkartig)	550
Folie auf Zwischenwand	770
Filzbodenbelag	430
Kleber unter PVC-Bodenbelag	170

Emissionen von Einrichtungsgegenständen

	PCB-Abgabe, Summe nach LAGA [$\mu\text{g}/\text{h}$]
2 Schulstühle, Stahlrohr, Kunststoff	1180
Schulbücher, 1 m ² (1 Jahr in Schule gelagert)	130
Computer mit Bildschirm	130

Aufgrund der sehr hohen Sekundärkontaminationen in den Räumen mußten bei der Planung der Sanierungsmaßnahmen nicht nur die Entfernung der Primärquellen, d.h. der belasteten Fugenmaterialien, sondern auch die Behandlung bzw. Entfernung von Sekundärquellen berücksichtigt werden.

Ermittlung der Arbeitsplatz Konzentrationen beim Arbeiten in Sanierungsbereichen

Bei den Sanierungsarbeiten müssen zum Schutz der Beschäftigten die gesetzlichen und auch berufsgenossenschaftlichen Vorschriften und Regelwerke beachtet werden. Nach der TRGS 900 sind bei PCB-Sanierungsarbeiten die festgelegten Technischen Richtkonzentrationen (TRK-Werte) zu beachten. Die TRK-Werte betragen nach der TRGS 900 für:

Chlorierte Biphenyle 54% Chlor	500.000	ng/m ³ Luft
Chlorierte Biphenyle 42% Chlor	1.000.000	ng/m ³ Luft

Neben dem Schutz der Beschäftigten sind bei den Arbeiten auch Maßnahmen zum Schutz des Gebäudes zu treffen, so daß es durch die bei den Arbeiten unweigerlich entstehenden Feinstäube nicht zu neuen Sekundärkontaminationen der offenen Oberflächen im Gebäude kommt. Daher wurden die zu sanierenden Bereiche nicht, wie bei anderen Sanierungen abgeschottet und unter Unterdruck gesetzt, sondern es wurde durch eine geregelte Luftführung ein Luftwechsel von 8 fach pro Stunde in den Räumen eingestellt. Die Luftführung wurde dabei so eingestellt, daß der Luftstrom in die Flurbereiche eingeleitet wurde und durch die Arbeitsbereiche und die Fenster (Oberlichter) wieder abgeleitet wurde. Damit sollte erreicht werden, daß evtl. bei den Sanierungsarbeiten entstehende Feinstäube sich nicht ablagern können sondern mit dem Luftstrom ins Freie geführt werden. Dieser erhöhter Luftwechsel führt auch zu einer starken Minderung der Arbeitsplatzkonzentrationen an PCB, so daß als persönliche Arbeitsschutzmaßnahmen für die Beschäftigten ein Papier-Einmalanzug und eine Staubmaske P3 als ausreichend angesehen

wurden. Arbeitsplatzmessungen mit einem Probenahmesystem am Mann während einer Arbeitsschicht ergaben bei Benutzung einer Staubmaske aufgrund der hohen Luftwechselraten nur geringe Raumluftkonzentrationen im Arbeitsbereich. So wurden beim Herausschneiden der Fugen Arbeitsplatzkonzentrationen von 1120 ng PCB / m³ gemessen, wobei der Hauptanteil bei den leichtflüchtigen PCB lag. Diese Arbeitsplatzkonzentrationen lagen weit unterhalb der Technischen Richtkonzentration von 1.000.000 ng/m³ und sogar noch unterhalb des Interventionswertes der PCB-Richtlinie von 3000 ng/m³. Ein Vollatemschutz war daher bei den Arbeiten unter diesen Bedingungen nicht erforderlich, was auch ein durchgängiges Arbeiten ermöglichte.

Befürchtungen, daß sich durch die hohen Luftwechselraten eine Belastung der Außenbereiche des Gebäudes ergeben könnten, wurden durch Abluftmessungen an den Oberlichtern der Arbeitsräume widerlegt. Diese Messungen ergaben Gehalte von 96 ng PCB /m³ Abluft. Daher kann eine Gefährdung der Außenbereiche durch Abluft aus den Arbeitsbereichen ausgeschlossen werden, dies auch in Anbetracht der Tatsache, daß die hochbelasteten Räume über Jahre hinweg zur Außenluft hin gelüftet wurden.

Sanierungskontrollmessungen

Nach Abschluß der Sanierungsarbeiten in der GHS Geradstetten im August 1998 wurden am 10. September 1998 Sanierungskontrollmessungen in einigen Räumen, deren Raumluftgehalte zu Beginn der Sanierungsmaßnahmen bestimmt worden waren, durchgeführt. Für die Durchführung der Messungen wurden "worst-case"-Bedingungen gewählt, d.h. die Räume waren am Abend vor den Messungen gelüftet worden und blieben bis zum Ende der Probenahmen ungelüftet. Die Räume waren zum Zeitpunkt der Raumluftmessungen noch nicht möbliert, der Fußbodenbelag war noch nicht aufgebracht, es lag der offene, beschichtete Estrichboden vor. Die Wände waren beschichtet und die Decke mit Rigipsplatten verkleidet.

Die Auswertung der Sanierungskontrollmessungen ergab, daß durch die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen, den Ausbau der Primärquellen und den Ausbau bzw. die Behandlung der Sekundärquellen, eine ausreichende Reduzierung der Raumluftgehalte erreicht wurde.

Die Ergebnisse der Sanierungskontrollmessungen im Vergleich zu den Ausgangskonzentrationen sind im folgenden dargestellt:

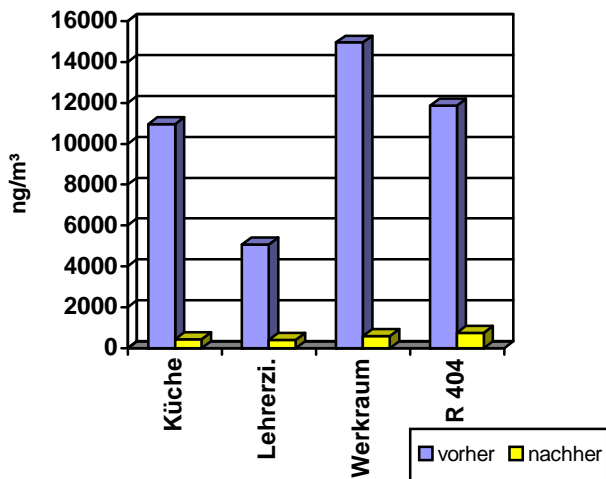


Abbildung 4: Ergebnisse der Sanierungskontrollmessung im Vergleich zu den Ausgangskonzentrationen

Die Ergebnisse von 400 – 740 ng PCB / m³ nach der Sanierung zeigen, daß mit den durchgeführten Maßnahmen eine Reduzierung der PCB-Raumluftgehalte um 92 – 96 % erreicht werden konnte. In weiteren Räumen der Schule wurden bei durch die vedewa parallel durchgeführten Sanierungskontrollmessungen Raumluftgehalte von 340 bzw. 550 ng/m³ gefunden. Das bei der Ausschreibung der Sanierungsmaßnahmen unmittelbar nach der Sanierung angestrebte Sanierungsziel von ca. 600 ng/m³ ist somit erreicht. Nach den vorliegenden Erfahrungen mit den angewendeten Sanierungsverfahren ist mit einer weiteren deutlichen Abnahme der PCB – Raumluftgehalte im Laufe der nächsten Jahre zu rechnen, so daß der nach 2 Jahren angestrebte Sanierungszielwert von 300 ng PCB/m³ sicher erreicht werden wird.

4. Sanierungsablauf

Vorbereitungsarbeiten

Zuerst wurden das Mobiliar und die losen Einrichtungsgegenstände abtransportiert. Die Möbel konnten später nach Reinigung und überdachter Belüftung nur teilweise wiederverwendet werden. Von den Geräten wie Computer, Projektoren, Videogeräten, Nähmaschinen und dergleichen wurden nur die neueren nach Reinigung wieder zurückgebracht. Bücher, Zeitschriften, Ordnerhüllen, Landkarten und dergleichen konnten ebenso wie Vorhänge und Pinnwände größtenteils nur als Abfall entsorgt werden. Gekippte Fenster sorgten für Belüftung (Schadstoffverringerung).

Probesanierung

Da bedingt durch die hohen Belastungen mit PCB eine erfolgreiche Sanierung nicht von vornherein garantiert werden konnte, wurde zunächst in einigen Räumen der Schule eine Probesanierung durchgeführt, um Erkenntnisse für die Vorgehensweise bei der Hauptsanierung zu

gewinnen. Dieses schrittweise Vorgehen sollte später eine wirtschaftliche Gesamtsanierung ermöglichen. Ausgewählt wurde das 2. Obergeschoß; es erhielt eine Abschottung gegen das Treppenhaus mit einer luftdichten Wand und eine Zugangsschleuse.



Abbildung 5: Zufuhr von Frischluft mit starken Gebläsen

Vor dem Entfernen der Bauteile wurde eine sog. Nullmessung der Raumluft durchgeführt, um die Reduzierung der Luftbelastung bei den einzelnen Sanierungsschritten ermitteln zu können. Das Ergebnis zeigte eine mittlere PCB-Konzentration von 8338 ng/m³ am 17.10.1997.

Ablauf der Arbeiten

- Installation von Frischluftgebläsen zur deutlichen Erhöhung der Luftwechselrate,
- Abbau der Schultafeln und Lampen (teilweise Entsorgung), der Holzverschalung der Decke einschl. darüberliegender Kunststoffolie und der hölzernen Verspannkonstruktion der Betonrippendecke,
- Zwischenreinigung aller Flächen durch Absaugen mit Spezialstaubsaugern,
- Entfernen der Fugenmassen mittels Messern und Spezialschleifgeräten mit angeschlossener Absaugung,



Abbildung 6: Entfernung der Fugenmassen

- Neuverfugung mit schadstofffreiem Acrylmaterial,

- Abbau der kunststoffbeschichteten Wandschränke und Wandverkleidungen,
- Abziehen von Korkbelägen an den Wänden,
- Herausnahme des Teppichbodens und Abschiff der Klebereste.



Abbildung 7: Entfernung von Klebstoffresten und Staubbeseitigung

Laufende Lüftung und der Einsatz von speziellen Staubsaugern garantierten eine staubarme Arbeitsweise. Um Sekundärkontaminationen zu vermeiden, wurde Holz außerhalb des Gebäudes gebrochen und der Teppichboden vor dem Herausnehmen angefeuchtet. Anschließend erfolgte eine Feinreinigung aller Flächen mittels Saugern und die Feuchtreinigung aller glatten Flächen.

Die daraufhin durchgeführten Zwischenmessungen vom 28.11.1997 zeigten PCB-Gehalte im Mittel von 3010 ng/m³.

Der nächste Schritt bestand im Auftragen einer schadstofffixierenden und sperrenden Spezialbeschichtung mit der Bezeichnung PF-2-Combi in mehreren Arbeitsgängen mit nachfolgendem Farbauftrag an Wänden und teilweise an Betonrippendecken. In zwei Räumen sollte geprüft werden, ob statt der Beschichtung eine dicht abschließende Beplankung der Decken mit Gipskartonplatten zum gleichen Ergebnis führen würde.

Die Fensterflächen und die Boden- und Wandfliesen erhielten zur PCB-Dekontamination eine Spezialbehandlung mit Protecton-B.

Ein Teil der Decken wurde mit Gipskartonplatten beplankt und Stoß- und Wandfugen dauerelastisch verfügt.



Abbildung 8: Entfernung der Deckenverkleidung

Die Ergebnisse der Zwischenmessungen am 09.01. und 13.02.1998 ergaben bei sehr unterschiedlicher Luftfeuchte einen Mittelwert von 1151 ng/m³.



Abbildung 9: Einbau der neuen Deckenverkleidung

Unterschiede zwischen Deckenbeschichtung und Deckenbeplankung waren nicht feststellbar.

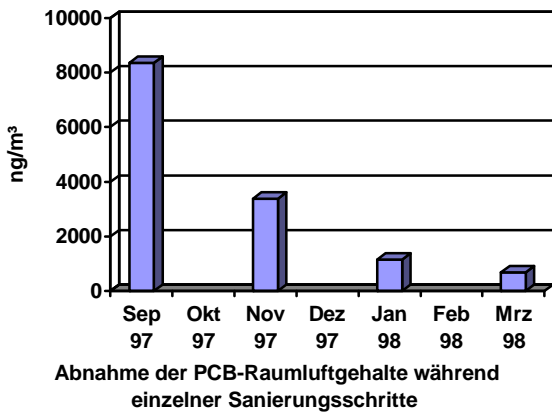


Abbildung 10: Fertigstellung der Deckverkleidung

Als verbessernde Maßnahme wurden die Estriche aller Räume und die ehemals korkbeklebten Wände mit PF-2-Combi beschichtet. Diese Maßnahmen führten zu dem geplanten Zielwert der zulässigen Schadstoffkonzentration in der Raumluft und damit zum gewünschten Sanierungsergebnis. Die

Schlußmessungen am 10.03.1998 ergaben im Mittel 760 ng/m³ PCB bei den Referenzräumen.

Aus Kostengründen wurde beschlossen, bei der Hauptsanierung die Betonrippendecke mit Gipskartonbeplankung abzudichten und nicht zu beschichten.



5. Hauptsanierung

Es folgte die Ausschreibung der Sanierungsmaßnahmen für das gesamte Schulgebäude mit den bei der Pilotsanierung gewonnenen Kenntnissen. Die Sanierungsarbeiten wurden in der nachfolgend beschriebenen Reihenfolge pro Geschoß durchgeführt:

- Wand- und Türschotts einbauen
- Lüftung installieren
- Lampen entfernen
- Deckenverkleidung entfernen
- Fugenmasse entfernen, Fugenflanken nacharbeiten und versiegeln
- Wandschränke, Wandverkleidungen, Heizkörper, Kleinteile entfernen
- Fußbodenbeläge staubarm entfernen
- Belagskleber staubarm abschleifen
- Feinreinigung der Decken und der Heizkörpernischen
- Neuverfugung mit Acryldichtungsmassen
- Deckenbeplankung malerfertig, Heizkörpernischen-Beplankung einschl. Tapete, Verschluss von Wandöffnungen mit Rigipsplatten
- Feinreinigung mit Feuchtreiniger
- Beschichtungen der Wände und Böden mit PF-2-Combi



Abbildung 11: Beschichtung der Oberflächen mit PF-2-Combi

- Spezialreinigung mit Protecton-B von Fensterflächen und Fliesen
- Anstrich der Heizkörpernischen und Wiedermontage der Heizkörper
- Lüftungen abbauen, Türschott mit kleiner Schleuse versehen.

Die abschließenden Raumluftmessungen zeigten den gewünschten Erfolg und bestätigte die Richtigkeit der durchgeführten Maßnahmen.

Zeitbedarf

Pilotsanierung	ca. 10 Wochen
Gesamtsanierung	ca. 32 Wochen

Entsorgung der Abfälle

Nach getrennter Lagerung der bei der Sanierung angefallenen Abfälle folgte die Entsorgung entsprechend den Abfallschlüsseln des Abfallkataloges.

Fugenmassen, Filterstaub, Filterbeutel, Handschuhe, Messer wurden in verschließbaren Kunststofftonnen zur Sondermüllverbrennung verbracht.

Teppich- und PVC-Beläge, Korkbeläge, Folien, Einweganzüge wurden in Plastiksäcke verpackt und diese in geschlossenen Mulden ebenfalls zur Sondermüllverbrennungsanlage angeliefert.

Deklarationsanalysen von Deckenholz, Einbauschränken, Faltwänden, Wandverkleidungen zeigten eine geringe Belastung der einzelnen Materialien in Bezug auf deren Gesamtmasse. Daraufhin erfolgte die Entsorgung auf die landkreiseigene Deponie.

6 Ausbaurbeiten nach der Sanierung

Nach Fertigstellung aller Sanierungsarbeiten und Abbau der Schleusenammern wurde im August 1998 unter der Leitung des Bauamts mit den Ausbaurbeiten begonnen.

Auch hier wurde weiterhin darauf geachtet diese Arbeiten möglichst staubfrei auszuführen.

Anstricharbeiten

Die neuen Deckenverkleidungen als auch einige Wandflächen wurden mit einer emissions- und lösemittelfreien Dispersionsfarbe gestrichen.

Sichtbetonmauerwerk, Türblätter und Holzflächen waren schon bei den Sanierungsarbeiten mit PF 2 Kombi beschichtet worden.

Elektroarbeiten

In allen Klassen- und Fachräumen wurden neue Lichtband- Reflektorleuchten mit Geräteträgern eingebaut. Die Befestigung wurde mit Spezialschrauben durch die Deckenverkleidung in die Holzunterkonstruktion ausgeführt.

Bohrungen durch die Deckenverkleidung in die Hohlräume der Rippendecke waren nicht erlaubt. Kabeldurchlässe wurden mit dauerelastischem Fugenmaterial abgedichtet.

Schalter und Steckdosen wurden zum großen Teil ausgewechselt, da diese teilweise den VDE-Vorschriften nicht mehr entsprochen haben.

Die Verteilungen in den Technik- und Fachräumen sowie in den Treppenhäusern entsprachen nicht den gültigen VDE- sowie VBG4 Bestimmungen.

Es war auch aus Sicherheitsgründen zwingend notwendig diese Verteilungen zu erneuern bzw. umzubauen.

Bodenbelag

Als neuer Bodenbelag wurde in den Klassenräumen wieder ein textiler Bodenbelag und in den Fachklassen ein Kautschukbelag eingebaut.

Es wurde darauf geachtet, daß der Klebstoff keine bedenkliche Inhaltsstoffe enthält.

Die Emissionen des ausgewählten Produktes lagen weit unterhalb des von den Klebstoffherstellern vereinbarten Richtwertes von $500 \mu\text{g}/\text{m}^2$

Schallakustik

Die Akustik der Räume hatte sich durch die vollflächige Verkleidung der Decken gegenüber der früheren an den Fugen offenen Holzverschalung negativ verändert. Durch das Aufkleben von schallabsorbierenden Schaumstoffplatten auf ungefähr 25 % der Deckenflächen konnte die Nachhallzeit ausreichend reduziert werden.



Abbildung 12: Fertige Decke nach der Sanierung

Einrichtung

Die Einrichtungsgegenstände mußten zum großen Teil ersetzt werden. Die ursprünglich hochbelasteten Kunststoffstühle konnten nach einjähriger Lagerung im Freien und intensiver Sonnenbestrahlung mit anschließender Reinigung wieder verwendet werden, da eine erneute Prüfung eine ausreichende Reduzierung der Schadstoffbelastung ergeben hatte



Abbildung 13: Klassenraum vor der Sanierung

Als neue Grundausrüstung für die Klassenzimmer wurden Einzelschränke und Regale aufgestellt die später noch erweiterbar sind.



Abbildung 14: Fertiggestellter Klassenraum



Abbildung 15: Klassenraum nach der Renovierung

Die Neueinrichtung der Fachräume wurde nach den neuesten Sicherheitsvorschriften und VDE Bestimmungen hergestellt.



Abbildung 18: Physikraum vor der Renovierung

Die Ausbaurbeiten wurden von August bis Dezember 1998 ausgeführt.



Abbildung 16: Lehrküche im alten Zustand



Abbildung 19: Physikraum nach der Renovierung / Sanierung

Der Schulbetrieb mit ungefähr 250 Kindern und 20 Lehrern wurde am 7. Januar 1999 wieder aufgenommen.



Abbildung 17: moderne Lehrküche nach der Renovierung

7. Die Kosten für die Gesamtmaßnahme betragen:

Entsorgungsgebühren	ca.	70.000,00 DM
PCB Sanierung	ca.	2.085.000,00 DM
Umbau- und Ausbaurbeiten	ca.	995.000,00 DM
Baunebenkosten einschl. Messungen, Analysen	ca.	310.000,00 DM
Gesamtsumme		<hr/> 3.460.000,00 DM

Fachbüros

UW - Umweltwirtschaft GmbH
Friolzheimer Straße 3
70499 Stuttgart
Tel. 0711 / 98978 112 Fax 0711 / 98978 100
Herr Kiefer

UHST - Gesellschaft für Umwelthygiene und
Sanierungstechnologien mbH
Weinstraße 77
67434 Neustadt-Hambach
Tel. 06321 / 32490 Fax. 06321 / 7580
Herr Dr. Eckrich

FMPA - Forschungs- und Materialprüfungsanstalt
Baden-Württemberg Referat 31
Pfaffenwaldring 2 b
70569 Stuttgart (Vaihingen)
Tel. 0711 / 685 6759 Fax 0711 / 685 6830
Herr Dr. Zöltzer

vedewa - Bereich Umweltchemie und Analytik
Haußmannstraße 103 B
70188 Stuttgart
Tel. 0711 / 92556 Fax 0711 / 9255615
Dr. Gartmann

PCB- Sanierung + Generalunternehmer

DIW - Deutsche Industrierwartung GmbH & Co KG
Umwelttechnik Süd
Schulze -Delitzsch -Straße 41
70565 Stuttgart
Tel. 0711 / 7890670 Fax 0711 / 7890680

UHST - Gesellschaft für Umwelthygiene und
Sanierungstechnologien mbH
Weinstraße 77
67434 Neustadt-Hambach
Tel. 06321 / 32490 Fax. 06321 / 7580

Entsorgung

Schaal und Müller GmbH & Co. KG
Benzstraße 2
71254 Ditzingen
Tel. 07156 / 9350 0 Fax. 07156 / 32660

SBW Sonderabfallentsorgung
Baden Württemberg GmbH
Welfenstraße 15
70719 Fellbach
Tel. 0711 / 51839 0 Fax. 0711 / 51839 22

Neuverfugung

Fugen + Fasadentechnik GmbH
Grundstraße 11/2
70771 Leinfelden-Echterdingen
Tel. 0711 / 796193 Fax. 0711 / 795637

Trockenbauarbeiten

Werner-Karl Kurz
Wilhelm- Enße- Straße 36
73630 Remshalden
Tel. 07151 / 71306 Fax. 07151 / 79049

Elektroarbeiten

Elektro Rall GmbH
Kufsteiner Straße 13
71522 Backnang
Tel. 07191 / 63377 Fax. 07191 / 83729

Baierl Elektrotechnik
Raiffeisenstraße 7
73630 Remshalden
Tel. 07151 / 71262 Fax 07151 / 71240

Malerarbeiten

J. Latza & M. Stenmetz GbRmbH
Staigstraße 4/1
73630 Remshalden
Tel 07151 / 71374 Fax 07151 / 75834

Bodenlegerarbeiten

Roland Dätsch
Remsstraße 26
73614 Schorndorf
Tel. 07181 / 24151 Fax 07181 / 64535

Schreinerarbeiten

Holz Design
Brühlstraße 12
73630 Remshalden 3
Tel.07151 / 7457 5 Fax. 07151 / 73690

Heizung

Walter Wondres Heizungsbau
Staigstraße 3
73630 Remshalden
Tel. 07151 / 907451 Fax. 07151 / 907452

Sanitärrennwände

KEMMLIT Bauelemente GmbH
Postfach 2
72142 Dußlingen
Tel. 07072 / 131 0 Fax 07072 / 131 150

Einrichtung Physik / Chemie

Phywe Systeme GmbH
Robert- Bosch- Breite 10
37079 Göttingen
Tel. 0551 / 604 0 Fax. 0551 / 604 268

Einrichtung Lehrküche

Küchenstudio Graf GmbH
Johann- Sebastian- Bach- Straße 26
73663 Berglen
Tel. 07195 / 9735 0 Fax. 07195 / 9735 60

Einrichtung Werkstatt

FAMOS
Werkstraße 5
88471 Laupheim
Tel. 07392 / 2918 19 Fax. 07392 / 18745

Wandtafeln, Schulmöbel

VS Vereinigte Spezialmöbelfabriken GmbH & Co.
Hochhäuser Straße 8
97941 Tauberbischofsheim
Tel. 09341 / 88 0 Fax. 09341 / 88107