



Bericht Nr.: 2012-08-093

**Raumluftmessungen auf
polychlorierte Biphenyle (PCB) zur Quellensuche
der Primäre- und Sekundärquellen**

Abdeckungen von Raumboberflächen im Flur vor E-018 und im Raum 1.10

Objekt: Dreikönigschule, Weberstraße 90, Neuss

**Auftraggeber:
GMN Neuss, Frau Schiefke**

biomess Ingenieurbüro GmbH

**Dipl.-Ing. M. Obeloer
Herzbroicher Weg 49
41352 Korschenbroich
T: 02161- 642114**

1 Berichtsdaten

Der Bericht umfasst 18 Seiten.

2 Auftrag

Um die Ursache für die auch nach Maskierung der Primärquellen anhaltend hohen PCB-Raumluftkonzentrationen in der Dreikönigenschule herauszufinden, sollten im Flur vor E-18 und im Raum 1.10 einzelne Raumbooberflächen systematisch mit PE-Folie abgedeckt und die sich einstellenden PCB-Raumluftkonzentrationen unter definierten Lüftungsbedingungen bestimmt werden.

3 Vorgehen

Es bestand der Verdacht, dass sich mögliche PCB-Quellen oberhalb der Abhangdecke befanden. Daher wurden am 5.7.2012 zunächst Raumluftmessungen oberhalb und unterhalb der Decken durchgeführt.

Um einen möglichen negativen Einfluss durch PCB-belastete Außenfugen aufgrund der hohen Menge an dauerelastischen Fugen im Bereich der Außentür des Flures bewerten zu können, wurden zwei Außenluftproben direkt vor der Tür des Flures und am Rand der Überdachung zum Schulhof genommen.

Ab dem 8.8. wurden in dem zu messenden Flur vor dem Raum E-018 sowie dem Raum 1.10 die Raumbooberflächen sukzessive mit 200 µm dicker PE-Folie (Boden mit Kunststoff kaschierter Pappe / „Tetra-Pak- Pappe“) abgedeckt und abgeklebt, sodass kein Luftaustausch zwischen der abgeklebten Oberfläche und dem Raum, in dem gemessen wurde, stattfinden konnte. Zur Abdichtung wurden Gewebeklebeband und Sprühkleber eingesetzt sowie sogenanntes „Kompriband“ zur Abdichtung von Messzellen.



Bilder 1/2: Außenansaugung der Spülluft

Um den Anteil der verschiedenen Raumwände auf die PCB-Raumluftkonzentration in den gemessenen Räumen unter möglichst gleichmäßigen Bedingungen messen zu können, wurden die zu messenden Räume vor Beginn jeder Messung für mindestens 30 Minuten mechanisch mit von außen angesaugter Frischluft belüftet.

Die Ansaugung der Frischluft über eine Lutte von Schulhof war notwendig, da bei den Vorabmessungen am 5.7.2012 im Außenbereich direkt vor der Tür des Flures EG und unterhalb der Überdachung PCB-Konzentrationen von 640 ng/m^3 (Probe 000634-2, bei $26,1 \text{ °C}$) ermittelt wurden. Weiter entfernt von der Flurtür Richtung Schulhof, direkt am Rand der Überdachung wurde eine deutlich niedrigere PCB-Konzentration von aber immer noch 95 ng/m^3 (Probe 000634-1, bei $26,1 \text{ °C}$) gemessen.

Die Lüftungsgeräte waren mit 500 bzw. $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ derart ausgelegt, dass die mechanische Lüftung mindestens zu einem 10-fachen Luftwechsel im zu messenden Raum bzw. im zu prüfenden Raumteil führte. Der Beginn der Messung erfolgte immer genau 1 h nach Abschalten der Lüftungsgeräte, oder aber nach definierter Anpassungszeit.

3.1 Flur vor E-018

Im Flur vor E-018 wurden bereits vor Beginn der Messserie die offen liegenden Gebäudefugen (Primärquellen) flurseitig mit Valutect-Folie maskiert. Die Fugen um die Türanlagen herum wurden ebenfalls beklebt.

Am 5.7. wurden PCB-Messungen im Flur (Probe 000634-4) und oberhalb der Abhangdecke des Flurs (000634-3) durchgeführt. Diese Messungen ergaben sehr hohe PCB-Raumluftkonzentrationen von 5300 bzw. 3430 ng/m³. Gegenüber den Messungen vom Februar dieses Jahres zeigte sich somit ein erwartungsgemäß starker Anstieg der Raumluftmesswerte im gemessenen Flur aufgrund der sommerlichen Witterungsbedingungen.

Ab dem 8.8.2012 wurden zur näheren Eingrenzung der PCB-Quelle folgende Abdeckungen und Messungen durchgeführt:

1. Abdeckung:

Die Türelemente an den Kopfenden des Flures wurden abgesperrt, um eine definierte Lüftung zu ermöglichen und die PCB-haltigen Fugen der Zugangstüren sowie Außenlufteinflüsse abzuschirmen.



Bild 3: Abdeckung Tür zum Treppenhaus mit Belüftungsöffnung



Bild 4: Abdeckung Außentür mit zugeklebten Belüftungsöffnungen

2. Abdeckung:

Um den Einfluss des Bodens zu eliminieren, wurde dieser mit mit Kunststoff kaschierter Pappe abgedeckt und die Ränder mit Gewebeklebeband verklebt. Der eigentliche Einfluss des Bodens wurde zu einem späteren Zeitpunkt ermittelt.

Danach erfolgte eine Durchführung der 1. Messung (00797-1) zur Bestimmung des Einflusses der Wände und der Decke.

3. Abdeckung:

Die Deckenkonstruktion wurde danach mit PE-Folie maskiert. Dadurch wurde der Raum gegenüber der abgehängten Decke abgeschirmt. Gleichzeitig wurde damit eine Messzelle zur alleinigen Messung der Deckenkonstruktion ohne weitere Einflüsse erstellt. Die Messzelle unterhalb der Decke war so segmentiert, dass diese nicht im Kontakt mit den Seitenwänden stand.

Sowohl der Flur als auch die Messzelle unter der Decke wurden vor den Messungen durch getrennte Lüftungsgeräte mechanisch belüftet. Danach erfolgte die 2. Messung im Flur (000797-6) und eine Messung in der Messzelle unterhalb der Decke (000797-5).



Bild 5: Belüftung der Messzelle unterhalb der Deckenkonstruktion

4. Abdeckung:

Im vierten Schritt erfolgte die vollständige Abdeckung aller Raumboflächen. Sie diente zur Ermittlung eines Nullwertes der gesamten Messserie. Während der Abklebearbeiten an den Seitenwänden wurden zwei zusätzliche Messzellen eingerichtet. Die erste Messzelle erlaubte die Messung des Einflusses eines 4 m breiten Stückes Ziegelwand ohne andere Einflüsse. In einer weiteren Messzelle

wurde der Einfluss einer einzelnen Betonsäule gemessen. Die Messzellen hatten ein Volumen von jeweils 5 – 10 m³.

Nach diesen Arbeiten wurden insgesamt fünf Messungen durchgeführt:

1. Messung des Flures mit vollständig abgedeckten Oberflächen (000797-7)
2. Messung der Messzelle vor der Ziegelwand 1h nach Belüftung (000797-8)
3. Messung der Messzelle vor der Ziegelwand 40h nach Belüftung (000797-17)
4. Messung der Messzelle vor der Betonsäule 1h nach Belüftung (000797-9)
5. Messung der Messzelle vor der Betonsäule 40h nach Belüftung (000797-18)



Bild 6: komplett abgedeckter Flur (000797-7)

5. Entfernen der Bodenabdeckung

Um den Einfluss des Bodens zu bestimmen, wurde die Tetra-Pak-Pappe des Bodens entfernt. Die Abdeckungen der Wände und der Decke blieben bestehen. Es wurde somit eine Messung der Raumlufte durchgeführt, bei der nur der Boden offen lag (000797-12).

6. Messung der Luft hinter der Ziegelwand

Entgegen der Planlage wurde festgestellt, dass die Ziegelwände des Flures zweischalig ausgeführt waren. Um einen damit möglichen Einfluss der nach hinten hinter die Ziegelausfachung ausgasenden Gebäudefugen zu bestimmen, wurde eine Bohrung von 12 mm Durchmesser in die Ziegelwand eingebracht und eine Messung der Luft im Hohlraum hinter der Ziegelwand durchgeführt (000797-21). Die Messung erfolgte, indem ein Schlauch durch die Bohrung in die Wand eingeführt wurde und mit Knetmasse zum Raum hin abgedichtet wurde.

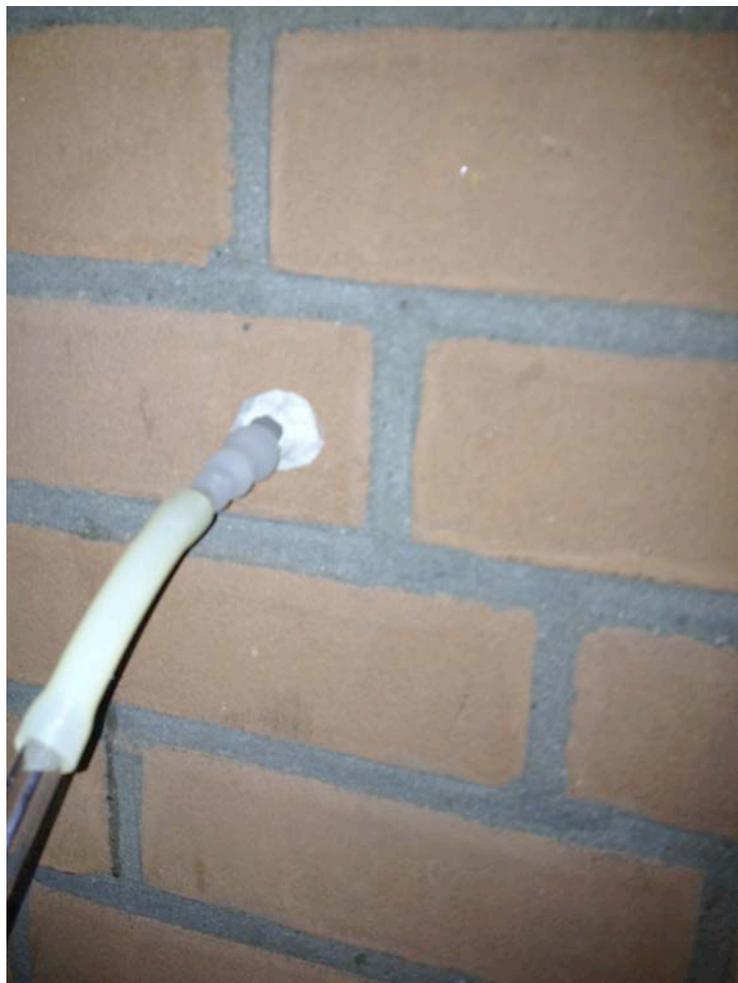


Bild 7: Messung hinter der Ziegelwand

7. Emmisionsprobekörper für Deckenplatten.

Zur Bestimmung des Ausgasungspotenzials der Deckenplatten wurde ein Probekörper aus Folie gebaut. In diesem wurde ca. 3 m² Deckenplatten eingebracht und mit Frischluft umspült. Nach einer und nach 40 Stunden nach Beenden der

Luftspülung wurden die PCB-Konzentration in dem Luftraum des Emissionsprüfkörpers gemessen. Parallel dazu wurde eine weitere Messung des Flures durchgeführt, nachdem die Deckenplatten ausgebaut waren (000797-23). In dem Flur waren während der Messung nur die Stirnflächen (Türanlagen) abgedeckt.



Bild 8: Emmisionsprüfkörper für Deckenplatten

3.2 Raum 1.10

Im Raum 1.10 wurden folgende Abdeckungen und Messungen durchgeführt:

1. Abdeckung:

Abdeckung der Fensterfront. Die Fensterabdichtungen des Raumes 1.10 waren als Primärquelle bekannt und wurden bereits durch die Fa. Böckmann mit Valutect-Folie maskiert. Um die Wirksamkeit dieser Maskierung und die Lage möglicher weiterer PCB-Quellen zu ermitteln, wurde in einem ersten Schritt eine Folienbarriere zwischen Fensterfront und Raum gesetzt.

Beide Seiten der Folienbarriere wurden durch separate Lüftungsgeräte mechanisch mit Außenluft gelüftet. 1 h nach Beendigung der Lüftung wurden Messungen, im Raum (000797-3) und hinter der Folienbarriere (000797-2) durchgeführt.

2. Abdeckung

Nach Beenden der Messungen vor und hinter der Fassadenabdeckung wurde der Boden des Raumes 1.10 mit Tetra-Pak-Pappe abgedeckt und die Ränder mit Klebeband versiegelt. Durch eine erneute Messung der Raumluft (000797-4) sollte danach der Einfluss des Bodenbelags auf die PCB-Raumluftkonzentration ermittelt werden.



Bild 9: Messungen im Raum 1.10 und unter der Decke

3. Abdeckung

In einem weiteren Schritt sollte durch Abdeckung der Decke deren Einfluss auf die PCB-Raumluftkonzentration ermittelt werden. Dazu wurde mithilfe einer Holzkonstruktion eine Folie unter die Decke gespannt. Die einzelnen Folienbereiche wurden mit Sprühkleber und Gewebeklebeband gasdicht miteinander verbunden. Zwischen Decke und Folie wurde eine Messzelle eingerichtet, die gleichzeitig mit dem Raum über ein separates Lüftungsgerät gezielt belüftet wurde. Nach Beenden

der Lüftung wurden Messungen in der Messzelle unterhalb der Deckenkonstruktion (000797-11) und im Raum (000797-10) durchgeführt.

4. Abdeckung

Die Wände des Raums sind in unterschiedlichen Bauweisen ausgeführt. Dadurch waren erste unterschiedliche Auswirkungen auf die PCB-Raumluftkonzentration zu erwarten. Die Seitenwand und die tafelseitige Wand sind als Klinkerwände und die rückseitige Wand als gestrichene Betonwand ausgeführt. Um den Einfluss der Klinkerwände auszuklammern, wurde diese in einem vierten Abdeckschritt mit PE-Folie vom Raum getrennt, sodass nur noch die gestrichene Rückwand des Raumes offen lag. Es wurde eine Messung der Raumluft unter definierten Lüftungsbedingungen (000797-13), sowie eine orientierende Messung der Ausgasung der Klinkerwand hinter der Folie durchgeführt (000797-16 / undefinierte Lüftung).

5. Abdeckung

In einem letzten Abdeckschritt wurde die letzte Wand des Raumes ebenfalls abgedeckt. Es wurden bei unterschiedlichen Temperaturen zwei Messungen bei vollkommen abgedecktem Raum durchgeführt (000797-15 und 000797-20). Weiterhin wurde eine orientierende Messung im abgeklebten Teil vor der gestrichenen Wand (000797-19) unter undefinierten Lüftungsbedingungen durchgeführt.

4 Messverfahren zur Raumluftprobenahmen auf PCB

Alle Raumluftprobenahmen auf PCB erfolgten nach der DFG- Methode durch Adsorption an Florisil. Verwendet wurden Probenahmeröhrchen der Fa. Günther Karl OHG mit 200mg schweren Adsorberbetten.

Die genommenen Luftproben wurden von dem Labor der Fa. GEOTAIX Umwelttechnologie GmbH, Würselen auf PCB analysiert. Das Labor besitzt zur Durchführung solcher Analysen ein entsprechendes Qualitätssicherungssystem und die Reputation des Labors ist sehr gut.

4.1 Probenahmeparameter

Für alle Proben galt:

Immissionshöhe:	ca. 1,5 m (bei Messungen im freien Raum)
Adsorbiertes Raumluftvolumen:	800 Liter auf Adsorbens Florisil (Proben 000634-1...5) 1000 Liter auf Adsorbens Florisil (Proben 000797-1...24)
Analyselaufrnummer:	000797-1 bis 000797-24
Lüftung:	1 h vor Messbeginn (sofern nicht anders angegeben)
Probenehmer:	000797-1 bis -12, -21 bis -23: Dominik Obeloer 000797-13 bis -20: Joanna Kijaczko 000634-1 bis -5: Joanna Kijaczko 000797-24: Bernd Schwanke

Die Messungen erfolgten zum Teil unter hochsommerlichen Bedingungen mit dadurch zu erwartenden deutlichen Schwankungen der Messwerte aufgrund unterschiedlicher Temperaturen. In den folgenden Ergebnistabellen ist jeweils nur der Wert für den PCB Gesamtgehalt nach DIN angegeben. Die genaue Kongeneren-Zusammensetzung ist den Laborergebnissen im Anhang dieses Berichtes zu entnehmen.

4.2 Analyseergebnisse Flug EG vor E-018

Die Analyse der Raumlufproben ergab die folgenden Ergebnisse:

Tabelle 1: Analyseergebnisse Gesamt-PCB im Flur vor E-018

Probe	Boden	Decke	Klinkerwand	Beton-säule	Temp.	Nichtlüftung Vor Messung	PCB* [ng/m ³]
000634-1	Außenluft (Schulhof)				26,1 °C	-	95
000634-2	Außenluft 1m vor Tür zum Flur				26,1 °C	-	640
000634-3	oberhalb Abhangdecke				22,4 °C	1 h	3430
000634-4	offen	offen	offen	offen	22,4 °C	1 h	5300
000797-1	abged.	offen	offen	offen	21,3 °C	1 h	3535
000797-5	-	Messzelle	-	-	19,8 °C	1 h	5150
000797-6	abged.	abged.	offen	offen	19,8 °C	1 h	1995
000797-7	abged.	abged.	abged.	abged.	22,9 °C	1 h	290
000797-8	-	-	Messzelle	-	22,9 °C	1 h	2265
000797-17	-	-	Messzelle	-	21,2 °C	40 h	2120
000797-9	-	-	-	Messzelle	22,9 °C	1 h	725
000797-18	-	-	-	Messzelle	21,2 °C	40 h	1295
000797-12	offen	abged.	abged.	abged.	22,9 °C	1 h	520
000797-21	-	-	Hinter Klinker	-	24,5 °C	Undefiniert	4835
000797-22	-	Messzelle Platten	-	-	24,2 °C	1 h	3460
000797-24	-	Messzelle Platten	-	-	24,1 °C	40 h	2225
000797-23	offen	entfernt	offen	offen	21,8 °C	1 h	2955
000634-5	Blindwertprobe zur Qualitätssicherung						0

* PCB-Gesamtgehalt nach DIN: Σ der 6 BALLSCHMITER-Kongenere x Faktor 5
abged.: Raumbofläche war mit PE-Folie oder Tetra-Pak-Pappe abgedeckt

4.3 Analyseergebnisse Raum 1.10

Die Analyse der Raumluchtproben ergab die folgenden Ergebnisse:

Tabelle 2: Analyseergebnisse Gessmt-PCB im Raum 1.10

Probe	Fensterfront	Boden	Decke	Klinkerwand	gestr. Wand	Temp.	Nichtlüftung	PCB* [ng/m ³]
000797-2	Messzelle	-	-	-	-	21,3 °C	1 h	760
000797-3	abged.	offen	offen	offen	offen	21,3 °C	1 h	1550
000797-4	abged.	abged.	offen	offen	offen	21 °C	1 h	1325
000797-10	abged.	abged.	abged.	offen	offen	23,5 °C	1 h	980
000797-11	-	-	Messzelle	-	-	23,5 °C	1 h	945
000797-13	abged.	-	abged.	abged.	offen	22,7 °C	1 h	380
000797-15	abged.	abged.	abged.	abged.	abged.	26,7 °C	1 h	560
000797-20	abged.	abged.	abged.	abged.	abged.	23,4 °C	1 h	295
000797-16	-	-	-	orient.	-	26,7 °C	undef.	1045
000797-19	-	-	-	-	orient.	23,4 °C	undef.	2120

* PCB-Gesamtgehalt nach DIN: Σ der 6 BALLSCHMITER-Kongenere x Faktor 5
abged.: Raumbofläche war mit PE-Folie oder Tetra-Pak-Pappe abgedeckt

4.4 Bewertungskriterien für PCB- Raumluchtproben

Von PCB- belasteten Baustoffen und Bauteilen in Räumen können Gesundheitsrisiken für die Nutzer der Räume ausgehen. In vorliegenden Fall dienten die Messungen jedoch zum Feststellen der Emissionen einzelner Bauteile bzw. Bauteilgruppen des Gebäudes. Daher dienen zur Bewertung der Messergebnisse nicht die gesetzlich festgelegten Vorsorge- (300 ng/m³) und Interventionswerte (3000 ng/m³), sondern es wird die Differenz zweier Messwerte, zwischen denen Abdeckungen eingebaut oder entfernt wurden, bewertet.

5 Interpretation der Ergebnisse Flur EG vor E-018

Die Abdeckung des Bodens (vgl. Proben 000797-12 mit 000797-7) konnte die PCB- Raumluftkonzentration bei gleicher Temperatur nur minimal von 520 ng/m³ auf 290 ng/m³ senken. Der Boden stellt somit zwar eine Sekundärquelle dar, jedoch nur eine schwach emittierende.

Wesentlich deutlicher war der gemessene Einfluss der Decke. Die Messungen oberhalb und unterhalb der Abhangdecke ergaben beide sehr hohe PCB- Konzentrationen von 3430 (000623-3) bzw. 5300 ng/m³ (000634-4). Dies deutet auf

die Deckenplatten selbst oder eine andere Quelle hin, die sich auch oberhalb der Decke befindet.

Durch Abdeckung der Decke konnte die PCB-Raumluftkonzentration von 3535 ng/m^3 (000797-1) auf 1995 ng/m^3 (000797-6) gesenkt werden. Die Verminderung des Messwertes in dieser Größenordnung kann nicht alleine auf die $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ niedrigere Messtemperatur zurückgeführt werden. Auch die Messung der Ausgasung der Decke im Einbauzustand bestätigte mit PCB-Konzentrationen von 5150 ng/m^3 den Verdacht, dass die Decke eine starke PCB-Quelle darstellte. Um zu bestimmen, ob die Mineralfaser-Deckenplatten oder die darüberliegende Betonkonstruktion für diese Messwerte verantwortlich waren, wurden die Mineralfaser-Deckenplatten ausgebaut und eine weitergehende Beprobung durch eine Emissionsmessung der Deckenplatten in einem dafür gebauten Probekörper durchgeführt (Bild 8). Mit 3460 ng/m^3 nach 1 h konnte eine deutliche Emission von PCB aus den Deckenplatten nachgewiesen werden. Gleichzeitig lag nach Entfernung der Deckenplatten im Flur noch immer eine PCB-Raumluftkonzentration von 2955 ng/m^3 1h nach Lüftung vor. Obwohl die Deckenplatten der Emissionsprüfung nach eine deutliche PCB-Quelle darstellen, lag ohne diese im Flur jedoch noch mindestens eine weitere starke Quelle vor.

Eine deutliche Senkung der Raumluftwerte von 1995 ng/m^3 auf 290 ng/m^3 bei einer gleichzeitig um $3,1 \text{ }^\circ\text{C}$ höheren Messtemperatur konnte durch das Abdecken der Seitenwände des Flures erreicht werden. Einzelmessungen der Ziegelwände zeigten, dass diese mit 2265 ng/m^3 schon nach 1 Stunde sehr viel PCB in die Raumluft abgaben. Die verklinkerten Wände wurden somit als ganz wesentlicher Einflussfaktor für die PCB-Konzentration im Flur ermittelt.

Angesichts der Messwerte nach Abdecken der Primärquellen (Fugendichtmassen) durch die Fa. Böckmann und der hohen Ausgasungswerte der Ziegelwand stellte sich dann die Frage, warum keine signifikante Abnahme der Raumluftkonzentrationen des PCB durch die Maskierungsarbeiten erfolgt war. Bild 10 zeigt die Migrationswege, die sich einstellten, da die Wandausführungen entgegen der Planlage nicht ein-sonder zweischalig ausgeführt worden waren (Bild 11)

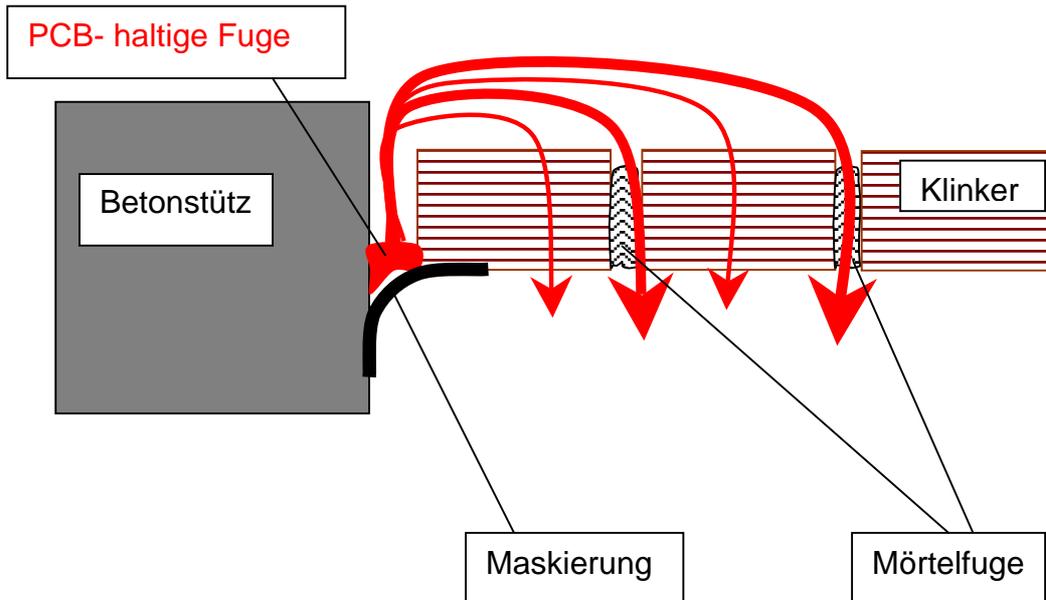


Bild 10: Migrationswege des PCB von den Gebäudefugen durch die Ziegelwand



Bild 11: Kernbohrung durch die 1. Klinkerschicht der Klinkerwand des Flures

Die Valutect- Abdeckung unterbindet den raumseitigen Austritt aus der PCB Primärquelle, jedoch nicht den Austritt nach hinten in die Baumasse. Der

Diffusionspfad des gasförmigen PCB durch die Klinker wird nach Abschätzung zur Kontamination zwar beitragen, jedoch sehr wahrscheinlich nicht in einem hohen Maß. Die Mörtelfugen sowie eventuell darin vorhandene Risse, Lunkerstellen und Luftpfade zwischen Mörtelfugen und Klinker setzen dem Ausgasungsstrom des PCB in den Raum wesentlich weniger Widerstand entgegen. Es ist bekannt, dass der Ausführung von Stossfugen bei Mauerarbeiten im Allgemeinen wesentlich weniger Sorgfalt zuteil wird, da deren statische Eigenschaften untergeordnet sind. Da Klinkermauerwerk erst im zweiten Schritt verfugt wird, kam der Ausbildung der Stoßfugen während der Erstellung der Ausfachungen zwischen den Betonstützen im vorliegenden Fall keine besondere Bedeutung bei. Hier liegt mit hoher Sicherheit der wesentliche Pfad, über den die PCB- Ausgasungen in die Raumlufte gelangen.

Durch eine Öffnung der Klinkerwand konnte der Verdacht bestätigt werden, dass sich hinter dem Klinker entgegen der Planlage ein Hohlraum befindet.

Die 25,5 cm dicke Klinkerwand besteht aus zwei 10 cm dicken Ziegelschichten, zwischen denen sich ein 5,5 cm breiter, mit künstlichen Mineralfasern gefüllter Hohlraum befindet. Die Messung der PCB-Konzentration im Inneren der Klinkerwand ergab Messwerte von 4835 ng/m^3 bei $24,5 \text{ °C}$. Diese hohen Messwerte stellen zusammen mit der Erkenntnis, dass es sich zwischen den Klinkerschichten ein Hohlraum befindet eine valide Begründung für den starken Einfluss der Ziegelwände auf die PCB-Raumluftekonzentration dar. Die Klinkerwand alleine ließ die PCB-Konzentration in der davor liegenden Messzelle innerhalb einer Stunde auf 2265 ng/m^3 ansteigen.

Aufgrund der erzielten Messwerte ist eine signifikante Senkung der PCB-Raumluftekonzentration nur durch Maskieren oder Ausbau der Decken und der die Ziegelwände umgebenden Primärquellen (Fugendichtmassen) im überprüften Flur vor Raum E-018 nicht möglich. Der Sanierungszielwert von unter 300 ng/m^3 konnte nur durch Abdecken aller Raumboberflächen erreicht werden.

6 Interpretation der Ergebnisse Raum 1.10

Die erste Messung bei abgedeckter Fensterfront vor und hinter deren Abdeckung zeigt, dass hinter der Abdeckung aufgrund eines Messwertes von 760 ng/m^3 bei $21,3 \text{ }^\circ\text{C}$ noch eine offene PCB-Quelle vorlag. Neben den mit Valutectfolie maskierten Primärquellen (Fugendichtmasse) waren hinter der Abdeckung offenliegende Betonteile vorhanden. Wie eine Messzelle im Flur vor E-018 ergab, tragen auch einzelne Betonteile des Gebäudes (z.B. Säulen) zur Raumluftbelastung bei. Das Abdecken der Primärquellen um die Fenster führte somit zu einer Abnahme der Werte, jedoch nicht im erhofften Umfang. Undichtigkeiten in den Profilen, Dichtungen etc. lassen auch nach raumseitiger Maskierung weiter deutliche Mengen an PCB in die Raumluft gelangen.

Deutlich höhere Werte als hinter der Fassadenabdeckung waren jedoch mit 1550 ng/m^3 aus anderen Quellen (Decke, Boden, Wände) im Raum zu messen.

Auch im Klassenraum zeigte sich – wie im Flur- gegenüber den Messungen aus dem Februar erwartungsgemäß ein deutlicher Anstieg der Raumluftkonzentration aufgrund der sommerlichen Bedingungen.

Der Ausgangswert konnte durch Abdeckung des Bodens nur minimal auf 1325 ng/m^3 (bei $0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ niedrigerer Temperatur) gesenkt werden. Der Boden hat somit nur einen sehr geringen Einfluss auf die sich einstellende PCB- Raumluftkonzentration im geprüften Klassenraum. Dies entspricht den Erkenntnissen wie für den Flur bereits geschildert.

Eine erste deutliche Senkung der Messwerte auf 980 ng/m^3 (bei $2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ höherer Temperatur) konnte durch Isolieren der Decke erzielt werden, womit diese als starke PCB-Quelle identifiziert wurde. Dies steht ebenfalls in guter Übereinstimmung mit den im Flur vor E-018 ermittelten Ergebnissen.

Eine weitere deutliche Senkung der Raumluftkonzentration auf 380 ng/m^3 konnte durch Abdecken der beiden Klinkerwände des Raumes erzielt werden. Dieser geringe Messwert ist nicht allein durch die um $0,8 \text{ }^\circ\text{C}$ niedrigere Messtemperatur zu erklären. Die Klinkerwand wurde somit auch im Klassenraum als signifikante PCB-Quelle erkannt.

Durch ein komplettes Abkleben aller Raumboflächen wurde eine PCB-Raumluftkonzentration von 295 ng/m^3 bei $23,4 \text{ °C}$ erreicht. Die gestrichene Wand hat demnach nur einen geringen Einfluss auf die Raumluftkonzentration. Aufgrund von der durchgeführten orientierenden Messung hinter der Folienabdeckung, die Messwerte von 2120 ng/m^3 ergab emittiert die Wandfarbe jedoch ebenfalls als Sekundärquelle. Die sich einstellenden hohen Messwerte in der Messzelle vor der gestrichenen Wand waren einerseits auf die längere, zeitlich nicht definierte Nichtlüftung hinter der Folienabdeckung, andererseits auf das geringe Luftvolumen der Messzelle zurückzuführen.

7 Zusammenfassung

Alle Bauteile hatten einen messbaren Einfluss auf die PCB-Raumluftkonzentration. Dabei zeigte sich in den beiden untersuchten Bereichen jeweils ein sehr starker Einfluss sowohl der Deckenkonstruktion, als auch der Ziegelwände. Andere Raumboflächen hatten demgegenüber nur geringeren Einfluss auf die PCB-Konzentration der Raumluft.

Eine Beprobung der Farbe der Deckenplatten im Flur zeigte einen PCB-Gehalt von 170 mg/kg (unser Bericht 2012-07-043). Durch eine Emissionsprüfung konnte jedoch ein deutliches und unerwartet hohes Ausgasungspotenzial der Deckenplatten festgestellt werden.

Die zweitstärkste PCB- Quelle waren die Ziegelwände (Klinkerausfachungen). Aufgrund ihrer porösen Struktur kann PCB durch diese hindurch migrieren. Bei einer Messung der Luft auf dem Hohlraum innerhalb der Klinkerwand wurden sehr hohe PCB-Konzentrationen von 4835 ng/m^3 nachgewiesen. Die Fugen gasen somit nach hinten aus und diese Ausgasungen gelangen durch die Fugen wieder in den Raum.

Die Bodenbeläge tragen nur wenig zu der PCB-Raumluftbelastung bei. Dies deutet darauf hin, dass diese durch die jahrelange Exposition PCBs aufgenommen haben und diese nach Abdeckung der eigentlichen Primärquellen als Sekundärquellen wieder abgaben.

Die Auswirkung der Einzelbauteile auf die PCB-Raumluftkonzentration ist qualitativ in folgender Einflussmatrix dargestellt:

Bauteil	Einfluss auf die PCB-Konzentration im Raum
Decke (Mineralfaserplatten)	+++
Klinkerwand	+++
Gestrichene Wand	++
Boden	o

Tabelle 3: Einflussmatrix Einzelbauteile auf PCB-Raumluftkonzentration

+++ : sehr starker Einfluss, ++ : starker Einfluss, o : geringer Einfluss

8 Hinweise zur Sanierung der Dreikönigenschule

In Summe zeigte sich, dass alle Bauteiloberflächen einen messbaren Einfluss auf die PCB-Raumluftkonzentration hatten und somit auch Sekundärquellen in der Dreikönigenschule einen Einfluss auf die Raumluftkonzentration an PCB haben. Wie schnell die Belastung durch die ermittelten Sekundärquellen nach Entfernen der Primärquellen abklingen würde, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Es ist aufgrund der durchgeführten Versuche und der verbleibenden Unsicherheiten notwendig, dass neben einer Primärquellensanierung auch eine Sekundärquellensanierung durchgeführt werden muss. Dazu müssen Wandflächen entschichtet (abgebeizt) werden.

Zur Sanierung ist die Herausnahme aller mit Fugendichtmassen angedichteten Tür- und Fensteranlagen notwendig. Auch die Außenfugen müssen aufgrund ihres starken Ausgasungspotenzials mit saniert werden.

Die die Ziegelausfachungen umgebenden Fugen werden schwer zu sanieren sein. Die Fugenbreiten sind gering und ein Herausschneiden der Fuge allein ist nicht möglich. Die rauen Ziegeloberflächen erlauben keine exakt durchführbaren Schleif- und Beschichtungsarbeiten. Die Ausfachungen müssen deshalb an ihren Rändern um ca. 10 cm umlaufend abgesägt werden. Die technischen Möglichkeiten, dies bei den gegen die Betonstützen zurückspringenden Flächen zu bewerkstelligen, sind

eingeschränkt und der Abriss der Flächen muss deshalb als Option in Erwägung gezogen werden. Auch wenn die Klinkerflächen rundum um 10 cm freigeschnitten werden können, dürfen keine Fugenmassen- Reste und Schleifstäube in die Hohlräume zwischen den Wandschalen gelangen, da diese sehr stark PCB ausdunsten und die Raumluftwerte unterhalb der Sanierungszielwertes nicht erreicht werden können. Nach erster Abschätzung erscheint es deshalb wahrscheinlich, dass die Klinkerausfachungen komplett zur Sanierung abgetragen werden müssen. Durch eine solche Maßnahme stände dann die wirtschaftliche Machbarkeit der gesamten Sanierungsmaßnahme ggfs. in Frage.

Abbeizarbeiten an sekundär kontaminierten Wandflächen bergen ebenfalls Risiken einer Kontamination des Gebäudes mit flüchtigen organischen Substanzen, die beim Abbeizen in die Wandsubstanz einziehen können.

Die Deckenplatten wurden als relevante Quelle für die Raumluftkontamination festgestellt. Ggfs sind während der Sanierung aber dennoch weitere Maßnahmen zur Maskierung der Decken- Betonflächen notwendig. Die wird sich aber erst während der Sanierung bzw. Pilotsanierung endgültig zeigen.

Eine Kostenermittlung mit Abschätzung der Wahrscheinlichkeiten für eine erfolgreiche Sanierung sollte sich deshalb im weiteren Projektverlauf anschließen.

9 Literatur

[1] Richtlinien für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCB-Richtlinie NRW) vom 3.7.1996; Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, Nr. 52, 1996

[2] Katalyse e.V.: PCB-Belastung in Gebäuden; Bauverlag, Wiesbaden, 1995

Korschenbroich, den 25.09.2012

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

Dr.-Ing. Dominik Obeloer

Chemische Untersuchung von Innenraumluft

Auftraggeber: biomess Ing.-Büro GmbH

Unsere Auftragsnummer: BIM 12054 H-1

Projekt: 000634

Probeneingang: 06.07.2012

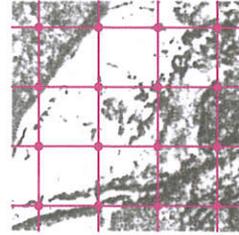
Untersuchungsparameter: **PCB (Polychlorierte Biphenyle)**

Analysenverfahren: an. „PCB-Richtlinie NRW“, NIOSH 5503, Anreicherung an Florisil, GC/ECD

PCB-Messung in Luft				
Labornummer	197183	197184	197185	197186
Probenbezeichnung	000634-1	000634-2	000634-3	000634-4
Sammelvolumen [L]	800	800	800	800
Meßergebnis	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
PCB 28	6	50	322	521
PCB 52	9	66	330	503
PCB 101	< 3	8	31	36
PCB 153	< 3	< 3	< 3	< 3
PCB 138	4	4	3	< 3
PCB 180	< 3	< 3	< 3	< 3
Summe PCB	19	128	686	1060
Summe PCB x 5	95	640	3430	5300
PCB 118	< 3	< 3	6	3

Würselen, den 09.07.2012


 Christopher Braun
 stv. Laborleiter



Chemische Untersuchung von Luftproben

Auftraggeber: biomess Ing.-Büro GmbH

Unsere Auftragsnummer: BIM 120015 S

Projekt: DKS Abdeckung

Probeneingang: 09.08.12

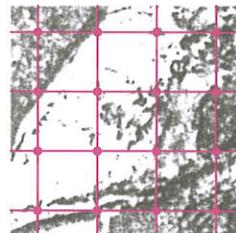
Untersuchungsparameter: **PCB (Polychlorierte Biphenyle)**

Analysenverfahren: an. „PCB-Richtlinie NRW“, NIOSH 5503, Anreicherung an Florisil,
GC/ECD

PCB-Messung in Luft			
Labornummer	199673	199674	199675
Probenbezeichnung	000797-1	000797-2	000797-3
Sammelvolumen [Liter]	1000	975	1000
Meßergebnis	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
PCB 28	335	70	150
PCB 52	339	76	149
PCB 101	33	6	11
PCB 153	< 3	< 3	< 3
PCB 138	< 3	< 3	< 3
PCB 180	< 3	< 3	< 3
Summe PCB	707	152	310
Summe PCB x 5	3535	760	1550
PCB 118	7	< 3	< 3

Würselen, den 13.08.2012


Christopher Braun
stv. Laborleiter



Chemische Untersuchung von Luftproben

Auftraggeber: biomass Ing.-Büro GmbH

Unsere Auftragsnummer: BIM 120017 S

Projekt: DKS

Probeneingang: 10.08.12

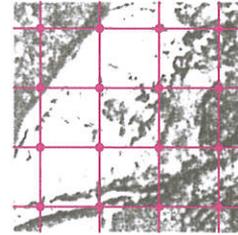
Untersuchungsparameter: **PCB (Polychlorierte Biphenyle)**

Analysenverfahren: an. „PCB-Richtlinie NRW“, NIOSH 5503, Anreicherung an Florisil,
GC/ECD

PCB-Messung in Luft			
Labornummer	199735	199736	199737
Probenbezeichnung	000797-4	000797-5	000797-6
Sammelvolumen [Liter]	1000	1000	1000
Meßergebnis	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
PCB 28	127	493	192
PCB 52	129	501	190
PCB 101	9	35	17
PCB 153	< 3	< 3	< 3
PCB 138	< 3	< 3	< 3
PCB 180	< 3	< 3	< 3
Summe PCB	265	1030	399
Summe PCB x 5	1325	5150	1995
PCB 118	< 3	4	3

Würselen, den 14.08.2012


Christopher Braun
stv. Laborleiter



Chemische Untersuchung von Luftproben

Auftraggeber: biomess Ing.-Büro GmbH
 Projekt: DKS

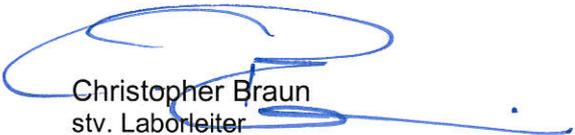
Unsere Auftragsnummer: BIM 120018 S
 Probeneingang: 14.08.12

Untersuchungsparameter: **PCB (Polychlorierte Biphenyle)**

Analysenverfahren: an „PCB-Richtlinie NRW“, NIOSH 5503, Anreicherung an Florisil, GC/ECD

PCB-Messung in Luft						
Labornummer	199827	199828	199829	199830	199831	199832
Probenbezeichnung	000797-7	000797-8	000797-9	000797-10	000797-11	000797-12
Sammelvolumen [Liter]	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Meßergebnis	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
PCB 28	28	215	68	92	91	51
PCB 52	26	214	71	97	91	53
PCB 101	4	24	6	7	7	< 3
PCB 153	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
PCB 138	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
PCB 180	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Summe PCB	58	453	145	196	189	104
Summe PCB x 5	290	2265	725	980	945	520
PCB 118	3	5	< 3	< 3	< 3	< 3

Würselen, den 15.08.2012


 Christopher Braun
 stv. Laborleiter

Chemische Untersuchung von Luftproben

Auftraggeber: biomass Ing.-Büro GmbH

Unsere Auftragsnummer: BIM 120020 S

Probeneingang: 17.08.2012

Untersuchungsparameter: **PCB (Polychlorierte Biphenyle)**

Analysenverfahren: an „PCB-Richtlinie NRW“, NIOSH 5503, Anreicherung an Florisil,
GC/ECD

Untersuchungsergebnisse:

PCB-Messung in Luft				
Labornummer	200065	200066	200067	200068
Probenbez.	000797-13	000797-15	000797-16	000797-17
Sammelvolumen [Liter]	1000	1000	1000	1000
Meßergebnis	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]	[ng/m ³]
PCB 28	36	52	98	200
PCB 52	37	55	102	201
PCB 101	3	5	9	23
PCB 118	< 3	< 3	< 3	< 3
PCB 153	< 3	< 3	< 3	< 3
PCB 138	< 3	< 3	< 3	< 3
PCB 180	76	112	209	424
Summe PCB (DIN)	380	560	1045	2120
Summe PCB (DIN+PCB118)	< 3	< 3	< 3	5

Das Analysenzertifikat ersetzt das Protokoll vom 17.08.2012.

Würselen, den 17.09.2012


Dr. B. Beissmann
Laborleiter

Chemische Untersuchung von Luftproben

Auftraggeber: biomass Ing.-Büro GmbH

Unsere Auftragsnummer: BIM 120020 S

Probeneingang: 17.08.2012

Untersuchungsparameter: **PCB (Polychlorierte Biphenyle)**

Analysenverfahren: an „PCB-Richtlinie NRW“, NIOSH 5503, Anreicherung an Florisil,
GC/ECD

Untersuchungsergebnisse:

PCB-Messung in Luft			
Labornummer	200069	200070	200071
Probenbez.	000797-18	000797-19	000797-20
Sammelvolumen [Liter]	1000	1000	1000
Meßergebnis	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
PCB 28	123	42	30
PCB 52	124	42	29
PCB 101	12	< 3	< 3
PCB 118	< 3	< 3	< 3
PCB 153	< 3	< 3	< 3
PCB 138	< 3	< 3	< 3
PCB 180	259	84	59
Summe PCB (DIN)	1295	420	295
Summe PCB (DIN+PCB118)	< 3	< 3	< 3

Das Analysenzertifikat ersetzt das Protokoll vom 17.08.2012.

Würselen, den 17.09.2012


Dr. B. Beissmann
Laborleiter

GEOTAIX UMWELTECHNOLOGIE GMBH
 SCHUMANSTR. 29
 52146 WÜRSELEN
 TEL.: 02405/4685-0
 FAX: 02405/4685-10



Chemische Untersuchung von Luftproben

Auftraggeber: biomass Ing.-Büro GmbH
 Projekt: DKS, Ziegelwand Flur EG

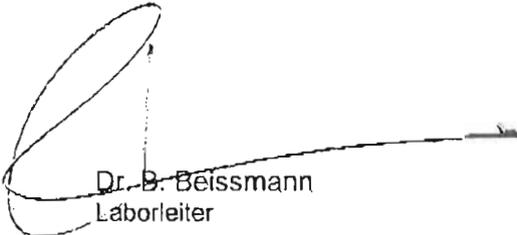
Unsere Auftragsnummer: BIM 120022 S
 Probeneingang: 24.08.12

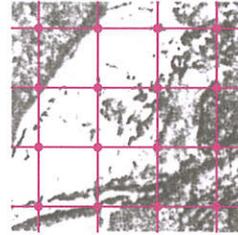
Untersuchungsparameter: **PCB (Polychlorierte Biphenyle)**

Analysenverfahren: an. „PCB-Richtlinie NRW“, NIOSH 5503, Anreicherung an Florisil,
 GC/ECD

PCB-Messung in Luft	
Labornummer	200423
Probenbezeichnung	000747-21
Sammelvolumen [Liter]	1000
Meßergebnis	[ng/m³]
PCB 28	540
PCB 52	418
PCB 101	9
PCB 153	< 3
PCB 138	< 3
PCB 180	< 3
Summe PCB	967
Summe PCB x 5	4835
PCB 118	< 3

Würselen, den 27.08.2012


 Dr. B. Beissmann
 Laborleiter



Chemische Untersuchung von Luftproben

Auftraggeber: biomess Ing.-Büro GmbH

Unsere Auftragsnummer: BIM 120026 S

Projekt: DKS

Probeneingang: 03.09.2012

Untersuchungsparameter: **PCB (Polychlorierte Biphenyle)**

Analysenverfahren: an. „PCB-Richtlinie NRW“, NIOSH 5503, Anreicherung an Florisil, GC/ECD

PCB-Messung in Luft			
Labornummer	200955	200956	200957
Probenbezeichnung	000797-22	000797-23	000797-24
Sammelvolumen [Liter]	1000	1000	1000
Meßergebnis	[ng/m³]	[ng/m³]	[ng/m³]
PCB 28	310	272	200
PCB 52	349	292	226
PCB 101	33	27	19
PCB 153	< 3	< 3	< 3
PCB 138	< 3	< 3	< 3
PCB 180	< 3	< 3	< 3
Summe PCB	692	591	445
Summe PCB x 5	3460	2955	2225
PCB 118	5	6	3

Würselen, den 04.09.2012


Dr. B. Beissmann
Laborleiter