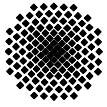


## Gutachten

### Untersuchungen der Wirksamkeit des Sanierungssystems „PF-2-Combi“ auf Eignung als Sanierungsmittel bei der Sanierung holzschutzmittelbelasteter Bauteile

Auftraggeber:           Herrn Dr. Eckrich  
Gesellschaft für Umwelthygiene und  
Sanierungstechnologie mbH  
Weinstraße 77  
  
67434 Neustadt

Datum des Berichtes:   19.03.2001  
  
Auftrag:                 V/99 6496 Zö/GÖ  
  
Textseiten:             9 (einschließlich Deckblatt)  
  
Beilagen:                -



## **AUFGABE DER UNTERSUCHUNG**

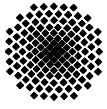
Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollte ein durch den Auftraggeber entwickeltes System zur Sanierung holzschutzmittelbelasteter Bauteile auf seine Wirksamkeit im Hinblick auf die Reduzierung von Schadstoffemissionen (Pentachlorphenol) geprüft werden. Diese Wirksamkeitsüberprüfung sollte auch die Eignung zu einer dauerhaften (d. h. 10 Jahre) Reduzierung der Schadstoffabgabe aus den Holzmaterialien belegen.

Als Kriterium für eine Wirksamkeit wurde die Unterschreitung des in der PCP-Richtlinie angeführten Sanierungsleitwerts von  $0,1 \mu\text{g PCP}/\text{m}^3$  als Ausgleichskonzentration in einer  $1\text{m}^3$ -Prüfkammer festgelegt (vgl. Anlage 1).

Bei dem System „PF-2-Combi“ handelt es sich um ein zweistufiges Oberflächen-Sanierungsverfahren. Dabei werden einige Holzschutzmittelinhaltsstoffe chemisch umgewandelt, andere physikalisch an der Holzfaser fixiert. Im zweiten Arbeitsschritt werden die Holzoberflächen mit einer farblosen, dauerelastischen Diffusionsbremse überzogen.

Die vorliegende Untersuchung gliedert sich in folgende Schritte:

- 1) Prüfung auf Wirksamkeit, in diesem Fall Reduzierung der Pentachlorphenol-Belastung einer Prüfkammeratmosphäre unmittelbar nach Applikation und Trocknung des Sanierungsmittels.
- 2) Prüfung des Sanierungserfolgs nach Bewitterungsversuchen. Zeitrafferuntersuchungen zur Prüfung der Wirksamkeit nach 5 bzw. 10 Jahren.
- 3) Prüfung nach 50 Tagen Bewitterung (Simulation einer Belastung der Hölzer über 5 Jahre).
- 4) Prüfung nach 100 Tagen Bewitterung (Simulation der Belastung der Hölzer über 10 Jahre).



Ein für die Simulation der Bewitterung im Innenraum geeignetes Verfahren besteht nach unserer Ansicht in der Bewitterung der beschichteten Hölzer in einer Klimakammer. Dabei wird gemäß VDI 3958 eine zyklische Belastung zwischen Klimaextremen mit Temperaturen von 10 – 70 °C und Feuchten von 25 – 75 % rel. Feuchte durchgeführt, die eine Beanspruchung des Holzes simulieren sollen.

Die Dauer der Zyklen beträgt 2 x 12 Stunden. Es werden dabei folgende Klimata eingestellt:

- 1. Zyklus: 10 °C – 75 % rel. Feuchte
- 2. Zyklus: 70 °C – 25 % rel. Feuchte

Diese Bewitterung entspricht bei einer Dauer von 50 Zyklen (d. h. 50 Tage) einem Zeitraffereffekt von ca. 5 Jahren und bei einer Dauer von 100 Zyklen einem Zeitraffer von ca. 10 Jahren.

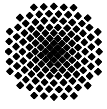
## **DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNG**

Für die Überprüfung der Wirksamkeit des Systems „PF-2-Combi“ wurden Althölzer verwendet, die aus einem schadstoffbelasteten Gebäude ausgebaut worden waren. Diese Althölzer waren deutlich mit Pentachlorphenol belastet. Raumlufuntersuchungen in den Räumen, wo dieses Holz als Deckenverkleidung eingebaut war, hatten unter „worst-case-Bedingungen“ Raumlufthalte von 2350 ng/m<sup>3</sup> Pentachlorphenol ergeben.

Um die Wirksamkeit des Sanierungssystems zu ermitteln, wurde die Schadstoffabgabe durch diese Althölzer zunächst in einer 1 m<sup>3</sup> - Prüfkammer ermittelt. Dazu wurden 0,8 m<sup>2</sup> der Holzmaterialien auf den Boden einer 1 m<sup>3</sup> - Prüfkammer eingebracht, diese verschlossen und mit einem Luftwechsel von 0,1 / h versehen.

Die Prüfkammer war vor der Durchführung auf Blindwertfreiheit überprüft worden. Nach der Einstellung eines Gleichgewichts (48 Stunden) wurde aus der Prüfkammer eine Luftprobe entnommen, wobei die Luftprobenahme mit einer Ansaugrate von 100 l/h (Luftwechselrate 0,1) erfolgte, so dass sich das eingestellte Gleichgewicht zwischen Holzmaterialien und Klimakammer nicht gestört wurde.

Die Luftprobenahme erfolgte durch Adsorption der Kammerluft auf Polyurethanschaum (Orbo 1000, Fa. Supelco), der vor der Probenahme mit <sup>13</sup>C-Pentachlorphenol gespickt worden war.



Nach Ermittlung des Ausgangswertes (Prüfkammerluftkonzentration der unbehandelten Hölzer) wurden die Hölzer entsprechend der Verarbeitungsvorschrift durch den Auftraggeber mit dem System „PF-2-Combi“ behandelt. Diese Beschichtung der Hölzer erfolgte im Labor des Auftraggebers, die Hölzer waren durch eine Schlagstempel mit einer Nummerierung versehen.

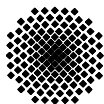
Nach einer Trocknungszeit von 2 Wochen bei Raumklima wurden die Hölzer wiederum in die 1 m<sup>3</sup> - Prüfkammer eingebracht und unter den gleichen Bedingungen wie bei Untersuchungen der nicht sanierten Althölzer nach 48 Stunden die Prüfkammergehalte an Pentachlorphenol ermittelt.

Nach Ermittlung der Ausgleichskonzentrationen in der Prüfkammer wurden die Hölzer in eine Klimakammer eingebracht. Die Einlagerung der Bretter erfolgte dabei so, dass die behandelten Holzflächen offen lagen und der Bewitterung ausgesetzt waren. Unter Einstellung des o. g. Klimawechsels von 12 Stunden bei 10 °C / 75% rel. Feuchte und 12 Stunden bei 70°C / 25 % rel. Feuchte wurden die Hölzer über 50 Tage einer Bewitterung ausgesetzt, die einen Zeitraffer von 5 Jahren simulieren sollte.

Nach Beendigung dieser ersten Bewitterungsphase wurden die Hölzer wiederum in die Klimakammer eingelagert und nach dem o. g. Procedere die Ausgleichskonzentrationen an Pentachlorphenol in der Prüfkammer ermittelt.

Um die Wirksamkeit des Systems auch nach einem Zeitraffer von 10 Jahren zu belegen, wurden die Bretter nochmals in eine Klimakammer eingebracht und unter den o. g. Klimawechselbedingungen für weitere 50 Tage bewittert. Nach Beendigung dieser Bewitterung wurden die Bretter wiederum in die 1 m<sup>3</sup>-Prüfkammer verbracht, und unter den gleichen o. g. Bedingungen die Ausgleichskonzentrationen nach 48 Stunden ermittelt.

Die Untersuchung der aus der Prüfkammer auf PU-Schaum entnommenen Luftproben erfolgte nach Extraktion mittels Dichlormethan im Soxhlet. Nach Derivatisierung eines Aliquots erfolgte die analytische Bestimmung des Pentachlorphenols mittels Gaschromatographie / hochauflösender Massenspektrometrie. Die Quantifizierung erfolgte gegen das vor der Probenahme zugegebene <sup>13</sup>C-Pentachlorphenol.



## ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN

### 1) Untersuchungen an den nicht behandelten Hölzern (Hölzer aus einem belasteten Bauwerk, Ermittlung der Ausgangssituation)

In der Prüfkammerluft (1 m<sup>3</sup>-Prüfkammer; Luftwechselrate von 0,1/h) konnten mit den nicht behandelten, belasteten Hölzern folgende Ausgleichskonzentrationen an Pentachlorphenol und Lindan gemessen werden (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Messung der Ausgleichskonzentration mit belasteten Hölzern (nicht behandelt).

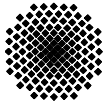
Pentachlorphenol	0,79 µg/m <sup>3</sup>
Kammerlufttemperatur	20,2 °C
Rel. Luftfeuchte	37 %

### 2) Untersuchung der schadstoffbelasteten Hölzer 2 Wochen nach Behandlung mit dem Sanierungssystem „PF-2-Combi“.

In der Prüfkammerluft (1 m<sup>3</sup> - Prüfkammer; Luftwechselrate von 0,1/h) konnten mit den behandelten, belasteten Hölzern folgende Ausgleichskonzentrationen an Pentachlorphenol gemessen werden (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Messung der Ausgleichkonzentration der behandelten, belasteten Hölzer.

Pentachlorphenol	0,045 µg/m <sup>3</sup>
Kammerlufttemperatur	21,0 °C
Rel. Luftfeuchte	48 %



### 3) Untersuchung der schadstoffbelasteten Hölzer nach Aufbringung des Sanierungssystems „PF-2-Combi“ und einer Bewitterung von 50 Tagen

Nach einer Bewitterung von 50 Tagen, d. h. einem simulierten Zeitraffer von 5 Jahren konnten in der 1 m<sup>3</sup> - Prüfkammer mit den eingelagerten Hölzern noch folgende Ausgleichskonzentrationen gemessen werden (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Messung der Ausgleichkonzentration der behandelten, belasteten Hölzer nach 50-tägiger Bewitterung (Zeitraffer 5 Jahre)

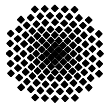
Pentachlorphenol	0,053 µg/m <sup>3</sup>
Kammerlufttemperatur	20,0 °C
Rel. Luftfeuchte	55 %

### 4) Untersuchung der schadstoffbelasteten Hölzer nach Aufbringung des Sanierungssystems „PF 2-Combi“ und einer Bewitterung von 100 Tagen

Nach einer Bewitterung von 100 Tagen, d. h. einem simulierten Zeitraffer von 10 Jahren wurden mit den eingelagerten Hölzern noch folgende Ausgleichskonzentrationen in der 1 m<sup>3</sup> - Prüfkammer gemessen (vg. Tabelle 4).

Tabelle 4 : Messung der Ausgleichkonzentration der behandelten, belasteten Hölzer nach 100-tägiger Bewitterung (Zeitraffer 10 Jahre)

Pentachlorphenol	0,070 µg/m <sup>3</sup>
Kammerlufttemperatur	20,0 °C
Rel. Luftfeuchte	45 %



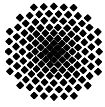
## ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG

Die mit den belasteten Holzmaterialien durchgeführte Untersuchungen vor und nach der Behandlung mit dem Sanierungssystem „PF-2-Combi“ ergaben die im folgenden zusammengefassten Ergebnisse:

Tabelle 5: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

<b>Ausgleichskonzentrationen in 1 m<sup>3</sup> Prüfkammer</b>	<b>Pentachlorphenol [µg/m<sup>3</sup>]</b>
Ausgangsmaterial Altholz mit PCP behandelt	0,79
Holz mit „PF-2-Combi“ behandelt, nach Abtrocknung (2 Wochen)	0,045
Nach 50 Tagen Bewitterung (Zeitraffer ca.5 Jahre)	0,053
Nach 100 Tagen Bewitterung (Zeitraffer ca. 10 Jahre)	0,070
Interventionswert / Richtwert	1,0
Sanierungsleitwert	0,1

Die für die Untersuchungen verwendeten Hölzer wurden, wie Eingangs bereits ausgeführt, aus einem Holzschutzmittel belasteten Gebäude (Nut- und Federbretter einer Decke). In diesem Gebäude wurden umfangreiche Messungen der Raumlufbelastung durchgeführt. Bei einer vergleichbaren Flächenbelastung konnten unter „worst-case“-Bedingungen (Raum ca. 8 h nicht gelüftet; Messperiode Sommer, Raumtemperatur 24,3 °C) folgende in Tabelle 6 wiedergegebenen Raumlufbelastungen ermittelt werden.

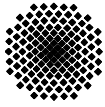


**Tabelle 6:** Vergleich der Ausgangsmessung Prüfkammerluft zu Raumluft unter „worst-case“-Bedingungen bei etwa gleicher Flächenbelastung

	<b>Pentachlorphenol [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>	<b>Raumtemperaturen [<math>^{\circ}\text{C}</math>]</b>
Prüfkammer	0,79	20,2
Realmessung in schadstoffbelastetem Bauwerk (Büroraum)	2,35	24,3

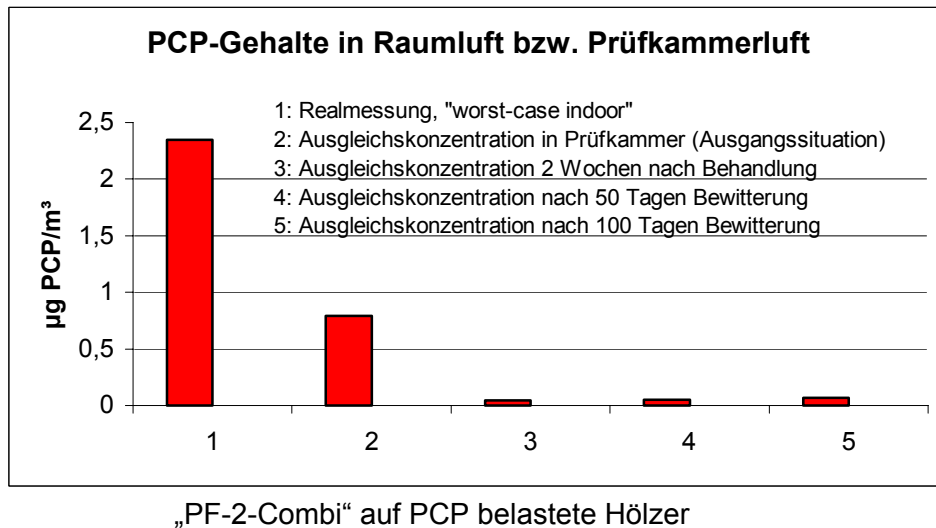
Die Untersuchung des Sanierungssystems für holzschutzmittelbelastete Hölzer ergab bei Ausgangskonzentrationen von ca.  $0,8 \mu\text{g PCP}/\text{m}^3$  in der gewählten  $1 \text{ m}^3$ -Prüfkammer eine wesentliche Reduzierung der Schadstoffemissionen. Nach der Behandlung der Oberflächen der schadstoffbelasteten Bretter mit dem Sanierungssysteme „PF-2-Combi“ konnten nach einer Abtrocknungsphase von 2 Wochen nur noch geringe Emissionen von Pentachlorphenol bzw. Lindan aus den Holzmaterialien gemessen werden. Die Ausgleichskonzentrationen in der Prüfkammer und damit die Emissionen von Pentachlorphenol konnten um ca. 95 % auf einen Wert von  $0,045 \mu\text{g PCP}/\text{m}^3$  reduziert werden. Damit wurde eine Ausgleichskonzentration in der Prüfkammer erreicht, die weit unterhalb des in der PCP-Richtlinie festgelegten Sanierungsleitwerts von  $0,1 \mu\text{g PCP}/\text{m}^3$  liegt.

Die an den Hölzer mittels Wechselklimata erfolgten extremen Beanspruchungen, die einen Zeitraffer von 5 bzw. 10 Jahren simulieren sollten, ergaben keinen Einfluss auf die Wirksamkeit der Beschichtung. Auch nach einem simulierten Zeitraffer von 10 Jahren blieben die in der Prüfkammerluft gefundenen PCP-Gehalte mit  $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$  weit unterhalb des Sanierungsleitwerts, so dass dem Sanierungssystem auch eine langfristige Wirksamkeit attestiert werden kann.



Die Abbildung 1 zeigt nochmals den positiven Verlauf der Entwicklung der Konzentration an PCP in der Prüfkammerluft über den gesamten Prüfzeitraum

Abbildung 1: Verlauf der PCP-Konzentration in Luft vor und nach Applikation von



## ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung des Sanierungssystem „PF-2-Combi“ ergab eine gute Wirksamkeit bei der Reduzierung der Emissionen von PCP aus schadstoffbelasteten Holzmaterialien. Durch Zeitrafferverfahren konnte auch eine Wirksamkeit des Systems über einen längeren Zeitraum (10 Jahre) gezeigt werden.

Bearbeiter

Leiter des Fachbereichs Bauchemie

Dr. rer. nat. D. Zöltzer

Dr. rer. nat. G. Volland