

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin  
der Universität zu Lübeck

Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. R. Kessel

---

# **Auswirkungen einer Holzschutzmittelbelastung im Niedrigdosisbereich**

Sanierungsbegleitende Untersuchungen von Arbeitnehmern in  
einem kontaminierten historischen Gebäude

Inaugural-Dissertation  
zur  
Erlangung der Doktorwürde  
der Universität zu Lübeck  
**- Aus der Medizinischen Fakultät -**

vorgelegt von  
Ina Wiederhold  
aus Kassel

Lübeck 2005

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Richard Kessel

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Helge Ohgke

Tag der mündlichen Prüfung: 18.07.2006

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 18.07.2006

gez. Prof. Dr. med. Werner Solbach

- Dekan der Medizinischen Fakultät -

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Einführung</b> .....	<b>7</b>
2.1 Zweck und Geschichte der Holzschutzmittel	7
2.2 Einführung in die Problematik des historischen Gebäudes	8
2.3 Hypothesen und Zielstellung der Arbeit	10
<b>3. Material und Methode</b> .....	<b>12</b>
3.1 Personen/Räumlichkeiten im Gebäude	12
3.2 Raumluftmessung (PCP und Lindan)	12
3.3 Fragebögen	13
3.4 PCP-Biomonitoring und weitere Blut- und Urinuntersuchungen	13
3.5 Sanierungsmethode	14
3.6 Tabellarischer zeitlicher Ablaufplan	15
3.8 Statistische Methoden	16
<b>4. Ergebnisse</b> .....	<b>17</b>
4.1 Deskriptive Beschreibungen der Situation	17
4.1.1 Studienteilnahme und Raumverteilung	17
4.1.2 Allgemeine Charakterisierung der Studienteilnehmer	17
4.1.3 Stoffeinwirkungen außerhalb des beruflichen Umfeldes	19
4.2 Analysen der Auswirkung der Sanierung auf die Gesundheit der Studienteilnehmer und auf deren Laborparameter	21
4.2.1 Gesundheitszustand, Stimmung und Befunde	21
4.2.2 Vergleich von Laborparametern vor und nach der Sanierung	23
4.2.3 Bivariate Korrelationen zwischen Laborparametern	28
4.3 Innenraumluftsituation vor und nach Sanierung	31
4.3.1 Vergleich von Raumluftparametern vor und nach Sanierung	31
4.3.2 Bivariate Korrelationen zwischen Raumluftparametern	34
4.3.3 Bivariate Korrelationen zwischen Laborparametern der Studienteilnehmer und Raumluftparametern	37

<b>5. Diskussion .....</b>	<b>39</b>
5.1 Pentachlorphenol (PCP)	39
5.2 Lindan ( $\gamma$ -1, 2, 3, 4, 5, 6-Hexachlorcyclohexan, $\gamma$ -HCH)	43
5.3 Erkrankungen durch Holzschutzmittel	46
5.4 Maßnahmen zur Schadstoffminderung in der Luft bei holzschutzmittel- belasteten Innenräumen	47
5.5 Interpretation der Studienergebnisse im Zusammenhang mit Erkenntnissen aus der wissenschaftlichen Literatur	48
5.5.1 Diskussion zum Gesundheitszustand der Studienteilnehmer	48
5.5.2 Interpretation zu Ergebnissen der Laborparameter	52
5.5.3 Interpretation zu Ergebnissen der Raumluftparameter	56
5.5.4 Interpretation zu Ergebnissen der Korrelation zwischen Laborparametern der Studienteilnehmer und Raumluftparametern	59
5.6 Kritiken	60
5.7 Schlussfolgerungen, Empfehlungen, Ausblick	63
<b>6. Zusammenfassung .....</b>	<b>66</b>
<b>7. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>67</b>
<b>8. Anhänge .....</b>	<b>81</b>
Anhang 1 Raumverteilung im Gebäude	81
Anhang 2 Fragebogen vor Sanierung	83
Anhang 3 Ärztlicher Frage- und Untersuchungsbogen vor Sanierung	87
Anhang 4 Fragebogen nach Sanierung	89
Anhang 5 Ärztlicher Frage- und Untersuchungsbogen nach Sanierung	93
<b>9. Danksagung .....</b>	<b>95</b>
<b>10. Tabellarischer Lebenslauf .....</b>	<b>96</b>

## Abkürzungsverzeichnis

AGW	Arbeitsplatzgrenzwert (Luftgrenzwert)
AP	alkalische Phosphatase
BAT	Biologischer Arbeitsstofftoleranzwert (Blut, Urin)
BGW	Biologischer Grenzwert (Blut, Urin)
BK	Berufskrankheit
BMI	Body-Mass-Index
CFS	Chronic-fatigue-Syndrom, chronisches Müdigkeits-Syndrom
CHE	Cholinesterase
CKW-Syndrom	Chloriertes Kohlenwasserstoff-Syndrom
GC-ECD	Gaschromatographie mit Elektroneneinfang-Detektor
GGT	Gamma-Glutamyl-Transferase
GLDH	Glutamatdehydrogenase
GOT	Glutamat-Oxalacetat-Transaminase
GPT	Glutamat-Pyruvat-Transaminase
Hb	Hämoglobin
HBM-Wert	Human-Biomonitoring-Wert
HCB	Hexachlorbenzol
HCH	Hexachlorcyclohexan
HKT	Hämatokrit
HSM-Syndrom	Holzschutzmittelsyndrom
IgG	Immunglobulin G
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration (Luftgrenzwert)
MCH	mittleres zelluläres Hämoglobin
MCHC	mittlere zelluläre Hämoglobinkonzentration
MCS	Multiple Chemical Sensitivity, vielfache chemische Empfindlichkeit
MCV	mittleres zelluläres Volumen
n	Anzahl
Na-PCP	Natriumsalz des Pentachlorphenol
p	Signifikanzniveau
PCP	Pentachlorphenol
r	Korrelationskoeffizient
r <sup>2</sup>	Bestimmtheitsmaß
SBS	Sick-building-Syndrom
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TRK	Technische Richtkonzentration (Luftgrenzwert)
Z	statistische Maßzahl

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: zeitlicher Ablauf der Untersuchungen .....	15
Tabelle 2: Kenngrößen der Teilnehmer bei Studienbeginn.....	18
Tabelle 3: Häufigkeitsverteilung von Innen- und Außendiensttätigkeit .....	19
Tabelle 4: Häufigkeitsverteilung der Aussagen zu früherem Kontakt mit PCP durch Anstrichmittel .....	20
Tabelle 5: Häufigkeitsverteilung der Aussagen zum direkten Tragen von Lederbekleidung auf der Haut.....	20
Tabelle 6: Anzahl der Probanden mit auffälligen Befunden vor und nach Sanierung sowie Übereinstimmung der Befunde bei einzelnen Probanden vorher und nachher .....	22
Tabelle 7: Mittelwert, Median, Standardabweichung und Referenzbereich einzelner Laborparameter.....	25
Tabelle 8: PCP- und Lindan-Raumluftkonzentrationen vor und nach Sanierung .....	31
Tabelle 9: Ergebnisse der Testung mittels 2-seitiger Pearson-Korrelation zwischen der Lindan-Raumluftkonzentration nach Sanierung und anderen Raumparametern.....	36
Tabelle 10: In der Literatur beschriebene Syndrome und deren Entstehungsursachen .....	50

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Altersverteilung der Studienteilnehmer .....	18
Abbildung 2: Selbsteinschätzung der Stimmungslage der Studienteilnehmer vor und nach Sanierung.....	21
Abbildung 3: PCP-Konzentrationen im Serum der einzelnen Studienteilnehmer vor und nach Sanierung, Mittelwerte im Kollektiv und Referenzbereich der Allgemeinbevölkerung .....	23
Abbildung 4: PCP-Konzentrationen im Urin der einzelnen Studienteilnehmer vor und nach Sanierung, Mittelwerte im Kollektiv und Referenzbereich der Allgemeinbevölkerung .....	24
Abbildung 5: Leukozytenzahlen im EDTA-Blut der einzelnen Studienteilnehmer vor und nach Sanierung, oberer Normalwert .....	27
Abbildung 6: Punktediagramm der PCP-Konzentrationen im Serum in Beziehung zu den PCP-Konzentrationen im Urin vor Sanierung mit linearer Regressionsgerade.....	29
Abbildung 7: Verteilung der PCP-Raumluftkonzentrationen vor und nach Sanierung als sog. Box-Whisker-Plot. Die Boxen stellen den Median und die angrenzenden Quartile dar, Extremwerte außerhalb des 3- fachen Interquartilsabstandes sind separat als Stern eingetragen und mit der Raumnummer versehen. ....	33
Abbildung 8: Verteilung der Lindan-Raumluftkonzentrationen vor und nach Sanierung als sog. Box-Whisker-Plot. Die Boxen stellen den Median und die angrenzenden Quartile dar. ....	34
Abbildung 9: Punktediagramm der PCP-Raumluftkonzentrationen in Beziehung zu den Lindan-Raumluftkonzentrationen vor Sanierung mit linearer Regressionsgerade.....	35
Abbildung 10: Punktediagramm der PCP-Raumluftkonzentrationen in Beziehung zu den Holzbalkenoberflächen/Raumvolumen vor Sanierung mit linearer Regressionsgerade.....	36

## 1. Einleitung

Um dem Befall von Holzmaterialien durch Pilze und Insekten vorzubeugen, finden Mischungen verschiedener Chemikalien, sogenannte Holzschutzmittel, Verwendung. Aufgrund der Entwicklung neuerer Stoffe mit spezifischer Wirkungsweise und aufgrund gesicherter medizinisch-wissenschaftlicher Erkenntnisse, mit denen sich eine gesundheitliche Beeinträchtigung des Menschen bei Exposition gegenüber hohen Dosen bestimmter Holzschutzmittel nachweisen ließ, wurden die Zubereitungen der Holzschutzmittel bis heute immer weiter verändert.

1989 trat in der Bundesrepublik Deutschland ein Verbot für das Herstellen, in Verkehr bringen und Verwenden von Pentachlorphenol (Pentachlorphenol-Verbotsverordnung (PVP-V), 1989) in Kraft. Seither darf diese Substanz in Holzschutzmitteln nicht mehr verwendet werden. Davor jedoch fand diese Chemikalie durch die Anwendung gängiger Holzschutzmittel eine weite Verbreitung.

So wurden in einem historischen Lagergebäude in den 70-er Jahren im Balken- und stellenweise auch im Dielenbereich sowohl zur Schädlingsprophylaxe als auch zum dekorativen Zweck der Glanz- und Farbgebung pentachlorphenolhaltige Holzschutzmittelzubereitungen aufgebracht.

Im Rahmen einer Studie wird die aktuelle Konzentration ausgewählter Chemikalien in der Luft und die Konzentration von Pentachlorphenol in Körperflüssigkeiten der jetzt dort tätigen Mitarbeiter einer Firma bestimmt. Die Frage eines möglichen Zusammenhangs zwischen Niedrigdosisexpositionen von Holzschutzmittelinhaltsstoffen und gesundheitlichen Problemen sowie Laborwertveränderungen bei Mitarbeitern ist zu prüfen, da gesicherte Erkenntnisse zu dieser Thematik bislang lediglich bei höheren Dosiswirkungen aus der Arbeitswelt vorliegen. Um die Effektivität einer vorgesehenen Sanierungsmaßnahme abschätzen zu können, werden sämtliche Messungen und Betrachtungen nach dieser Maßnahme wiederholt. Die erhobenen Daten und Ergebnisse können abschließend für eine „Risikokommunikation“ (Heinzow, 2004) mit den im Lagergebäude tätigen Mitarbeitern herangezogen werden.

## 2. Einführung

### 2.1 Zweck und Geschichte der Holzschutzmittel

Holzschutzmittel sind Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse, die Holz oder Holzwerkstoffe gegen Befall durch pflanzliche oder tierische Schädlinge schützen (Bundesgesundheitsamt, 1986). Pilze sind die bedeutendsten pflanzlichen Holzschädlinge (z.B. echter Hausschwamm, Kellerschwamm, Tannenblättling, Bläuerreger). Als häufigste tierische Holzschädlinge erweisen sich Insekten, die ihre Eier in oder auf das Holz legen. Aus den Eiern schlüpfen wurmähnliche Larven, was zur volkstümlichen Bezeichnung „Holzwurm“ führte. Die Larven leben im und vom Holz und verlassen dieses nach ihrer Verpuppung als Insekten durch Fluglöcher (z.B. Hausbockkäfer, Gewöhnlicher Nagekäfer, Brauner Splintkäfer, Holzwespe) (Vollmer und Franz, 1991). Schon seit alters her versuchen Menschen ihre hölzernen Gebrauchsgegenstände oder Bauwerke zu schützen. So empfahl Alexander der Große (4. Jh. v. Chr.), Brückenbauholz zum Schutz vor Schädlingen in Olivenöl zu tauchen. Julius Cäsar (1. Jh. v. Chr.) beschreibt in seinem Werk „De bello gallico“, wie Holz durch Ankohlen vor dem Verfall bewahrt wurde. Im Mittelalter präparierten Bildhauer ihre Kunstwerke mit Quecksilberchlorid und Arsenverbindungen (Vollmer und Franz, 1991), auch Schwefel- und Kupferverbindungen wurden bereits vor langer Zeit im Pflanzenschutz eingesetzt. Die erste nachweisbare Erwähnung von Schwefel als Holzfungizid stammt aus England aus dem Jahre 1803 (Suchenwirth, 1999).

In den 20-er Jahren des 19. Jahrhunderts kamen Teeröle als chemische Stoffe zum Schutz von Holz zum Einsatz. In den 60-er und 70-er Jahren wurden Lösungen verwendet, die als Inhaltsstoffe meist ca. 5 % des Fungizids Pentachlorphenols (PCP) und 0,5 % des Insektizids Hexachlorcyclohexan (HCH) enthielten (Suchenwirth, 1999). Zudem waren neben anderen Verunreinigungen auch häufig Spuren von bis zu 0,1 % polychlorierten Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen enthalten (Dauderer, 1990b).

1977 wurden für den Inlandsbedarf der Bundesrepublik Deutschland ca. 43 000 Jahrestonnen Holzschutzmittel hergestellt, ca. 20 000 Jahrestonnen davon produzierte die Firma Desowag (Dauderer, 1990a). Nachdem Gesundheitsschäden durch Einwirkungen PCP-haltiger Zubereitungen bekannt wurden, trat in der Bundesrepublik Deutschland 1989 die Pentachlorphenol-Verbotsverordnung in Kraft. In der Öffent-

lichkeit bekannt ist der „Holzschutzmittelprozess“, in dem die Staatsanwaltschaft in Frankfurt Anklage gegen die Geschäftsführer der Firma Desowag erhob. Die beiden Verantwortlichen der Firma wurden 1993 zunächst wegen eines fahrlässigen Deliktes der Körperverletzung durch Vertrieb biozidhaltiger Holzschutzmittel in Innenräumen verurteilt und die Strafe zur Bewährung ausgesetzt (Dauderer, 1990b; Göttsch, 1993; Landgericht Frankfurt 26. Strafkammer, 1993), das Urteil wurde jedoch nach einem Revisionsverfahren vom Bundesgerichtshof aufgehoben (BGH 2 StR 221/94) und das Verfahren anschließend eingestellt.

Das Pentachlorphenol-Verbot besteht bis heute fort (Chemikalienverbotsverordnung, 2004; Gefahrstoffverordnung, 2004). Als Ersatz für pentachlorphenol- und lindanhaltige Produkte finden aktuell Pyrethroide im Holzschutz zunehmend Verwendung (Moriske, 1996).

Die chemische Behandlung ermöglicht einen Einsatz von Holz in Bereichen, in denen ein erhöhtes Befallsrisiko durch Schädlinge vorliegt. Nach technischen Vorschriften und Regeln (zum Beispiel frühere DIN 68 800: Holzschutz im Hochbau) muss Holz bei bestimmten Verwendungsarten mit bauaufsichtlich zugelassenen Holzschutzmitteln behandelt werden. Dies dient dem Zweck, tragende Holzbauteile oder aussteifende Bauteile in Anlagen vor dem Verfall zu schützen.

Mögliche Gesundheitsrisiken für den Menschen infolge einer Holzschutzmaßnahme sind gegenüber den Gefahren durch die Unterlassung einer solchen Maßnahme, z. B. Gefährdung der Baustatik, sorgfältig abzuwägen (Bundesgesundheitsamt, 1986).

## **2.2 Einführung in die Problematik des historischen Gebäudes**

Das historische Gebäude wurde 1783 zur Zeit des Dänenkönigs Christian VII. errichtet. Es diente damals als Umschlag- und Speicherplatz für den Transport von Waren. Aus statischen Gründen sind in diesem Gebäude ungewöhnlich viele hölzerne Stützpfeiler in einer freiliegenden Fachwerkkonstruktion verbaut.

Der jetzige Besitzer erwarb das Gebäude 1975 und hat in Eigenarbeit grundlegende Instandsetzungsarbeiten durchgeführt. Unter anderem wandte er dort vom Sommer 1977 bis 1978 die Holzschutzmittel Xylamon und Xyladekor an. Die Auftragung erfolgte mittels einer Gartenspritze. Er begann mit der Spritzarbeit im Erdgeschoß und setzte diese Tätigkeit über 1 1/2 Jahre bis in die oberen Etagen des Gebäudes fort. Das farblose Xylamon brachte er überall auf den Holzbalken auf, wobei auch unbe-

absichtigt Sprühmaterial auf die Dielen gelangte. Im Erdgeschoß färbten sich daraufhin die Eichenbalken dunkelbraun. Dadurch entstand ein Farbunterschied zu dem im Haus ebenfalls vorhandenen hellen Kiefernholz. Deshalb wurde dieses Holz mit dem braunen Xyladekor nachgebeizt.

Heute ist das Gebäude vermietet. Im dritten Obergeschoß befindet sich eine Wohnung, die von einer allein stehenden Dame bewohnt wird.

Die restlichen Etagen und Räume sind an eine Firma vermietet, die dort Büro- und Bildschirmarbeitsplätze eingerichtet hat.

Im November 2003 bat der Vermieter Mitarbeiter des Landesamtes für Gesundheit und Arbeitssicherheit Schleswig-Holstein um ein Gespräch und um Vermittlung zwischen der Firma und ihm, um den Sanierungsbedarf in dem betroffenen Gebäude zu klären. Im Vorwege waren auf Initiative von Mitarbeitern der Firma drei Probemessungen in der Luft auf PCP und Lindan, Staubmessungen auf PCP und Holzprobenmessungen auf PCP durchgeführt worden. Zwei Mitarbeiter hatten auch die Konzentration von PCP in ihrem Blut bestimmen lassen. Keiner der Mitarbeiter führte gesundheitliche Probleme auf die Einwirkung von Holzschutzmitteln zurück, jedoch wurde befürchtet, dass funktionelle Beschwerden wie Kopfschmerzen damit in Zusammenhang stehen und fortgesetzte Tätigkeiten in belasteten Räumen die Gesundheit zukünftig beeinträchtigen könnten. Am 20.11.2003 fanden eine Begehung und ein Gespräch mit Mitarbeitern der Firma im Gebäude statt. Aufgrund der verschiedenen dokumentierten Messungen kam man gemeinsam zu der Feststellung, dass sowohl Holzbalken als auch Dielenbretter als auch der Staub mit PCP und Lindan als Leitsubstanzen nach Holzschutzmittelanwendung belastet waren. Die rechtlichen Handlungsgrundlagen wurden erläutert. Da in diesem Gebäude nicht mit PCP und Lindan im Sinne der Gefahrstoffverordnung umgegangen wird, sind die für die beiden Stoffe festgelegten Arbeitsplatzgrenzwerte nicht anwendbar. Zur Anwendung gelangt stattdessen die PCP-Richtlinie, welche bei einer im Jahresmittel zu erwartenden Raumlufbelastung über  $1\mu\text{g PCP}/\text{m}^3$  Luft eine Sanierung vorsieht.

Ebenfalls wird eine Sanierung erforderlich, wenn die PCP-Belastung im Blut (Serum) der nutzenden Personen größer als  $70\mu\text{g PCP}/\text{l}$  oder im Urin größer als  $40\mu\text{g PCP}/\text{l}$  ist. Dies entspricht den so genannten HBM II-Werten.

Die Blutuntersuchungen der beiden Firmenmitarbeiter auf PCP zeigten Ergebnisse unterhalb des HBM II-Wertes, lagen aber deutlich oberhalb des Referenzwertes für die Allgemeinbevölkerung. Auch die gemessenen Raumlufbelastungen lagen knapp

unterhalb des Richtwertes der PCP-Richtlinie, so dass demzufolge ein Zwang zur Sanierung nicht abgeleitet werden konnte. Dennoch war von einer hohen Belastung des Holzes und von einer im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung höheren internen Belastung der Firmenmitarbeiter durch PCP auszugehen. Aus diesem Grund sahen die Mitarbeiter des Landesamtes für Gesundheit und Arbeitssicherheit einen Handlungsbedarf zur Senkung der PCP-Konzentration. Als Sanierungsziel strebte man an, die Raumlufkonzentration sowohl für PCP als auch für Lindan deutlich unterhalb des Eingriffswertes von  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in der Raumluf zu senken. Als „deutlich unterhalb“ wurde eine sichere Unterschreitung der Hälfte, also jeweils ca.  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  angenommen. Bezüglich der Sanierungsart hatte die Firma bereits Meinungen verschiedener Anbieter eingeholt. Ein Verfahren zum Sandstrahlen der Balken wurde aufgrund der damit verbundenen Nutzungseinschränkungen und Gefahr einer zusätzlichen Sekundärkontamination abgelehnt, dagegen ein anderes Verfahren zur Maskierung der Balken mit einer Garantie von zehn Jahren angenommen. Dem Wunsch nach einer wissenschaftlichen Begleitung der Sanierungsmaßnahme wurde entsprochen.

### 2.3 Hypothesen und Zielstellung der Arbeit

Folgende Fragestellungen und Hypothesen sollen durch die vorliegende Studie beantwortet und untersucht werden:

1. Kann durch die Maskierung der Holzbalken eine ausreichende Senkung der PCP – und Lindankonzentration in der Luft erreicht werden?
2. Welche PCP-Werte im Blut und Urin werden bei den im Gebäude tätigen Mitarbeitern der Firma gefunden?  
Kann durch eine Sanierung eine relevante Absenkung dieser Werte erreicht werden?
3. Finden sich bei einer Exposition von Holzschutzmittelinhaltsstoffen im Niedrigdosisbereich Auswirkungen auf die Gesundheit der Mitarbeiter? Ändert sich der Gesundheitszustand der Mitarbeiter nach der Sanierung?
4. Finden sich Auffälligkeiten bei den Laborwerten der Mitarbeiter? Ändern sich Laborparameter nach der Sanierung des Gebäudes?
5. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Luftkonzentration an PCP einerseits und der Konzentration von PCP im Blut bzw. Urin der Mitarbeiter andererseits?

6. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Konzentration von PCP im Blut und der Konzentration von PCP im Urin der Mitarbeiter?
7. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Luftkonzentration an PCP und Lindan und der Verteilung der Raumflächen, insbesondere der Holzbalkenfläche und dem Raumklima?

Anhand der erhobenen Daten soll die Luftverunreinigung durch Holzschutzmittelinhaltsstoffe im Niedrigdosisbereich und die damit in Zusammenhang stehende Belastungs- und Beanspruchungssituation der Mitarbeiter im Gebäude vor und nach der Sanierung beurteilt werden. Das Ergebnis der Sanierungsmaßnahme wird dokumentiert. Darauf basierend kann eine „Risikokommunikation“ aller Beteiligten über den Abschluss der Sanierung oder die Notwendigkeit zur Fortführung weiterer Maßnahmen stattfinden.

### 3. Material und Methode

#### 3.1 Personen/Räumlichkeiten im Gebäude

Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren 36 Personen in der ersten bis dritten Etage des historischen Gebäudes an Büroarbeitsplätzen beschäftigt. Im Rahmen einer Informationsveranstaltung über Holzschutzmittel wurde bei den Firmenmitarbeitern für die Teilnahme an der Studie geworben. Die Wohnung im dritten Obergeschoß bewohnte eine allein stehende Dame, die direkt wegen einer Studienteilnahme angesprochen wurde.

Eine sichere Zuordnung der Räume gewährleistete deren Nummerierung anhand einer Grundrisszeichnung des Gebäudes (Anhang 1).

#### 3.2 Raumluftmessung (PCP und Lindan)

Zur Schaffung möglichst ähnlicher Messbedingungen wurden die Mitarbeiter der Firma angewiesen, dreimal pro Tag für ca. 10 Minuten in den zu messenden Räumen bei geöffneten Fenstern eine Stoßlüftung durchzuführen. Am Vortag vor der jeweiligen Messung sollte jeder Raum nur einmal gelüftet werden. Bis zur Messung und während der Messung waren Fenster und Türen dann möglichst geschlossen zu halten, um Raumluf-Messwerte unter „Worst-case-Bedingungen“ zu erhalten.

Die Raumluftmessung wurde mit dem Gerät „Desaga GS 312 Typ 170300“, welches an eine Pumpe angeschlossen und stets auf gleicher Höhe (Sitzhöhe) im Raum aufgebaut war, durchgeführt. Vor Messbeginn erfolgten eine Dichtigkeitsprüfung und die aktuelle Feststellung von CO<sub>2</sub>, Feuchtigkeit und Temperatur mittels „Testo 445“. An das Gerät war ein mit einem organischen feinkörnigen Polymer (Chromosorb 102) gestopftes Probenröhrchen angeschlossen. Mittels Pumpe wurde Raumluf durch das Röhrchen gesaugt. Bei einer Einstellung auf 1 l/min Flussrate und 100 Normliter betrug die Laufzeit jeweils ca. zwei Stunden.

Das Gerät stellte sich automatisch nach Erreichen des Soll-Zustandes ab.

Die Analyse der Proben fand immer im selben Labor (Eukos Umweltanalytik Nord GmbH, Plön) statt und erfolgte nach Phasenseparation in eine obere Phase mit Toluol, aus der Lindan bestimmt wurde, und eine wässrige untere Phase, aus der PCP bestimmt wurde. Die Messung der zwei Phasen erfolgte direkt mittels Gaschromatographie mit Elektroneneinfang-Detektor (GC-ECD). Die Bestimmungsgrenze dieser Methode liegt für PCP bei ca. 20 ng/m<sup>3</sup> und für Lindan bei ca. 10 ng/m<sup>3</sup>.

### 3.3 Fragebögen

Zur Beschreibung der an der Studie teilnehmenden einzelnen Personen und ihres beruflichen und privaten Umfeldes und zur standardisierten Anamneseerhebung wurde ein Fragebogen (Anhang 2) verwendet, den die Studienteilnehmer vor der körperlichen Untersuchung ausfüllten. In diesen Fragebogen sind der Arbeitsbewältigungsindex und die Befindlichkeits-Skala „Bf-S“ aus dem Münchener Psychiatrischen Informationssystem (PSYCHIS München) eingearbeitet. Darüber hinaus kam ein standardisierter ärztlicher Frage- und Untersuchungsbogen bei der körperlichen Untersuchung zur Anwendung (Anhang 3). Die Befragungen und Untersuchungen wurden jedes Mal von denselben zwei Ärzten durchgeführt und fanden in einem Besprechungsraum vor Ort statt.

Bei der Befragung und Untersuchung der Studienteilnehmer nach Sanierung des Gebäudes wurden nahezu identische Bögen verwendet wie vor Sanierung, um die Vergleichbarkeit der Angaben zu erhalten. Geringe Abänderungen betrafen insbesondere die Frage nach subjektiv bemerkten Veränderungen des Gesundheitszustandes nach Sanierung (Anhang 4 und 5).

### 3.4 PCP-Biomonitoring und weitere Blut- und Urinuntersuchungen

Im Rahmen der körperlichen Untersuchung wurde zur PCP-Bestimmung Blut in Serumröhrchen abgenommen und Morgenurin durch Abgabe von Urinbechern am nächsten Tag gesammelt. Sowohl vor als auch nach der Sanierung des Gebäudes analysierte dasselbe Labor (Eukos Umweltanalytik Nord GmbH, Plön) die Proben. Die PCP-Bestimmung erfolgte durch Gaschromatographie mit Elektroneneinfang-Detektor (GC – ECD). Die Bestimmungsgrenze für PCP im Serum und im Urin liegt jeweils bei 1 µg/l und erlaubt somit sichere Aussagen zur Belastung in Größenordnungen, wie sie mit 12 µg/l bzw. 5 µg/l in der Allgemeinbevölkerung nachzuweisen sind. Zusätzlich wurden weitere Blut- und Urin-Parameter im Labor des Kreiskrankenhauses Rendsburg und im Labor der Universitätsklinik Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, bestimmt. Im EDTA-Blut waren dies das Blutbild und das Differentialblutbild, im Serum die Parameter Kreatinin, Calcium, Gesamtcholesterin, Harnsäure, GGT, GPT, GOT, AP, GLDH und CHE. Einen Teil der Urindiagnostik führten wir vor

Ort mittels Teststreifen (Combur-10) durch, die Harnproteindiagnostik wurde im Labor der nephrologischen Abteilung der Medizinischen Klinik I, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, durchgeführt.

### **3.5 Sanierungsmethode**

Zur Sanierung des Gebäudes wurde ein mehrschichtiger Maskierungsanstrich aus einem Reaktionsgrund, welcher als Bindemittel eine wässrige Polyacrylatdispersion mit Propylenglykol-Zugabe enthält und einem Decklack, welcher als Bindemittel eine wässrige acrylatmodifizierte Naturharzdispersion enthält, im Bereich der Holzbalken angewandt. Um die gegenüber organischen Schadstoffemissionen gewährleistete Sperrwirkung zu erzielen, mussten Mindestauftragsmengen (80 ml/m<sup>2</sup> auf glatten Flächen, auf rauem Untergrund mehr) und ein bestimmter Beschichtungsaufbau eingehalten werden, der sich aus mehreren Verarbeitungs- und Trocknungsschritten zusammensetzte: einer Untergrundvorbereitung mit Reaktionsgrund, der Grundbeschichtung mit Reaktionsgrund, der ersten Zwischenbeschichtung mit Reaktionsgrund, der zweiten Zwischenbeschichtung mit Decklack und der Schlussbeschichtung mit Decklack. Zunächst erfolgte in zwei Räumen (Nummer 2 und 11) eine Probesanierung. Danach wurden in diesen beiden Räumen und in einem nicht behandelten Vergleichsraum (Nummer 3) zu drei verschiedenen Zeitpunkten Raumlufmessungen auf PCP und Lindan vorgenommen. Die Messergebnisse zeigten, dass sich die Konzentrationen von PCP in der Raumluf deutlich, die von Lindan in der Raumluf weniger deutlich verminderten. Da sich die Maskierung mit dem „Schutzsystem“ wie erwartet als wenig aufwändig, wenig den Betriebsablauf störend, optisch und denkmalpflegerisch problemlos und kostengünstig erwies, entschloss man sich, die Sanierung auf diese Weise im gesamten Gebäude fortzusetzen.

### 3.6 Tabellarischer zeitlicher Ablaufplan

**Tabelle 1: zeitlicher Ablauf der Untersuchungen**

04.12.2003	Informationsveranstaltung zu Holzschutzmitteln für Mitarbeiter der Firma; Werbung um Studienteilnahme
09.12. und 10.12.2003	Probennahme Luftmessung vor Sanierung
11.12. und 12.12.2003	Untersuchung von Studienteilnehmern vor Sanierung
05.01.2004	Mitteilung der Ergebnisse der Luftmessungen vor Sanierung
15.01.2004	Mitteilung und Besprechung der Ergebnisse des PCP-Biomonitoring vor Sanierung
15.01., 16.01. u. 19.01.2004	Probesanierung der Räume 2 und 11
10.02.2004	Erste Luftmessung nach Probesanierung Raum 2, 11 und Luftmessung im nicht behandelten Raum 3
12.03.2004	Zweite Luftmessung nach Probesanierung Raum 2, 11 und Luftmessung im nicht behandelten Raum 3
02.04.2004	Dritte Luftmessung nach Probesanierung Raum 2, 11 und Luftmessung im nicht behandelten Raum 3
10.06.2004	Beginn der Sanierung des gesamten Gebäudes
05.07.2004	Sanierung der oberen Etage abgeschlossen
August 2004	Komplette Sanierung des Gebäudes abgeschlossen
01.11. und 02.11.2004	Probennahme Luftmessung nach Sanierung
04.11., 05.11. u. 11.11.2004	Untersuchung der Studienteilnehmer nach Sanierung
01.07.2005	„Risikokommunikation“ anhand der Ergebnisse mit den Mitarbeitern der Firma

### 4.7 Literaturrecherchen - Quellensuche

Die Literaturrecherchen wurden in der nach Gebieten sortierten arbeitsmedizinischen, umweltmedizinischen und juristischen Literatur im Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit Schleswig-Holstein, in der Medizinischen Abteilung und über die Online-Fernleihe (gemeinsamer Bibliotheksverbund, Zeitschriftendatenbank) der Universität Schleswig-Holstein, Campus Kiel und in der Medline-Datenbank durchgeführt. Folgende Suchbegriffe fanden dabei Verwendung:

Pentachlorphenol; Pentachlorophenol; PCP; Lindan; Lindane;

$\gamma$ -Hexachlorcyclohexan;  $\gamma$ -HCH; 1, 2, 3, 4, 5, 6-Hexachlorcyclohexane; Holzschutzmittelsyndrom; MCS; CFS; Sick-Building-Syndrom; wood preservation; timber preservation; wood protection; Innenraumlufte; indoor air; Luftverunreinigung und Innenräume; indoor-air-pollution; organic pollutants; Holzschutzmittelanwendung; Holzschutzmittel; Schädlingsbekämpfungsmittel, Pestizide; Pesticides; Insektizide; Insecticides; CKW – Syndrom; Referenzwerte Lindan; Referenzwerte Pentachlorphenol; Risikokommunikation.

### 3.8 Statistische Methoden

Nach Anonymisierung der Personendaten durch zufällige Zahlenzuordnung erfolgte die Dateneingabe manuell in eine Datenbank des Programms Microsoft Excel 2002. Von dort wurden die Daten in die Statistikprogramme SPSS 12.0 und EPI-Info 3.3.2 eingelesen und zur statistischen Auswertung verwendet.

Häufigkeitsverteilungen in der deskriptiven Statistik dienen der analytischen Grundauswertung (Bellgardt, 2004). Der nicht-parametrische Test der Mittelwertdifferenz zweier verbundener Stichproben (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test) wurde eingesetzt, da gleiche Merkmale bei den gleichen Studienteilnehmern einmal vor und einmal nach der Sanierung des Gebäudes erhoben wurden. Mit dem McNemar-Test ließ sich feststellen, ob Antworten vor und nach der Sanierung einander glichen. Eine in der Literatur oft übliche Einteilung, Unterschiede bei  $p \leq 0,05$  als signifikant und bei  $p \leq 0,01$  als hoch signifikant zu beschreiben, wurde nicht vorgenommen, da dies die Aussagekraft der Ergebnisse nicht wesentlich erhöht. Mit der zweiseitigen Pearson-Korrelation wurden Zusammenhänge zweier unterschiedlicher Variablen getestet. Neben dem Signifikanzniveau „p“ wird der Korrelationskoeffizient „r“ angegeben.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Deskriptive Beschreibungen der Situation

#### 4.1.1 Studienteilnahme und Raumverteilung

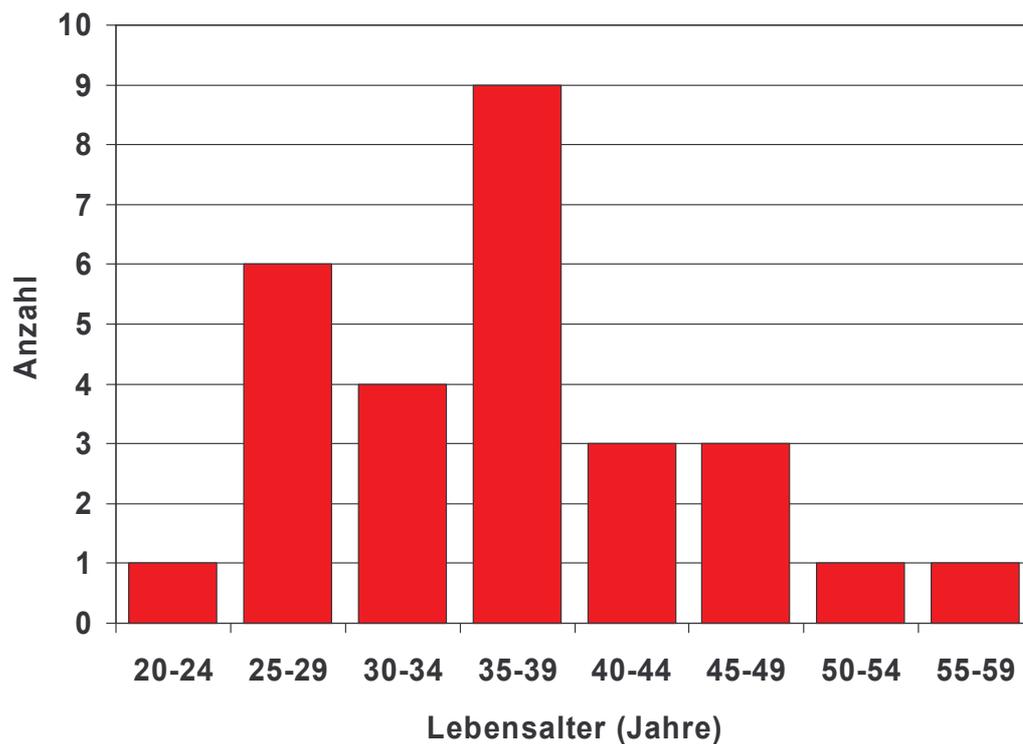
Nach einer Informationsveranstaltung vor Ort erklärten sich vor Sanierung 28 von 36 der im Gebäude tätigen Firmenmitarbeiter bereit, an der Studie teilzunehmen. Dies entspricht einer Quote von 77,8 %. Das Einverständnis wurde bei der Verteilung der Fragebögen vor der Untersuchung schriftlich dokumentiert. Die im 3. Obergeschoß wohnende Mieterin lehnte eine Studienteilnahme ab. Nach der Sanierung sank die Studienteilnahme auf 26 Personen. Dies entspricht, gemessen an der ursprünglich im Gebäude beschäftigten Anzahl von Personen, 72,2 %. Die fehlenden Personen, ein Praktikant, der die Firma verlassen hatte und ein anderer Mitarbeiter, der sich in einem längeren Urlaub befand, waren nicht mehr erreichbar.

Zu Studienbeginn waren alle teilnehmenden Personen der Firma im historischen Gebäude tätig. Bei der Durchführung des zweiten Untersuchungsteils nach Sanierung arbeiteten noch 17 Probanden im betroffenen Gebäude, bei neun Mitarbeitern hatte sich der Einsatzort verändert. Drei der neun Probanden befanden sich an Standorten in anderen Städten. Diese drei Studienteilnehmer schickten ihren Urin per Post zur PCP-Bestimmung ein. Zwei davon übersandten zudem den ausgefüllten Fragebogen, ein Proband trotz Erinnerung nicht. Eine körperliche Untersuchung und eine Blutentnahme nach der Sanierung wurden bei diesen drei Probanden nicht durchgeführt. Sechs Studienteilnehmer waren in ein Gebäude einige hundert Meter weiter umgezogen und wurden zusammen mit den übrigen Probanden untersucht. Auch innerhalb des historischen Gebäudes wurden von einzelnen Mitarbeitern die Räume zwischenzeitlich gewechselt.

#### 4.1.2 Allgemeine Charakterisierung der Studienteilnehmer

In der Untersuchungsgruppe entspricht der Anteil von Frauen zu Männern einem Verhältnis von 1:3. Vor Sanierung nahmen 21 männliche und 7 weibliche Probanden, nach Sanierung nahmen 19 männliche und 7 weibliche Probanden teil.

Die Altersstruktur ist nicht normalverteilt ( $p_{\text{Kolmogorow-Smirnoff-Test}} = 0,2$ ; Abbildung 1).



**Abbildung 1: Altersverteilung der Studienteilnehmer**

In der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 2) sind Angaben zu Lebensalter, Größe, Gewicht, Arbeitsdauer und Wochenarbeitszeit der Studienteilnehmer zusammengestellt.

**Tabelle 2: Kenngrößen der Teilnehmer bei Studienbeginn**

	Lebensalter (J)	Größe (m)	Gewicht (kg)	Arbeits- dauer (Monate)	Wochen- arbeitszeit (h)
Anzahl	28	28	28	28	28
Mittelwert	36	1,80	80	22	42
<b>Median</b>	<b>36</b>	<b>1,82</b>	<b>81</b>	<b>26</b>	<b>43</b>
Minimum	23	1,58	54	1	18
Maximum	55	1,97	105	95	50
25 % Perzentile	29	1,76	70	7	40
75 % Perzentile	43	1,90	90	28	45

25 Probanden waren in Vollzeit, 3 Probanden in Teilzeit tätig. Mehrere Studienteilnehmer verrichteten neben der Bürotätigkeit im historischen Gebäude auch Arbeiten im Außendienst (Tabelle 3).

**Tabelle 3: Häufigkeitsverteilung von Innen- und Außendiensttätigkeit**

	Anzahl	Prozent	% als Balken
<b>Nur Innendienst</b>	<b>19</b>	<b>67,9%</b>	
<b>Auch Außendienst</b>	<b>9</b>	<b>32,1%</b>	
<b>Anzahl gesamt</b>	<b>28</b>	<b>100,0%</b>	

2 Probanden hatten in den letzten 3 Wochen vor Studienbeginn Urlaub, 26 dagegen hatten keinen Urlaub. Aufgrund der Untersuchungstermine am Donnerstag und Freitag lag der letzte arbeitsfreie Tag bei den meisten Studienteilnehmern 4 Tage zurück. Bei Prüfung der Parameter Größe, Gewicht, Arbeitsdauer, Wochenarbeitszeit, Innen- und Außendiensttätigkeit mittels Wilcoxon-Signed-Ranks-Test zeigten sich vor und nach Sanierung keine signifikanten Unterschiede. Das Lebensalter wurde im Fragebogen nach Sanierung nicht noch einmal abgefragt, da bei allen Probanden eine gleichsinnige Änderung anzunehmen war.

#### **4.1.3 Stoffeinwirkungen außerhalb des beruflichen Umfeldes**

16 Probanden leben in einer vor 1970 erbauten Wohnung oder einem Haus, 4 Probanden leben in einem zwischen 1970 und 1990 und 8 Probanden in einer nach 1990 fertiggestellten Wohnung oder einem Haus. Zwei Studienteilnehmer sind nach Sanierung in eine andere Wohnung, die vor 1970 erbaut wurde, umgezogen.

Bei der außerberuflichen Expositionsermittlung gegenüber PCP spielt früherer Kontakt mit PCP-haltigen Anstrichmitteln nahezu keine Rolle (

Tabelle 4), das Tragen von Lederbekleidung direkt auf der Haut muss jedoch gegebenenfalls in Einzelfällen Berücksichtigung finden (Tabelle 5).

**Tabelle 4: Häufigkeitsverteilung der Aussagen zu früherem Kontakt mit PCP durch Anstrichmittel**

Früherer Kontakt mit PCP durch Anstrichmittel	Anzahl	Prozent	% als Balken
Nein	27	96,4%	
Ja	1	3,6%	
Anzahl gesamt	28	100,0%	

**Tabelle 5: Häufigkeitsverteilung der Aussagen zum direkten Tragen von Lederbekleidung auf der Haut**

Leder direkt auf der Haut	Anzahl	Prozent	% als Balken
Nein	23	82,1%	
Gelegentlich	4	14,3%	
Ja	1	3,6%	
Anzahl gesamt	28	100,0%	

23 Probanden verneinten, 5 Probanden bejahten einen Tabakkonsum. Die gerauchte Menge an Zigaretten lag bei diesen im Median bei 20 Zigaretten/Tag. Bei der Abfrage des Raucherstatus nach Sanierung des Gebäudes ergab sich eine Anzahl von 21 Nichtraucher und 4 Rauchern.

Vor Sanierung des Gebäudes hatten 16 Probanden, nach Sanierung 7 Probanden am Tag vor der Untersuchung Alkohol konsumiert. Der Raucherstatus, der Alkoholkonsum, die Kaffee-, Tee- und Alkoholverträglichkeit änderten sich nicht signifikant im Vergleich vor und nach Sanierung. Der Raucherstatus und die Frage nach dem Alkoholkonsum wurden mittels McNemar-Test geprüft, sonst kam der Wilcoxon-Signed-Ranks-Test zur Anwendung.

## 4.2 Analysen der Auswirkung der Sanierung auf die Gesundheit der Studienteilnehmer und auf deren Laborparameter

### 4.2.1 Gesundheitszustand, Stimmung und Befunde

Nach Sanierung des historischen Gebäudes wurden die Studienteilnehmer im Fragebogen nach subjektiv bemerkten Veränderungen ihres Gesundheitszustandes befragt.

Daraufhin berichteten 4 Probanden, dass Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel und Schleimhautreizungen besser geworden seien. Ein Proband klagte über zunehmende Beschwerden im Augen- und Kopfbereich und ein Proband äußerte neu aufgetretene Probleme im Bereich des Magen-Darm-Traktes.

Die Auswertung der Befindlichkeits-Skala ergab bei 16 Probanden keine Änderung, bei 7 Probanden eine Besserung und bei 2 Probanden eine Verschlechterung der inneren Stimmung. Ein signifikanter Unterschied des Stimmungsbildes ließ sich nicht ermitteln (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -1,245$ ;  $p = 0,213$ ;  $n = 25$ , Abbildung 2).

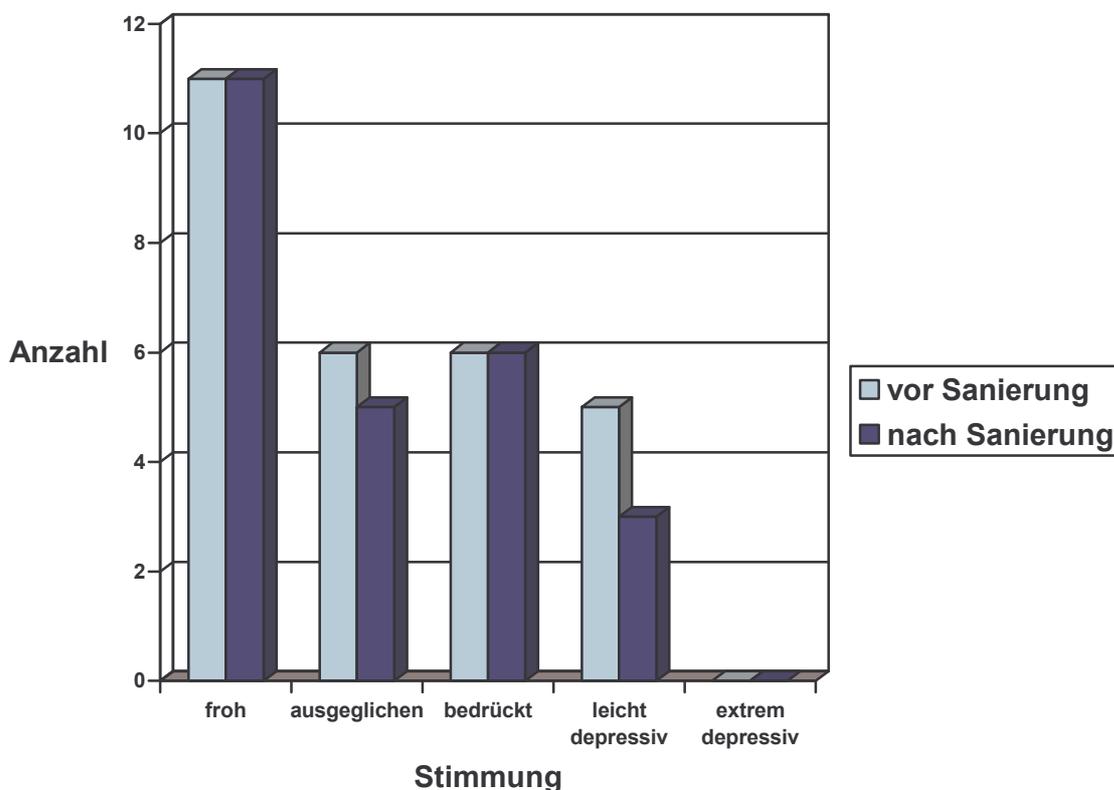


Abbildung 2: Selbsteinschätzung der Stimmungslage der Studienteilnehmer vor und nach Sanierung

Auch bei der Einschätzung des aktuellen Gesundheitszustandes, des aktuellen Gesundheitszustandes im Vergleich zum letzten Jahr, der Arbeitsfähigkeit und der Arbeitsbewältigung ist kein signifikanter Unterschied im Vergleich vor und nach Sanierung zu erkennen. Weiterhin ergaben sich nach anamnestischen Angaben der Probanden zu Schweißausbrüchen, Schlafstörungen, Appetitlosigkeit, Gewichtsveränderung, Stuhlgang und Miktion vorher und nachher keine signifikanten Unterschiede.

Bei der klinisch-körperlichen Untersuchung wurden einzelne auffällige Befunde erhoben (Tabelle 6). Jedoch zeigten auch diese Befunde vor und nach Sanierung keine signifikanten Änderungen. Bei einem Probanden wurden im Rahmen einer abklingenden respiratorischen Infektion über dem rechten Lungenflügel Rasselgeräusche auskultiert. Die diagnostizierte Spastik eines anderen Probanden ist nach anamnestischen Angaben seit langem bekannt, ebenso wie die Hypästhesie im Unterarmbereich eines weiteren Studienteilnehmers. Da darüber hinaus keine weiteren pathologischen Befunde erhoben wurden, gibt es keinen Anhalt für Erkrankungen von Probanden durch Holzschutzmittel-Inhaltsstoffe.

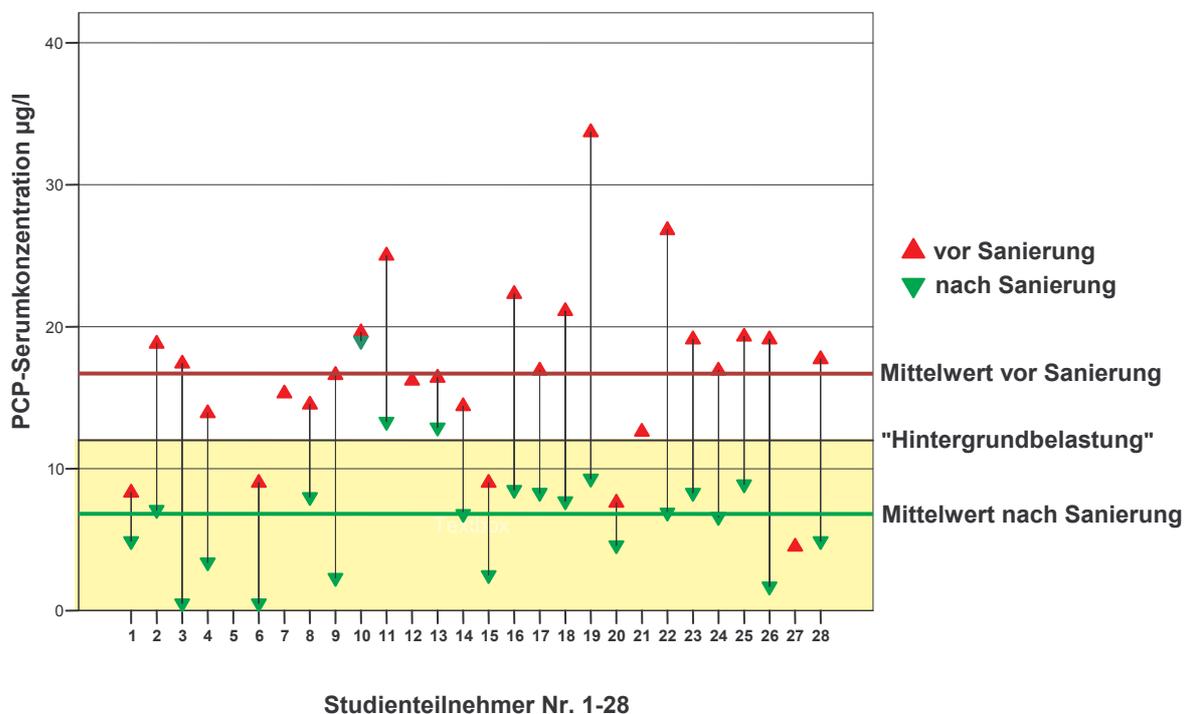
**Tabelle 6: Anzahl der Probanden mit auffälligen Befunden vor und nach Sanierung sowie Übereinstimmung der Befunde bei einzelnen Probanden vorher und nachher**

Befund	Probanden vor Sanierung (n)	Probanden nach Sanierung (n)	Übereinstimmung vorher-nachher
geröteter Rachenring ohne Beläge	10	8	3
Rasselgeräusche pulmonal	0	1	1
Leber vergrößert tastbar	2	4	0
Psoriasis	3	2	2
Ekzem der Hände	2	1	1
Vitiligo	1	1	1
Hautpilz	1	1	1
Warze	0	1	0
Akne	1	2	1
Spastik	1	1	1
Hypästhesie am Unterarm	1	0	0

#### 4.2.2 Vergleich von Laborparametern vor und nach der Sanierung

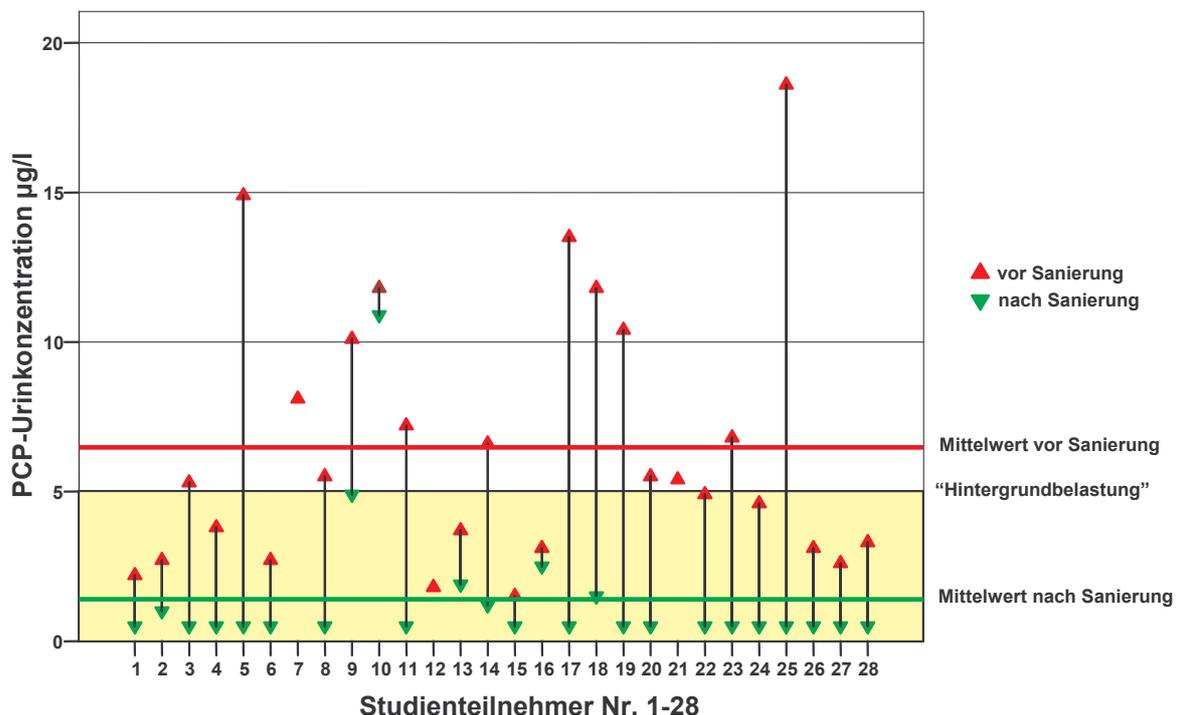
Zur Ermittlung der inneren PCP-Belastung der Studienteilnehmer wurde ein Bio-monitoring durchgeführt. Im Mittel sanken durch die Sanierung die PCP-Konzentrationen von  $16,74 \pm 6,21 \mu\text{g/l}$  auf  $6,82 \pm 4,35 \mu\text{g/l}$  im Serum und von  $6,48 \pm 4,40 \mu\text{g/l}$  auf  $1,32 \pm 2,22 \mu\text{g/l}$  im Urin.

Im Einzelnen fanden sich vor Sanierung bei 22 Probanden PCP-Serumkonzentrationen und bei 15 Probanden PCP-Urinkonzentrationen oberhalb der Referenzbereiche der Allgemeinbevölkerung. Als Hintergrundbelastung gelten derzeit Konzentrationen von bis zu  $12 \mu\text{g/l}$  PCP im Serum und  $5 \mu\text{g/l}$  PCP im Urin. Bei Konzentrationen bis zu  $40 \mu\text{g/l}$  PCP im Serum und bis zu  $25 \mu\text{g/l}$  PCP im Urin ist mit keiner gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen (Umweltbundesamt, 2000). Nach Sanierung ist bei fast allen Studienteilnehmern ein Absinken der PCP-Konzentrationen im Serum und im Urin in den für die Allgemeinbevölkerung gültigen Referenzbereich zu beobachten (Abbildungen 3 und 4). Die Sanierungseffekte sind sowohl für PCP im Serum (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -4,198$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 23$ ) als auch für PCP im Urin (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -4,373$ ,  $p < 0,001$ ;  $n = 25$ ) signifikant.



**Abbildung 3: PCP-Konzentrationen im Serum der einzelnen Studienteilnehmer vor und nach Sanierung, Mittelwerte im Kollektiv und Referenzbereich der Allgemeinbevölkerung**

Lediglich bei einer Probandin (Nr. 10) blieb die PCP-Konzentration im Serum und im Urin auch nach Sanierung nahezu unverändert oberhalb des Referenzbereiches der Allgemeinbevölkerung. Bei zwei weiteren Probanden zeigte sich ein Rückgang der PCP-Serumkonzentrationen (Nr. 11 und 13) auf geringfügig höhere Werte als in der Allgemeinbevölkerung. Die Probandin, deren PCP-Konzentrationen nach der Sanierung nicht abnahmen, wurde zu möglichen Einwirkungen von PCP im Privatbereich befragt. Sie wohnt in einem vor 1970 errichteten Steinhaus, in dem jedoch keinerlei Holz verbaut wurde. Des Weiteren besitzt diese Probandin drei Lederjacken, von denen Proben zu gleichen Teilen zu einer Mischprobe vereinigt wurden. Die Analyse dieser Mischprobe bestimmt PCP in einer durchaus üblichen Konzentration von 0,29 mg/kg. Materialien, die nicht mit PCP behandelt worden sind, weisen dieses Fungizid in Konzentrationen bis zu ca. 5 mg/kg auf. Aufgrund dieses Ergebnisses konnte eine erhöhte PCP-Exposition durch Lederbekleidung bei dieser Probandin ausgeschlossen werden.



**Abbildung 4: PCP-Konzentrationen im Urin der einzelnen Studienteilnehmer vor und nach Sanierung, Mittelwerte im Kollektiv und Referenzbereich der Allgemeinbevölkerung**

Ergänzend zum PCP-Biomonitoring wurden auch die Veränderungen anderer Laborparameter vor und nach Sanierung des Gebäudes untersucht. Hierbei unterscheiden

sich mehrere Parameter im Vorher/Nachher-Vergleich im Sinne eines signifikanten Trends, bleiben jedoch in der Regel innerhalb der Normgrenzen (Tabelle 7).

**Tabelle 7: Mittelwert, Median, Standardabweichung und Referenzbereich einzelner Laborparameter**

Laborparameter		Einheit	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Referenzbereich m/w
Cholesterin	vor Sanierung	mmol/l	5,26	4,94	± 1,17	3,2-6,7
	nach Sanierung	mmol/l	5,49	5,53	± 1,28	3,2-6,7
Harnsäure	vor Sanierung	mg/dl	4,93	5,00	± 1,11	2,4-6,0
	nach Sanierung	mg/dl	5,14	5,30	± 1,19	2,4-6,0
GPT	vor Sanierung	U/l	19,81	19,00	± 9,97	<41 / <31
	nach Sanierung	U/l	33,13	30,00	± 12,65	<41 / <31
GOT	vor Sanierung	U/l	19,70	19,00	± 4,67	<38 / <32
	nach Sanierung	U/l	25,09	23,00	± 4,97	<38 / <32
CHE	vor Sanierung	kU/l	8,77	8,57	± 1,74	5,0-12,2/ 4,0-10,8
	nach Sanierung	kU/l	8,34	8,55	± 1,78	5,0-12,2/ 4,0-10,8
Leukozyten absolut	vor Sanierung	10 <sup>9</sup> /l	6,89	6,50	± 1,56	4,0-10,0
	nach Sanierung	10 <sup>9</sup> /l	5,94	5,40	± 1,47	4,0-10,0
Monozyten relativ	vor Sanierung	%	7,30	7,00	± 1,98	2-12
	nach Sanierung	%	9,42	9,30	± 2,10	2-12

Laborparameter		Einheit	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Referenzbereich m/w
MCHC	vor Sanierung	g/dl	34,45	34,50	± 0,41	31,0-36,0
	nach Sanierung	g/dl	34,04	34,00	± 0,71	31,0-36,0
Kreatinin im Urin	vor Sanierung	mmol/l	17,54	19,05	± 7,37	-
	nach Sanierung	mmol/l	10,15	8,50	± 7,19	-
Alpha-1-Mikroglobulin	vor Sanierung	mg/g Kreatinin	5,23	5,50	± 1,82	< 14
	nach Sanierung	mg/g Kreatinin	9,00	7,00	± 6,04	< 14

Die Cholesterinwerte sind nach Sanierung signifikant höher als vor Sanierung (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = - 2,038$ ;  $p = 0,043$ ;  $n = 23$ ). Bei 4 Probanden wurde nach Sanierung die obere Norm von 6,7 mmol/l (entspricht 250 mg/dl) für Gesamtcholesterin überschritten, vor Sanierung war dies bei 3 Probanden der Fall.

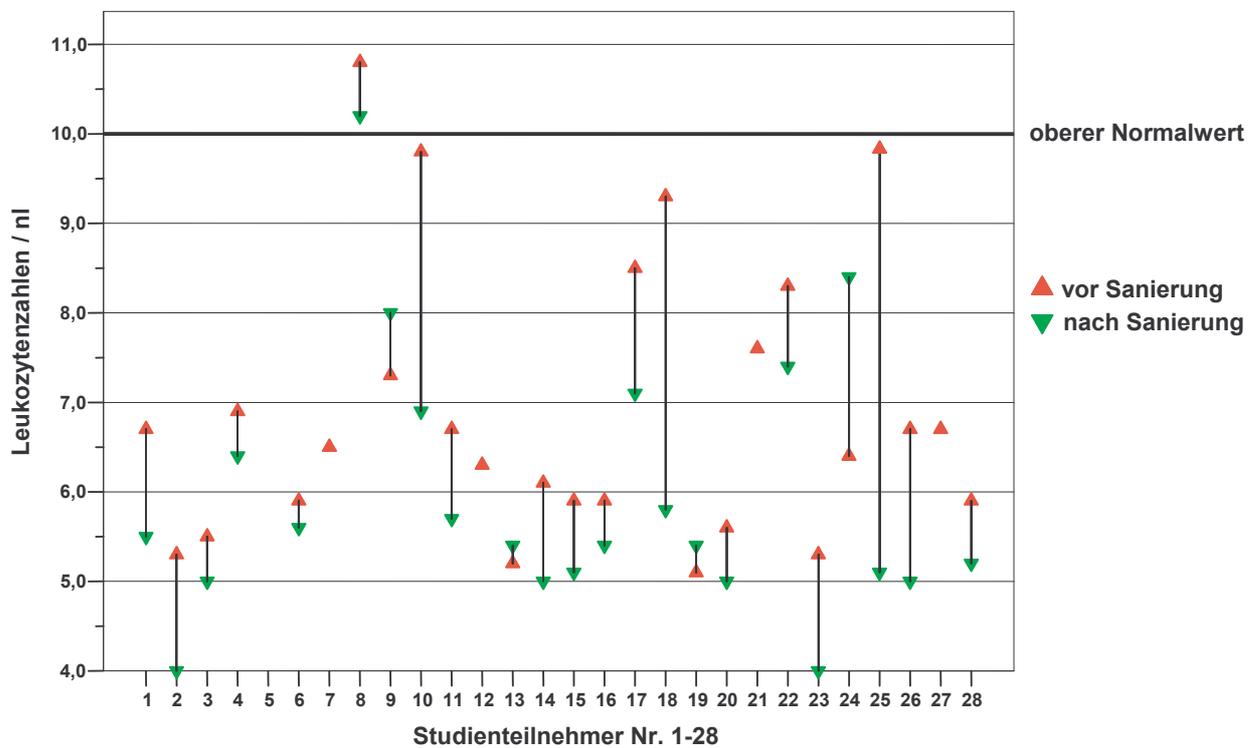
Die Harnsäurewerte sind nach Sanierung signifikant höher als vor Sanierung (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = - 2,311$ ;  $p = 0,021$ ;  $n = 23$ ). Nach Sanierung fand sich bei 6 Studienteilnehmern eine Überschreitung des Normbereiches. Vor Sanierung lagen sämtliche Werte im Normbereich.

Die „Leberwerte“ GPT (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = - 4,200$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 23$ ) und GOT (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = - 4,208$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 23$ ) sind nach der Sanierung signifikant höher als vor der Sanierung. Nach Sanierung wurde eine Normbereichsüberschreitung bei 9 Probanden für den „Leberwert“ GPT und bei 3 Probanden für den „Leberwert“ GOT und vor Sanierung bei einem Studienteilnehmer für den „Leberwert“ GPT festgestellt. Der „Leberwert“ GOT lag vor Sanierung bei allen Probanden im Normbereich.

Die CHE-Werte sind nach der Sanierung mit durchschnittlich 8,34 kU/l signifikant niedriger als vor der Sanierung mit 8,77 kU/l (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = - 2,403$ ;  $p = 0,016$ ;  $n = 23$ ). Es fanden sich nach Sanierung bei 3 Probanden und vor

Sanierung bei einem Probanden Überschreitungen des Normbereiches, in keinem Fall bestanden zu niedrige Werte.

Die Anzahl der Leukozyten ist nach der Sanierung signifikant niedriger als vor der Sanierung (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -3,195$ ;  $p = 0,001$ ; t-Test:  $p=0,03$ ;  $n = 23$ ; Abbildung 5). Es handelt sich dabei jedoch um Schwankungen innerhalb des Normbereiches. Nur bei einer Probandin wurde mit einer Leukozytenzahl von  $10,8 \times 10^9/l$  vor Sanierung und mit einer Leukozytenzahl von  $10,2 \times 10^9/l$  nach Sanierung ein über die Norm erhöhter Wert gefunden. Dazu berichtete sie anamnestisch jeweils über eine kurz zuvor abgelaufene Infektion der ableitenden Harnwege.



**Abbildung 5: Leukozytenzahlen im EDTA-Blut der einzelnen Studienteilnehmer vor und nach Sanierung, oberer Normalwert**

Der relative Anteil der Monozyten am Differentialblutbild ist nach Sanierung signifikant höher als vor Sanierung (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -4,045$ ;  $p = 0,001$ ;  $n$

= 23). Bei einem Studienteilnehmer zeigte sich vor und nach Sanierung eine Überschreitung des Normbereichs.

Die MCHC ist nach Sanierung signifikant niedriger als vor Sanierung (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -2,601$ ;  $p = 0,009$ ;  $n = 23$ ). Die Schwankungen der MCHC lagen bei allen Studienteilnehmern innerhalb des Normbereiches.

Der Kreatininwert im Urin ist nach Sanierung signifikant niedriger als vor Sanierung (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -2,875$ ;  $p = 0,004$ ;  $n = 20$ ).

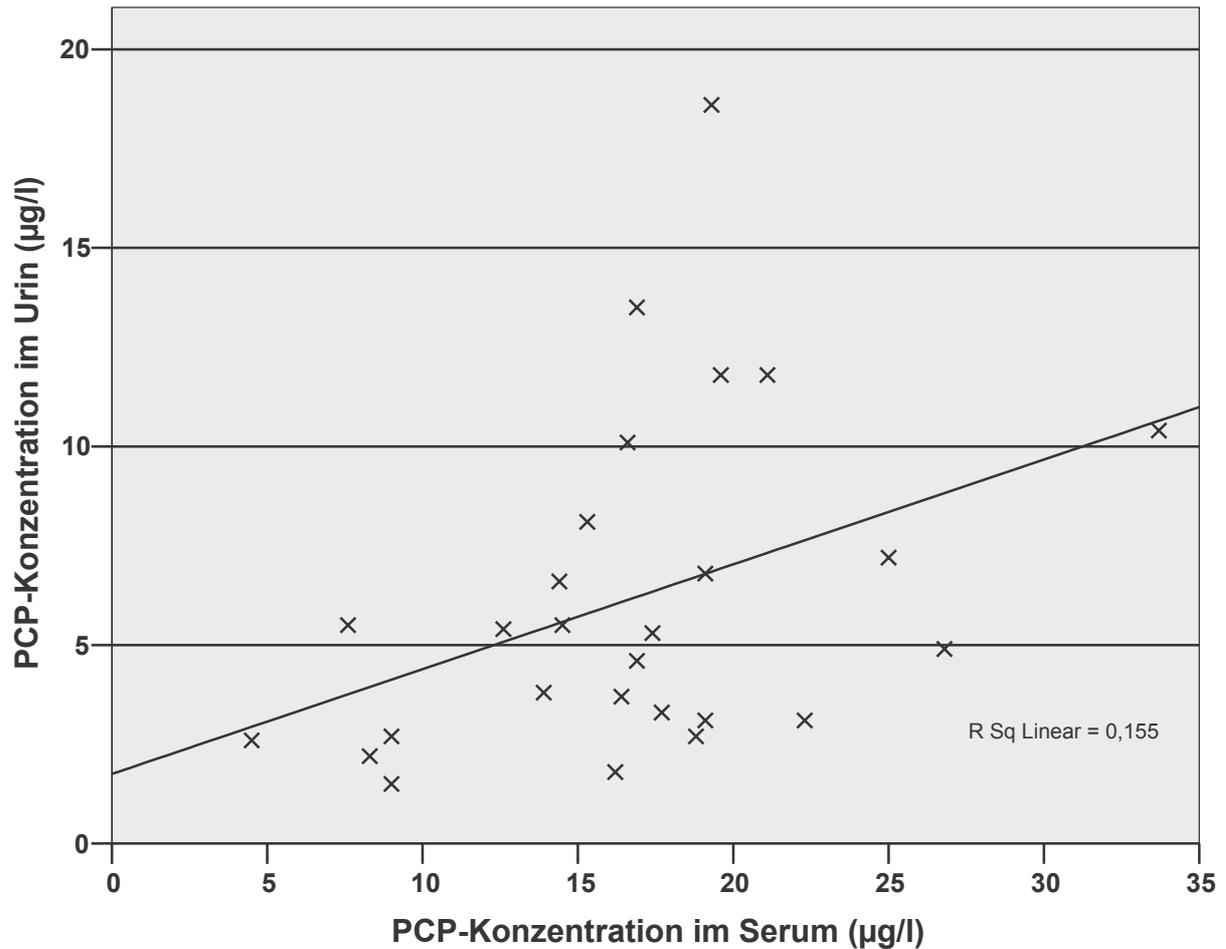
Das Alpha-1-Mikroglobulin/g Kreatinin ist nach Sanierung signifikant höher als vor Sanierung (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -2,55$ ;  $p = 0,024$ ;  $n = 20$ ). Nach Sanierung fanden sich bei 3 Probanden Überschreitungen des Normbereiches. Vor Sanierung waren die Werte aller Studienteilnehmer in der Norm.

Bei folgenden Laborparametern ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungen vor und nach Sanierung im Wilcoxon-Signed-Ranks-Test feststellbar: Calcium, GGT, AP, GLDH, Erythrozyten, Hb, HKT, MCV, Neutrophile, Lymphozyten, Eosinophile, Basophile, Thrombozyten, Kreatinin im Serum, Harnmenge, Leukozyten im Urin, Erythrozyten im Urin, IgG/g Kreatinin, Albumin/g Kreatinin.

#### **4.2.3 Bivariate Korrelationen zwischen Laborparametern**

Um mögliche Zusammenhänge zwischen personenbezogenen Parametern und der inneren PCP-Belastung der Probanden zu erkennen, wurde mittels der 2-seitigen Pearson-Korrelation getestet.

Sowohl zwischen der PCP-Konzentration im Serum und der PCP-Konzentration im Urin vor Sanierung ( $r = 0,394$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 27$ ; Abbildung 6) als auch zwischen der PCP-Konzentration im Serum und der PCP-Konzentration im Urin nach Sanierung ( $r = 0,542$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 23$ ) ist eine signifikante Beziehung erkennbar. Eine solche Korrelation zeigt sich auch zwischen der PCP Konzentration im Serum und der PCP-Konzentration im Urin/g Kreatinin vor Sanierung ( $r = 0,647$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 27$ ). Diese Ergebnisse weisen auf Zusammenhänge zwischen der PCP-Konzentration im Serum und seiner nachfolgenden Elimination über den Ausscheidungsweg der ableitenden Harnwege hin.



**Abbildung 6:** Punktediagramm der PCP-Konzentrationen im Serum in Beziehung zu den PCP-Konzentrationen im Urin vor Sanierung mit linearer Regressionsgerade

Während die PCP-Konzentration im Serum nicht in Zusammenhang mit dem Alter der Probanden steht, zeigt sich indes zwischen der PCP-Konzentration im Urin/g Kreatinin und dem Alter vor Sanierung ( $r = 0,638$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 28$ ) ein positiver und nach Sanierung ( $r = -0,77$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 7$ ) ein negativer signifikanter Zusammenhang, der auf eine altersbedingte Änderung der Urinausscheidung von PCP hindeutet.

Darüber hinaus findet sich eine signifikante Korrelation zwischen der PCP-Konzentration im Urin und dem Kreatininwert im Urin vor ( $r=0,449$ ;  $p=0,05$ ;  $n=26$ ) und nach ( $r=0,545$ ;  $p=0,05$ ;  $n=21$ ) Sanierung, was als ein Hinweis auf eine Beziehung zwischen der Nierenfunktion und der PCP-Urinausscheidung verstanden wird.

Der Einfluss der PCP-Exposition im beruflichen Umfeld auf die innere PCP-Belastung der Studienteilnehmer wird durch eine signifikante Korrelation zwischen den PCP-

Serumkonzentrationen vor und nach Sanierung erkennbar ( $r = 0,446$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 23$ ).

Obwohl sich vor und nach Sanierung eine signifikante Änderung dieser Laborparameter zeigte, wird eine signifikante Korrelation zwischen der PCP-Konzentration im Serum und den „Leberwerten“ GPT und GOT nicht gefunden. Auch eine Beziehung zwischen diesen Leberwerten und den anamnestischen Angaben zum Alkoholkonsum sowie dem Cholesterinwert ist nicht feststellbar. Man sieht jedoch sowohl eine signifikante Korrelation zwischen den „Leberwerten“ GPT ( $r = 0,522$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 27$ ) und GOT ( $r = 0,439$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 27$ ) und dem Gewicht vor Sanierung als auch zwischen den „Leberwerten“ GPT ( $r = 0,450$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 27$ ) und GOT ( $r = 0,427$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 27$ ) und dem BMI, was als Hinweis auf Einflüsse des Körpergewichtes auf die Höhe der Leberwerte gedeutet werden kann.

Signifikante Änderungen anderer Laborparameter vor und nach Sanierung können ebenfalls nicht mit der inneren PCP-Belastung in Verbindung gebracht werden. So zeigen sich vor und nach Sanierung keine signifikanten Korrelationen zwischen der PCP-Konzentration im Serum und der Leukozytenzahl, der relativen Anzahl der Monozyten, dem Gesamtcholesterin, der CHE, der MCHC, dem Kreatinin im Harn und der Harnsäure.

Die weiteren gefundenen signifikanten Korrelationen zwischen der PCP-Urinkonzentration und einzelnen Laborparametern im Blut erscheinen unklar und sind demnach eher als zufällig zu werten. So ergibt sich eine positive Beziehung zwischen der PCP-Konzentration im Urin und der Leukozytenzahl vor Sanierung ( $r = 0,567$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 27$ ) und zwischen der PCP-Konzentration im Urin/g Kreatinin und der Leukozytenzahl nach Sanierung ( $r = 0,778$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 7$ ). Darüber hinaus ist eine negative Korrelation zwischen der PCP-Konzentration im Urin und der MCHC vor Sanierung ( $r = -0,421$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 27$ ) und zwischen der PCP-Konzentration im Urin/g Kreatinin und der MCHC nach Sanierung nachweisbar ( $r = -0,833$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 7$ ).

### 4.3 Innenraumluftsituation vor und nach Sanierung

#### 4.3.1 Vergleich von Raumluftparametern vor und nach Sanierung

Die Innenraumluft wurde in 20 von insgesamt 30 nummerierten Räumen (Anhang 1) des historischen Gebäudes bestimmt, wobei die Sekretariate, das Treppenhaus, Büroräume und Besprechungsräume der Firma zur Messung ausgewählt wurden. Im Raum 11 war aus organisatorischen Gründen nach der Sanierung keine Luftmessung durchführbar: Am 02.11.04 wurden die Räume 10 und 11 zusammengelegt und seitdem als ein Büro genutzt.

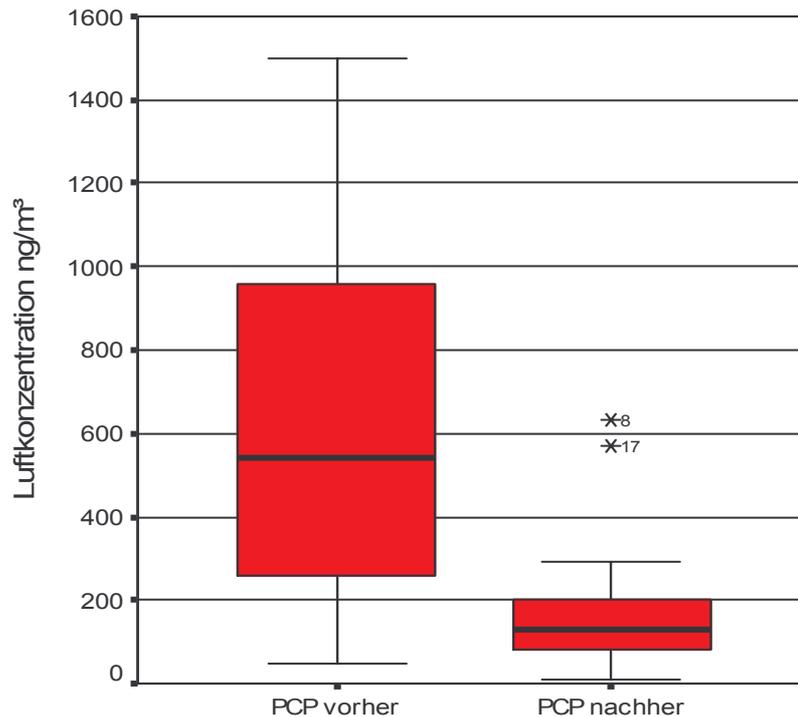
Während in den meisten Räumen des Gebäudes die PCP- und Lindan-Raumluftkonzentrationen nach Sanierung zurückgingen, ist dies bei der Lindan-Raumluftkonzentration in den Räumen 18, 20 und 24 im 2. Obergeschoß, im Raum 29 im 3. Obergeschoß und im Raum 1 im Eingangsbereich nicht der Fall (Tabelle 8). Dennoch sind sowohl die PCP-Raumluftkonzentrationen (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test  $Z = -3,76$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 18$ ) als auch die Lindan-Raumluftkonzentrationen (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -2,133$ ,  $p = 0,033$ ;  $n = 19$ ) durch die Sanierung signifikant verringert worden.

**Tabelle 8: PCP- und Lindan-Raumluftkonzentrationen vor und nach Sanierung**

Raumnummer	PCP vorher (ng/m <sup>3</sup> )	PCP nachher (ng/m <sup>3</sup> )	Lindan vorher (ng/m <sup>3</sup> )	Lindan nachher (ng/m <sup>3</sup> )
1	1000	290	<b>390</b>	<b>560</b>
2	580	46	740	380
3	1500	130	1300	320
4	330	160	570	440
7	560	230	430	350
8	1500	630	1200	800
9	1100	110	1200	580
11	1100	kein Wert	1900	kein Wert
12	920	170	1100	590
13	540	110	870	600
15	160	45	420	270

Raumnummer	PCP vorher (ng/m <sup>3</sup> )	PCP nachher (ng/m <sup>3</sup> )	Lindan vorher (ng/m <sup>3</sup> )	Lindan nach- her (ng/m <sup>3</sup> )
16	530	140	940	550
17	1000	570	960	840
18	580	250	<b>110</b>	<b>670</b>
19	260	83	750	450
20	150	80	<b>440</b>	<b>640</b>
23	260	94	430	380
24	200	79	<b>430</b>	<b>540</b>
25	500	170	590	550
29	48	<20	<b>250</b>	<b>270</b>

Die beiden Boxplot-Grafiken (Abbildung 7 und 8) stellen die Verteilungen der PCP- und Lindan-Raumluftwerte vor und nach Sanierung dar. Der Bereich zwischen dem ersten und dem dritten Quartil wird durch die Box markiert, der Median durch den waagerechten Strich in dieser Box. Die beiden mit der Box durch senkrechte Linien verbundenen waagerechten Striche stehen für den höchsten bzw. niedrigsten Wert, der kein Ausreißer ist. Als Ausreißer werden Werte angesehen, die mehr als die 1,5-fache Box-Höhe nach oben bzw. unten von der Box entfernt sind.



**Abbildung 7: Verteilung der PCP-Raumluftkonzentrationen vor und nach Sanierung als sog. Box-Whisker-Plot. Die Boxen stellen den Median und die angrenzenden Quartile dar, Extremwerte außerhalb des 3-fachen Interquartilsabstandes sind separat als Stern eingetragen und mit der Raumnummer versehen.**

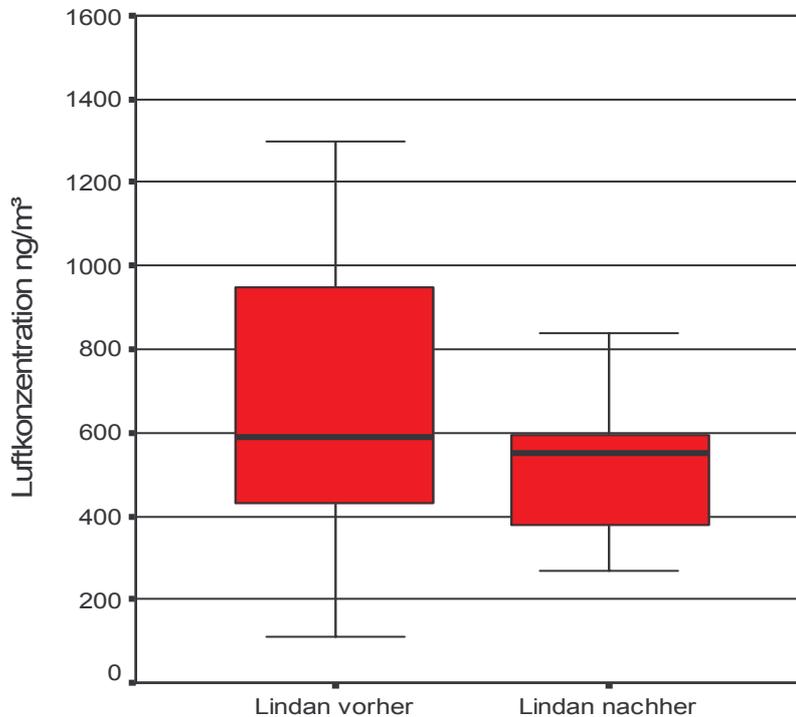
Der Median der PCP-Raumluft-Konzentration sank von  $540 \text{ ng/m}^3$  vor der Sanierung auf  $130 \text{ ng/m}^3$  nach der Sanierung. Die Verteilungsbreite der Werte nahm von einem Minimum von  $48 \text{ ng/m}^3$  PCP und einem Maximum von  $1500 \text{ ng/m}^3$  PCP auf ein Minimum von  $10 \text{ ng/m}^3$  PCP und ein Maximum von  $290 \text{ ng/m}^3$  PCP ab.

Der Median der Lindan-Raumluft-Konzentration erniedrigte sich von  $590 \text{ ng/m}^3$  vor der Sanierung auf  $550 \text{ ng/m}^3$  nach der Sanierung. Die Verteilungsbreite der Werte nahm von  $110 \text{ ng/m}^3$  als minimaler Wert und  $1300 \text{ ng/m}^3$  als maximaler Wert auf  $270 \text{ ng/m}^3$  als minimaler Wert und  $840 \text{ ng/m}^3$  als maximaler Wert ab.

Auch die Werte anderer Raumluftparameter wiesen vor und nach Sanierung eine signifikante Änderung auf. Der Median der relativen Feuchte in der Raumluft von  $33\%$  war vor Sanierung signifikant geringer als nach Sanierung, als er einen Wert von  $49\%$  aufwies (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -3,823$ ,  $p < 0,001$ ;  $n = 19$ ).

Der Median der Raumtemperatur von  $22^\circ\text{C}$  vor Sanierung war signifikant höher als der Median der Raumtemperatur von  $21^\circ\text{C}$  nach Sanierung (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -2,154$ ,  $p = 0,031$ ;  $n = 19$ ). Der Median des Luftdrucks betrug vor Sanie-

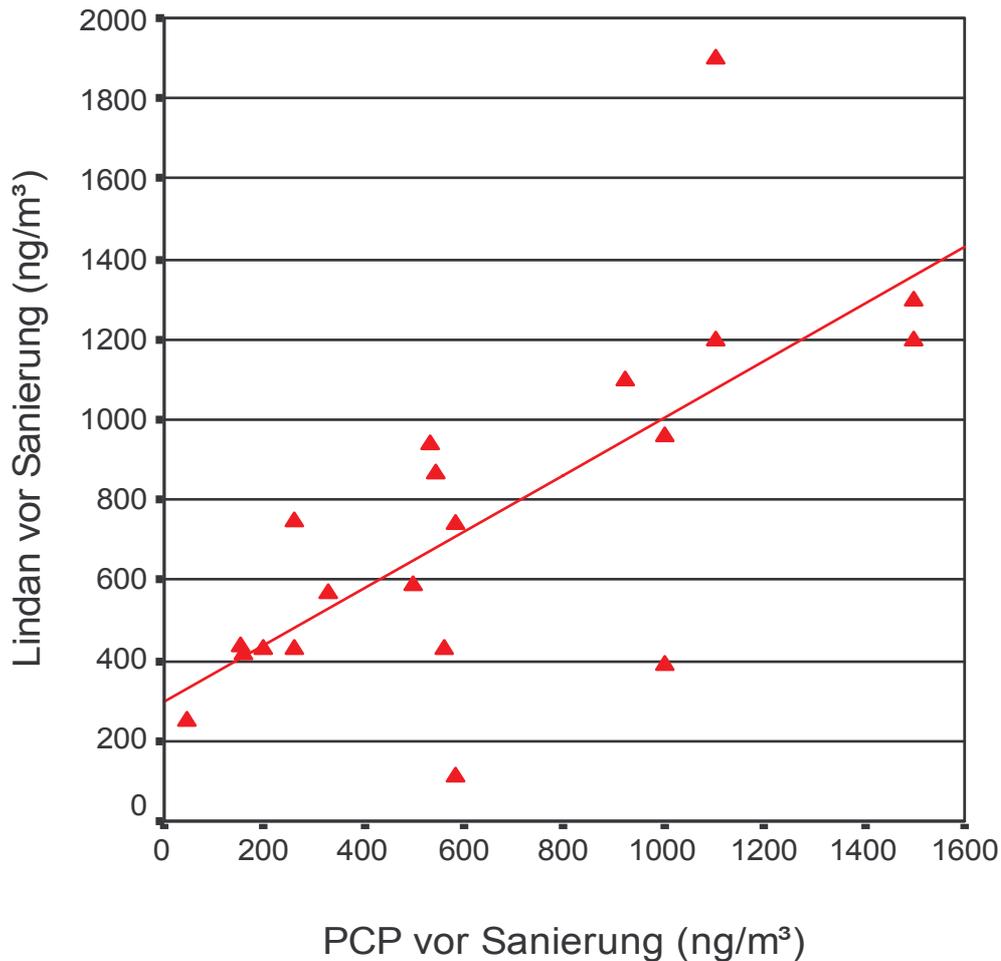
1017 hPa und war damit signifikant niedriger als der Median von 1021 hPa nach Sanierung (Wilcoxon-Signed-Ranks-Test;  $Z = -3,192$ ,  $p = 0,01$ ;  $n = 18$ ).



**Abbildung 8:** Verteilung der Lindan-Raumluftkonzentrationen vor und nach Sanierung als sog. Box-Whisker-Plot. Die Boxen stellen den Median und die angrenzenden Quartile dar.

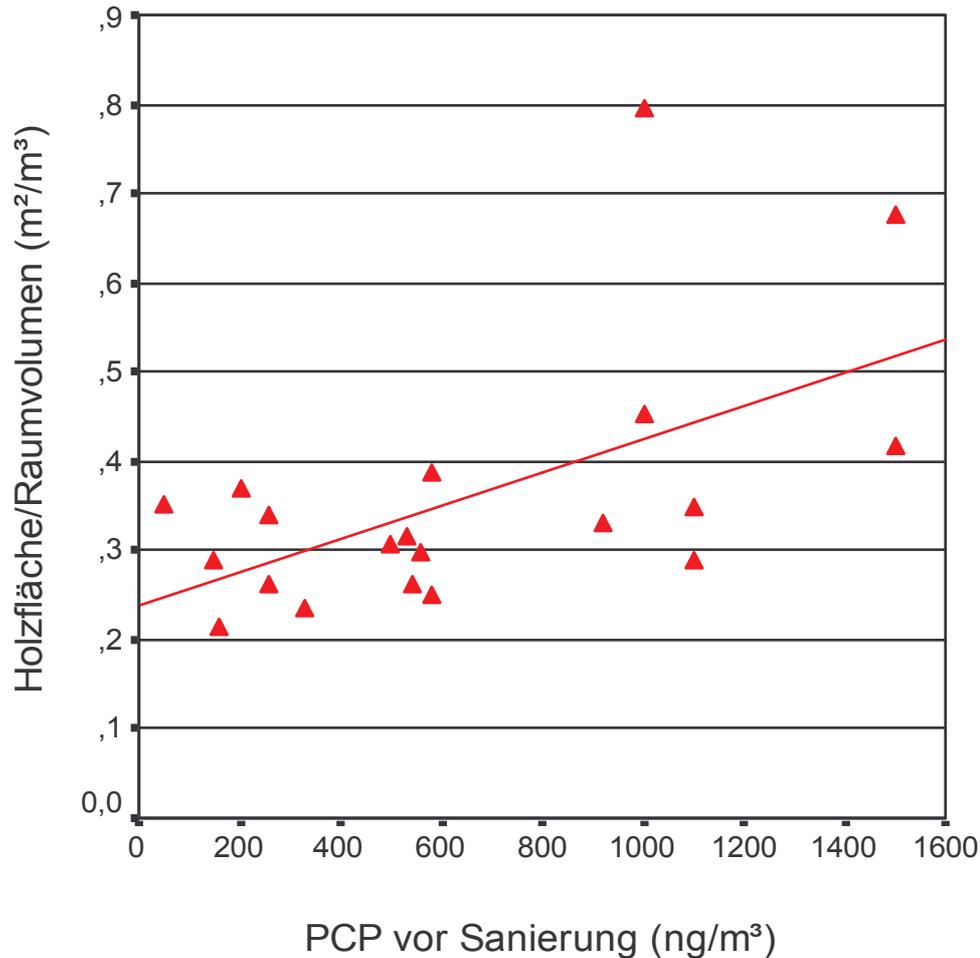
#### 4.3.2 Bivariate Korrelationen zwischen Raumluftparametern

Beziehungen zwischen Innenraumluftparametern wurden mittels 2-seitiger Pearson Korrelation getestet. Dabei zeigt sich eine enge Korrelation zwischen der PCP-Konzentration in der Innenraumluft und der Lindan-Konzentration in der Innenraumluft vor ( $r = 0,717$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 20$ ; Abbildung 9) und nach ( $r = 0,714$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 18$ ) Sanierung, welcher wahrscheinlich auf der gemeinsamen Ausbringung dieser beiden Stoffe als Bestandteile der im Gebäude angewandten Holzschutzmittel beruht.



**Abbildung 9: Punktediagramm der PCP-Raumluftkonzentrationen in Beziehung zu den Lindan-Raumluftkonzentrationen vor Sanierung mit linearer Regressionsgerade**

Zudem findet sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der PCP-Konzentration in der Innenraumluft vor Sanierung und der PCP-Konzentration in der Innenraumluft nach Sanierung ( $r = 0,612$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 18$ ), ein Hinweis auf den Einfluss der räumlichen Umgebung im Gebäude auf die Konzentration von PCP in der Luft. Dieser Hinweis wird auch durch die Korrelation zwischen der PCP-Raumluftkonzentration und der Holzbalkenfläche/Raumvolumen vor ( $r = 0,573$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 20$ ; Abbildung 10) und nach ( $r = 0,905$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 18$ ) der Sanierung gestützt und erscheint aufgrund der Kenntnis einer damaligen Behandlung der Holzbalken mit Holzschutzmitteln plausibel.



**Abbildung 10: Punktediagramm der PCP-Raumluftkonzentrationen in Beziehung zu den Holzbalkenoberflächen/Raumvolumen vor Sanierung mit linearer Regressionsgerade**

Darüber hinaus sind zwischen der Lindan-Konzentration in der Raumluft nach Sanierung und anderen Raumparametern mehrere zum Teil positive, zum Teil negative signifikante Korrelationen feststellbar (Tabelle 9).

**Tabelle 9: Ergebnisse der Testung mittels 2-seitiger Pearson-Korrelation zwischen der Lindan-Raumluftkonzentration nach Sanierung und anderen Raumparametern**

Lindan-Raumluftkonzentration nach Sanierung korreliert mit	Korrelationskoeffizient r	Signifikanzniveau p	Anzahl
Glasfläche (m²)	0,604	0,01	19
Holzbalkenfläche/Volumen (m²/m³)	0,680	0,01	19
Tapete/Volumen (m²/m³)	-0,475	0,05	19
Wand/Volumen (m²/m³)	-0,535	0,05	19

Die Lindan-Raumluftkonzentration nach Sanierung wies demnach einen umso höheren Wert auf, je größer die Glasfläche des Raumes und je größer der Quotient aus Holzbalkenfläche/Raumvolumen war. Der Quotient aus Glasfläche und Raumvolumen korreliert jedoch nicht signifikant mit der Lindan-Konzentration ( $r = 0,387$ ;  $p = 0,10$ ;  $n = 19$ ). Umgekehrt wurde eine umso niedrigere Lindan-Raumluftkonzentration nach Sanierung gemessen, je größer der Quotient aus Tapetenfläche/Raumvolumen und Wandfläche/Raumvolumen war.

Dies deutet auf den Einfluss der behandelten Holzbalkenfläche auf die Raumluftkonzentration von Lindan hin, wie er auch für PCP zu zeigen war.

#### **4.3.3 Bivariate Korrelationen zwischen Laborparametern der Studienteilnehmer und Raumluftparametern**

Um Beziehungen zwischen der inneren PCP-Belastung der Studienteilnehmer und äußeren PCP-Belastungen zu erkennen, erfolgte eine Überprüfung mittels 2-seitiger Pearson-Korrelation. Ein Zusammenhang zwischen der PCP-Serumkonzentration bzw. der PCP-Urinkonzentration und der PCP-Raumluftkonzentration vor Sanierung wird nicht gefunden. Lediglich die PCP-Konzentration im Urin/g Kreatinin korreliert mit der PCP-Raumluftkonzentration vor Sanierung ( $r = 0,455$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 26$ ). Es tragen demzufolge noch andere Expositionswege außer der inhalativen Stoffaufnahme über die Raumluft zur inneren PCP-Belastung der Studienteilnehmer bei. Trotzdem spielt auch die PCP-Raumluftkonzentration eine Rolle, denn nach Sanierung ist eine Korrelation zwischen der PCP-Konzentration im Serum ( $r = 0,741$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 16$ ), der PCP-Konzentration im Urin ( $r = 0,615$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 16$ ) und der PCP-Raumluftkonzentration feststellbar.

Hinweise auf andere Möglichkeiten der Exposition z.B. durch kontaminierte Materialien ergeben sich aus weiteren signifikanten Korrelationen. So korreliert die PCP-Konzentration im Serum vor Sanierung mit den Holzflächen ( $r = 0,523$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 26$ ), dem Raumvolumen ( $r = 0,552$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 26$ ), den Wandflächen ( $r = 0,512$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 26$ ), den Deckenflächen ( $r = 0,504$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 26$ ) und dem Nadelfilz in den Räumen ( $r = 0,516$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 26$ ). Diese Korrelation zwischen der PCP-Konzentration im Serum und den Holzflächen ( $r = 0,433$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 22$ ), dem Raumvolumen ( $r = 0,446$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 22$ ) und den Wandflächen ( $r = 0,454$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 22$ ) bleibt nach Sanierung bestehen.

Darüber hinaus weist auch die PCP-Urinkonzentration vor Sanierung eine signifikante Korrelation mit den Holzflächen ( $r = 0,554$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 26$ ), dem Raumvolumen ( $r = 0,520$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 26$ ), den Wandflächen ( $r = 0,534$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 26$ ), der Deckenfläche ( $r = 0,445$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 26$ ) und der mit Nadelfilz ausgelegten Fläche in den Räumen ( $r = 0,437$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 26$ ) auf. Dies gilt weiterhin für die Beziehung zwischen der PCP-Urinkonzentration/g Kreatinin und den Holzflächen ( $r = 0,546$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 26$ ), dem Raumvolumen ( $r = 0,518$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 26$ ), den Wandflächen ( $r = 0,503$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 26$ ) und den Deckenflächen ( $r = 0,429$ ;  $p = 0,05$ ;  $n = 26$ ) vor Sanierung. Allerdings ist diese Korrelation nach Sanierung nicht mehr gegeben.

## 5. Diskussion

### 5.1 Pentachlorphenol (PCP)

Pentachlorphenol wurde 1841 erstmals von Erdmann synthetisiert und 1843 von Laurent als Phenylhydrat oder Chlorophenussäure bezeichnet. 1872 konnte PCP durch direkte Chlorierungen von Phenol hergestellt werden. Die antibakterielle Wirkung wurde 1906 von Becholt und Ehrlich untersucht und als 50-fach wirksamer als das nicht substituierte Phenol erkannt. Die kommerzielle Produktion begann 1935. Dabei wurde Pentachlorphenol vorwiegend als fungizides Schutzmittel für Holz und Holzprodukte, Leder, Seile, Stärken, Dextrine und Leime, als Insektizid gegen Termiten, als Fungizid gegen Verschleimung in der Zellstoff- und Papierindustrie, in der Mineralölindustrie, in Kühltürmen und Dampfkondensatoren, als Unkrautvertilgungsmittel und als Molluskizid eingesetzt (Konietzko und Kern, 1989). In der Bundesrepublik Deutschland lag die Produktionsmenge von PCP und seines Salzes, Na-PCP, im Jahr 1979 bei 4400 t, wobei PCP und Na-PCP mit jeweils ca. 50% angegeben sind. 85% der produzierten Menge wurden exportiert, der Rest blieb im Inland (Daunerer, 1990a). Der hohe Verbrauch führte zu einer dementsprechend hohen inneren Exposition der Allgemeinbevölkerung. Seit Bestehen der Pentachlorphenol-Verbotsverordnung (1989) kam es jedoch zu einem kontinuierlichen Rückgang der PCP-Serum und PCP-Urinwerte in der Allgemeinbevölkerung Deutschlands (Mohr, 1994; Umweltbundesamt, 1997, Schulz et al., 1998). Im Ausland wird Pentachlorphenol weiterhin hergestellt. In den Vereinigten Staaten gibt es beispielsweise noch eine Produktionsstätte in Kansas (Gingell et al., 2001). Das dort hergestellte Pentachlorphenol wird in Holzschutzmitteln und als Desinfektionsmittel anderer Materialien eingesetzt. Die Verwendung von Pentachlorphenol im Holzschutzbereich ist jedoch zum Teil mit Auflagen verbunden (Wuske et al., 1997). Infolgedessen ist auch heute noch mit dem Eintrag von Pentachlorphenol durch behandelte Textilien, insbesondere Lederbekleidung, behandelte Holzmaterialien und durch andere mit PCP desinfizierte Materialien nach Deutschland zu rechnen.

Neben diesen aus dem Ausland eingetragenen PCP-Belastungen spielt für die Exposition der Allgemeinbevölkerung Deutschlands auch die Holzschutzmittelanwendung früherer Jahre eine Rolle. Da Pentachlorphenol nach Aufbringung auf das Holz langsam ausgast, ist selbst nach lange zurückliegender Holzbehandlung noch ein Exposi-

tionsrisiko vorhanden (Meissner und Schweinsberg, 1996). Um diese Belastung abschätzen und gemäß der jeweils vorliegenden Situation angemessene Maßnahmen empfehlen zu können, ist die PCP-Richtlinie (Richtlinie für die Bewertung und Sanierung Pentachlorphenol (PCP)-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden, 1997) durch die Projektgruppe „Schadstoffe“ der Fachkommission Baunormung der Arbeitsgemeinschaft der für das Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Länder (ARGEBAU) als technische Regel erarbeitet worden.

Durch Expositionen aus der Arbeitswelt und durch Fälle von Intoxikationen sind die Eigenschaften und Wirkungen von PCP im Hochdosisbereich heutzutage gut bekannt. Die Schmelztemperatur von PCP liegt bei 190°C, die Siedetemperatur bei 309°C (Richardson und Gangolli, 1994; Roth und Dauderer, 1995). Bei 20°C beträgt der Dampfdruck  $5,1 \times 10^{-5}$  hPa (Konietzko und Kern, 1989), was zu einer merklichen Verdampfung bereits bei Raumtemperatur führt. Pentachlorphenol reagiert als schwache Säure mit organischen und anorganischen Basen (Kühn und Birett, 1993). Es kann nach dem Einatmen, Verschlucken und durch die Haut resorbiert werden. Typisch für eine berufliche Belastung ist die perkutane und inhalative Aufnahme. Die maximale Aufnahme des Stoffes im Blut ist nach ca. 7 Stunden erreicht.

Wesentliche akute Wirkungen von Pentachlorphenol sind (Löser, 1994; Gochfeld, 1995; Hodgson et al., 1998; Dauderer, 1990a; Gasiewicz 1991; Gingell et al., 2001):

- Reizwirkungen auf die Augen, die Haut und die Atemwege.
- Störungen des Energiestoffwechsels der Zelle, die sich mit Schwäche, Atemnot, Gewichtsverlust, Schwitzen, Kopfschmerzen, Erbrechen, Körpertemperaturanstieg, bis hin zum Koma und Tod durch Herzversagen äußern können.

Als wesentliche chronische Wirkungen von Pentachlorphenol gelten (Cheng et al., 1990; Löser, 1994; Dauderer, 1990a; Gasiewicz 1991;Gingell et al., 2001):

- Chlorakne.
- Chronische Entzündungen der Augenbindehäute und der oberen Atemwege.
- Leberfunktionsstörungen.
- Beeinflussung des blutbildenden und des lymphatischen Systems.
- „Toxisches Allgemeinsyndrom“, welches sich durch Schwindel, Müdigkeit, Kopfschmerzen, Nervenschmerzen bzw. Übelkeit bemerkbar machen kann.

Die kanzerogene Wirkung von Pentachlorphenol wurde im Tierexperiment bestätigt. Bei einer älteren Studie an Ratten und Kanzerogenitätsstudien an Mäusen fanden sich Lebertumore (Greim, 1972; National Toxicology Program, 1989; Appel, 1994), bei einer neueren Studie in den USA Tumore unterschiedlicher Lokalisation. PCP selbst verursachte in menschlichen Fibroblasten keine DNA-Brüche, sehr wohl dagegen sein Metabolit Tetrachlorhydrochinon (Konietzko und Kern, 1989). Es wird zudem ein Risiko reproduktionstoxischer Wirkung angenommen (Dauderer, 1990a).

Resorbiertes PCP wird bevorzugt an Eiweißkörper des Blutes gebunden (Keseberg und Reichl, 2000). 74 % einer aufgenommenen PCP-Dosis werden beim Menschen unverändert, 12% als Glucuronid im Harn und 4% über die Faeces ausgeschieden (Greim, 1972). PCP wird von Maus und Ratte als Tetrachlorhydrochinon oder als Konjugat der Glucuronsäure zu 64 bis 80% über den Harn und zu 19 bis 34% über die Faeces ausgeschieden (Greim, 1972). Im Unterschied zum Nager findet beim Menschen eine Metabolisierung nur in geringem Umfang statt, sodass die Ausscheidung von Tetrachlorhydrochinon mit weniger als 10% in den Urin deutlich geringer als bei Maus und Ratte ist (Bundesarbeitsblatt, 1998). Die biologische Halbwertszeit im Plasma beträgt ca. 16 Tage (Konietzko und Kern, 1989). Experimente an Ratten ergaben einen eindeutig zweiphasigen Verlauf der Ausscheidung über die Nieren. Auf eine schnelle erste Phase mit einer Halbwertszeit von 10 Stunden folgt eine langsame zweite Phase mit einer Halbwertszeit von 102 Tagen (Dauderer, 1990a). Bei nachgewiesener beruflicher schädigender Einwirkung durch Pentachlorphenol kann gegebenenfalls die Anerkennung einer Berufskrankheit nach Ziffer 1310 erfolgen (Mehrtens und Perlebach, 1977a; Heinzow 1992). Eine PCP-Vergiftung wird symptomatisch therapiert (Carballo et al., 2000), da ein spezifisches Antidot nicht bekannt ist.

In der Arbeitswelt kommen die folgenden Grenzwerte zur Anwendung:

Vor Inkrafttreten der neuen Gefahrstoffverordnung 2005 wurde eine TRK von 0,001 mg/m<sup>3</sup> festgesetzt (TRGS 900, 2003), welche jetzt im gesetzlichen Regelwerk entfällt. Ein AGW, der medizinisch wissenschaftlich begründet ist, ist zurzeit noch nicht definiert.

PCP ist hautgänglich und als sog. K2-Stoff (im Tierversuch krebserzeugend) eingestuft (TRGS 905, 2003). Es werden Expositionsäquivalente beschrieben:

0,001 mg/m<sup>3</sup> PCP in der Luft entsprechen 6 µg/l PCP im Urin und 17 µg/l PCP im Serum/Plasma (Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, 2004).

Für die Umwelt gelten folgende Werte:

Vom Bundesgesundheitsamt wird ein Richtwert von 1 µg/m<sup>3</sup> PCP in der Luft genannt. Dies entspricht in der Höhe der TRK aus der Arbeitswelt. Darüber hinaus wurden nach wissenschaftlichen Erkenntnissen sogenannte HBM-I-Werte und HBM-II-Werte festgelegt. Der HBM-I-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Unterschreitung nach aktuellem Stand der Bewertung durch die Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes nicht mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist. Er ist als Prüf- oder Kontrollwert anzusehen. Der HBM-II-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Überschreitung eine gesundheitliche Beeinträchtigung möglich ist (Umweltbundesamt, 1996). Er ist als Interventions- und Maßnahmenwert anzusehen (Umweltbundesamt, 2000).

Für PCP liegt der HBM-I-Wert der Allgemeinbevölkerung bei 40 µg/l im Serum, bei 25 µg/l im Urin und bei 20 µg/g Kreatinin im Urin/g Kreatinin.

Der HBM-II-Wert der Allgemeinbevölkerung für Pentachlorphenol liegt derzeit bei 70 µg/l im Serum, bei 40 µg/l im Urin und bei 30 µg/g Kreatinin im Urin/g Kreatinin (Umweltbundesamt, 1997).

Die Hintergrundbelastung der Allgemeinbevölkerung anzeigende Referenzwerte (Lewalter und Neumann, 1998b) wurden erstmals im Jahr 1997 von der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes abgeleitet und 1999 für PCP im Serum und Urin (Umweltbundesamt, 1999b) sowie 2004 erneut für PCP im Morgenurin (Umweltbundesamt, 2004) aktualisiert. Sie liegen derzeit für PCP im Serum bei 12 µg/l und im Urin bei 5 µg/l (Umweltbundesamt, 2004). Da der neue Referenzwert im Urin für einen normal verdünnten Urin, der einen Kreatiningehalt zwischen 0,5 und 2,5 g/l aufweist, definiert ist, entfällt der Referenzwert für die Urinkonzentration/g Kreatinin.

## 5.2 Lindan ( $\gamma$ -1, 2, 3, 4, 5, 6-Hexachlorcyclohexan, $\gamma$ -HCH)

Die Bildung von HCH aus Benzol und Chlorgas unter der Vermittlung von Sonnenlicht (UV-Strahlung) wurde 1825 von Faraday entdeckt. Van der Linden isolierte 1912  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\delta$ -HCH aus dem Isomerengemisch (Brassow und Haeberlein, 1984). „Auf die insektizide Wirkung wurde erstmals 1933 von Bender hingewiesen“ (Falbe und Regitz, 1991). In den Jahren 1945 bis 1948 begann die Produktion des technischen HCH (Manz, 1998). Im Holzschutz wurde bis 1975 technisches HCH eingesetzt. Nach dem ersten Verbot als Pflanzenschutzmittel 1977 in der Bundesrepublik Deutschland ersetzte man technisches HCH durch Lindan (Dauderer, 1990b), das eines der acht Stereoisomere des HCH ist (Falbe und Regitz, 1991). Lindan wurde als universelles Insektenvernichtungsmittel in großen Mengen in der Land- und Forstwirtschaft, im Holz- und Bautenschutz sowie in der Pharmazie eingesetzt. 1981 wurde der Verbrauch an Lindan in der westlichen Welt noch mit 5500 t angegeben (Manz, 1998). Technisches HCH und auch das Isomer  $\gamma$ -HCH (Lindan) sind in der Anlage I der aktuellen Fassung der nationalen Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung gelistet und dürfen heute in Deutschland im Pflanzenschutz nicht mehr verwendet werden (Pflanzenschutzmittel-Anwendungsverordnung, 2003). Auch in den Anhang IV Herstellungs- und Verwendungsverbote Nr. 5 der neuen Gefahrstoffverordnung ist Hexachlorcyclohexan (HCH) aufgenommen. Dort wird eine Verwendung in Antifoulingfarben untersagt (Gefahrstoffverordnung, 2004). Sowohl früher (Burckhardt und Spuhler, 1955) als auch heute (Surber und Rufli, 1995) wandte und wendet man Lindan in der Medizin zur Therapie von Kopfläusen (*Pediculus capitis*) und von Krätzmilbenbefall (Skabies) an.

Eigenschaften und Wirkungen bei hohen Dosen sind demnach sowohl durch Expositionen gegenüber Lindan in der Arbeitswelt als auch durch Expositionen gegenüber Lindan in der Therapie bekannt.

Der Schmelzpunkt von Lindan liegt bei 113°C, der Siedepunkt bei 187°C bis 196°C. Bei 20°C beträgt der Dampfdruck  $1,9 \times 10^{-5}$  mbar. Es besitzt daher eine hohe Flüchtigkeit. Lindan ist wenig löslich in Wasser, jedoch gut löslich in organischen Lösungsmitteln (Dauderer, 1990b).

In den Körper gelangt Lindan auf inhalativem, oralem oder perkutanem Wege (Brassow und Haeberlein, 1984). Die berufliche Hauptaufnahme von Lindan erfolgt über den Atemtrakt, jedoch kann der Stoff auch in Abhängigkeit von Dosis und Einwir-

kungsdauer bis zu 10% perkutan resorbiert werden (Kirchhoff et al., 2004). Lindan wird im Magen-Darm-Trakt gut aufgenommen und wie andere chlorierte Kohlenwasserstoffe im Fett gespeichert.

Wesentliche akute Wirkungen von Lindan sind (Henschler, 1987; Dauderer 1990a, Weick, 1994; Bus und Leber, 2001):

- Leichte Reizwirkung an Augen und Haut.
- Neurotoxische Störungen wie Übelkeit, Schwindel, Kopfschmerzen, Muskelzuckungen, Gleichgewichtsstörungen, Zittern, Krämpfe.
- Tod durch Atemstillstand und akuten Kreislaufkollaps, der bei einer Dosis von ca. 15 bis 150 mg Lindan/kg Körpergewicht eintreten kann.

Als wesentliche chronische Wirkungen von Lindan gelten (Hoffeins und Sengerling, 1983; Bus und Leber, 2001; Manz et al. 2004):

- Zeichen einer Schädigung des Zentralnervensystems, z. B. Gefühlsstörungen, Kopfschmerzen, Schwindel, Schlaflosigkeit, Erinnerungsstörungen, Schlaflosigkeit, Zittern, Erbrechen, Libidoverlust.
- vermutetes dosisabhängiges hämatotoxisches Potential.

Ein kanzerogenes Potential von Lindan war in mehreren Untersuchungen nicht feststellbar. Eine tumorpromovierende Wirkung wurde in hohen Dosen im Tierexperiment jedoch nicht ausgeschlossen. Es fanden sich Lebertumoren bei einem Mäusestamm. Ein Schwellenwert ließ sich bislang aus den vorliegenden Daten nicht ableiten (Brassow und Haeblerlin, 1984; Manz, 1998; Bus und Leber, 2001). Zur Reproduktions-toxizität liegen für den Menschen keine Angaben vor.

Bei Ratten und Kaninchen zeigte sich kein Hinweis auf teratogene oder toxische Effekte auf den Embryo (Bus und Leber, 2001).

Der Stoffwechsel ist komplex und wurde vor allem an der Ratte studiert. Der Abbau von Lindan erfolgt über verschiedene Wege (Dauderer, 1990b):

1. Enzymatische Hydroxylierung und Umwandlung in 2, 4, 6-Trichlorphenol.
2. Dehydrochlorierung zu Pentachlorcyclohexen.
3. Oxydative Dehydrierung zu Hexachlorcyclohexen.

#### 4. Dechlorierung zu 3, 4, 5, 6-Tetrachlorcyclohexen – 1.

Die Ausscheidung erfolgt teilweise in unveränderter Form über den Darm und nur in geringen Mengen unverändert über den Urin (Manz, 1998). Im Urin gibt es vier Haupt- und zwei Nebenmetabolite (Chlorphenole). Deren Ausscheidung wird jedoch auch durch viele andere ubiquitär verteilte Organochlorverbindungen bestimmt, so dass eine Urinuntersuchung als Nachweis einer Lindanbelastung wenig geeignet ist. Die mittlere biologische Halbwertszeit beträgt ca. 10 Tage.

Bei nachgewiesener beruflicher schädigender Einwirkung durch Lindan kann gegebenenfalls die Anerkennung einer Berufskrankheit nach Ziffer 1302 erfolgen (Mehrtens und Perlebach, 1977b). Ein spezifisches Antidot ist nicht verfügbar, so dass bei einer Intoxikation symptomatisch behandelt werden muss.

In der Arbeitswelt kommen die folgenden Grenzwerte zur Anwendung:

Die MAK beträgt 0,5 mg Gesamtstaub/m<sup>3</sup> (TRGS 900, 2003). Mit In-Kraft-Treten der neuen Gefahrstoffverordnung 2005 entfällt dieser Wert in den dort definierten Begriffsbestimmungen. Ein AGW ist derzeit noch nicht festgelegt. Da sowohl die MAK als auch der AGW medizinisch wissenschaftlich begründet sind, ist eine Übernahme der MAK als neuer AGW für die Zukunft denkbar. Lindan ist als hautgängiger Stoff mit dem Buchstaben „H“ gekennzeichnet (TRGS 900, 2003) und als K3-Stoff eingestuft, d. h. es steht im Verdacht, eine krebserzeugende Wirkung zu haben (TRGS 905, 2003). Der BAT beträgt 25 µg/l im Plasma/Serum (TRGS 903, 2003) und entfällt ebenfalls als rechtsverbindlicher Grenzwert. Auch hier ist eine Übernahme als BGW wahrscheinlich.

Für die Umwelt gelten folgende Werte:

Für die Innenraumluft wurde ein Richtwert von 1µg/m<sup>3</sup> Lindan festgelegt (Bundgesundheitsamt, 1993). Es liegen keine repräsentativen Messungen zur Hintergrundbelastung im Humanblut vor. Wegen der kurzen Halbwertszeit von ca. einem Tag und der komplexen Verstoffwechslung im Organismus ist diese Substanz nur mit Einschränkungen für ein umweltmedizinisches Biomonitoring geeignet. Die Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes sieht sich nicht in der Lage, toxikologisch begründete HBM-I-Werte und HBM-II-Werte abzuleiten. Eine sichere Überschreitung der Nachweisgrenze soll erst bei einem gemessenen und

kontrollierten Wert von  $>0,3 \mu\text{g/l}$  Lindan im Plasma/Serum angenommen werden (Umweltbundesamt, 1999a).

### 5.3 Erkrankungen durch Holzschutzmittel

Innenraumbelastungen durch Holzschutzmittel stehen im Verdacht gesundheitliche Schäden zu verursachen. Beschwerden von Personen, die diese auf eine Exposition gegenüber PCP-haltigen Holzschutzmitteln zurückführen, werden insbesondere vor dem Hintergrund einer Schadensersatzpflicht kontrovers diskutiert. Das „Holzschutzmittelsyndrom“ wird als ein sehr vieldeutiges Krankheitsbild beschrieben, welches aus vier Symptomenkomplexen mit Beschwerdebildern und Befunden besteht (Lohmann, 1989).

1. Internistisch-immunologischer Symptomenkomplex:

Augenbrennen, Schwellungsgefühl, Chlorakne, vermehrtes Schwitzen, multiple Magen-Darm-Beschwerden, erhöhte Leberwerte, zeitweilig erhöhte Temperaturen, chronische Bronchitis, multiple Allergien, Weichteil- und Knochenschmerzen, Haarausfall, Alkoholunverträglichkeit, Schmerzen im Bereich der Nieren- und Milzregion.

2. Neurologischer Symptomenkomplex:

Stärkste tägliche Kopfschmerzen mit Maximum im Bereich der Stirnregion, Schwindelerscheinungen, Tremorsymptomatik, starke Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule, passager auftretende Lähmungserscheinungen, Wortfindungsstörungen.

3. Psychiatrischer Symptomenkomplex:

Antriebsstörungen, depressive Verstimmungen, übergroße Reizbarkeit/Aggressivität, Schlafstörungen im Sinne von Ein- und Durchschlafstörungen.

4. Neurologischer Symptomenkomplex:

Bild einer distal betonten Polyneuropathie, Myelopathie, Parkinsonähnliches Erscheinungsbild.

Die beklagten Beschwerden sollen im Frühstadium der Schädigung weitgehend rückbildungsfähig sein.

#### **5.4 Maßnahmen zur Schadstoffminderung in der Luft bei holzschutzmittelbelasteten Innenräumen**

Schadstoffkonzentrationen in der Luft können bei holzschutzmittelbelasteten Innenräumen vermindert werden. Es soll eine regelmäßige Lüftung über weit geöffnete Fenster erfolgen (Forschner und Koss, 1997), damit Ausgasungen aus behandelten Holzteilen über die Luftbewegung nach außen abziehen können. Zur Staubreduktion eignet sich feuchtes Wischen bzw. das Absaugen von sekundär kontaminierten Gegenständen mittels eines Staubsaugers, der einen Feinstaubfilter besitzt. Außerdem kann eine Staubelimination durch das Waschen kontaminierter Materialien (z. B. Vorhänge) bzw. Beseitigung von „Staubfängern“ (z. B. Wandteppichen) erreicht werden. Gegebenenfalls ist die Nutzung des betroffenen Raumes zu ändern. Eine Sanierung kann erforderlich sein. Da verschiedene Arten der Sanierung zur Verfügung stehen, ist eine Abwägung der Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren anzuraten. So kann beispielsweise durch Abtragung der Holzoberfläche eine nahezu vollständige Beseitigung der aufgetragenen Holzschutzmittel erwartet werden, da diese nur einige Millimeter in das Holz einziehen. Zu beachten ist dabei jedoch, dass die Statik des Gebäudes erhalten bleibt und dass durch Strahlarbeiten mit zusätzlicher Sekundärkontamination im Innenraum gerechnet werden muss.

Eine weitere Möglichkeit der Sanierung ist die Maskierung der behandelten Holzoberfläche. Dies kann durch Abkleben mit Metallfolie oder durch die wiederholte Versiegelung mit undurchlässigen Anstrichen oder Sperrgrundierungen erfolgen (Heinzow, 1992). Bei diesem Verfahren ist nicht mit einer Sekundärkontamination zu rechnen. Allerdings können Höhe und Dauer der Schadstoffminderung nicht pauschal vorhergesagt werden. Die radikalste Vorgehensweise im Sinne einer Sanierung ist eine Totalentfernung des behandelten Holzes und damit meist verbunden der Abriss des Gebäudes. Auch wirtschaftliche Gesichtspunkte spielen bei der Entscheidung der zu treffenden Maßnahmen eine Rolle.

## **5.5 Interpretation der Studienergebnisse im Zusammenhang mit Erkenntnissen aus der wissenschaftlichen Literatur**

### **5.5.1 Diskussion zum Gesundheitszustand der Studienteilnehmer**

Im Rahmen dieser Studie wurden die Auswirkungen einer Niedrigdosisexposition von PCP- und Lindanhaltigen Holzschutzmitteln auf Büroangestellte untersucht.

Es zeigte sich weder vor noch nach Sanierung des Gebäudes eine objektiv nachweisbare Gesundheitsbeeinträchtigung der Probanden. Dieses Ergebnis entspricht den Erwartungen, lagen doch die Serum- und Urinkonzentrationen der Leitsubstanz PCP vor und nach Sanierung zwar oberhalb der Referenzwerte der Allgemeinbevölkerung, jedoch unterhalb der HBM-II-Werte. Erst bei deren Überschreitung sieht die Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes eine gesundheitliche Beeinträchtigung als möglich an. Sowohl eine Fall-Kontroll-Studie zu neurologisch-neuropsychologischen Gesundheitsstörungen unter chronischer Niedrigdosisexposition mit volatilen Pestiziden (Vieregge et al., 1997), als auch Studien in Kindertageseinrichtungen in Schleswig-Holstein (Heinzow, 1988), Hamburg (Boehm et al., 1990; Nordig Institut für Gesundheitsforschung und Prävention, 1993) und Nordrhein-Westfalen (Reinauer und Selenka, 1987) als auch die Betrachtung von Fallbeschreibungen aus Familien (Schiele, 1993) ergaben keine Erkenntnisse über gesundheitliche Schäden der untersuchten Personen infolge einer Holzschutzmittelexposition und stimmen mit den Resultaten der hier durchgeführten Studie überein, obwohl sich die untersuchten Kollektive (Bevölkerungsgruppen, Kinder/Beschäftigte in Kindertageseinrichtungen, Familien gegenüber Büroangestellten) unterscheiden. Henschler (1984) berichtet, dass bei sehr umfänglichen Untersuchungen über PCP-Konzentrationen in Wohnräumen der Stoff mit empfindlichen Bestimmungsmethoden nicht nur in der Luft, sondern auch in den Körperflüssigkeiten der exponierten Personen gefunden wurde, ein Zusammenhang mit Krankheitserscheinungen konnte jedoch in keinem Falle aufgedeckt werden. Die gleiche Feststellung ergibt sich bei der Betrachtung der in dieser Untersuchung gefundenen Ergebnisse. Das Fehlen von Dosis-Wirkungs-Beziehungen im Niedrigdosisbereich führt z.B. Schneider (1996) darauf zurück, dass Stoffe systemisch verteilt und in einzelnen Organen unterschiedlich angereichert werden könnten. Die Wirkintensität und die Schwelle für das Auftreten der Symptome hänge unter anderem von dem interindividuellen Enzym-polymorphismus, dem Applikationsweg und der Applikationsdauer, der biologischen

Halbwertszeit, der Kanzerogenität, der Rezeptordichte und Rezeptoransprechbarkeit, dem Alter, dem Geschlecht, von Vorschäden, von Synergisten und Reparaturmechanismen der Zelle ab, so dass eine Erkrankung mit vielen Symptomen auftreten könne. Zur Definition des sogenannten „Beobachtungs-Endpunktes“ für die Diagnose-sicherung einer Erkrankung reichen ihm statt morphologischer Veränderungen die durch niedrige Dosen hervorgerufenen funktionalen Änderungen in immunologischen, neurologischen oder endokrinologischen Kompartimenten aus. Daraus leitet er die Forderung ab, dass jeder PCP-belastete Raum zu sanieren sei und die mittlere Raumlufkonzentration maximal  $10 \text{ ng PCP/m}^3$  betragen solle. Die gleiche Auffassung vertreten Derner et al. (1995), die bei Patientinnen einer gynäkologisch-endokrinen Ambulanz signifikante Korrelationen zwischen chlororganischen Verbindungen im Blut und verschiedenen Parametern des Immunsystems und des Endokriniums fanden und daraufhin diese Veränderungen und Beschwerden der Frauen mit einer chronische Holzschutzmittelbelastung in Zusammenhang brachten. In einer weiteren Studie wird ebenfalls eine Beziehung zwischen subjektiven Beschwerden und physiologischer Leistungsfähigkeit bei Frauen und einer langen Exposition gegenüber Holzschutzmitteln im Niedrigdosisbereich hergestellt (Peper et al., 1999). Auf solchen unspezifischen Beschwerden, Funktionsstörungen und Befunden begründen sich die Definitionen zahlreicher Syndrome, die nach Auffassung verschiedener Autoren ebenfalls zumindest teilweise mit Holzschutzmittelbelastungen im Niedrigdosisbereich in Verbindung stehen sollen (Tabelle 10). Im Gegensatz zur bislang diskutierten stoffbezogenen Verursachung von Beschwerden und Befunden stellen z.B. Englert (1989) und Hakimi (2003) die These auf, dass es sich bei Umweltsyndromen möglicherweise um eine Sonderform umweltbezogener somatoformer Störungen handelt, die durch ein unzureichend verstandenes komplexes Zusammenspiel von Umweltbelastungen im Niedrigdosisbereich, individuellen Prädispositionen und psychischen Einflussfaktoren in Verbindung mit Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozessen entstehen können.

**Tabelle 10: In der Literatur beschriebene Syndrome und deren Entstehungsursachen**

<b>Autoren</b>	<b>Syndrom</b>	<b>Entstehungsursachen</b>
Lohmann, 1989; Keseberg, 2000	Holzschutzmittelsyndrom (HSM-Syndrom)	Holzschutzmittel
Huber und Daniel, 1992	Chloriertes Kohlenwasserstoff-Syndrom (CKW-Syndrom)	chlorierte Kohlenwasserstoffe
Liebl et al, 1995	Chronisches Müdigkeits-Syndrom (CFS)	organische Verbindungen
Höppe, 1994; Fraisse et al., 1995; Niven et al., 2000; Bischof, 2004)	Sickbuilding-Syndrom (SBS)	Raumklima und Biozide
Liebl et al, 1995; Verein für Umweltkranke e.V., 2002	Vielfache chemische Empfindlichkeit (MCS)	Chemikalien

Untermuert wird diese Auffassung durch eine Untersuchung von Patienten in einer Umweltsprechstunde, bei der im Rahmen des Biomonitorings in der Regel keine im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung relevante erhöhte Gefahrstoffbelastung objektiviert wurde, dagegen aber in 66% der Fälle psychiatrische Diagnosen, insbesondere häufig Somatisierungsstörungen, gestellt wurden (Kraus et al., 1995). Letztlich müssen im Sinne einer Evidenzbasierten Medizin, wie von Letzel et al. (1994) und Valentin (1994) gefordert, wissenschaftlich anerkannte Richtlinien für die Beurteilung eines Kausalzusammenhangs zwischen einer Stoffeinwirkung und Gesundheitsbeeinträchtigungen erfüllt sein. In der Arbeitsmedizin wird dazu ein Grenzwertekonzept verwendet, welches vom Grundsatz her ein Schwellenwertkonzept ist (Rüdiger, 1997). Die arbeitsmedizinisch-toxikologischen Schwellenwerte sind allerdings in vielfacher Hinsicht ein Kompromiss, denn sie beziehen sich auf Standardsituationen im Hinblick auf den Arbeitsplatz und Gesundheitszustand von Arbeitnehmern und gelten nur für Einzelsubstanzen. Zudem sind sie nach dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft definiert und für viele Stoffe existieren sie überhaupt nicht. Im Vergleich dazu ergeben sich die Schwierigkeiten in der Beurteilung der PCP- und Lindaneinwirkung im Niedrigdosisbereich in der Umweltmedizin daraus, dass Dosiswirkungsschwellen für akute Wirkungen nicht erreicht werden, die Bevölkerung sich nicht nur aus gesunden Arbeitnehmern, sondern auch aus Kindern und älteren Menschen sowie anderen

Personen mit besonderen Vorerkrankungen und Dispositionen zusammensetzt und Wechselwirkungen oder ein Zusammenwirken mit anderen Stoffen oder anderen physikalischen Einwirkungen nicht außer Acht gelassen werden dürfen. So waren Holzschutzmittel früher nachweislich mit anderen Stoffen verunreinigt. Technisches PCP und PCP-Natrium hatten einen Reinheitsgrad von 85 bzw. 82 %, da sie phenolische und nicht-phenolische Verunreinigungen enthielten. Zu den nicht-phenolischen Verunreinigungen zählten Chlorbenzole, polychlorierte Biphenyle, polychlorierte Diphenylether, polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und -furane. Diese konnten bis 0,1% des Produktes ausmachen (Konietzko und Kern, 1989; Henschler, 1996; Popp, 1998). Wie die Dissertation von Volkheimer (1994) zeigt, in der eine Übereinstimmung der Krankheitsbilder bei Holzschutzmittel- und Dioxinexposition diskutiert wird, kann es demnach zu Schwierigkeiten in der Beurteilung von toxikologischen Wirkungen der Einzelsubstanzen kommen. In vielen Fällen wird eine Trennung nicht möglich sein. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte können die von 4 Probanden in dieser Studie subjektiv bemerkten Veränderungen ihres Gesundheitszustandes nach Sanierung, nämlich dass Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel und Schleimhautreizungen besser geworden seien, nicht mit hinreichender Wahrscheinlichkeit in Zusammenhang mit der Holzschutzmitteleinwirkung im Niedrigdosisbereich gebracht werden, da hier ebenso viele andere Dinge wie beispielsweise die Einrichtung des Bildschirmarbeitsplatzes oder das Raumklima oder das Arbeitsklima eine Rolle spielen könnten. Zudem zeigt die statistische Auswertung bei der Einschätzung des aktuellen Gesundheitszustandes und des aktuellen Gesundheitszustandes im Vergleich zum letzten Jahr keinen signifikanten Unterschied vor und nach Sanierung. Als nächster Schritt sind in einer Risikokommunikation, in welcher über das tolerable Risiko einer gesundheitlichen Beeinträchtigung durch eine Exposition gegenüber Holzschutzmittelinhaltsstoffen im Niedrigdosisbereich mit den Betroffenen gesprochen werden muss, ähnliche Argumentationen wie oben erläutert zu diskutieren. Das Risiko ergibt sich aus dem Produkt des Ausmaßes des Ereignisses (z. B. Schwere einer gesundheitlichen Beeinträchtigung) und der Eintrittswahrscheinlichkeit. Risiken, die überschätzt werden, sind von niedriger Gefährdung, aber hoher Bedrohung für die betroffenen Personen, während die unterschätzten Risiken von niedriger Bedrohung, aber hoher Gefährdung für die betroffenen Personen sind (Heinzow, 2004).

### 5.5.2 Interpretation zu Ergebnissen der Laborparameter

Im Rahmen dieser Studie wurde die Bestimmung der Blut- und Urinkonzentration von PCP als Leitsubstanz für eine Exposition gegenüber Holzschutzmittelinhaltsstoffen ausgewählt, um ein Biomonitoring durchzuführen. Wie bereits im Kapitel 6.2 ausgeführt, ist Lindan wegen der komplexen Verstoffwechslung im Organismus für diesen Zweck weniger gut geeignet. Das Biomonitoring diente zur Feststellung der individuellen PCP-Belastung der Probanden und zur Ermittlung von Änderungen der Expositionsverhältnisse über einen bestimmten Zeitraum (Ewers und Brockhaus, 1987). Die Ergebnisse zeigen bei fast allen Studienteilnehmern eine nach Sanierung signifikant niedrigere PCP-Serumkonzentration und Urinkonzentration als vor Sanierung, Werte innerhalb des Referenzbereiches der Allgemeinbevölkerung werden erreicht. Dies deckt sich mit den ursprünglichen Erwartungen der Absenkung der PCP-Raumluftkonzentration und spricht in diesem Zusammenhang für eine erfolgreiche Sanierung. Lediglich bei einer Probandin blieb die PCP-Konzentration im Serum und im Urin vor und nach der Sanierung nahezu unverändert oberhalb des Referenzbereiches der Allgemeinbevölkerung. Die Ursache dafür wird im privaten Umfeld zu suchen sein. Da ein Zusammenhang zwischen den PCP-Werten im Serum und im Urin dieser Studienteilnehmerin und der untersuchten Lederbekleidung ausgeschlossen werden konnte, wurde ihr als nächstes eine Hausstaubanalyse (Staubsaugerbeutelinhalt) zur Abschätzung, ob eine Belastung im privaten Wohnbereich vorliegt, empfohlen. Diese Empfehlung begründet sich auf einer Untersuchung von repräsentativen Kollektiven aus Haushalten in Schleswig-Holstein und Niedersachsen/Nordrhein-Westfalen, bei der PCP in mehr als 95% der bestimmten Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze gefunden wurde (Walker, 1999). Neben einer PCP-Exposition durch Bekleidung und Hausstaub gibt es noch zahlreiche andere Aufnahmemöglichkeiten, die eine erforderlichenfalls weitere Ursachenabklärung erschweren. Denn obwohl eine Abnahme der mittleren PCP-Belastung der erwachsenen deutschen Normalbevölkerung, die in Zusammenhang mit der industriellen Selbstbeschränkung von 1978 und dem In-Kraft-Treten der PCP-Verbotsverordnung gebracht wird (Schulz et al., 1998), nachweisbar ist (Grimm et al., 1985; Butte und Heinzow, 1995; Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, 1997; Heudorf et al., 2000), ist doch weiterhin eine zusätzliche Exposition einzelner Personen auf anderen Wegen möglich (Butte, 2004). Einerseits kann ein Eintrag von PCP durch Kon-

takt zu Waren aus dem Ausland z.B. Rohstoffe aus tropischen Ländern (z.B. Rohhäute, Rohhölzer, Fertiglleder, Kautschuk), Leder, Zellstoff, Textilien und Schwertextilien, Grundierungen, Klebstoffe, Lacke, Farben, Kühlschmierstoffe, Obst- und Transportkisten (Heinzow 1992, Schirk, 1997; Schöler und Färber, 2002; Müller, 2004), andererseits durch Aufnahme und Metabolisierung verschiedener, zu PCP chemisch verwandter, Verbindungen zu PCP (HCB, Pentachlorbenzol, Pentachlornitrobenzol, HCH) erfolgen. Bestätigt wird dies von mehreren Autoren, die eine hohe innere PCP-Belastung in Einzelfällen beschreiben (Heudorf, 2000; Heudorf et al., 2000; Heudorf et al., 2003).

Mittels Pearson-Korrelation wurde der Zusammenhang zwischen den PCP-Konzentrationen im Serum und den PCP-Konzentrationen im Urin untersucht. Es zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang, der auch zwischen der PCP-Konzentration im Serum und der PCP-Konzentration im Urin/g Kreatinin festzustellen ist. Vergleichbare Korrelationen wurden auch in der Literatur gefunden (Butte und Heinzow, 1995; Liebl et al., 1995; Schnelle-Kreis et al., 1999b). Dieses Ergebnis ist dadurch zu begründen, dass PCP im Stoffwechsel keiner merklichen Biotransformation unterliegt und der größte Teil einer inhalierten Dosis unverändert im Urin ausgeschieden wird (Gingell et al., 2001). Die PCP-Urinkonzentration wird als Maß für eine chronische Beanspruchung, die PCP-Serumkonzentration als Maß für die aktuelle Belastung und Methode der Wahl beschrieben (Heinzow, 1992). Die Bestimmungen der PCP-Konzentrationen im Urin sollen sich gut für eine Verlaufskontrolle eignen (Dauderer, 1990a). Zur Erfolgskontrolle der Sanierungsmaßnahme in dieser Studie erwiesen sich beide Bestimmungen, sowohl die der PCP-Serumkonzentrationen als auch die der PCP-Urinkonzentrationen als geeignet. Die signifikante Korrelation zwischen den PCP-Serumkonzentrationen vor und nach Sanierung lässt einen engen Bezug zur PCP-Exposition im beruflichen Umfeld erkennen. Neben der Abnahme der PCP-Werte im Serum und Urin fanden sich auch bei anderen Laborparametern der Studienteilnehmer vor und nach Sanierung Veränderungen. Zu den Werten, welche eine signifikante Veränderung aufwiesen, gehören das Gesamtcholesterin, der Harnsäurewert, die „Leberwerte“ GPT und GOT, die CHE, die Zahl der Leukozyten, die Zahl der Monozyten, die MCHC, der Kreatininwert im Harn und das Alpha-1-Mikroglobulin/g Kreatinin im Harn. In der Zusammenhangsanalyse wurde jedoch zwischen der PCP-Serumkonzentration bzw. der PCP-Urinkonzentration und den

oben genannten Parametern vielfach kein signifikanter Zusammenhang gefunden, was in diesen Fällen gegen eine Beeinflussung dieser Laborparameter aufgrund der inneren PCP-Belastung spricht.

Ein positiver signifikanter Zusammenhang zeigt sich zwischen der PCP-Konzentration im Urin/g Kreatinin und dem Alter vor Sanierung und ein negativer signifikanter Zusammenhang zwischen der PCP-Konzentration im Urin/g Kreatinin und dem Alter nach Sanierung. Aus der therapeutischen Anwendung von chemischen Stoffen (Medikamenten) ist bekannt, dass sich die Ausscheidung aus dem Körper häufig im Rahmen einer altersphysiologischen Abnahme der Nierenfunktion verändert. Dies lässt sich auch für die Urinausscheidung von PCP folgern. Ebenfalls als Hinweis auf eine Beziehung zwischen der Nierenfunktion und der PCP-Urinausscheidung der Studienteilnehmer wird die signifikante Korrelation zwischen der PCP-Urinkonzentration und dem Kreatininwert im Urin verstanden. Dieses Ergebnis überrascht nicht, werden doch bei den HBM-I-Werten und HBM-II-Werten im Urin zusätzliche Konzentrationen im Urin/g Kreatinin angegeben und der Referenzwert im Urin für einen normal verdünnten Urin definiert (Umweltbundesamt, 2004).

In dieser Studie findet sich keine signifikante Beziehung zwischen der PCP-Serumkonzentration und den „Leberwerten“ GPT und GOT, welche als Anzeichen einer PCP-bedingten Leberfunktionsstörung gewertet werden könnte. Angerer et al. (1997) und Perger (1998) berichten von der Schwierigkeit der Abgrenzung erhöhter Leberenzymwerte nach beruflicher Pestizidexposition von denen bei erhöhtem Alkoholkonsum der Probanden. Aber auch eine Beziehung zwischen diesen Leberwerten und den anamnestischen Angaben der Studienteilnehmer zum Alkoholkonsum ist nicht feststellbar. Hierzu ist anzumerken, dass im Rahmen der Untersuchung lediglich anamnestisch nach dem Alkoholkonsum gefragt wurde. Es könnten Diskrepanzen zwischen den Angaben der Studienteilnehmer und dem wirklichen Alkoholkonsum bestehen, da die Untersuchungen in den Monaten Dezember 2003 und November 2004 in der Vorweihnachtszeit stattfanden. In dieser Studie ist allein eine Korrelation zwischen den „Leberwerten“ GPT und GOT und dem Gewicht vor Sanierung feststellbar, die bei übergewichtigen Probanden durch eine Steatosis hepatis erklärt werden könnte, welche ab einem bestimmten Ausmaß zu einer Fettleberhepatitis führen kann.

Die Anzahl der Leukozyten bei den Studienteilnehmern ist nach Sanierung signifikant niedriger als vor der Sanierung. Gingell et al. (2001) berichten bei chronischer Exposition gegenüber PCP über eine Erhöhung der Leukozytenzahl, die jedoch innerhalb des Normbereiches stattfindet. Dies stimmt mit den gefundenen Ergebnissen insofern überein, als auch hier die Schwankungen der Leukozytenzahlen vor und nach Sanierung bei fast allen Probanden innerhalb des Normbereichs liegen. Bei der Zusammenhangsanalyse findet sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der PCP-Urinkonzentration und der Leukozytenzahl vor Sanierung und ein signifikanter Zusammenhang zwischen der PCP-Konzentration im Urin/g Kreatinin und der Leukozytenzahl nach Sanierung, jedoch keine signifikante Korrelation zwischen der PCP-Serumkonzentration und der Leukozytenzahl. Deshalb wird diese Beobachtung auch eher als zufällig bewertet, denn die Leukozytenzahl kann durch zahlreiche andere Faktoren beeinflusst sein. Darüber hinaus zeigt sich in dieser Untersuchung ein negativer signifikanter Zusammenhang zwischen der PCP-Konzentration im Urin und der MCHC vor Sanierung und der PCP-Konzentration im Urin/g Kreatinin und der MCHC nach Sanierung, der ebenfalls unklar ist. Zum Zeitpunkt einer „höheren“ Exposition gegenüber Holzschutzmittelinhaltsstoffen, nämlich vor Sanierung, war die MCHC bei den Studienteilnehmern höher als zum Zeitpunkt der Bestimmung nach Sanierung, die Erythrozytenzahl war nicht beeinflusst. In einer Pilotstudie über Wirkungen von Holzschutzmitteln in Tagesstätten auf Lehrer einer Schwesternschule wurde eine Zunahme des MCV und des MCH in Kombination mit einer Reduktion der Erythrozytenzahl gefunden (Karmaus, 1988). Die Ergebnisse sind unterschiedlich. Auch in einer Hamburger Kindergartenstudie (Boehm et al., 1990), in einer Holzschutzmittelstudie in Kindertagesstätten in Nordrhein-Westfalen (Reinauer und Selenka, 1987) und in vielen Untersuchungen zu Langzeitwirkungen von PCP am Arbeitsplatz (Greim, 1972), die aber wegen fehlender Konzentrationsangaben nur eingeschränkt bewertet werden können, zeigten sich Veränderungen von Laborparametern, die zum Teil auf eine inhalative Niedrigexposition zurückgeführt wurden. Vergleicht man die in der Literatur geschilderten Veränderungen untereinander und mit den Ergebnissen dieser Studie, so lässt sich eine starke Varianz der Befunde feststellen. Vor diesem Hintergrund ist eine gesicherte Aussage zu Veränderungen bestimmter Laborparameter infolge einer Exposition gegenüber PCP im Niedrigdosisbereich nicht möglich. Es lässt sich allenfalls eine Beziehung zwischen der PCP-

Ausscheidung im Urin und der Nierenfunktion der Probanden ableiten. Zur Feststellung einer inneren PCP-Belastung eignet sich allein das PCP-Biomonitoring.

### 5.5.3 Interpretation zu Ergebnissen der Raumluftparameter

Die Büroangestellten im Gebäude waren aufgrund der in den Jahren 1977/78 mit Holzschutzmitteln behandelten Holzbalken insbesondere durch Ausdunstung exponiert. Es wurden deshalb Luftmessungen auf PCP und Lindan als Leitsubstanzen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die PCP-Raumluftkonzentrationen nach Sanierung signifikant niedriger sind als vor Sanierung, was für den Erfolg der Maskierung spricht. Ergänzend findet sich eine signifikante Beziehung zwischen der PCP-Innenraumluftkonzentration vor und nach Sanierung, die ebenfalls als Hinweis auf den Einfluss der räumlichen Umgebung auf die gemessene PCP-Raumluftkonzentration und damit die Sanierung zu deuten ist. Die PCP-Werte sanken sogar mehrfach bis in den in der PCP-Richtlinie vorgegebenen Zielbereich von  $<0,1 \mu\text{g PCP}/\text{m}^3$  Raumluft (Vorsorgewert). Dies ist erfreulicherweise besser als erwartet. Die Lindan-Raumluftkonzentrationen konnten durch die Sanierungsmaßnahme ebenfalls signifikant gesenkt werden, allerdings nicht in dem Maße wie die PCP-Raumluftkonzentrationen. Die ursprüngliche Zielvorstellung einer Absenkung dieser Konzentrationen in den Bereich von ca.  $0,3 \mu\text{g Lindan}/\text{m}^3$  Raumluft wird in fast allen Räumen nicht erreicht. Zudem war in den Räumen 18, 20 und 24 im 2. Obergeschoß, im Raum 29 im 3. Obergeschoß und im Raum 1 im Eingangsbereich kein Rückgang der Lindan-Raumluftkonzentrationen zu verzeichnen. Dies ist schlechter als erwartet.

Als mögliche Ursache werden folgende Hypothesen diskutiert:

1. Schwankungen im Rahmen von Messergebnissen führen dazu, dass in einzelnen Räumen eine unerwartet hohe Lindankonzentration festgestellt wird. Die jeweilige Schadstoffmessung in der Raumluft stellt eine Momentaufnahme dar, wobei die PCP-Raumluftkonzentration z.B. vom Alter des Anstrichs, von der applizierten Substanzmenge, der Eindringtiefe, der Quellenstärke, Immobilisationsvorgängen im Holz, der Art des Holzes, von Zusätzen, von der Raumtemperatur, der Luftfeuchtigkeit, der Luftwechselrate, dem Luftdruck und dem Raumvolumen abhängt (Dauderer, 1990a, Heinzow, 1992). Durch den im Vergleich zur Außenluft kleinen Verteilungsraum im Innenbereich von Gebäu-

den können schon kleine Stoffmengen relativ hohe Innenraumluftkonzentrationen hervorrufen (Englert, 1989). Das erklärt, dass in dieser Studie bei den Messungen nach der Probesanierung stark schwankende Kontaminationswerte von PCP und Lindan in der Raumlucht gefunden wurden. Aus diesem Grund wurde zur Messung neben den zwei probesanierten Räumen zusätzlich ein unbehandelter Kontrollraum ausgewählt, um den Erfolg der Probesanierung beurteilen zu können. Im Vergleich zum PCP ist Lindan leichter flüchtig, so dass für diesen Stoff eine noch größere Schwankungsbreite anzunehmen ist, die sich insbesondere bei den Raumluftmessungen nach Sanierung zeigte (Abbildungen 7 und 8).

2. Die Kontamination des Dielenbodens spielt eine Rolle.

Der Eigner des Hauses berichtete, dass bei der Behandlung der Holzbalken mit Holzschutzmitteln auch Holzschutzmittelinhaltsstoffe auf den Dielenboden getropft seien. Es liegt nahe, hier eine weitere noch nicht mit dem Maskierungsanstrich behandelte Quelle für die Freisetzung von Holzschutzmittelinhaltsstoffen zu vermuten. Gegen diese These spricht jedoch, dass in einzelnen Räumen nur die Lindan-Konzentration in der Raumlucht nicht zurückging, während die PCP-Konzentration in der Raumlucht abnahm, denn beide Stoffe fanden in den verwendeten Holzschutzmitteln in den siebziger Jahren kombiniert Verwendung. Dies wird auch durch einen signifikanten Zusammenhang zwischen der PCP- und der Lindan-Konzentration in der Raumlucht vor und nach Sanierung angezeigt.

3. Eine Sekundärkontamination von Gegenständen oder Materialien in den betroffenen Räumen ist für das Nichtabsinken der Lindankonzentration verantwortlich.

Für diese Hypothese könnte der statistisch signifikante Zusammenhang zwischen Lindankonzentration und Glasflächen sprechen. Aufgrund der guten Korrelation von Glas- und Holzflächen zueinander wird dieser Zusammenhang jedoch am ehesten im Sinne einer sog. Confounderproblematik zu interpretieren sein, da zum einen der Quotient aus Glasfläche und Raumvolumen nicht signifikant mit der Lindan-Konzentration korreliert ( $r=0,387$ ;  $p=0,10$ ;  $n=19$ ) und zum anderen größere Räume mit mehr Balkenfläche auch größere absolute Fensterflächen aufweisen. Gegen diese Hypothese spricht auch, dass die relativen Flächenanteile von Nicht-Holz-Oberflächen zum Gesamtraumvolumen

meist eine negative Korrelation aufweisen. Dennoch ist eine sekundäre Kontamination von nicht behandelten Oberflächen möglich, die durch gründliche Reinigungsmaßnahmen nach einer Sanierung minimiert werden sollten (Horn et al., 1999).

4. Das Schutzsystem ist in seiner Sperrwirkung gegenüber Lindan nicht so effektiv wie gegenüber PCP.

Da man im Rahmen experimenteller Diffusionskammerversuche zu dem Ergebnis kam, dass die Schadstoffabgaberate von Lindan um 99,1 % und von PCP um 99,3 % durch Beschichtung mit dem Schutzsystem reduziert wird, ist diese These allerdings wenig wahrscheinlich.

5. Es gibt im historischen Gebäude weitere Lindan-Quellen.

Eine frühere Zwischenlagerung von Insektiziden oder insektizidhaltigen Produkten auf dem Transportweg mit Kontamination des Lagerplatzes im Gebäude ist nicht auszuschließen. So wurde früher die Wolle von Tieren in den Exportländern mit technischem HCH gegen Insektenbefall behandelt (Hoffeins und Segerling, 1983). Es könnten auch lindanhaltige Insektizide im Gebäude selbst versprüht worden sein. Außerdem berichtete der Vermieter, dass er die hellen Holzbalken aus Kiefer zusätzlich wegen der Farbgebung mit Xyladekor behandelt hatte. Bei Untersuchungen von Materialproben aus der Holzwirtschaft fand man, dass Lindan ausschließlich in Holzproben nachweisbar war, in denen sich auch Chlorphenol fand. Aber das Lindanvorkommen war in Fichte, Tanne und Kiefer häufiger und auch seine Konzentrationen waren in diesen Hölzern höher (Wolf et al., 1990). Der Lindan-Gehalt in Kiefern und Fichtenholz schwankt zwischen 27 und 82 mg/m<sup>2</sup> (Stolz et al., 1999). Diesen Angaben folgend wären gegebenenfalls die in den einzelnen Räumen des Gebäudes vorkommenden Holzarten zu identifizieren und zu quantifizieren und mit den Raumlufkonzentrationen an Lindan zu vergleichen.

Die Ursachen der geringen Abnahme von Lindan in der Raumluf nach Maskierung sind folglich mittels der aufgestellten Hypothesen nicht sicher einzugrenzen. Zu einer Klärung könnten Nachmessungen, detaillierte Nachbegehungen und weitere Untersuchungen beitragen, welche jedoch angesichts der geringen Konzentrationen von Lindan mit sicherer Unterschreitung des Richtwertes von 1 µg/m<sup>3</sup> nicht angezeigt erscheinen.

#### **5.5.4 Interpretation zu Ergebnissen der Korrelation zwischen Laborparametern der Studienteilnehmer und Raumluftparametern**

Ein Zusammenhang zwischen der PCP-Konzentration im Serum bzw. im Urin und der PCP-Konzentration in der Raumluft vor Sanierung wird in dieser Studie nicht gefunden, allerdings ist ein signifikanter Zusammenhang nach Sanierung nachweisbar. Schöler und Färber (2002) berichten, dass ein solcher Zusammenhang in der Regel nicht existiert. In anderen Untersuchungen hingegen wird jedoch von einer signifikanten Korrelation der Parameter der inneren Belastung mit Parametern der äußeren Belastung (Luft und Staub) berichtet (Schnelle-Kreis et al., 1999b) und zudem eine Korrelation zwischen der PCP-Konzentration im Staub und der PCP-Konzentration in der Luft festgestellt (Schnelle-Kreis et al., 2000; Schnelle-Kreis et al., 1999b). Im Gegensatz dazu fand sich in einer bayerischen Studie wiederum kein signifikanter Zusammenhang zwischen den PCP-Konzentrationen in Holz und Staub und dem Blut Exponierter (Liebl et al., 1996). Laut Wuske et al. (1997) dokumentiert die Staubanalytik die historische PCP-Kontamination von Innenräumen, während die Luftanalytik die aktuelle PCP-Belastungssituation in Innenräumen widerspiegelt. Die Luftanalyse stellt eine Momentaufnahme dar, die starken Schwankungen unterliegt (Schnelle-Kreis et al., 1999a). Da im Staub eine höhere Konzentration an Pestiziden als in der Luft gefunden wurde, wird vereinzelt die Staub-Analyse als besserer Indikator für eine Innenraum-Exposition angesehen als die Luft-Analyse (Roinestad, 1993). Es ist daher davon auszugehen, dass die PCP-Luftmessung nur einen Bereich der möglichen Exposition und Stoffaufnahme wiedergibt, während beim PCP-Biomonitoring die individuelle Aufnahme über alle Wege kumulativ erfasst wird. Neben der inhalativen Aufnahme aus der Luft (Heinzow, 1992) kann eine weitere Stoffaufnahme über die Haut (Fischer et al., 1987) und über kontaminierte Lebensmittel auf oralem Wege erfolgen. Hinweise auf diese zahlreichen Möglichkeiten der Exposition zeigen sich auch durch die in dieser Studie gefundenen signifikanten Korrelationen zwischen der PCP-Serumkonzentration bzw. PCP-Urinkonzentration bzw. PCP-Urinkonzentration/g Kreatinin und verschiedenen Raumparametern wie z.B. Wand-, Decken- und Holzflächen bzw. Nadelfilz. Demzufolge ist sowohl eine inhalative Aufnahme über die Ausdünstung von PCP-behandelten Holzflächen in die Luft als auch die Aufnahme über die Haut durch Anfassen von sekundär kontaminierten Flächen

oder Gegenständen als auch die Aufnahme auf oralem Wege, z. B. über den Verzehr von Lebensmitteln, die auf kontaminierten Oberflächen lagen, in den Körper denkbar. Es gibt jedoch noch andere Argumente um zu erklären, weshalb eine eindeutige Beziehung zwischen inneren und einzelnen äußeren Belastungsparametern nicht gefunden werden kann. Lewalter und Neumann (1998a) kommen zu der Auffassung, dass beim Biomonitoring erfasste Belastungs- und Beanspruchungsmarker erhebliche interindividuelle Schwankungen bei vergleichbarer äußerer Belastung zeigen und führen dies zu einem erheblichen Teil auf die genetisch bedingte Enzymausstattung eines jeden Menschen zurück. In einer wissenschaftlichen Untersuchung mit Bestimmung des Hydroxyliererstatus bei Patienten mit Verdacht auf Gesundheitsschädigung durch chronische Holzschutzmittelbelastung konnte allerdings keine Häufung eines bestimmten Phänotyps nachgewiesen werden (Weick, 1994).

## 5.6 Kritiken

Bei der hier durchgeführten Studie handelt es sich um eine prospektive Gruppeninterventionsstudie mit einer kleinen Fallzahl von 28 Probanden, daher ist die Aussagekraft der Ergebnisse nicht so stark wie bei einer Studie mit einer größeren Fallzahl. Leider konnte wegen der Kürze der Zeit bis zum geplanten Beginn der Studie keine Kontrollgruppe ausgewählt werden. In einer Fall-Kontroll-Studie werden Menschen, bei denen eine bestimmte Variable betrachtet werden soll, mit einer geeigneten Kontrollgruppe von Personen, die diese Variable für bestimmte Krankheitsfolgen nicht haben, verglichen. Fall- und die Kontrollgruppe sollen sich sonst aber ähnlich sein, weshalb die Kontrollgruppe sorgfältig ausgewählt werden muss. Die vorliegende Gruppeninterventionsstudie betrachtet allein die Gruppe der Studienteilnehmer vor und nach Sanierung. Um umfangreichere Aussagen treffen zu können, hätten noch weitere Parameter im Rahmen der Studie untersucht werden können, beispielsweise Bestimmungen von Laborparametern des Endokriniums und des Immunsystems der Studienteilnehmer, Staubanalysen, Messungen weiterer Holzschutzmittelinhaltsstoffe. Im Rahmen der finanziellen und technischen Möglichkeiten ist die Studie unter den derzeit als wesentlich angesehenen Aspekten angelegt worden. Die Teilnahmequote von 77,8 % der exponierten Personen vor Sanierung und 72,2 % nach Sanierung kann als zufriedenstellend angesehen werden.

Einflüsse auf die Ergebnisse der Studie können Zufallsbefunde haben.

Unter einem zufälligen Fehler versteht man das ausschließlich zufallsbedingte Abweichen eines Stichprobenwertes vom wahren Wert der Population und eine daraus resultierende mangelnde Präzision bei der Messung eines Zusammenhangs. Die drei wichtigsten Ursachen von zufälligen Fehlern sind individuelle biologische Variationen, Stichprobenfehler und Messfehler (Beaglehole et al., 1997).

Zufällige Fehler können niemals vollständig eliminiert werden.

Eine selektionsbedingte Verzerrung kann auftreten, wenn sich die Personen freiwillig als Teilnehmer einer Studie melden, weil sie z.B. unter Befindlichkeitsstörungen leiden oder sich große Sorgen wegen einer Exposition machen, wie dies in dieser Studie der Fall war. Als weiterer Aspekt ist bei dieser Untersuchung zu Krankheiten im beruflichen Umfeld der sogenannte „healthy-worker-effect“ zu berücksichtigen. Dieser besagt, dass Arbeiter gesund genug sein müssen, um ihrer Arbeit nachzugehen. Schwerkranke Personen, behinderte Menschen und Kinder werden normalerweise ausgeschlossen. Bei der Interpretation dieser Studie ist daher zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse nicht auf die Allgemeinbevölkerung übertragen werden können, denn bei den Studienteilnehmern handelte es sich um gesunde erwachsene Personen, die an Büroarbeitsplätzen einer Firma tätig waren. Bei den meisten personenbezogenen Variablen konnte nicht von einer Normalverteilung (z.B. Alter) ausgegangen werden.

Darüber hinaus kann eine Verzerrung durch Messungen aufgetreten sein.

Wichtig ist, schwierige Bestimmungen immer im selben Laboratorium durchführen zu lassen, welches neben einer internen auch eine externe Qualitätssicherung bei arbeits- und umweltmedizinischen Analysen in biologischen Materialien durch Teilnahme an Ringversuchen betreibt (Lehnert et al., 1998). Die PCP-Bestimmungsmethode stellt hohe Anforderungen an die Qualität des Labors. Aus diesem Grund erfolgten sämtliche PCP-Bestimmungen in der Luft und in den Körperflüssigkeiten der Probanden sowie die Lindan-Bestimmungen in der Luft im Labor „Eukos Analytik Nord GmbH“ in Plön. Zur Durchführung der Raumlufmessungen ist anzumerken, dass es sich um stationäre Messungen handelte, während sich die Probanden mobil im Gebäude bewegten. Dies könnte ein Grund dafür sein, dass vor Sanierung keine deutliche Korrelation zwischen den PCP-Raumlufkonzentrationen und den PCP-Konzentrationen in Körpermedien festzustellen war. Darüber hinaus wurden die Raumlufmessungen mittels „Aktivsammler“ durchgeführt, d. h. es war eine Pumpe angeschlossen. Aktivsammler eignen sich für Kurzzeitmessungen und ergeben Mo-

mentaufnahmen der Konzentration eines bestimmten Stoffes in der Luft wieder (Gratza 1991). Diese Konzentrationen können in Abhängigkeit von Umgebungsfaktoren wie Temperatur, Lüftung und Raumnutzung rasch erheblich schwanken. Die Änderungsgeschwindigkeit von Stoffkonzentrationen im Körper des Menschen ist hingegen stark von Metabolisierungs- und Ausscheidungsgeschwindigkeiten abhängig, was die Schwankungsgeschwindigkeit verringert.

Bei der Beantwortung von Fragen, die das Erinnerungsvermögen der Studienteilnehmer beanspruchen, ist mit einer erinnerungsbedingten Verzerrung (recall bias) zu rechnen. Im Fragebogen dieser Studie wurden die Studienteilnehmer beispielsweise nach ihrem derzeitigen Gesundheitszustand im Vergleich zum vergangenen Jahr befragt. Um dieser Verzerrung gegenzusteuern, sind möglichst standardisierte Bedingungen bei der Befragung einzuhalten. Im Rahmen der Studie versuchte man dies dadurch zu erreichen, dass die Fragebögen kurz vor der klinisch-körperlichen Untersuchung verteilt wurden und die Befragungen und Untersuchungen der Probanden durch stets dieselben Ärzte durchgeführt wurden.

In einer Studie, die den Zusammenhang zwischen Exposition und dem Auftreten einer Krankheit untersucht, kann es außerdem zu Verwechslungen (Confounding) kommen, wenn eine weitere Exposition vorliegt und diese sowohl mit der Krankheit als auch mit der betrachteten Exposition im Zusammenhang steht. In den in den siebziger Jahren ausgebrachten Holzschutzmitteln waren neben PCP und Lindan auch andere Biozide enthalten. Diese wurden in der vorliegenden Studie nicht betrachtet. Die Untersuchung beschränkte sich auf PCP und Lindan, da diese Stoffe als Leitsubstanzen ausgewählt wurden. Sie machen den größten Anteil wirksamer Inhaltsstoffe in früheren Holzschutzmittelgemischen aus und sind nach bisherigen Erkenntnissen die beiden für die Gesundheit des Menschen bedeutsamsten Stoffe. Eine Wirkung auf die Befindlichkeit und auf Laborparameter der Studienteilnehmer durch andere Inhaltsstoffe kann jedoch gerade bei Einwirkungen im Niedrigdosisbereich nicht ausgeschlossen werden.

Wie bereits unter 5.5.3 erläutert handelt es sich bei dem rechnerischen Zusammenhang zwischen der Lindan-Raumluftkonzentration nach Sanierung und den Glasflächen sehr wahrscheinlich um einen Confounding-Effekt.

Die durchgeführte Studie untersucht die akuten Auswirkungen einer Niedrigdosisexposition gegenüber PCP- und Lindanhaltigen Holzschutzmitteln. PCP ist als „im Tier-

versuch krebserzeugend“ eingestuft und Lindan steht im Verdacht, eine Krebs erzeugende Wirkung zu haben. Krebserkrankungen treten im Allgemeinen erst nach längerer Latenzzeit (Zeit zwischen Exposition und Auftreten der Erkrankung) auf, sodass eine Aussage zur Möglichkeit einer Krebsentstehung durch Holzschutzmittel-exposition im Niedrigdosisbereich anhand dieser Untersuchung nicht getroffen werden kann.

### **5.7 Schlussfolgerungen, Empfehlungen, Ausblick**

Mitarbeiter des Landesamtes für Gesundheit und Arbeitssicherheit Schleswig-Holstein und der Universität Lübeck wurden um die wissenschaftliche Begleitung der Sanierung eines in den siebziger Jahren im Holzbalkenbereich mit Holzschutzmitteln behandelten historischen Gebäudes gebeten. Durch den signifikanten Rückgang der PCP- und Lindan-Raumluftkonzentrationen und der PCP-Serum- und Urinkonzentrationen der betroffenen Büroangestellten in diesem Gebäude konnte der Erfolg der Sanierungsmaßnahme nachgewiesen werden. Das PCP-Biomonitoring zeigte sich als Nachweis für eine innere PCP-Belastung der Probanden geeignet, während sich ein gesicherter Einfluss der PCP-Exposition auf andere Laborparameter nicht fand. Obwohl die Gesundheit der Studienteilnehmer vor und nach Sanierung keine signifikanten Änderungen aufwies, sind die Ängste der Betroffenen ernst zu nehmen. Auffällige Befunde sind abzuklären. Im Rahmen einer Risikokommunikation mit den Büroangestellten im Gebäude sind die durch die Sanierungsmaßnahmen erreichten Ergebnisse in Relation zu den ursprünglich gemeinsam festgelegten Zielvorstellungen darzustellen. Demnach wurde eine Absenkung des Medians der PCP-Raumluftkonzentrationen unter die angestrebte Grenze von ca.  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erreicht, jedoch keine vergleichbare Absenkung des Medians der Lindan-Raumluftkonzentrationen, da einige Werte nicht rückläufig waren. Es ist Aufgabe der Risikokommunikation, einen durch fachlich fundierte Beratung informierten Personenkreis zu schaffen, nicht Besorgnis zu zerstreuen oder Handeln zu ersetzen (Heinzow, 1986; Heinzow et al., 1989; Heinzow, 2004). Durch sachliche und empathische Diskussion ist zu eruieren, welches verbleibende Risiko von den Mitarbeitern getragen werden und ob das erzielte Sanierungsergebnis akzeptiert werden kann.

Auf juristischem Wege kann keine zusätzliche Forderung an den Vermieter abgeleitet werden, da nach der Maskierung sowohl der für PCP in der PCP-Richtlinie festge-

setzte Eingriffswert als auch der für Lindan festgelegte Richtwert sicher unterschritten ist. Im Ergebnis wäre es wünschenswert, einen Konsens zwischen Mietern und Vermieter zu erreichen. Die in dieser Studie aufgezeigte Herangehensweise an die Problemsituation von Personen eines früher mit Holzschutzmitteln behandelten Gebäudes könnte wertvolle Hinweise für die Behandlung ähnlicher Fälle bieten. Denn da große Mengen PCP- und Lindanhaltiger Holzschutzmittel in der Vergangenheit verbraucht wurden, ist damit zu rechnen, dass dieses Thema weiterhin von Interesse sein wird. Die besondere Schwierigkeit bei der Bewertung der Einwirkung von Holzschutzmittelinhaltsstoffen im Niedrigdosisbereich begründet sich darin, dass meist keine gesundheitlichen Veränderungen bei betroffenen Personen objektiviert werden können und sich damit eine Grenzwertfindung als außerordentlich schwierig erweist. Als Vergleich werden arbeitsmedizinisch-toxikologische Schwellenwerte herangezogen, die sich auf Standardsituationen im Hinblick auf den Arbeitsplatz und den Gesundheitszustand von Arbeitnehmern beziehen. Bei der Aufstellung von Richtwerten werden Sicherheitsabstände definiert. Bislang konnten allerdings erst für vier Stoffe (Blei, Cadmium, Quecksilber, Pentachlorphenol) HBM-Werte aufgestellt werden. Bei fehlenden Grenzwerten besteht vielfach Ratlosigkeit. Jedoch nicht nur die Frage einzelner Grenzwerte, sondern vielmehr auch das Problem der Einwirkung einer Fülle verschiedener Schadstoffe auf den Menschen im Niedrigdosisbereich ist schwer zu fassen. Einwände gegen das Schwellenwerte-Konzept wurden bereits formuliert (Rüdiger, 1997). Mit der neuen Gefahrstoffverordnung geht der Gesetzgeber am Arbeitsplatz von der früheren reinen Betrachtung einzelner Gefahrstoffe auf die Betrachtung von gefährlichen Tätigkeiten bei der Gefährdungsermittlung über (Gefahrstoffverordnung, 2004). Dies kann allenfalls teilweise in den Umweltbereich übertragen werden. Hier müssen andere Betrachtungsweisen gefunden werden. Das Erstellen von Raumluftqualitätsrichtlinien erscheint sinnvoll, da diese einen positiven Einfluss auf die öffentliche Gesundheit der Allgemeinbevölkerung haben können (Harrison, 2002). Schöler und Thofern (1984) fordern, Umweltschadstoffe weiter zu reduzieren, auch wenn Grenzwerte längst nicht erreicht sind. Letztlich soll der Anwender aufgeklärt werden (Sagunski et al., 1990) und praktische Hinweise über die richtige Holzschutzmittelanwendung und über mögliche Maßnahmen zur Sanierung holzschutzmittelbelasteter Gebäude erhalten. Dazu sind weitere Untersuchungen über die Effizienz anderer Maßnahmen zur Expositionsminderung holzschutzmittelbelasteter Gebäude zu empfehlen. Die Holzschutzmittelanwendung sollte auf das

unbedingt notwendige Maß beschränkt bleiben (Herbolsheimer, 1987), sodass aber eine Schutzwirkung noch erzielt werden kann. Statt gefährlicher Stoffe können vielfach weniger schädliche Ersatzstoffe eingesetzt werden (Kur, 1993; Englert, 1994), in Innenräumen ist regelmäßig konstruktiver Holzschutz ausreichend und damit kein chemisches Holzschutzmittel erforderlich. Unter den auf dem Markt verfügbaren Produkten finden sich neue Mittel, über die noch wenige Erkenntnisse vorliegen, sodass eine Überprüfung der biologischen Auswirkungen dieser Stoffe notwendig erscheint. Richtige Schritte in diese Richtung wurden unternommen. Eine Positivliste und ein Holzschutzmittelverzeichnis mit der Einstufung und Kennzeichnung von Holzschutzmitteln (Heinz, 1994) wurde herausgegeben. Für Hersteller, Einführer und Vertreiber von Holzschutzmitteln gibt es einen Leitfaden zur Einstufung und Kennzeichnung (Bundesgesundheitsamt, 1989), und für den Anwender ist ein „Verbraucherleitfaden Holzschutzmittel“ als Praktischer Ratgeber verfügbar (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 2003).

Die grundlegende Frage vieler Betroffener nach dem Risiko einer möglichen Krebsentstehung durch Niedrigdosisexposition nach Anwendung PCP- und Lindanhaltiger Holzschutzmittel kann durch die Ergebnisse dieser Studie nicht beantwortet werden. Um hierzu epidemiologische Aussagen treffen zu können, ist z.B. die Durchführung von Langzeitstudien mit Befragungen und Untersuchungen ehemals exponierter Personen oder unter zu Rate Ziehung des Krebsregisters die Prüfung auf eine Häufung bestimmter Tumorerkrankungen nach Holzschutzmittelanwendung zu empfehlen. Auch Tierexperimente werden in der Krebsursachenforschung angewandt. In der Literatur wird als zukunftsweisendes Verfahren das biologische Monitoring von Kanzerogenen in Form von Biomarkern des Effektes vorgeschlagen, um den Zusammenhang zwischen einer Exposition und den durch sie verursachten Effekten im menschlichen Körper identifizieren zu können (Käfferlein et al., 2004).

## 6. Zusammenfassung

In einem historischen Gebäude wurden in den siebziger Jahren PCP (Pentachlorphenol) und Lindan enthaltende Holzschutzmittel ausgebracht. Nach einem aufwändigen Ausbau richtete dort eine Firma Büroarbeitsplätze ein. Da gesundheitliche Beeinträchtigungen der Angestellten durch Holzschutzmittelexpositionen im Niedrigdosisbereich befürchtet wurden, sollten im Rahmen einer Studie die PCP- und Lindankonzentrationen in der Raumluft als Leitsubstanzen sowie die PCP-Konzentrationen im Serum und im Urin der dort tätigen Personen vor und nach der planmäßig erfolgten Sanierung bestimmt werden. Auch Beziehungen zu möglichen gesundheitlichen Beschwerden, klinisch-körperlichen Befunden und anderen Laborparametern sollten betrachtet werden.

Als Sanierungsmaßnahme kam die Maskierung der freiliegenden Holzbalkenflächen mittels eines mehrschichtigen Anstrichsystems zur Anwendung. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen den Erfolg dieser Maßnahme durch eine statistisch signifikante Absenkung der PCP- und Lindan-Raumluftkonzentrationen an. Allerdings war diese Absenkung für die Lindan-Raumluftkonzentrationen nicht in dem Maße gegeben wie für die PCP-Raumluftkonzentrationen. In einigen Räumen erwies sich die Lindan-Raumluftkonzentration als nicht rückläufig. Die Ausgangswerte der PCP-Serum- und Urinkonzentrationen der Studienteilnehmer lagen vor Sanierung zum Teil oberhalb des Referenzbereiches der Allgemeinbevölkerung. Nach Sanierung konnten die PCP-Serum- und PCP-Urinkonzentrationen fast aller Probanden als in den Referenzbereich der Allgemeinbevölkerung abgesenkt bestimmt werden. Bei einer Probandin blieben jedoch die PCP-Serum- und Urinwerte vor und nach Sanierung auf gleich hohem Niveau, weshalb in diesem Fall eine zusätzliche PCP-Exposition im privaten Umfeld anzunehmen ist.

Ein Zusammenhang zwischen der Holzschutzmittelexposition im Niedrigdosisbereich und gesundheitlichen Beeinträchtigungen, körperlichen Befunden sowie Abweichungen weiterer Laborparameter der Studienteilnehmer konnte nicht gefunden werden. Abschließend wurden die Ergebnisse im Rahmen einer Risikokommunikation den im Gebäude tätigen Mitarbeitern der Firma vorgestellt und einvernehmlich über die Beendigung der Maßnahme beraten, eine sinnvolle Maßnahme zur Verringerung unbegründeter Umweltängste.

## 7. Literaturverzeichnis

1. **Angerer J, Hardt J, Ritter A:** 5. Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel-Kolloquium. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 32, 24-25 (1997)
2. **Appel K E:** Zur kanzerogenen Wirkung von Pentachlorphenol. Bundesgesundhbl. 8, 334-341 (1994)
3. **Beaglehole R, Bonita R, Kjellström T:** Einführung in die Epidemiologie. 1. Aufl., 1-240, Verlag Hans Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle 1997
4. **Bellgardt E:** 3.1.7. Berechnungen mit SPSS. In: Bellgardt E: WiSo- Kurzlehrbücher; Statistik mit SPSS. 2. Aufl., 46-56, Verlag Franz Vahlen, München 2004
5. **Bischof W:** Sensorische Beschwerden im Innenraum: Hintergrund, Risikoanalyse und Bewertung. In: Keller R, Senkpiel K, Samson R A, Hoekstra E S: VIII. Lübecker Fachtagung für Umwelthygiene / Erfassung biogener und chemischer Schadstoffe des Innenraumes und die Bewertung umweltbezogener Gesundheitsrisiken. 1. Aufl., 93-111, Verlag Schmidt-Römhild, Lübeck 2004
6. **Boehm C, Claußen G, David F, Graff M, Griep L, Gülbeyaz M, Hanninger U, Illmer K, Jost C, Karmaus W, Koeppe P, Kroschke G, Küppers M, La Grange R, Möller S, Nissen O, Pless T, Rafalski M, Schulte F-J, Trinkwitz E, Wiezorek M, Wolf N:** Auswirkungen von Holzschutzmitteln auf die Gesundheit von Kindern. Hamburger Kindergartenstudie, Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales, Hamburg 1990
7. **Brassow H L, Haerberlein H L:** Gesundheitsprobleme durch HCH. Öff. Gesundh. - Wes. 46, 449-453 (1984)
8. **Bundesarbeitsblatt:** 37. Pentachlorphenol (PCP). Bundesarbeitsblatt 5, 80-88 (1998)
9. **Bundesgesundheitsamt:** Holzschutzmittel. Bundesgesundhbl. 29, 387-394 (1986)
10. **Bundesgesundheitsamt:** Holzschutzmittel - 2.Mitteilung, Einstufung und Kennzeichnung von Holzschutzmitteln nach der Gefahrstoffverordnung (Gesundheitsschutz)-ein Leitfaden. Bundesgesundhbl. 7, 296-301 (1989)

11. **Bundesgesundheitsamt:** Bewertung der Luftqualität in Innenräumen. Bundesgesundhbl. 36, 117-118 (1993)
12. **Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft:** Verbraucherleitfaden Holzschutzmittel - Praktischer Ratgeber. Broschüre Referat 532, Berlin 2003
13. **Burckhardt W, Spuhler H:** The treatment of scabies and of pediculoses with gammahexachlorcyclohexan (atan). Dermatologica 110, 39-41 (1955)
14. **Bus J S, Leber A P:** 6.9 – 7.0 Miscellaneous Chlorinated Hydrocarbon Pesticides / Lindane. In: Bingham E, Cochrane B, Powell C H: Patty's Toxicology. Vol. 5, 5th edition, 666-672, John Wiley & Sons, Inc., New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto 2001
15. **Butte W:** Simultaneous Determination of Pentachlorophenol and gamma-Hexachlorocyclohexane in Indoor Air. Fresenius Z. Anal. Chem. 327, 33-34 (1987)
16. **Butte W:** Vorkommen, Quellen und Bewertung von schwerflüchtigen organischen Verbindungen in Innenräumen. In: Keller R, Senkpiel K, Samson R A, Hoekstra E S: VIII. Lübecker Fachtagung für Umwelthygiene / Erfassung biogener und chemischer Schadstoffe des Innenraumes und die Bewertung umweltbezogener Gesundheitsrisiken. 1. Aufl., 255-278, Verlag Schmidt-Römhild, Lübeck 2004
17. **Butte W, Heinzow B:** Referenzwerte der Konzentration an Pentachlorphenol in Serum und Urin. Klin. Lab. 41, 31-35 (1995)
18. **Carballo F C, Murias T E, Vila F D, Guillen V M J, Pena M F, Amador B L:** Pentachlorophenol poisoning. Report of 4 cases and review of the literature. An Med Interna. 17, 257-260 (2000)
19. **Chemikalienverbotsverordnung.** Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalienverbotsverordnung-ChemVerbotsV). BGBl. I , S. 867 (2003), zuletzt geändert durch BGBl. I, S. 328 (2004)
20. **Cheng W N, Coenraads P J, Olie K, Liu G F:** Chronic chloracne in workers in a lindane producing factory in china. In: Hutzinger O, Fiedler H: Organohalogen Compounds, Short papers, Toxicology-Environment,

- Food, Exposure-Risk, 10<sup>th</sup> International Meeting Dioxin 90. Vol.1, 1<sup>st</sup> edition, 287-290, Ecoinfo Press, Bayreuth 1990
21. **Dauderer M:** III-3 Toxikologische Einzelstoffinformationen / Pentachlorphenol. In: Dauderer M: Handbuch der Umweltgifte. Klinische Umwelttoxikologie für die Praxis. 18. Erg.Lfg. 8/95, 1-90, ecomed, Landsberg/Lech 1990a
  22. **Dauderer M:** III-3 Toxikologische Einzelstoffinformationen / Lindan. In: Dauderer M: Handbuch der Umweltgifte. Klinische Umwelttoxikologie für die Praxis. 18. Erg.Lfg. 8/95, 1-23, ecomed, Landsberg/Lech 1990b
  23. **Derner M, Gerhard I, Monga B, Runnebaum B, Daniel V:** Immunologische, endokrine und klinisch-chemische Veränderungen bei Frauen mit hormonellen Störungen bei Pentachlorphenol- und Lindanbelastung. Zbl. Arbeitsmed. 45, 312-328 (1995)
  24. **Englert N:** Luftverunreinigungen im Innenraum und ihre Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Öff. Gesundh.-Wes. 51, 409-413 (1989)
  25. **Englert N:** Luftverunreinigungen in Innenräumen - Risikobewertung und Handlungsbedarf. In: Koller U, Haury H-J: Innenraumluft, Seminar der zentralen Informationsstelle, Umweltberatung Bayern. Band 2, 117-130, GSF-Bericht, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, GmbH, Oberschleißheim 1994
  26. **Ewers U, Brockhaus A:** Die biologische Überwachung der Schadstoffbelastung des Menschen und ihre Bedeutung bei der Beurteilung umwelttoxikologischer Einflüsse. Öff. Gesundh.-Wes. 49, 639-647 (1987)
  27. **Falbe J, Regitz M:** Lindan. In: Falbe J, Regitz M: Römpf Chemie Lexikon. 9. Aufl., 2515-2516, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1991
  28. **Fischer M, Angerer C, Roskamp E, Gebefügi I, Haag M, Oxynos K, Koransky W, Koss G, Grimm H-G, Löwer M:** Umweltchemikalie Pentachlorphenol. In: Fischer M, Angerer C, Roskamp E, Gebefügi I, Haag M, Oxynos K, Koransky W, Koss G, Grimm H-G, Löwer M: Forschungsbericht 10604007 - im Auftrag des Umweltbundesamtes. 1. Aufl., 1-228, E-rich Schmidt Verlag, Berlin 1987
  29. **Forschner S, Koss G:** Beurteilung und Erfordernisse der natürlichen Raumlüftung. Gesundheitswesen 59, 577-582 (1997)

30. **Fraisse E, Köble R, Flieder T M:** Sick Building Syndrom durch Holzschutzmittel ? *Arbeitsmed.Sozialmed.Umweltmed.* 30, 392-396 (1995)
31. **Gasiewicz T A:** 18.4.1 Nitro Compounds and Related Phenolic Pesticides / Halophenols / Pentachlorphenol. In: Hayes W J Jr., Laws E R Jr.: *Handbook of Pesticide Toxicology.* Vol. 3, 1<sup>st</sup> edition, 1206-1217, Academic Press, Inc., San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto 1991
32. **Gefahrstoffverordnung.** Verordnung zur Anpassung der Gefahrstoffverordnung an die EG-Richtlinie 98/24/EG und andere EG-Richtlinien (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV). *BGBI. I* , S. 3758 (2004)
33. **Gingell R, O´ Donoghue J, Staab R J, Daly I W, Bernard B K, Ranpuria A, Wilkinson E J, Woltering D, Johns P A, Montgomery S B, Hammond L E, Lend M L:** 53-11.0 Phenols and Phenolics / Pentachlorphenol and Sodium Pentachlorophenate. In: Bingham E, Cofrancesco J, Powell C H: *Patty´s Toxicology.* Vol. 4, 5th edition, 454-474, John Wiley & Sons, Inc., New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto 2001
34. **Gochfeld M:** 53 Chemical Agents / Pentachlorphenol. In: Brooks S M, Gochfeld M, Herzstein J, Jackson R J, Schenker M B: *Environmental Medicine.* 1<sup>st</sup> edition, 603, Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, Baltimore, Boston, Carlsbad, Chicago, Naples, New York, Philadelphia, Portland, London, Madrid, Mexico City, Singapore, Sydney, Tokyo, Toronto, Wiesbaden 1995
35. **Göttsch E:** Bewährungsstrafe im Holzschutzmittel-Prozeß / Ein Schuldspruch, aber kein Schadensausgleich. Eltern für unbelastete Nahrung e.V. in Kiel, *Messwert-Info* Nr. 11/18.6.93, 10-11 (1993)
36. **Gratza T:** Messungen und Begutachtung der Umweltqualität durch das Gesundheitsamt. *Öff. Gesundh.-Wes.* 53, 627-630 (1991)
37. **Greim H:** Pentachlorphenol. In: Greim H: *Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten.* 37. Erg.Lfg. 2003, 1-10, Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA, Weinheim 1972

38. **Grimm H-G, Schaller K H, Valentin H:** Aktuelle Ergebnisse zur Pentachlorphenol-Exposition in Arbeitswelt und Umwelt. Zbl. Arbeitsmed. 35, 136-142 (1985)
39. **Hakimi R:** Umweltsyndrome und seelische Störungen. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 38, 385-389 (2003)
40. **Harrison P T C:** Indoor air quality guidelines. Occup Environ Med. 59, 73-74 (2002)
41. **Heinz D:** Holzschutzmittelverzeichnis. Die BG, 311-312 (1994)
42. **Heinzow B:** Umwelttoxikologie in Schleswig-Holstein in Zusammenarbeit mit den Einrichtungen des öffentlichen Gesundheitswesens. Öff.Gesundh.-Wes. 48, 311-316 (1986)
43. **Heinzow B:** 2.1.4 Pilotstudie zur Erfassung des Gesundheitszustandes bei Erziehern und Kindern von Kindertagesstätten. In: Heinzow B: Jahresbericht 1987. 26-32, Untersuchungsstelle für Umwelttoxikologie des Landes Schleswig-Holstein, Kiel 1988
44. **Heinzow B:** VI-4 Organische Verbindungen / Pentachlorphenol. In: Wichmann H E, Schilpköter H-W, Füllgraff G: Handbuch der Umweltmedizin. 1-22, ecomed Fachverlag, Landsberg / Lech 1992
45. **Heinzow B:** Risikokommunikation ist mehr als Faktenvermittlung. Das Gesundheitswesen 66, 287-288 (2004)
46. **Heinzow B, Jessen H, Mohr S, Benthe C:** Schadstoffbelastungen der Bevölkerung - ausgewählte Beispiele aus Schleswig-Holstein. Öff. Gesundheits.-Wes. 51, 404-408 (1989)
47. **Henschler D:** Gesundheitsschäden durch Holzschutzmittel ? Dtsch. Med. Wschr. 109, 155-156 (1984)
48. **Henschler D:** Gesundheitsschäden durch Lindan. Dtsch. Med. Wschr. 112, 1921 (1987)
49. **Henschler D:** 32.6.3 Polychlorierte aromatische Kohlenwasserstoffe, Dibenzodioxine, Dibenzofurane und Pentachlorphenol. In: Forth W, Henschler D, Rummel W, Starke K: Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie. 7. Aufl., 865-866, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford 1996

50. **Herbolsheimer R:** Chlorkohlenwasserstoffe und ihre Bedeutung für die Umwelt. *Öff. Gesundheitswes.* 49, 410-413 (1987)
51. **Heudorf U:** Hohe PCP-Blutspiegel durch PCP-belastete Lederkleidung. *Dtsch. Med. Wschr.* 125, 766-768 (2000)
52. **Heudorf U, Angerer J, Drexler H:** Current internal exposure to pesticides in children and adolescents in Germany: blood plasma levels of pentachlorophenol (PCP), lindane (gamma-HCH), and dichloro(diphenyl)ethylene (DDE), a biostable metabolite of dichloro(diphenyl)trichloroethane (DDT). *Int J Hyg Environ Health* 206, 485-491 (2003)
53. **Heudorf U, Letzel S, Peters M, Angerer J:** PCP in the blood plasma: current exposure of the population in Germany based on data obtained in 1998. *Int J Hyg Environ Health* 203, 135-139 (2000)
54. **Hodgson E, Mailman R B, Chambers J E:** Pentachlorophenol. CAS number 87-86-5. In: Hodgson E, Mailman R B, Chambers J E: *Dictionary of Toxicology*. 2<sup>nd</sup> edition, 360-361, Macmillan Reference LTD, London 1998
55. **Höppe P:** Raumklima und Sick-Building-Syndrom. In: Koller U, Haury H-J: *Innenraumluft, Seminar der zentralen Informationsstelle, Umweltberatung Bayern*. Band 2, 7-17, GSF-Bericht, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Oberschleißheim 1994
56. **Hoffeins U, Segerling M:** Untersuchung auf Hexachlorcyclohexan (HCH)-Isomere in Blut und Körperfett von Personen aus HCH-belasteten Gebieten und einer Vergleichsgruppe. *Öff. Gesundheitswes.* 45, 155-163 (1983)
57. **Horn W, Roskamp E, Ullrich D:** Aktuelle DDT- und Lindan-Konzentrationen in Wohnräumen nach intensivem Holzschutzmitteleinsatz auf Dachböden in der Vergangenheit. *Umweltbundesamt - Texte 70/99*, Berlin 1999
58. **Huber W, Daniel V:** Zur Klinik des CKW-Syndroms am Beispiel des Pentachlorophenols. *Natur- und GanzheitsMedizin* 5, F.K. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH, 280-287 (1992)
59. **Käfferlein H U, Marczynski B, Brüning T:** Biologisches Monitoring von Kanzerogenen. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 39, 376-388 (2004)

60. **Karmaus W:** Effects of Dioxins, PCP and Gamma-HCH on blood parameters of teachers exposed to wood preservatives in day-care centers. Pilotstudie aus dem Institut für medizinische Soziologie, Universitätsklinik Eppendorf, Hamburg, 1-17 (1988)
61. **Keseberg U:** 2.2 Umweltmedizin / Innenraumluft. In: Reichl F-X: Taschenatlas der Umweltmedizin, 1. Aufl., 114-115, Thieme, Stuttgart, New York 2000
62. **Keseberg U, Reichl F-X:** 2.1 Relevante Stoffgruppen / Pentachlorphenol. In: Reichl F-X: Taschenatlas der Umweltmedizin, 1.Aufl., 66-67, Thieme, Stuttgart, New York 2000
63. **Kirchhoff G, Schäcke G, Lüth P:** P96: Hexachlorcyclohexan-Serumspiegel bei kutaner Applikation. Arbeitsmed.Sozialmed.Umweltmed. 39, 240-241 (2004)
64. **Konietzko J, Kern G:** IV-2.29 Halogenkohlenwasserstoffe / IV 2.29.8.5 Pentachlorphenol. In: Konietzko J, Dupuis H, Letzel S: Handbuch der Arbeitsmedizin, Arbeitsphysiologie-Arbeitspathologie-Prävention. 34. Erg.Lfg. 12/03, 1-12, ecomed, Landsberg/Lech 1989
65. **Kraus T, Anders M, Weber A, Hermer P, Zschesche W:** Zur Häufigkeit umweltbezogener Somatisierungsstörungen. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 30, 147-152 (1995)
66. **Kühn R, Birett K:** XVI-2 Sammlung der Stoffmerkblätter (A-Z) / P 003 Pentachlorphenol. In Kühn R, Birett K: Merkblätter Gefährliche Arbeitsstoffe. 150. Erg.Lfg. 6/03, 1-2, ecomed, Landsberg/Lech 1993
67. **Kur F:** Holzschutzmittel. In: Kur F: Wohngifte: Handbuch für gesundes Bauen und Einrichten. Neuausg., 271, Vito von Eichborn GmbH & Co. Verlag KG, Frankfurt am Main 1993
68. **Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein:** Umwelttoxikologische Studie im Kreis Pinneberg 1995/96. Bericht LANU, Flintbek 1997
69. **Landgericht Frankfurt 26.Strafkammer:** Urteil in der Strafsache Nr. 5/26 KLS 65, Js 8793/84, 1993
70. **Lehnert G, Angerer J, Schaller K H:** Statusbericht über die externe Qualitätssicherung arbeits- und umweltmedizinisch-toxikologischer Analysen in

- biologischen Materialien. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 33, 21-26 (1998)
71. **Letzel S, Weber A, Drexler H, Kraus T, Wrbitzky R:** Rationelle Diagnostik in der Umweltmedizin. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 29, 517-525 (1994)
72. **Lewalter J, Neumann H-G:** Biologische Arbeitsstoff-Toleranzwerte (Biomonitoring): Teil XII. Die Bedeutung der individuellen Empfindlichkeit beim Biomonitoring. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 33, 352-364 (1998a)
73. **Lewalter J, Neumann H-G:** Biologische Arbeitsstoff-Toleranzwerte (Biomonitoring): Teil XIII. Die Bedeutung von Referenzwerten für die Bewertung von Fremdstoffbelastungen. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 33, 388-393 (1998b)
74. **Liebl B, Kaschube M, Kerscher G, Roscher E, Schmied R, Schwegler U:** Beurteilung von Holzschutzmittelbelastungen in Innenräumen. *Gesundh.-Wes.* 57, 476-488 (1995)
75. **Liebl B, Mayer R, Kaschube M, Wächter H:** Pentachlorphenol-Ergebnisse aus einem bayerischen Human-biomonitoring-Programm. *Gesundh.-Wes.* 58, 332-338 (1996)
76. **Löser E:** 4. Organische Verbindungen / Einwertige Phenole / Pentachlorphenol. In: Wirth W, Gloxhuber C: *Toxikologie für Ärzte, Naturwissenschaftler und Apotheker.* 5. Aufl., 260, Thieme, Stuttgart, New York 1994
77. **Lohmann K:** Das Holzschutzmittelsyndrom: Verbreitung - Klinisches Bild - Diagnostische Möglichkeiten. *Schleswig-Holsteinisches Ärzteblatt* 6, 335-338 (1989)
78. **Manz A:** Exposition gegenüber HCH und Auswirkungen auf die Mortalität (Abschlußbericht). *Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Fb 789*, 5-107 (1998)
79. **Manz A, Baur X, Berger J, Manz J, Pöpke O, Poschadel B:** Gesundheitsschäden bei ehemals HCH-exponierten Chemiewerkern der Insektizidproduktion. *Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Fb 79*, 7-70 (2004)

80. **Mehrtens G, Perlebach E:** M 1310 Erkrankungen durch halogenierte Alkyl-, Aryl- oder Alkylaryloxide. In: Mehtens G, Perlebach E: Die Berufskrankheitenverordnung (BKV): Kommentar. 45. Erg.Lfg. I/04, 1-9, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin 1977a
81. **Mehrtens G, Perlebach E:** M 1302 Erkrankungen durch Halogenkohlenwasserstoffe. In: Mehtens G, Perlebach E: Die Berufskrankheitenverordnung (BKV): Kommentar. 45. Erg.Lfg. I/04, 1-16, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin 1977b
82. **Meissner T, Schweinsberg F:** Pentachlorophenol in the indoor environment: evidence for a correlation between pentachlorophenol in passively deposited suspended particulate and in urine of exposed persons. *Toxicol Lett.* 88, 237-242 (1996)
83. **Mohr S:** Schadstoffbelastung von Innenräumen mit organischen Verbindungen. In: Koller U, Haury H-J: Innenraumluft, Seminar der zentralen Informationsstelle, Umweltberatung Bayern. Band 2, 47-77, GSF-Bericht, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Oberschleißheim 1994
84. **Moriske H-J:** Organische Verbindungen im Innenraum. *Bundesgesundhbl.* 9, 340-342 (1996)
85. **Müller A:** Pentachlorophenolbelastung durch den Umgang mit Schwertextilien. *Zbl Arbeitsmed.* 54, 259-267 (2004)
86. **National Toxicology Program:** Toxicology and Carcinogenesis Studies of Two Pentachlorophenol Technical-Grade Mixtures in B6C3F1 Mice (Feed Studies). *Natl Toxicol Program Tech Rep Ser.* 349, 1-265 (1989)
87. **Niven R McL, Fletcher A M, Pickering C A C, Faragher E B, Potter I N, Booth W B, Jones T J, Potter P D R:** Building sickness syndrome in healthy and unhealthy buildings: an epidemiological and environmental assessment with cluster analysis. *Occup Environ Med.* 57, 627-634 (2000)
88. **Nordig Institut für Gesundheitsforschung und Prävention:** Holzschutzmittel-Studie II. Auswirkungen von Holzschutzmitteln in Kindergärten und Kindertagesstätten auf die Gesundheit von Beschäftigten. Im Auftrage der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege und der Landesunfallkasse Freie und Hansestadt Hamburg. Bericht

- aus dem Institut für Medizin-Soziologie des Universitäts-Krankenhauses Eppendorf (UKE), Hamburg 1993
89. **Pentachlorphenol-Verbotsverordnung.** BGBl. I, S. 2235 (1989)
  90. **Peper M, Ertl M, Gerhard I:** Long term exposure to wood-preserving chemicals containing pentachlorophenol and lindane is related to neuro-behavioral performance in women. *Am J Ind Med* 35, 632-641 (1999)
  91. **Perger G:** Erkrankungen der Leber durch berufliche Exposition gegenüber Pestiziden. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 33, 548-556 (1998)
  92. **Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung.** Verordnung zur Bereinigung pflanzenschutzrechtlicher Vorschriften. BGBl. I, S. 1887 (1992), zuletzt geändert durch BGBl. I, S. 1533 (2003)
  93. **Popp W:** Pentachlorphenol. In: Popp W: *Diagnoselexikon Arbeits- und Umweltmedizin: Krankheitsursachen in Umwelt und Arbeitswelt.* 1. Aufl., 222-223, Thieme, Stuttgart, New York 1998
  94. **Reinauer H, Selenka F:** Holzschutzmittel in Kindertagesstätten / Umweltmedizinische Untersuchung zur gesundheitlichen Wirkung von Holzschutzmitteln in Innenräumen. Im Auftrag des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen. Bericht aus dem Institut für Hygiene der Ruhruniversität Bochum und aus dem Diabetesforschungsinstitut an der Universität Düsseldorf, Bochum 1987
  95. **Richardson M L, Gangolli S:** P 27 Pentachlorphenol. In: Richardson M L, Gangolli S: *The Dictionary of Substances and their Effects.* 1<sup>st</sup> edition, 448-452, The Royal Society of Chemistry, Cambridge 1994
  96. **Richtlinie für die Bewertung und Sanierung Pentachlorphenol (PCP)-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCP-Richtlinie) (PCP-Guidelines).** *Mitteilungen DIBt* 28, 6-17 (1997)
  97. **Roinestad K S, Louis J B, Rosen J D:** Determination of pesticides in indoor air and dust. *J AOAC Int* 76, 1121-1126 (1993)
  98. **Roth L, Dauderer M:** P14 Pentachlorphenol. In: Roth L, Dauderer M: *Giftliste.* 90. Erg. Lfg. 12/01, ecomed, Landsberg/Lech 1995
  99. **Rüdiger H W:** Zur Definition von Schwellenwerten in der arbeitsmedizinischen Toxikologie. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 32, 94-98 (1997)

100. **Sagunski H, Forschner S, Koss G, Kappos A D:** Organisch-chemische Luftverunreinigungen in Innenräumen - Aspekte der umwelttoxikologischen Beurteilung. *Öff. Gesundh.-Wes.* 52, 113-122 (1990)
101. **Schiele R:** Holzschutzmittelbelastungen in Innenräumen - Ergebnisse einer Fallstudie von 9 Familien. In: *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin: 33. Jahrestagung.* 79-83, Gentner Verlag, Stuttgart 1993
102. **Schirk O:** Bio-Check PCP: Pentachlorphenol auf der Spur. *Drägerheft* 364, 2-5 (1997)
103. **Schneider G:** PCP Pentachlorphenol - Toxische Altlast oder Toxikope Hysterie? In: *Bundesverband Die Verbraucher Initiative - Interessengemeinschaft der Holzschutzmittel-Geschädigten e. V.: Buchreihe Neue Argumente.* 1. Aufl., 7-71, VI-Verlags- und Handels GmbH, Bonn 1996
104. **Schnelle-Kreis J, Scherb H, Gebefügi I, Kettrup A:** Pentachlorphenol in indoor environments. Does a single measurement of air and dust concentrations represent the contamination? *Journal of Environmental Monitoring* 1, 353-356 (1999a)
105. **Schnelle-Kreis J, Scherb H, Gebefügi I, Kettrup A, Weigelt E:** Pentachlorphenol in indoor environments. Correlation of PCP concentrations in air and settled dust from floors. *Sci Total Environ.* 10, 125-132 (2000)
106. **Schnelle-Kreis J, Scherb H, Hoppe A, Jänsch T, Braeutigam S, Gebefügi I, Kettrup A, Weigelt E:** PCP-haltige Holzschutzmittel; Forschungsvorhaben zur Bestimmung der Zusammenhänge zwischen Baustoff- und Luft-, Staub-, Blut- und Urinkonzentrationen an Pentachlorphenol als Folge des chemischen Holzschutzes. (Abschlußbericht). *GSF-Forschungsbericht T2850*, 1-49 (1999b)
107. **Schöler H F, Färber H:** 5.6 Halogenorganische Verbindungen / Pentachlorphenol (PCP). In: *Dott W, Merk H F, Neuser J, Osieka R: Lehrbuch der Umweltmedizin: Grundlagen – Untersuchungsmethoden – Krankheitsbilder - Prävention.* 1. Aufl., 207-211, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 2002

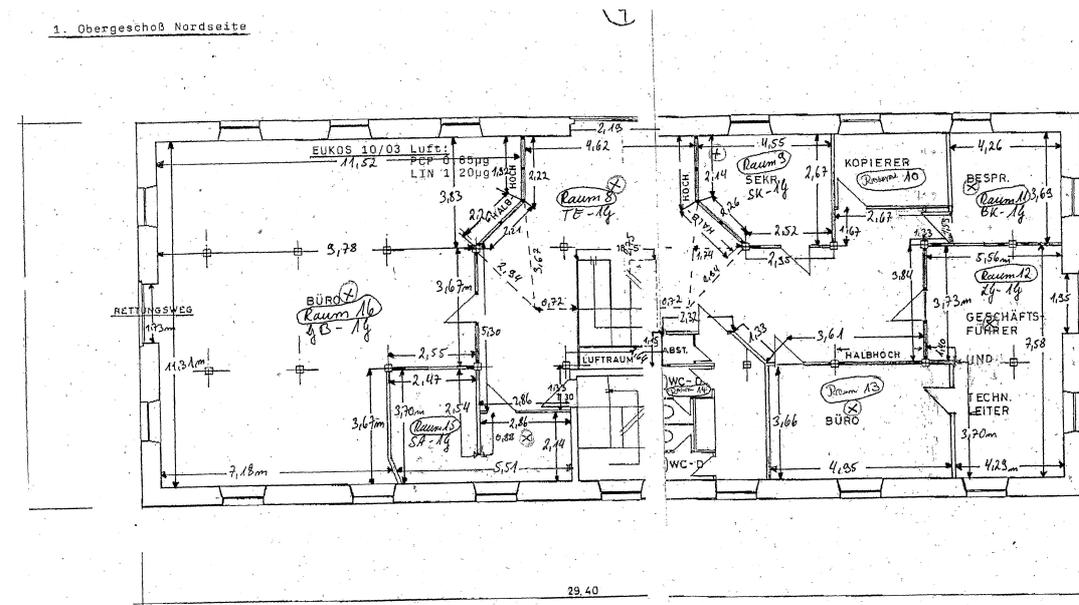
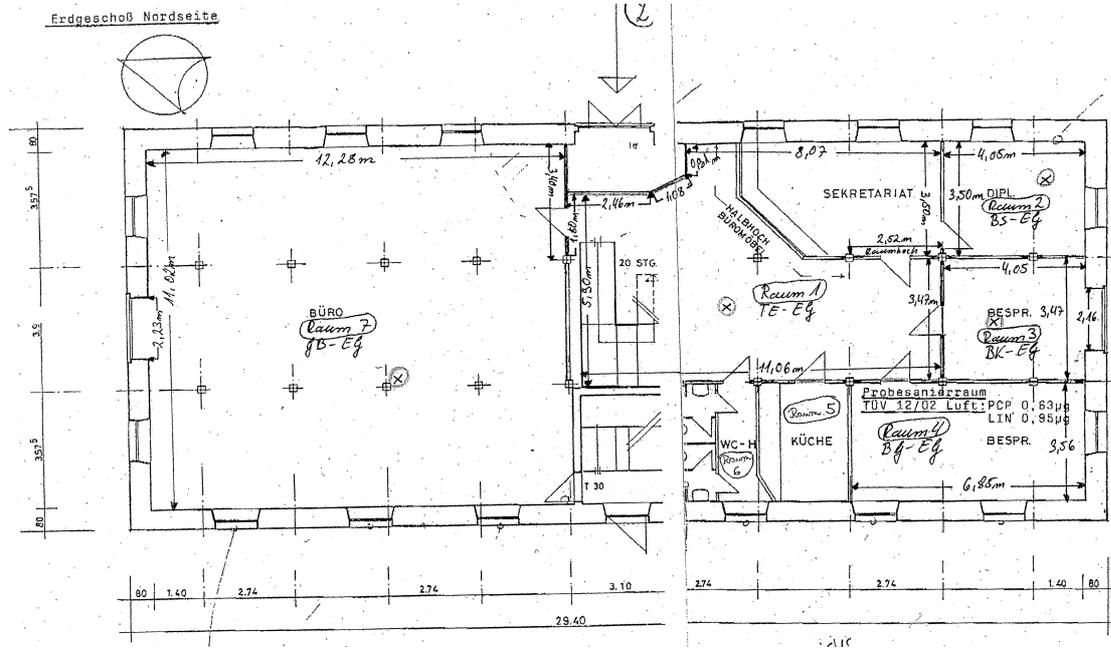
108. **Schöler H F, Thofern E:** Halogenkohlenwasserstoffe – ein Umweltproblem. *Öff. Gesundh.-Wes.* 46, 570-575 (1984)
109. **Schulz C, Becker K, Friedrich C, Helm D, Hoffmann K, Krause C, Nöllke P, Seiwert M:** Umwelt-Survey: PCP-Gehalte im Urin der deutschen Wohnbevölkerung - zeitliche Entwicklung und Vergleich alte/neue Länder. *Zbl. Arbeitsmed.* 48, 91 (1998)
110. **Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe:** XIII. Krebserzeugende Arbeitsstoffe. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft: MAK- und BAT-Werte-Liste 2004. Mitteilung 40, 207-212, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2004
111. **Stolz P, Krooß J, Thurmann U, Müller H:** Verfahren zur Holzschutzmittelbestimmung; Statistik der Probennahme und Analytik der Holzschutzmittel in Altholz. *Umweltbundesamt Texte* 50/99, 1-204, 1999
112. **Suchenwirth R H R:** 20 Pestizide (Pflanzenschutzmittel) / Fungizide. In: Mersch-Sundermann V: *Umweltmedizin: Grundlagen der Umweltmedizin - klinische Umweltmedizin - ökologische Umweltmedizin.* 1. Aufl., 242, Thieme, Stuttgart, New York 1999
113. **Surber C, Rufli T:** Lindane. *Hautarzt* 46, 528-536 (1995)
114. **TRGS 900.** Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz „Luftgrenzwerte“. *BArbBl.* 10, S. 34 (2000), zuletzt geändert *BArbBl.* 4, S. 80 (2003)
115. **TRGS 903.** Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte - BAT-Werte. *BArbBl.* 4, S. 52 (2001), zuletzt geändert *BArbBl.* 10, S. 64 (2002), ber. durch *BArbBl.* 1, S. 110 (2003)
116. **TRGS 905.** Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe. *BArbBl.* 3, S. 94 (2001), zuletzt geändert *BArbBl.* 3, S. 69 (2003)
117. **Umweltbundesamt:** Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM) in der Umweltmedizin. *Bundesgesundhbl.* 39, 221-224 (1996)
118. **Umweltbundesamt:** Stoffmonographie Pentachlorphenol - Referenz- und Human-Biomonitoring Werte (HBM). *Bundesgesundhbl.* 40, 212-222 (1997)

119. **Umweltbundesamt:** Statusbericht zur Hintergrundbelastung mit Organochlorverbindungen in Humanblut. Bundesgesundhbl. 42, 446-448 (1999a)
120. **Umweltbundesamt:** Aktualisierung der Referenzwerte für Pentachlorphenol im Serum und Urin. Bundesgesundhbl. 42, 599-600 (1999b)
121. **Umweltbundesamt:** Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte. Umweltmedizinischer Informationsdienst, 9-12 (2000)
122. **Umweltbundesamt:** Aktualisierung des Referenzwertes für Pentachlorphenol im Morgenurin. Bundesgesundhbl. 47, 499-502 (2004)
123. **Valentin H:** Umwelt und Gesundheit: Risiko, Verhältnismäßigkeit, Kausalität. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 29, 153-155 (1994)
124. **Verein für Umweltkranke e. V.:** Praktische Hinweise für das tägliche Leben mit MCS/CFS u.ä. Auslösererkennung, Auslösermeidung, Alternativen. Ratgeber, 1-24, Verein für Umweltkranke, Bredstedt 2002
125. **Vieregge P, Klein C, Heinzow B:** Neurologisch-neuropsychologische Gesundheitsstörungen unter chronischer Niedrigdosis-Exposition mit volatilen Pestiziden - Eine bevölkerungsbezogene umwelttoxikologische Studie 1995/96. Bericht Medizinische Universität zu Lübeck und Landesamt für Natur und Umwelt, Flintbek 1997
126. **Volkheimer B:** Gesundheitsschäden durch Anwendung Pentachlorphenolhaltiger Holzschutzmittel im Wohnbereich, Med. Diss. Kiel, 1994
127. **Vollmer G, Franz M:** Chemischer Holzschutz. In: Vollmer G, Franz M: Chemie in Hobby und Beruf / Farben, Holzschutz, Korrosionsschutz, Klebstoffe, Schweiß- und Lötmaterialien, Büromaterialien. 1. Aufl., 97-115, Gemeinschaftsausgabe der Verlage Georg Thieme, Stuttgart und Deutscher Taschenbuch Verlag, München 1991
128. **Walker G:** Biozide im Innenraum – Exposition, quantitative Bestimmung im Hausstaub, Wirkung und Humanbiomonitoring, Chem. Diss. Oldenburg, 1999
129. **Weik W:** Bestimmung des Hydroxyliererstatus (Phänotypisierung) bei Patienten mit Verdacht auf Gesundheitsschädigung durch chronische Holzschutzmittelbelastung, Med. Diss. Heidelberg, 1994

130. **Wolf J, Hartung M, Schröder H-G, Schaller K-H, Woeste W:** Konzentrationen ausgewählter Gefahrstoffe in Materialproben aus der Holzwirtschaft / Schwermetalle, chlorierte Phenole, Lindan. Staub-Reinhaltung der Luft 50, 23-28 (1990)
131. **Wuske T, Mahn J, Polzius R, Manns A:** Objektbezogenes Verfahren für den Nachweis von Pentachlorphenol-Emissionen in Innenräumen. Drägerheft 365, 4-9 (1997)

# 8. Anhänge

## Anhang 1 Raumverteilung im Gebäude





## Anhang 2 Fragebogen vor Sanierung

### Fragebogen PCP

Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus  
Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

Ident-Nr.

--	--	--

v 03.11.2004 15:53:00

Allgemeine Fragen	
Geschlecht	<input type="checkbox"/> 1 weiblich <input type="checkbox"/> 2 männlich
Wie alt sind Sie?	<input type="text"/> <input type="text"/> Jahre
Seit wann arbeiten Sie in diesem Gebäude?	<input type="text"/> <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> (Monat/Jahr)
Wie viele Stunden pro Woche arbeiten Sie ca.?	<input type="text"/> <input type="text"/> Stunden inklusive Mehrarbeit
Verrichten Sie eine Außendiensttätigkeit?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja Falls ja: welchen Teil der Arbeitszeit sind Sie außerhalb des Büros? Ca. <input type="text"/> <input type="text"/> %
Wo befindet sich Ihr Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/> (Etage, ggf. Raumnummer) <input type="text"/> <input type="text"/>
Privates Umfeld	
Wann war ihr letzter arbeitsfreier Tag? Vor	<input type="text"/> <input type="text"/> Tagen
Hatten Sie in den letzten 3 Wochen Urlaub?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja Falls ja: wie lange? <input type="text"/> <input type="text"/> Wochen
Wann wurde die Wohnung oder das Haus, in dem Sie leben, erbaut?	<input type="checkbox"/> vor 1970 <input type="checkbox"/> zwischen 1970 und 1990 (Wende) <input type="checkbox"/> nach 1990
Hatten Sie früher einmal Kontakt mit PCP-haltigen Anstrichmitteln, z. B. in Ihrer Wohnung, an anderen Arbeitsplätzen?	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, und zwar:
Tragen Sie Lederkleidung direkt auf der Haut (z. B. Lederhosen)?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> ja, gelegentlich <input type="checkbox"/> ja, regelmäßig (mehr als 1x pro Woche)
Rauchen Sie?	<input type="checkbox"/> 1 nein <input type="checkbox"/> 2 ja, und zwar _____ (Menge) pro Tag
Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben? (Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)	<input type="checkbox"/> 1 ausgezeichnet <input type="checkbox"/> 2 sehr gut <input type="checkbox"/> 3 gut <input type="checkbox"/> 4 weniger gut <input type="checkbox"/> 5 schlecht
Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben? (Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)?	<input type="checkbox"/> 1 derzeit viel besser als vor einem Jahr <input type="checkbox"/> 2 derzeit etwas besser als vor einem Jahr <input type="checkbox"/> 3 etwa so wie vor einem Jahr <input type="checkbox"/> 4 derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr <input type="checkbox"/> 5 derzeit viel schlechter als vor einem Jahr

**Fragebogen PCP**

Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

Ident-Nr.

--	--	--

v 03.11.2004 15:53:00

<b>Arbeitsbewältigungsindex</b>			
<p><b>Derzeitige Arbeitsfähigkeit im Vergleich zu der besten je erreichten Arbeitsfähigkeit</b>                  Wenn Sie Ihre beste je erreichte Arbeitsfähigkeit mit 10 Punkten bewerten: Wie viele Punkte würden Sie dann für Ihre derzeitige Arbeitsfähigkeit geben? (z. B. 0 wenn Sie arbeitsunfähig sind)</p>			
Völlig arbeitsunfähig	0	1	2
	3	4	5
	6	7	8
	9	10	Beste Arbeitsfähigkeit
<p><b>Bewältigung der derzeitigen Anforderungen in der Arbeit</b>                  Wie gelingt es Ihnen derzeit, die <u>körperlichen</u> Arbeitsanforderungen zu bewältigen?</p>			
sehr gut	eher gut	mittelmäßig	eher schlecht
			sehr schlecht
<p>Wie gelingt es Ihnen derzeit, die <u>psychischen</u> Arbeitsanforderungen zu bewältigen?</p>			
sehr gut	eher gut	mittelmäßig	eher schlecht
			sehr schlecht
<b>Ihr Gesundheitszustand</b>			
<p><b>Anzahl der aktuellen, vom Arzt diagnostizierten Krankheiten</b>                  Kreuzen Sie in der folgenden Liste Ihre derzeitigen Krankheiten oder Verletzungen an. Geben Sie bitte auch an, ob ein Arzt diese Krankheiten diagnostiziert oder behandelt hat. Für jede aufgeführte Krankheit können Sie daher 2, 1 oder 0 ankreuzen.</p>			
	Ja, eigene Diagnose	Ja, Diagnose des Arztes	Nein
<b>Unfallverletzungen</b>			
Rücken	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Arm/Hand	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Bein/Fuß	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
anderer Körperteil, Art der Verletzung	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Erkrankungen des Bewegungsapparates</b>			
Oberer Bereich des Rückens oder der Halswirbelsäule, wiederholte Schmerzattacken	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Beschwerden im unteren Bereich des Rückens, wiederholte Schmerzen	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Vom Rücken ins Bein ausstrahlender Schmerz/Ischias	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Muskel-Skelett-Beschwerden in den Gliedmaßen (Hand, Fuß), wiederholte Schmerzattacken	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
rheumatische Gelenksbeschwerden andere Erkrankungen des Bewegungsapparates, Art?	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0

**Fragebogen PCP**

**Ident-Nr.**

--	--	--

Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

v 03.11.2004 15:53:00

	Ja, eigene Diagnose	Ja, Diagnose des Arztes	Nein
<b>Herz-Kreislauf Erkrankungen</b>			
Hypertonie (Bluthochdruck)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
koronare Herzkrankheit, Brustschmerzen bei Anstrengung (Angina pectoris)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
stattgefundener Herzinfarkt	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Herzleistungsschwäche	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
andere Herz-Kreislaufferkrankungen, Art?	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Atemwegserkrankungen</b>			
Atemwegsinfektionen (auch Mandelentzündung, Nasennebenhöhlenentzündung, Schnupfen, Bronchitis, Grippe)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
chronische Bronchitis	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
chronische Nasennebenhöhlenentzündung	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Bronchialasthma	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Emphysem	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Lungentuberkulose	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
andere Atemwegserkrankungen, Art?	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Psychische Erkrankungen</b>			
Schwere psychische Erkrankung (z. B. schwere Depression, Psychosen, Verwirrtheit, Halluzinationen)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Psychische Probleme oder Krisen (z. B. leichte Depression, Angespanntheit, Angstzustände, Schlaflosigkeit)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Neurologische und sensorische Erkrankungen</b>			
Schwerhörigkeit oder Hörschaden	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Sehschwierigkeiten oder Sehschaden	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Neurologische Krankheit (z. B. Schlaganfall, Nervenschmerzen, Kopfschmerzen, Migräne, Epilepsie)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere neurologische oder sensorische Störung, Art?	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Erkrankungen im Magen-Darm-Trakt</b>			
Gallensteine oder Gallensteinbeschwerden	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Leber- oder Bauchspeicheldrüsen-Erkrankung	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Magen- oder Zwölffingerdarmgeschwüre	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Gastritis oder Zwölffingerdarmreizung	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Dickdarmreizung, Colitis	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andre Verdauungskrankheit, Art?	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Leiden Sie unter Haarausfall?</b>			
	<input type="checkbox"/> 1 nein	<input type="checkbox"/> 2 ja, seit _____ (Jahr)	

**Fragebogen PCP**

Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus  
Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

Ident-Nr.

--	--	--

v 03.11.2004 15:53:00

	Ja, eigene Diagnose	Ja, Diagnose des Arztes	Nein
<b>Geschlechts- und Harnwegserkrankungen</b>			
Harnwegsinfektion	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Nierenleiden	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Krankheit der Geschlechtsorgane (z. B. Eileiterinfektion bei Frauen oder Prostatinfektion bei Männern)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere Geschlechts- oder Harnwegserkrankung, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Hautkrankheiten</b>			
Allergischer Hautausschlag, Ekzeme	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Anderer Hautausschlag, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere Hautkrankheit, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Tumore</b>			
Gutartiger Tumor	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Bösartiger Tumor/Krebs, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Hormon- und Stoffwechselerkrankungen</b>			
Fettleibigkeit (Übergewicht)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Diabetes (Zucker)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Kropf- oder Schilddrüsenerkrankung	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere endokrine und Stoffwechselerkrankung, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Blutkrankheiten und Geburtsfehler</b>			
Anämie („Blutarmut“)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere Blutkrankheiten, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Geburtsfehler, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere Leiden oder Krankheiten, welche? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Leiden Sie unter Schlafstörungen (Mehrfachnennung möglich)?</b>			
<input type="checkbox"/> Nein, ich schlafe immer oder fast immer gut			
<input type="checkbox"/> Ja, ich kann nicht gut einschlafen			
<input type="checkbox"/> Ja, ich wache öfters nachts auf			
Welche Ursache nehmen Sie für diese Schwierigkeit an? _____			
<b>Haben Sie nächtliche Schweißausbrüche?</b>			
<input type="checkbox"/> 1 nein <input type="checkbox"/> 2 ja			
<b>Leiden Sie unter Appetitlosigkeit?</b>			
<input type="checkbox"/> 1 nein <input type="checkbox"/> 2 ja			
<b>Vertragen Sie folgende Genussmittel</b>			
Kaffee	<input type="checkbox"/> 1 nein	<input type="checkbox"/> 2 ja	
Tee	<input type="checkbox"/> 1 nein	<input type="checkbox"/> 2 ja	
Alkohol	<input type="checkbox"/> 1 nein	<input type="checkbox"/> 2 ja	

### Anhang 3 Ärztlicher Frage- und Untersuchungsbogen vor Sanierung

**Fragebogen PCP**

Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

Ident-Nr.

--	--	--

v 03.11.2004 15:53:00

**Ärztlicher Fragebogen (wird vom untersuchenden Arzt ausgefüllt)**

Größe _____ cm													
Gewicht _____ kg <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> konstant <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Zunahme <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Abnahme													
Alkoholkonsum <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja. Menge gestern:													
Tabakkonsum <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja. Menge / Zeit:													
Sind Vorerkrankungen bekannt? Welche?													
<table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> nein</td> <td><input type="checkbox"/> ja</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> ZNS (Hirnhautentzündung)</td> <td><input type="checkbox"/> Psyche</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Lunge</td> <td><input type="checkbox"/> Herz, Kreislauf</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Magen / Darm</td> <td><input type="checkbox"/> Leber, Stoffwechsel</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Nierenerkrankungen</td> <td><input type="checkbox"/> plötzlich hohes Fieber</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Bewegungsapparat</td> <td><input type="checkbox"/> Infektionserkrankungen</td> </tr> </table> <p><i>Bitte Jahr der Erstmanifestation notieren</i></p>		<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ZNS (Hirnhautentzündung)	<input type="checkbox"/> Psyche	<input type="checkbox"/> Lunge	<input type="checkbox"/> Herz, Kreislauf	<input type="checkbox"/> Magen / Darm	<input type="checkbox"/> Leber, Stoffwechsel	<input type="checkbox"/> Nierenerkrankungen	<input type="checkbox"/> plötzlich hohes Fieber	<input type="checkbox"/> Bewegungsapparat	<input type="checkbox"/> Infektionserkrankungen
<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja												
<input type="checkbox"/> ZNS (Hirnhautentzündung)	<input type="checkbox"/> Psyche												
<input type="checkbox"/> Lunge	<input type="checkbox"/> Herz, Kreislauf												
<input type="checkbox"/> Magen / Darm	<input type="checkbox"/> Leber, Stoffwechsel												
<input type="checkbox"/> Nierenerkrankungen	<input type="checkbox"/> plötzlich hohes Fieber												
<input type="checkbox"/> Bewegungsapparat	<input type="checkbox"/> Infektionserkrankungen												
Medikamenteneinnahme <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja													
Welche?													
Medikamenteneinnahme seit wann?													
Sind Allergien bekannt? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja. Welche?													
<input type="checkbox"/> Lokalisation:													
Allergien seit wann bekannt _____													
Haut:													
Sind Hauterkrankungen bekannt? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja													
Wenn ja, welche? _____													
Besserung der Hautbeschwerden am Wochenende, im Urlaub? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja													
Liegen Hautveränderungen vor? (Nicht zutreffende Unterantworten streichen) <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja													
Welche?													
Stuhlgangsanamnese <input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/> auffällig. _____													
Miktion / Harn <input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/> auffällig. _____													
Gastrointestinale Symptome am Erhebungstag													
epigastr. Sz. <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja													
Erbrechen <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja													
Diarrhoe <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja													

**Fragebogen PCP**

**Ident-Nr.**

--	--	--

Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

v 03.11.2004 15:53:00

Werden anamnestisch gehäuft gastrointestinale Symptome beschrieben?		
<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja. Welche? _____	
Nur bei Frauen: wann war die letzte Periode? _____		
<b>Orientierende Befunde</b>		
<b>Kopf:</b> Augen	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
NAP	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Nase	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Ohren	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Rachen	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
<b>Thoraxknöchern</b>	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Lunge	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Herz	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
<b>Abdomen:</b>		
Peristaltik	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig
Leber	<input type="checkbox"/> nicht tastbar vergrößert	<input type="checkbox"/> tastbar.
	wenn tastbar: _____ cm unter Rippenbogenrand	
	<input type="checkbox"/> derb	<input type="checkbox"/> weich
<b>Zeichen einer Leberschädigung (Leberhautzeichen)?</b>		
	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja
Wenn ja:	<input type="checkbox"/> Spider naevi	<input type="checkbox"/> Ikterus der Skleren / Haut
	<input type="checkbox"/> sonstige	
Milz	<input type="checkbox"/> nicht tastbar	<input type="checkbox"/> tastbar: _____ cm unter RBR
Nierenlager	<input type="checkbox"/> nicht klopfschmerzhaft	<input type="checkbox"/> klopfschmerzhaft
<b>Gefäßstatus</b>	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
<b>Extremitäten</b>	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
<b>ZNS:</b> Reflexe	<input type="checkbox"/> unauffällig, seitengleich	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Sensibilität	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Gangbild	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Tremor	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja

Datum:

— 1

Untersucher:

— 2

## Anhang 4 Fragebogen nach Sanierung

### Fragebogen nach Sanierung PCP

Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus  
Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

Ident-Nr.

--	--	--

v 10.11.2004 17:47:00

Allgemeine Fragen	
Wie viele Stunden pro Woche arbeiten Sie ca.?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Stunden inklusive Mehrarbeit
Verrichten Sie eine Außendiensttätigkeit?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja Falls ja: welchen Teil der Arbeitszeit sind Sie außerhalb des Büros? Ca. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> %
Wo befindet sich Ihr Arbeitsplatz jetzt?	<input type="checkbox"/> (Etage, ggf. Raumnummer) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Privates Umfeld	
Wann war ihr letzter arbeitsfreier Tag?	Vor <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Tagen
Hatten Sie in den letzten 3 Wochen Urlaub?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja Falls ja: wie lange? <input type="checkbox"/> Wochen
Rauchen Sie?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> nein <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> ja, und zwar _____ (Menge) pro Tag
Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im allgemeinen beschreiben? (Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)	
<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> ausgezeichnet <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> sehr gut <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> gut <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> weniger gut <input type="checkbox"/> <sub>5</sub> schlecht	
Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben? (Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)?	
<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> derzeit viel besser als vor einem Jahr <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> derzeit etwas besser als vor einem Jahr <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> etwa so wie vor einem Jahr <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr <input type="checkbox"/> <sub>5</sub> derzeit viel schlechter als vor einem Jahr	
Sind Sie privat in diesem Jahr umgezogen?	
<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja. Die neue Wohnung wurde erbaut <input type="checkbox"/> vor 1970 <input type="checkbox"/> zwischen 1970 und 1990 (Wende) <input type="checkbox"/> nach 1990	
Haben Sie oder Ihr Arzt an Ihrem Gesundheitszustand nach Sanierung Veränderungen bemerkt?	
<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja, habe ich selbst bemerkt <input type="checkbox"/> Ja, laut Diagnose des Arztes	
Wenn ja, was hat sich verändert ?	
_____	
_____	
_____	

**Fragebogen nach Sanierung PCP**

Ident-Nr.

--	--	--

Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus  
Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

v 10.11.2004 17:47:00

<b>Arbeitsbewältigungsindex</b>												
<p><b>Derzeitige Arbeitsfähigkeit im Vergleich zu der besten je erreichten Arbeitsfähigkeit</b> Wenn Sie Ihre beste je erreichte Arbeitsfähigkeit mit 10 Punkten bewerten: Wie viele Punkte würden Sie dann für Ihre derzeitige Arbeitsfähigkeit geben? (z. B. 0 wenn Sie arbeitsunfähig sind)</p>												
Völlig arbeits- unfähig	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Beste Arbeits- fähigkeit
<p><b>Bewältigung der derzeitigen Anforderungen in der Arbeit</b> Wie gelingt es Ihnen derzeit, die <u>körperlichen</u> Arbeitsanforderungen zu bewältigen?</p>												
sehr gut	eher gut	mittelmäßig	eher schlecht	sehr schlecht								
<p>Wie gelingt es Ihnen derzeit, die <u>psychischen</u> Arbeitsanforderungen zu bewältigen?</p>												
sehr gut	eher gut	mittelmäßig	eher schlecht	sehr schlecht								
<b>Ihr Gesundheitszustand</b>												
<p><b>Anzahl der aktuellen, vom Arzt diagnostizierten Krankheiten</b> Kreuzen Sie in der folgenden Liste Ihre derzeitigen Krankheiten oder Verletzungen an. Geben Sie bitte auch an, ob ein Arzt diese Krankheiten diagnostiziert oder behandelt hat. Für jede aufgeführte Krankheit können Sie daher 2, 1 oder 0 ankreuzen.</p>												
	Ja, eigene Diagnose	Ja, Diagnose des Arztes	Nein									
<b>Unfallverletzungen</b>												
Rücken	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0									
Arm/Hand	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0									
Bein/Fuß	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0									
anderer Körperteil, Art der Verletzung	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0									
<b>Erkrankungen des Bewegungsapparates</b>												
Oberer Bereich des Rückens oder der Halswirbelsäule, wiederholte Schmerzattacken	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0									
Beschwerden im unteren Bereich des Rückens, wiederholte Schmerzen	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0									
Vom Rücken ins Bein ausstrahlender Schmerz/Ischias	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0									
Muskel-Skelett-Beschwerden in den Gliedmaßen (Hand, Fuß), wiederholte Schmerzattacken	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0									
rheumatische Gelenksbeschwerden andere Erkrankungen des Bewegungsapparates, Art?	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0									

**Fragebogen nach Sanierung PCP**

Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus  
Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

Ident-Nr.

--	--	--

v 10.11.2004 17:47:00

	Ja, eigene Diagnose	Ja, Diagnose des Arztes	Nein
<b>Herz-Kreislauf Erkrankungen</b>			
Hypertonie (Bluthochdruck)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
koronare Herzkrankheit, Brustschmerzen bei Anstrengung (Angina pectoris)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
stattgefundener Herzinfarkt	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Herzleistungsschwäche	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
andere Herz-Kreislaufferkrankungen, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Atemwegserkrankungen</b>			
Atemwegsinfektionen (auch Mandelentzündung, Nasennebenhöhlenentzündung, Schnupfen, Bronchitis, Grippe)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
chronische Bronchitis	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
chronische Nasennebenhöhlenentzündung	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Bronchialasthma	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Emphysem	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Lungentuberkulose	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
andere Atemwegserkrankungen, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Psychische Erkrankungen</b>			
Schwere psychische Erkrankung (z. B. schwere Depression, Psychosen, Verwirrtheit, Halluzinationen)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Psychische Probleme oder Krisen (z. B. leichte De- pression, Angespanntheit, Angstzustände, Schlaflosigkeit)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Neurologische und sensorische Erkrankungen</b>			
Schwerhörigkeit oder Hörschaden	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Sehschwierigkeiten oder Sehschaden	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Neurologische Krankheit (z. B. Schlaganfall, Nervenschmerzen, Kopfschmerzen, Migräne, Epilepsie)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere neurologische oder sensorische Störung, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Erkrankungen im Magen-Darm-Trakt</b>			
Gallensteine oder Gallensteinbeschwerden	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Leber- oder Bauchspeicheldrüsen-Erkrankung	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Magen- oder Zwölffingerdarmgeschwüre	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Gastritis oder Zwölffingerdarmreizung	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Dickdarmreizung, Colitis	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andre Verdauungskrankheit, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Leiden Sie unter Haarausfall?</b>			
	<input type="checkbox"/> 1 nein	<input type="checkbox"/> 2 ja, seit _____ (Jahr)	

## Fragebogen nach Sanierung PCP

Ident-Nr.

--	--	--

 Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus  
 Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

v 10.11.2004 17:47:00

	Ja, eigene Diagnose	Ja, Diagnose des Arztes	Nein
<b>Geschlechts- und Harnwegserkrankungen</b>			
Harnwegsinfektion	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Nierenleiden	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Krankheit der Geschlechtsorgane (z. B. Eileiterinfektion bei Frauen oder Prostatinfektion bei Männern)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere Geschlechts- oder Harnwegserkrankung, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Hautkrankheiten</b>			
Allergischer Hautausschlag, Ekzeme	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Anderer Hautausschlag, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere Hautkrankheit, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Tumore</b>			
Gutartiger Tumor	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Bösartiger Tumor/Krebs, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Hormon- und Stoffwechselerkrankungen</b>			
Fettleibigkeit (Übergewicht)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Diabetes (Zucker)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Kropf- oder Schilddrüsenerkrankung	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere endokrine und Stoffwechselerkrankung, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Blutkrankheiten und Geburtsfehler</b>			
Anämie („Blutarmut“)	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere Blutkrankheiten, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Geburtsfehler, Art? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Andere Leiden oder Krankheiten, welche? _____	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<b>Leiden Sie unter Schlafstörungen (Mehrfachnennung möglich)?</b>			
<input type="checkbox"/> Nein, ich schlafe immer oder fast immer gut			
<input type="checkbox"/> Ja, ich kann nicht gut einschlafen			
<input type="checkbox"/> Ja, ich wache öfters nachts auf			
Welche Ursache nehmen Sie für diese Schwierigkeit an? _____			
<b>Haben Sie nächtliche Schweißausbrüche?</b>			
<input type="checkbox"/> 1 nein <input type="checkbox"/> 2 ja			
<b>Leiden Sie unter Appetitlosigkeit?</b>			
<input type="checkbox"/> 1 nein <input type="checkbox"/> 2 ja			
<b>Vertragen Sie folgende Genussmittel</b>			
Kaffee	<input type="checkbox"/> 1 nein	<input type="checkbox"/> 2 ja	
Tee	<input type="checkbox"/> 1 nein	<input type="checkbox"/> 2 ja	
Alkohol	<input type="checkbox"/> 1 nein	<input type="checkbox"/> 2 ja	

## Anhang 5 Ärztlicher Frage- und Untersuchungsbogen nach Sanierung

### Fragebogen nach Sanierung PCP

Ident-Nr.

--	--	--

Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

v 10.11.2004 17:47:00

### Ärztlicher Fragebogen (wird vom untersuchenden Arzt ausgefüllt)

Größe	_____ cm	
Gewicht	_____ kg <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> konstant <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Zunahme <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Abnahme	
Alkoholkonsum	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja. Menge gestern:	
Tabakkonsum	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja. Menge / Zeit:	
Medikamenteneinnahme	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Welche?		
Medikamenteneinnahme seit wann?		
_____		
Sind Allergien bekannt?	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja. Welche?	
	<input type="checkbox"/> Lokalisation:	
Allergien seit wann bekannt _____		
Haut:		
Sind Hauterkrankungen bekannt?	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Wenn ja, welche? _____		
Besserung der Hautbeschwerden am Wochenende, im Urlaub?		
	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Liegen Hautveränderungen vor? (Nicht zutreffende Unterantworten streichen)		
	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Welche?		
Stuhlganganamnese	<input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/> auffällig. _____	
Miktion / Harn	<input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/> auffällig. _____	
Gastrointestinale Symptome am Erhebungstag		
epigastr. Sz.	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Erbrechen	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Diarrhoe	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja	
Werden anamnestisch gehäuft gastrointestinale Symptome beschrieben?		
	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja. Welche? _____	
Nur bei Frauen: wann war die letzte Periode? _____		
Haben sich Erkrankungen verändert, gebessert, sind welche hinzugekommen?		

**Fragebogen nach Sanierung PCP**

Ident-Nr.

--	--	--

Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck. Studienleitung Dr. S. W. Weiler

v 10.11.2004 17:47:00

<b>Orientierende Befunde</b>		
<b>Kopf:</b> Augen	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
NAP	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Nase	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Ohren	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Rachen	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
<b>Thoraxknöchern</b>	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Lunge	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Herz	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
<b>Abdomen:</b>		
Peristaltik	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig
Leber	<input type="checkbox"/> nicht tastbar vergrößert	<input type="checkbox"/> tastbar.
	wenn tastbar:	___ cm unter Rippenbogenrand
	<input type="checkbox"/> derb	<input type="checkbox"/> weich
<b>Zeichen einer Leberschädigung (Leberhautzeichen)?</b>		
	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja
Wenn ja:	<input type="checkbox"/> Spider naevi	<input type="checkbox"/> Ikterus der Skleren / Haut
	<input type="checkbox"/> sonstige	
Milz	<input type="checkbox"/> nicht tastbar	<input type="checkbox"/> tastbar: _____ cm unter RBR
Nierenlager	<input type="checkbox"/> nicht klopf-schmerzhaft	<input type="checkbox"/> klopf-schmerzhaft
<b>Gefäßstatus</b>	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
<b>Extremitäten</b>	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
<b>ZNS:</b> Reflexe	<input type="checkbox"/> unauffällig, seitengleich	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Sensibilität	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Gangbild	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> auffällig. _____
Tremor	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja

Aktuelle Beschwerden? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_ 1

Untersucher: \_\_\_\_\_ 2

## 9. Danksagung

Herrn Professor Dr. med. Dr. med. dent. R. Kessel, Direktor des Instituts für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, danke ich für die Möglichkeit, unter seiner Obhut eine Dissertation verfassen zu dürfen.

Besonders danken möchte ich auch Herrn Dr. med. S. W. Weiler vom Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, der mir durch seine Betreuung und Hilfe sowohl bei der Entwicklung der Fragebögen und der Durchführung des praktischen Teils als auch bei der Erläuterung des statistischen Programmes und der Auswertung der Ergebnisse zur Seite stand und meine zahlreichen Fragen beantwortete.

Ebenfalls möchte ich Herrn Dr. med. Nauert, Dezernat 40 im Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit Schleswig-Holstein, Herrn Dr. med. Heinzow, Dezernat 50 im Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit und vor allem Herrn PD Dr. rer. nat. Mohr, Dezernat 50 im Landesamt Gesundheit und Arbeitssicherheit Schleswig-Holstein, herzlich für ihre Vermittlung und argumentative Unterstützung bei der Diskussion mit dem Vermieter des Gebäudes und den Mitarbeitern der Firma danken.

Ganz besonders danken möchte ich auch Frau Harmel, Dezernat 50 des Landesamtes für Gesundheit und Arbeitssicherheit Schleswig-Holstein und Herrn Schoop vom Gesundheitsamt, für die Durchführung der Raumluftmessungen und die Vermessung der Räume im Gebäude.

Herrn Prof. Dr. med. J. Steinhoff danke ich für die für uns kostenfreie Durchführung der Harnproteinanalytik in seinem Labor.

Lieber Dank gilt meinen Eltern, die mir die Möglichkeit eröffneten, zu studieren und meinen Wunschberuf zu ergreifen.

## 10. Tabellarischer Lebenslauf

Name: Wiederhold  
Vorname: Ina  
Geburtsdatum: 03.03.1967  
Geburtsort: Kassel  
Familienstand: ledig  
Staatsangehörigkeit: deutsch

### Schulzeit:

08/1973 – 07/1977: Grundschule  
08/1977 – 06/1986: Gymnasium  
10.06.1986: Abitur an der Albert-Schweitzer-Schule in Kassel

### Hochschule:

10/1986-06/1987: Chemiestudium an der Gesamthochschule Kassel  
03.06.1987: Zulassung zum Medizinstudium  
durch die ZVS  
06/1987 – 04/1993: Studium der Humanmedizin an der  
Philipps-Universität Marburg  
04/1993 – 04/1994: Praktisches Jahr in den Städtischen Kliniken Kassel,  
Akademisches Lehrkrankenhaus der Philipps-Universität  
Marburg (Fächer: Chirurgie, Anästhesie, Innere Medizin)

### Prüfungen:

06.09.1989: Ärztliche Vorprüfung in Marburg  
30.08.1990: Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung in Marburg  
07.04.1993: Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung in Marburg  
11.04.1994: Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung in Kassel  
14.04.1994: Erlaubnis für die Tätigkeit als Ärztin im Praktikum  
01.08.1996: Approbation als Ärztin  
20.09.2001: Facharztprüfung Arbeitsmedizin in Hannover

Beruf:

- 04/1994 – 12/1994: Wissenschaftliche Studie zur Schichtarbeit am Institut für Arbeitsphysiologie und Rehabilitationsforschung der Philipps-Universität Marburg
- 30.12.1994: Exmatrikulation
- 02/1995 – 07/1996: Ärztin im Praktikum beim Ärztlichen Dienst der Stadt Karlsruhe
- 08/1996 – 10/1996: Vertragsverlängerung als Assistenzärztin beim Ärztlichen Dienst der Stadt Karlsruhe
- 01/1997 – 12/2000: Stabsärztin bei der Bundeswehr
- 02.01.1997 – 24.01.1997: Einweisungslehrgang Sanitätsoffizier an der Akademie des Sanitäts- und Gesundheitswesens der Bundeswehr in München
- 27.01.1997 – 30.09.1998: Truppenärztin im Panzerartilleriebataillon in Hessisch-Lichtenau
- 01.10.1998 – 31.12.1999: Assistenzärztin im Standortsanitätszentrum Hessisch-Lichtenau
- 08.04.1999 – 06.05.1999: Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz, Internistische Infektionsstation
- 07.05.1999 – 29.05.1999: Einsatz im Flüchtlingslager Cegrane in Mazedonien
- 01.01.2000 – 31.12.2000: Bundeswehrkrankenhaus Amberg, Innere Abteilung
- 01.01.2001 – 30.06.2001: Chirurgische Praxis mit Tagesklinik M.D. Al-Rayes und Dr. Remeke, Peine
- 22.10.2001 – 31.12.2001: Allgemeinmedizinische Praxis Dr. Hesse, Kassel
- seit 01.02.2002: Landesgewerbeärztin beim Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit Schleswig-Holstein, Kiel
- seit 12/2003: Dissertation am Institut für Arbeitsmedizin der Universität Schleswig-Holstein, Campus Lübeck