

PCP-haltige Holzschutzmittel

Forschungsvorhaben zur Bestimmung der Zusammenhänge zwischen Baustoff- und Luft-, Staub-, Blut- und Urinkonzentrationen an Pentachlorphenol als Folge des chemischen Holzschutzes

T 2850

T 2850

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

1999, ISBN 3-8167-5479-1

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail irb@irb.fhg.de

URL <http://www.irb.fhg.de>

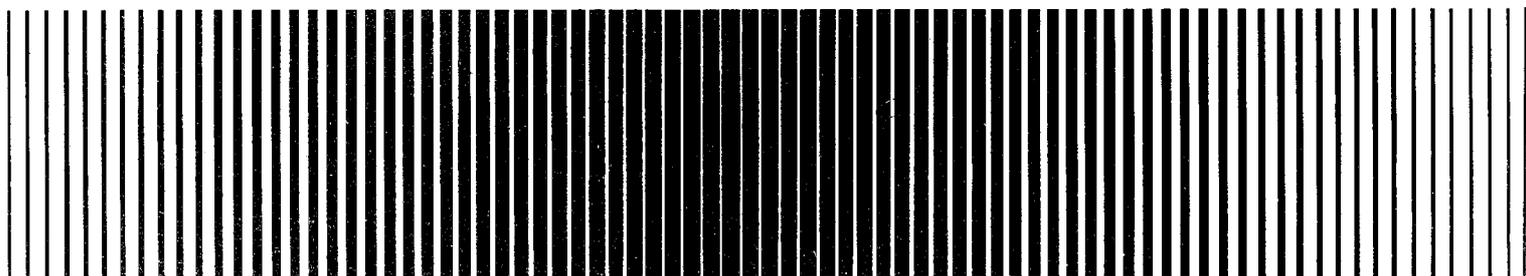
**PCP- haltige Holzschutzmittel;
Forschungsvorhaben zur Bestimmung der
Zusammenhänge zwischen Baustoff- und Luft-, Staub-,
Blut- und Urinkonzentrationen an Pentachlorphenol
als Folge des chemischen Holzschutzes.**

Abschlussbericht

**J. Schnelle-Kreis^a, H. Scherb^b, A. Hoppe^a, T. Jänsch^a,
S. Braeutigam^a, I. Gebefügi^a, A. Kettrup^a, E. Weigelt^b**

^a: Institut für Ökologische Chemie,

^b: Institut für Biomathematik und Biometrie



**GSF – Forschungszentrum
für Umwelt und Gesundheit**

INHALT

1	AUSGANGSPUNKT UND ZIELSETZUNG.....	4
2	GRUNDLAGEN	4
2.1	VORKOMMEN / QUELLEN VON PCP	4
2.2	AUFNAHME, AUSSCHIEDUNG UND WIRKUNG VON PCP IM MENSCHEN	5
2.3	VERGLEICHSWERTE FÜR PCP-KONZENTRATIONEN IN BLUT UND URIN	6
2.4	INNENRAUMBELASTUNGEN MIT PCP.....	8
2.4.1	<i>PCP im Hausstaub</i>	8
2.4.2	<i>PCP in der Innenraumluft</i>	9
3	DURCHFÜHRUNG	9
3.1	ALLGEMEINES.....	9
3.2	AUSWAHL DER BEPROBTEN OBJEKTE.....	10
GESAMT.....		11
3.3	PROBENAHEME	11
3.3.1	<i>Raumluftproben</i>	11
3.3.2	<i>Staubproben</i>	12
3.3.3	<i>Begleitende Messungen bei den Probenahmen</i>	12
3.3.4	<i>Blut- und Urinuntersuchungen</i>	13
3.3.5	<i>Fragebogen</i>	13
3.4	ANALYTIK.....	13
3.4.1	<i>Luftproben</i>	13
3.4.2	<i>Staubproben</i>	14
3.4.3	<i>Gaschromatographie</i>	14
3.4.4	<i>Humanproben</i>	15
3.4.5	<i>Qualitätssicherung</i>	15
4	MESSERGEBNISSE.....	16
4.1	ERGEBNISSE DER LUFT- UND STAUBUNTERSUCHUNGEN.....	16
4.2	ERGEBNISSE DER BLUT- UND URINUNTERSUCHUNGEN.....	17
5	STATISTISCHE AUSWERTUNG DER MESSERGEBNISSE.....	18
5.1	LUFT- UND STAUBUNTERSUCHUNGEN	19
5.1.1	<i>Wiederholbarkeit der Messungen</i>	19
5.1.2	<i>Zusammenhänge zwischen Luft- und Staubbelastung</i>	20
5.1.3	<i>Sanierungseffekt</i>	24
5.2	BLUT- UND URINUNTERSUCHUNGEN	24
5.2.1	<i>Vergleich der Ergebnisse der unabhängigen Labors</i>	24
5.2.2	<i>Geschlechts- und altersspezifische Betrachtung</i>	26
5.2.3	<i>Zusammenhänge zwischen Blut- und Urinkonzentration</i>	26
5.2.4	<i>Sanierungseffekt</i>	28
5.3	ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN INNERER UND ÄUßERER BELASTUNG.....	30
5.3.1	<i>Blut- und Urinkonzentrationen in Abhängigkeit von der äußeren Belastung</i>	30
5.3.2	<i>Anteil der über die Atmung aufgenommenen Menge an PCP an der inneren Belastung</i>	32
5.3.3	<i>Einzelfallbetrachtung</i>	34

6	DISKUSSION	35
6.1	DISKUSSION DER EINZELNEN MESSERGEBNISSE.....	35
6.1.1	<i>Diskussion der Ergebnisse der Luft- und Staubuntersuchungen</i>	<i>35</i>
6.1.2	<i>Diskussion der Ergebnisse der Blut- und Urinuntersuchungen.....</i>	<i>36</i>
6.2	DISKUSSION DER ERGEBNISSE ZU DEN ARBEITSHYPOTHESEN	37
6.2.1	<i>Arbeitshypothese I.....</i>	<i>37</i>
6.2.2	<i>Arbeitshypothese II.....</i>	<i>39</i>
6.2.3	<i>Arbeitshypothese III</i>	<i>40</i>
6.2.4	<i>Arbeitshypothese IV.....</i>	<i>41</i>
6.3	ÜBER DIE BEARBEITUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN HINAUSGEHENDE ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN	42
6.3.1	<i>Bedeutung der inhalativen Aufnahme für die Gesamtbelastung mit PCP</i>	<i>42</i>
6.3.2	<i>Zusammenhänge zwischen der Konzentration von PCP in der Luft und im Staub</i>	<i>42</i>
6.3.3	<i>Sanierungseffekte</i>	<i>43</i>
6.3.4	<i>Betrachtung der individuellen Ergebnisse für einzelne Untersuchungsteilnehmer.....</i>	<i>44</i>
7	ZUSAMMENFASSUNG.....	44
8	LITERATUR	46

ANHANG

I	Probenahmedaten (Luft und Staubproben)
II	Fragebogen
III	Analytische Methoden von ERGO und IPASUM
IV	Kontrollkarte für die Bestimmung von PCP in Luft
V	Ergebnisse der Luft- und Staubuntersuchungen
VI	Ergebnisse der Blut- und Urinuntersuchungen
VII	Vergleich der Ergebnisse der Blut- und Urinuntersuchungen
VIII	Zusammenhänge zwischen PCP-Konzentrationen in Blut und Urin
IX	Vergleich der PCP-Konzentrationen vor und nach einer Sanierung
X	Regressionen

DEFINITIONEN

a	Ordinatenabschnitt der Ausgleichsfunktion, Koeffizient der Langmuir Isotherme
b	Koeffizient der Ausgleichsfunktion
BG	Bestimmungsgrenze
c	Koeffizient der Ausgleichsfunktion
\bar{c}	Mittelwert der Messergebnisse
$\Delta \bar{c}$	Differenz der Mittelwerte
E-Staub	Einzelstaubprobe
G-Staub	Gesamtstaubprobe
g	Anzahl der Messungen
I_{xa}	Indikatorvariable
k_t	Konzentration des Spurengases zum Zeitpunkt t
k_0	Anfangskonzentration des Spurengases
KI	95% Konfidenzintervall
N	Luftwechselzahl
n	Anzahl
n	Anzahl der Messwerte
P	Luftdruck
p	P-Wert
p_{np}	nicht parametrischer P-Wert
RH	Relative Luftfeuchte
r	Korrelations Koeffizient Regression
r_s	Spearman'scher Rangkorrelations Koeffizient
S	Standarabweichung
S_{rel}	Relative Standarabweichung
S_p	gepoolte Standarabweichung
$S_{p,rel}$	mittlere gepoolte relative Standarabweichung
T	Temperatur
t	t-Wert
t	Dauer der Messung
V	Variationskoeffizient
V_{Ref}	Variationskoeffizient, Referenzwert aus Ringversuch
x	Konzentration
x_{ij}	Messwert (Einzelwert)
$\overline{x_j}$	Mittelwert von g Messungen

1 Ausgangspunkt und Zielsetzung

Pentachlorphenol (PCP) wird aufgrund seiner Toxizität, seinen Dioxin-Verunreinigungen und seiner ubiquitären Verbreitung zu den bedeutenden Umweltchemikalien gezählt [1].

Aus umweltmedizinischer Sicht kommt der früheren Verwendung PCP-haltiger Holzschutzmittel in privaten aber auch in öffentlichen Räumen die größte Bedeutung zu.

Ziel des hier berichteten Forschungsvorhabens war es, die Zusammenhänge zwischen der äußeren Belastung durch PCP als Folge des chemischen Holzschutzes (Luft, Staub) in belasteten Gebäuden und der daraus resultierenden inneren Belastung (Blut, Urin) zu untersuchen. Dabei wurde von folgenden Arbeitshypothesen ausgegangen:

- I. Ein gegebenes Objekt (Haus) hat in relativ engen Grenzen konstante Kontaminationswerte in der Luft und dem sich erneuernden sedimentierten Staub.
- II. Die Ergebnisse der klinischen Labors betreffend Blut- und Urinalysen sind exakt. Die verwendeten Methoden stellen zuverlässige Ergebnisse sicher.
- III. Die innere Belastung (Blut, Urin) der exponierten Personen wird von der Konzentration an PCP in der Luft und im Staub beeinflusst, d. h. bei einer erhöhten äußeren Belastung werden höhere Blut- bzw. Urinkonzentrationen erwartet.
- IV. Die Ausscheidung von PCP ist individuell unterschiedlich. Für die "steady state" Blutkonzentration ist neben der externen Belastung auch die individuelle Ausscheidungsrate entscheidend.

Diese auch statistisch abzusichernden Zusammenhänge sollen eine Bewertung einzelner Daten ermöglichen und die Grundlage für zukünftige Handlungsentscheidungen (Sanierung) bieten.

2 Grundlagen

2.1 Vorkommen / Quellen von PCP

Wegen seiner guten fungiziden Eigenschaften wurde PCP im Holz und Bautenschutz, in der Schnittholzbehandlung, in Lacken, Farben, Klebern, in der Textil- und Lederindustrie sowie im Sanitärbereich und in der Papier- und Mineralölindustrie eingesetzt [2]. PCP war bis in die 70er Jahre das im Holzschutz am meisten verwendete Fungizid. Nach 1978 ging die Verwendung von PCP im Innenraumbereich aufgrund einer freiwilligen Selbstbeschränkung der Holzschutzmittelproduzenten stark zurück.

In der Bundesrepublik gilt seit 1989 die PCP-Verbotsverordnung [3] bzw. seit 1993 die Chemikalienverbotsverordnung [4], nach der die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung von PCP untersagt sind. In einigen Ländern (USA, Frankreich, Indien, Taiwan und VR China) wird PCP weiterhin produziert und verwendet, so dass durch Import von PCP-behandelten bzw. mit PCP kontaminierten Produkten (insbes. Leder [5] und Textilien [6,11]) ein geringer Eintrag noch bestehen kann.

Als Belastungspfade für den Menschen kommen neben der Belastung durch PCP-haltige Holzschutzmittel im Innenraumbereich zahlreiche z. T. diffuse Quellen in Frage [7]. Neben der Belastung durch Lebensmittel, die sowohl für pflanzliche Nahrungsmittel [8] als auch für Fleisch [9,10] berichtet wurde, sind hier Kleidung aus Naturfasern [11] und Lederwaren zu nennen. Auch die Behandlung von z. B. Wollteppichen mit PCP stellt nach wie vor eine Quelle dar. In handelsüblichen Spanplatten wurden noch in 1997 PCP-Kontaminationen festgestellt [12].

2.2 Aufnahme, Ausscheidung und Wirkung von PCP im Menschen

Als hydrophile Substanz wird PCP schnell über die Schleimhäute des Respirationstrakts, die Haut und über den Gastrointestinaltrakt resorbiert. In Tierversuchen wurde eine rasche Resorption mit Halbwertszeiten von 2-3 Stunden sowohl bei oraler Gabe [13] als auch bei Inhalation oder cutaner Applikation [14,15] beobachtet. Neben der inhalatorischen Aufnahme sind also vor allem Aufnahme über die Nahrung und die Haut zu berücksichtigen. Darüber hinaus kann PCP als Metabolit der endogenen Umwandlung von Hexachlorbenzol [16,17], Pentachlorbenzol [17,18], Pentachloranisol [19,20] und möglicherweise auch von Lindan (Hexachlorcyclohexan) und Pentachlornitrobenzol [21] entstehen.

Im Blut liegt PCP zu >96% an Plasmaproteine gebunden [22] vor. Die Konzentrationen an PCP in Plasma und in den Blutzellen sind ungefähr gleich, wodurch Ergebnisse von Serum-, Plasma- und Vollblutuntersuchungen bis zu Werten von 100 µg/l vergleichbar sind [23]. Der größte Teil des aufgenommenen PCP glukoronidiert. Durch enzymatische Substitution eines Chloratoms durch eine Hydroxylgruppe kann 2,3,5,6-Tetrachlorhydrochinon gebildet werden [24], das als wesentliche Komponente für die Krebsinduktion im Tierversuch gilt. Palmitoyl-PCP führt als weiteres Stoffwechselprodukt zur Retention von PCP im Fettgewebe [25]. Im Gleichgewicht ist die Konzentration im Gewebe Leber > Gehirn > Niere > Fettgewebe, wobei in der Leber im Vergleich zum Blut dreifach höhere Konzentrationen gefunden wurden [26]. In Gehirnflüssigkeit wurden PCP-Konzentrationen von 0,24-2,03 µg/l nachgewiesen. Ein Zusammenhang mit Serumkonzentrationen wurde nicht nachgewiesen [27]. Untersuchungen von Muttermilch ergaben PCP - Konzentrationen bis zu 45,1 µg/kg (Mittelwert 9,74 µg/kg) [28].

Die vorliegenden Daten zur Eliminationskinetik von PCP im Menschen sind widersprüchlich. Nach einer einmaligen oralen Gabe von PCP-Natrium wurde eine vollständige Eliminierung (86% der Dosis) nach 7 Tagen beobachtet [22]. Die Halbwertszeit von freiem PCP wurde mit $33,1 \pm 5,4$ Stunden und die von konjugiertem PCP mit $12,7 \pm 5,4$ Stunden berichtet [13]. In einer weiteren Studie wurde eine Halbwertszeit von 10 Tagen festgestellt [29]. Nach einer einzelnen oralen Gabe von PCP in ethanolischer Lösung wurde eine Eliminations-Halbwertszeit von 17 Tagen gemessen [22].

Eine aktuelle Darstellung des Kenntnisstandes über die Effekte von PCP auf den menschlichen Organismus hat die Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes (UBA) [1] gegeben. Auf eine Diskussion der darin angeführten Wirkungen des PCP wird an dieser Stelle verzichtet. Ergänzend zu der Darstellung des UBA soll jedoch auf mögliche

Gesundheitsgefahren durch PCP hingewiesen werden, die bisher lediglich im Tierexperiment nachgewiesen wurden. So ergaben Langzeitversuche mit Mäusen, die zwei Jahre lang technisches PCP erhalten hatten, eine eindeutige kanzerogene Wirkung von PCP. In erster Linie war die Häufigkeit von Tumoren des Nebennierenmarks erhöht. Daneben fanden sich vermehrt Lebertumoren und Tumoren des Gefäßsystems und der Milz [30]. In vitro Tests zur Gentoxizität von PCP ergaben widersprüchliche Hinweise auf die Auslösung von Punktmutationen [31,32,33]. Da die krebserzeugende Wirkung von PCP im Tierversuch eindeutig nachgewiesen wurde, hat die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe keinen MAK-Wert sowie auch keinen BAT-Wert festgelegt, unterhalb derer die Gesundheit nicht beeinträchtigt wird. PCP hat demnach die Einstufung III 2 („Stoffe, die als krebserzeugend anzusehen sind ...“) erhalten [46]. Neben diesen seit längerer Zeit bekannten Wirkungen wird in jüngerer Zeit der Einfluss von PCP auf das Hormonsystem diskutiert [34,35,36].

2.3 Vergleichswerte für PCP-Konzentrationen in Blut und Urin

Für die Allgemeinbevölkerung gültige Referenzwerte für PCP-Konzentrationen in Blut (Serum) oder Urin können derzeit nicht angegeben werden. Es liegt bisher keine Studie vor, die sowohl Holzschutzmittel exponierte als auch nicht exponierte Personen umfasst. In den Tabelle 1 und 2 sind die Ergebnisse von Studien seit Beginn der 80er Jahre zusammenfassend wiedergegeben. Obwohl einige der Studien den Anspruch erheben, nur nicht Holzschutzmittel exponierte Personen erfasst zu haben, kann eine über die Hintergrundkontamination hinausgehende Belastung nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Tabelle 1: Literaturdaten: PCP im Blutserum [$\mu\text{g/l}$]

Jahr	n	Median	Bereich	Vorschlag für obere Normgrenze	Literatur
1981		23,3		67,9	37
1984	27	28	5 – 155	150	38
1987	138	20,6	8,2 – 91	70	39
1993	78	7	1,5 – 38	25	40
1995	112	7,5	3,4 – 31,3	20	41
1995	70	7,2	<NWG – 170,8		42
1994-1995	484 299	4 6	<1 – 166 <2 – 61		43
1996		3,1 – 4,1			44

Tabelle 2: Literaturdaten: PCP im Urin [$\mu\text{g/l}$]

Jahr	n	Median	Bereich	Vorschlag für obere Normgrenze	Literatur
1981		4,4		160	37
1984		10	<5 – 105	55	38
1987	138	11,3	2,8 – 55	40	39
1993	72	3,3	<1 – 85	10	40
1995	111	3,2	<1 – 21,3	15	41
1995	27	3,1	<NWG – 21,3		42
1996		0,8 – 0,9			44

Die vorliegenden Daten zeigen eine deutliche Abnahme der inneren Belastung mit PCP seit den frühen 80er Jahren. Dieser Trend wird insbesondere durch die Studien aus Erlangen [42] und Münster [44] bestätigt. In diesen Studien wurden Datenreihen seit den 80er Jahren publiziert. Sie zeigen über die Abnahme der Belastung seit den frühen 80er Jahren hinaus eine gleichbleibende Belastung seit Beginn der 90er Jahre.

Auffällig bei der Betrachtung der im Median gefundenen PCP-Konzentrationen ist der sehr starke Rückgang der gefundenen Konzentrationen beim Übergang vom Ende der 80er zu den 90er Jahren. Diese Änderung der berichteten Konzentrationswerte kann neben dem Rückgang der äußeren Belastung nach Inkrafttreten der PCP-Verbotsverordnung 1989 möglicherweise auf eine verbesserte Analytik zurückzuführen sein.

Im Juni 1997 wurden von der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes Referenz und Human-Biomonitoring-Werte (HBM) für Pentachlorphenol festgelegt [1].

Die HBM-Werte sind wie folgt definiert [45]:

HBM-I: *"Prüf oder Kontrollwert ... Er entspricht einer Konzentration an PCP, bei dessen Unterschreitung nach dem aktuellen Stand der Bewertung durch die Kommission eine gesundheitliche Beeinträchtigung nicht zu erwarten ist."*

HBM-II: *"Interventions- oder Maßnahmewert. Er entspricht der Konzentration im Serum oder Urin, bei deren Überschreitung eine für den Betroffenen als relevant anzusehende gesundheitliche Beeinträchtigung möglich ist."*

Folgende Festlegungen wurden getroffen:

Tabelle 3: Human-Biomonitoring-Werte für PCP

	Referenzwert	HBM-I-Wert	HBM-II-Wert
PCP im Serum [$\mu\text{g/l}$]	20	40	70
PCP im Urin [$\mu\text{g/l}$]	15	25	40
PCP im Urin/Creatinin [$\mu\text{g/g Crea.}$]	13	20	30

Diese Festlegung der HBM-Werte für PCP stützt sich im wesentlichen auf die Arbeiten von Grimm et al. aus dem Jahr 1981 [37] und Butte aus dem Jahr 1987 [38]. Eine für den Leser der Publikation [1] nachvollziehbare toxikologische oder umwelthygienische Ableitung der HBM-Werte erfolgt nicht. Insbesondere mit Blick auf das Alter der den Bewertungen zu Grunde liegenden Arbeiten und dem dokumentierten Rückgang der PCP-Belastung in den 80er Jahren und dem "Sprung" in den gefundenen Konzentrationen seit Beginn der 90er Jahre, sowie der Tatsache, dass PCP als kanzerogene Substanz eingestuft ist [46], müssen die vorliegenden HBM-Werte kritisch betrachtet werden.

Im Oktober 1996 wurden die als HBM-II definierten Werte als Interventionswerte für eine Sanierung in die Neufassung der PCP-Richtlinie [47] aufgenommen.

2.4 Innenraumbelastungen mit PCP

Aus behandelten Materialien wird PCP an die Raumluft abgegeben und wiederum an anderen Materialien adsorbiert, welche dann als sogenannte Sekundärquellen fungieren. Diese Migration führt in Gebäuden zu einer fortlaufenden Kontamination von Hausstaub und Raumluft.

2.4.1 PCP im Hausstaub

Die Untersuchung von Hausstaub hat sich als Screeninganalyse für Belastungen von Innenräumen mit Bioziden bewährt.

Hausstaub ist in seiner Zusammensetzung sehr heterogen. Er besteht in der Regel aus anorganischem und organischem Material. Aufgrund der im Verhältnis zur Partikelmasse größeren Oberfläche bindet Feinstaub die Substanzen in relativ größerem Ausmaß als Grobstaub.

Für vergleichende Untersuchungen ist eine Aussiebung der Feinstaubfraktion ($< 63 \mu\text{m}$) sinnvoll, um eine homogene Probe zu erhalten [48,49]. Es wurde gezeigt, dass diese Fraktion repräsentativ für den Gesamtstaub ist [50].

Ein Zusammenhang zwischen der Konzentration von PCP in sedimentiertem Staub und der in Urin wurde von Meißner und Schweinsberg [51] gefunden. Eine Beziehung zwischen Luft- und Staubkonzentrationen von PCP wurde bisher nicht nachgewiesen.

Bei PCP-Konzentrationen von weniger als $1 \mu\text{g/kg}$ Staub bei Frischstaub bzw. $5 \mu\text{g/kg}$ Staub bei Altstäuben wird eine Verwendung von PCP-haltigen Holzschutzmitteln ausgeschlossen [47]. Bei der Festlegung dieser Werte wurde von Hausstaubuntersuchungen aus den 80er und frühen 90er Jahren ausgegangen. Nach Butte ist seit Mitte der 80er Jahre eine deutliche Abnahme der Konzentration an PCP im Hausstaub zu verzeichnen [50], so dass heute mit geringeren Konzentrationen von PCP im sedimentierten Staub auch in Räumen mit Holzschutzmittelanwendung gerechnet werden muss.

2.4.2 PCP in der Innenraumluft

Im Juli 1997 wurden im Bundesgesundheitsblatt Richtwerte für PCP-Konzentrationen in der Innenraumluft bekanntgegeben [52]. Die Festlegungen für den Eingriffswert und den Sanierungszielwert entsprechen den Werten der PCP-Richtlinie in der Fassung vom Oktober 1996 [47]. Folgende Festlegungen wurden getroffen:

Eingriffswert: *“In öffentlichen Gebäuden kann - im Gegensatz zu Wohnungen und Räumen mit wohnähnlicher Nutzung - ein direkter Zusammenhang zwischen Luftbelastung und Blutwerten angenommen werden. Daraus folgt, dass im Nichtwohnbereich bei Überschreitung einer PCP-Raumluftkonzentration von 1 µg/m³ zu sanieren ist. Für den Wohnbereich und für Räume mit wohnähnlicher Nutzung (z. B. Kindertagesstätten) sind bei nachgewiesener großflächiger PCP-Anwendung PCP-Konzentrationen in Serum- oder Urinproben zu bestimmen, und es ist entsprechend den Empfehlungen der Human-Biomonitoring Kommission zu verfahren.“*

Sanierungszielwert: *“Nach den im Basisschema getroffenen Festlegungen [53] wird der Sanierungszielwert aus dem Interventionswert durch Einfügen eines Faktors 10 abgeleitet. Für PCP ergibt sich damit ein Sanierungszielwert von 0,1 µg/m³ Luft.“*

Luftanalysen haben eine Reihe von Einschränkungen. Es ist bekannt, dass die PCP-Konzentration im Innenraum stark von Luftwechsel, Luftfeuchtigkeit und Temperatur abhängt. Die vorliegenden Konzentrationen schwanken z. T. erheblich. Wiederholte Messungen innerhalb eines Gebäudes wiesen Standardabweichungen auf, die in der Größenordnung der Messwerte lagen [54].

3 Durchführung

3.1 Allgemeines

Beginnend in 1993 wurde vom Bayerischen Staatsministerium des Inneren (BStI) eine Erhebung über Vorkommen von PCP- und Lindan-haltigen Holzschutzmitteln in staatlichen Gebäuden durchgeführt. Im Sinne des Gesundheitsschutzes wurden Gebäude mit einer erkannten PCP-Kontamination und einer daraus resultierenden Belastung der Bewohner bzw. Nutzer, saniert.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Zusammenhänge zwischen der äußeren Belastung (Luft, Staub) durch PCP als Folge des chemischen Holzschutzes und der daraus resultierenden inneren Belastung (Blut, Urin) zu untersuchen. In Abstimmung mit der Obersten Baubehörde des BStI und den für die Sanierungen verantwortlichen Projektmanagern in den Regierungsbezirken wurden Gebäude ausgewählt, bei denen nach Datenlage mit einer Belastung der Bewohner (bzw. Nutzer) zu rechnen war. Das Fortschreiten der Sanierung der betroffenen Gebäude wurde durch dieses Forschungsprojekt in keiner Weise beeinflusst. Das heißt, um eine mögliche Gesundheitsgefährdung der Bewohner frühestmöglich zu beenden, wurden alle

als belastet erkannten Gebäude auch im Verlauf unserer Messungen saniert bzw. wurde mit den Sanierungen begonnen.

In die Untersuchung sollten mindestens 20 Objekte (Gebäude) mit 30 Bewohnern (Nutzern) einbezogen werden. Aufgrund der Erfahrungen mit früheren Projekten unter Beteiligung freiwilliger Probanden wurde für den Beginn des Projektes eine um 50% erhöhte Anzahl an zu untersuchenden Gebäuden und Personen festgelegt, um die Zielforderung zum Ende des Projekts sicher erfüllen zu können.

Für die Bearbeitung der einzelnen Arbeitshypothesen (vgl. 1) wurden folgende Untersuchungen geplant (Startwert/Endwert):

- I: 20 (30/26) Objekte werden im Untersuchungszeitraum jeweils viermalig beprobt. Die Probenahmen erfolgen zu verschiedenen Jahreszeiten (Sommer, Heizperiode). In den jeweiligen Gebäuden werden in den relevanten Räumen Luft- und Staubproben genommen.
- II: Jede Blut- bzw. Urinprobe wird von zwei Labors getrennt untersucht.
- III/IV: 30 (46/41) Probanden werden im Untersuchungszeitraum jeweils zweimalig hinsichtlich der inneren Belastung mit PCP untersucht. Diese Untersuchungen erfolgen in zeitlichem Zusammenhang mit einer Messung der äußeren Belastung durch PCP in der Luft und im Staub.

3.2 Auswahl der beprobten Objekte

Am 12.02.1996 haben wir von der Obersten Baubehörde im BStI einen Auszug aus der Datenbank "PCP- und Lindan-haltige Holzschutzmittel in staatlichen Gebäuden" erhalten, in dem sämtliche Gebäude, zu denen Messergebnisse vorlagen, erfasst sind (Stand 01.12.95). Anhand dieser Liste erfolgte durch uns eine erste Vorauswahl der zu untersuchenden Objekte. Dazu wurden die verfügbaren Daten über PCP-Konzentrationen in Holz, Luft und Staub herangezogen. Objekte, die bereits in der Sanierungsphase waren oder bei denen eine Sanierung unmittelbar bevorstand, wurden für die Vorauswahl nicht berücksichtigt. Aus Gründen des Datenschutzes konnten uns vom BStI keine Daten über die vorgenommenen Messungen der inneren Belastung (PCP in Blut) der betroffenen Personen übermittelt werden, so dass eine Auswahl nach diesem zusätzlichen Kriterium nicht möglich war.

Die Projektmanager der Regierungsbezirke wurden in der Zeit bis 07.03.1996 aufgesucht und über das vorliegende Forschungsprojekt informiert. Sie wurden gebeten, aus der Vorauswahl Objekte zu benennen, die nach ihrer Kenntnis für die anstehenden Untersuchungen am besten geeignet erschienen. Darüber hinaus wurden die Projektmanager gebeten, die in diesen Gebäuden lebenden bzw. arbeitenden Personen über das Forschungsprojekt zu informieren und das Einverständnis zur Teilnahme an den Untersuchungen einzuholen. Die Bekanntgabe der Objekte und Untersuchungsteilnehmer erfolgte durch die Projektmanager in der Zeit von 04.03. bis 09.05.1996. Im einzelnen wurde die in Tabelle 4 aufgeführte Anzahl an Objekten genannt. Die Kontaktaufnahme zu den potentiellen Untersuchungsteilnehmern in Oberbayern

erfolgte durch uns, da auf vorherige schriftliche Anfrage an die Bewohner durch die Regierung von Oberbayern hier kein Rücklauf erfolgte.

Tabelle 4: Untersuchungsobjekte im jeweiligen Regierungsbezirk

Regierungsbezirk	Anzahl der Objekte
Oberbayern	10
Niederbayern	6
Oberpfalz	4
Oberfranken	3
Mittelfranken	2
Unterfranken	4
Schwaben	1
Gesamt	30

3.3 Probenahme

Nach Bekanntgabe der Untersuchungsteilnehmer durch die Projektmanager wurde unverzüglich mit den Probenahmen in den betroffenen Gebäuden begonnen. Maßgeblich für die Durchführung einer Probenahme war dabei in jedem Fall die Terminabsprache mit den Probanden (Bewohner bzw. Nutzer der Gebäude).

3.3.1 Raumlufthproben

Die Messung der PCP-Konzentration in der Raumlufth erfolgte nach Absprache und soweit zugänglich in den von den betroffenen Personen im wesentlichen genutzten Räumen (z. B. Wohnzimmer, Schlafzimmer, Büro). Es wurden je Gebäude in maximal drei Räumen Doppelproben genommen. Die Probenahmen wurden in jedem Objekt viermalig durchgeführt. In den 30 in die Untersuchung einbezogenen Gebäuden wurden insgesamt 75 Räume beprobt. Die Untersuchungsteilnehmer wurden in Anlehnung an die Empfehlung des BStI [55] gebeten, die betreffenden Räume 12 Stunden vor der Probenahme nicht zu lüften. Während der Messungen waren die Fenster in den untersuchten Räumen geschlossen. Die Aufstellung der Sammler erfolgte soweit möglich in Kopfhöhe. Die Dauer der Probenahmen betrug in jedem Fall 5 Stunden. Die Probenahme erfolgte durch Absorption des PCP in zwei in Reihe geschalteten Gaswaschflaschen mit je 75 ml 0,1 m K_2CO_3 -Lösung. Der Volumenstrom betrug 2 l/min. Der Fluss am Eingang der Waschflaschen wurde jeweils zu Beginn, einmal während und einmal zum Ende der Probenahme mit Hilfe eines Gilibrators (Fa. Gilian) gemessen. Da die untersuchten Räume während der Probenahmen in der üblichen Weise genutzt wurden, mussten für die Beprobung leise arbeitende Personal Sampler eingesetzt werden.

3.3.2 Staubproben

Die Probenahme von Hausstaub richtete sich weitgehend nach dem Leitfaden des BStI [55]. Die Sammlung der in der Regel mindestens 2 Tage alten Staubproben erfolgt mit einem handelsüblichen Staubsauger (1100 W). Um Kontaminationen der Proben zu vermeiden wurden die Proben in einem speziellen Filtervorsatz auf 70mm Papier-Rundfilter (Schleicher & Schuell) genommen. Beprobte wurde je nach örtlichen Gegebenheiten eine Fläche von 1 – 2 m². Aufgrund der sehr unterschiedlichen Arten und Beschaffenheit der Bodenbeläge sowohl in unterschiedlichen Räumen als auch innerhalb der einzelnen Räume war eine exakte Festlegung der abzusaugenden Fläche nicht sinnvoll. Vorgabe war vielmehr das Absaugen einer für die nachfolgende Analytik hinreichenden Menge an Staub. Diese Vorgabe war bei vielen glatten Böden nur bedingt zu erfüllen, das heißt es konnten z. T. auch auf Flächen von bis zu 4 m² nur sehr geringe Staubmengen abgesaugt werden. Die erhaltenen Staubmengen lagen im Bereich von 0,05 - 1 g. Im Labor wurden größere Teile, die offensichtlich nicht dem Staub zuzurechnen waren (Insekten, Steinchen etc.) vor der Analyse vom Filter entfernt. Ergänzend wurden soweit möglich Gesamtstaubproben (benutzte Staubsaugerbeutel) aus den jeweiligen Gebäuden untersucht.

3.3.3 Begleitende Messungen bei den Probenahmen

Während der Probenahmen wurden Temperatur und Luftfeuchte in den beprobten Räumen kontinuierlich gemessen und mit Dataloggern aufgezeichnet (Zeitauflösung 2 Minuten). Der Luftdruck wurde jeweils zu Beginn, einmal während und nach jeder Messung registriert. Darüber hinaus wurden die Luftwechselzahlen in den untersuchten Räumen gemessen. Die Bestimmung der Luftwechselzahl erfolgte nach der Abkling-Methode [56]. Dazu wurde eine geringe Menge (40 - 50 ppm) Lachgas (N₂O) gleichmäßig im Raum verteilt. Die Abnahme der N₂O-Konzentration wurde mit einem Infrarot-Gasanalysator (MIRAN 1 A) bei einer Wellenlänge von 4,5 µm bestimmt. Die zur Extinktion proportionale Spannung wurde von einem Datalogger aufgenommen und gespeichert. Anhand des Konzentrationverlaufs kann die Luftwechselzahl N, nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$k_t = k_0 \cdot e^{-Nt}$$

mit

- k_t = Konzentration zum Zeitpunkt t
- k₀ = Anfangskonzentration
- N = Luftwechselzahl
- t = Dauer der Messung

Die Messung der Luftwechselrate nach diesem Verfahren ist nur in einem der untersuchten Räume je Gebäude und Messtag möglich, da es bei mehreren Messungen innerhalb kurzer Zeit durch Eintritt von N₂O aus den anderen Räumen zu Verfälschungen des Messergebnisses kommen kann.

Aus den aufgenommenen Daten (T, RH, p, N) wurden die jeweiligen Mittelwerte berechnet und für die Auswertung herangezogen.

3.3.4 Blut- und Urinuntersuchungen

In jedem der untersuchten Objekte war mindestens eine Person in die Untersuchungen der Blut- bzw. Urinkonzentration einbezogen. Es haben sich zunächst 46 Probanden zur Teilnahme bereit erklärt. Am Ende der Studie waren noch 41 Personen in die Untersuchung einbezogen.

Die Blutentnahme wurde in der Regel von dem jeweils zuständigen Amtsarzt durchgeführt. Urinproben wurden als Morgenurin am Tag der Blutentnahme erbeten.

Bei der jeweils ersten und dritten bzw. vierten Luft- und Staubprobenahme wurden die Probenbehälter der beteiligten Labors und die zum Versand der Proben nötigen Kühlbehälter und Versandunterlagen an die Untersuchungsteilnehmer ausgegeben. Die Probanden wurden gebeten die Terminabsprache für die Blutentnahme bei dem jeweiligen Amtsarzt selbst vorzunehmen. Dieser Termin sollte in einem Zeitraum von maximal 10 bis 14 Tagen nach der Luft- und Staubprobenahme liegen. Der Versand der Blut- und Urinproben erfolgte durch die Ärzte. Vorgabe war hier der gekühlte Versand per Expressdienst (TNT) zum jeweils nächsten Arbeitstag.

Sämtliche Blut- und Urinproben wurden von zwei voneinander unabhängigen Labors (ergo Forschungsgesellschaft mbH, Hamburg {im folgenden ERGO genannt} und das Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Universität Erlangen {im folgenden IPASUM genannt}) untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden uns von den Labors direkt mitgeteilt.

Tabelle 5: Untersuchungsparameter der beteiligten Labors für Humanproben

Labor	PCP im Vollblut	Hämatokrit	PCP im Urin	Creatinin (im Urin)
ERGO	X		X	
IPASUM	X	X	X	X

3.3.5 Fragebogen

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Biomathematik und Biometrie der GSF wurde ein Fragebogen entwickelt (Anhang). Erfragt wurden von den Probanden Daten zur Person, Arbeitsplatz, Wohnbiographie, Lüftungsverhalten und Freizeit, die in einem möglichen Zusammenhang mit einer PCP-Belastung stehen können.

Die Auswertung der Fragebögen erfolgte u. a. mit Hinblick auf eine Gewichtung der gemessenen äußeren Belastung in einzelnen Räumen nach der individuellen Aufenthaltsdauer der Probanden. Hinweise zur Diskussion von Einzelfällen (vgl. 5.3.3) wurden ebenfalls den Fragebögen entnommen.

3.4 Analytik

3.4.1 Luftproben

Derivatisierung (Acetylierung) der aus beiden Waschflaschen vereinten Proben mit 1 ml Essigsäureanhydrid (100%) und direkt nachfolgender Zugabe von 3 ml Hexan (mit internem

Standard 20 ng/ml Decachlorbiphenyl und 10 ng/ml Pentachlorbenzol). Die Proben wurden 1 h geschüttelt. Nach Abnehmen der organischen Phase in einem Mikroseparator wurden die Proben mittels Gaschromatographie mit Elektroneneinfangdetektor (GC/ECD) analysiert.

3.4.2 Staubproben

3.4.2.1 Einzelstaubproben

Die Masse des im Filter befindlichen Staubs wurde ohne Äquilibration der Filter bestimmt (Differenz aus der Masse der unbeladenen Filter vor der Probenahme und des beladenen Filters nach der Probenahme).

Die Staubfilter mit dem Staub werden mit 10 ml Aceton und 150 ml Kaliumkarbonatlösung (0,1 mol/l) versetzt. Derivatisierung mit 1 ml Essigsäureanhydrid in 3 ml Hexan (mit internem Standard: 20 ng/ml Decachlorbiphenyl und 10 ng/ml Pentachlorbenzol). Die Proben wurden 1 h geschüttelt. Nach Abnehmen der organischen Phase im Mikroseparator wird die organische Phase 1:20 (50 µl auf 1 ml) mit Hexan (mit int. Standard: 20 ng/ml Decachlorbiphenyl und 10 ng/ml Pentachlorbenzol) verdünnt und mittels GC/ECD analysiert.

3.4.2.2 Gesamtstaubproben

Von den Gesamtstaubproben wurde die Fraktion < 63 µm durch Sieben abgetrennt. 500 mg dieser Fraktion wurden abgewogen und analog 3.4.2.1 aufgearbeitet und analysiert.

3.4.3 Gaschromatographie

Die Proben wurden mittels GC/ECD analysiert. Es erfolgte parallele Injektion und Trennung auf zwei Säulen unterschiedlicher Polarität. Folgende Analysenbedingungen wurden eingehalten:

GC:	HP 5890 II
Injektortemperatur:	260°C
Injektionsvolumen:	je 2µl
Injektionsmodus:	splitless
Säulenvordruck:	40 kPa
Säule 1:	DB5 (30m; 0,32mm ID)
Säule 2:	DB1701 (30m; 0,32mm ID)
Detektortemperatur:	280°C

Säulentemperaturprogramm: 0 - 2 min	60°C
2 - 5,33 min	30°C/min auf 160°C
5,33 - 6,33 min	160
6,33 - 18,83 min	8°C/min auf 260°C
18,83 - 19,83 min	260°C
19,83 - 20,33 min	20°C/min auf 270°C
20,33 - 32,33 min	270°C

Die Analysendaten wurden online mit HP-Chemserver aufgezeichnet. Die manuelle Auswertung erfolgte mittels Target3 Software (Hewlett Packard) auf HP-Chemserver.

3.4.4 Humanproben

Die Humanproben wurden von zwei unabhängigen Labors untersucht. Dies waren das Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Universität Erlangen (IPASUM) und die ergo Forschungsgesellschaft mbH, Hamburg (ERGO).

Die von diesen Labors eingesetzten analytischen Methoden sind im Anhang als Kopie angegeben.

3.4.5 Qualitätssicherung

3.4.5.1 Interne Qualitätssicherung

Im Rahmen der analytischen Qualitätssicherung wurden in jeder Probenserie (Proben einer einzelnen Probenahme) Kontrollproben (dotierte Blindproben), Blindproben (Feldblind) und Standardproben analysiert.

Die Präzision der Analysenmethode wurde mit Kontrollanalysen überwacht. Dazu wurden messtätig Blindproben und mit Standardlösung dotierte Blindproben analysiert (Aufarbeitung und instrumentelle Analytik). Im Anhang ist die Mittelwertkontrollkarte für den Zeitraum Mai bis Oktober 1997 dargestellt.

Die Auswertung der Kontrollproben für den gesamten Untersuchungszeitraum ergab einen Variationskoeffizienten für das Verfahren von 7,8%.

3.4.5.2 Externe Qualitätssicherung

Unser Labor ist als Mitglied der Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Messen von PCP/Lindan“ des VDI/DIN an der Erstellung der VDI-Richtlinie Messen von Innenraumluftverunreinigungen, Messen von Pentachlorphenol (PCP) und γ -Hexachlorcyclohexan (Lindan) (VDI-Richtlinie 4301 Blatt 2) beteiligt. In zahlreichen Ringversuchen zur Messung von PCP, die im Zuge der Richtlinienarbeit durchgeführt wurden, wurde u. a. die im Rahmen dieser Untersuchung verwendete Methode eingesetzt und validiert.

Im Zeitraum des vorliegenden Projekts wurde an folgenden Ringversuchen mit Erfolg teilgenommen:

Tabelle 6: Ringversuche, an denen im Zeitraum der Untersuchung teilgenommen wurde

Ringversuch	Untersuchungsparameter	Status	Ausrichter
Ringversuch Tetra (TCP)- und Pentachlorphenol (PCP), Lindan in Holz.	Belasteter Holzstaub	Teilnehmer	Landesgewerbeanstalt Bayern
Messung von PCP/Lindan in Luft (Geislingen)	Luftprobenahme mit PU-Schaum und Waschflasche	Teilnehmer	VDI-DIN Kommission Reinhaltung der Luft
Messung von PCP/Lindan in Luft (Horb)	Luftprobenahme mit PU-Schaum und Waschflasche	Teilnehmer	VDI-DIN Kommission Reinhaltung der Luft
1. VDI/DIN Ringversuch PCP/Lindan (1995)	dotierter PU-Schaum	Teilnehmer	VDI-DIN Kommission Reinhaltung der Luft [57]
2. VDI/DIN Ringversuch PCP/Lindan (1997)	dotierter PU-Schaum	Expertlabor	VDI-DIN Kommission Reinhaltung der Luft [58]

4 Messergebnisse

4.1 Ergebnisse der Luft- und Staubuntersuchungen

In die Untersuchungen waren zu Beginn der Messungen 30 Gebäude einbezogen, in denen 75 Räume beprobt wurden. Zum Ende des Vorhabens waren noch 26 Gebäude (67 Räume) an der Kampagne beteiligt. Diese sind jeweils viermal beprobt worden.

Es wurden 574 Luftproben (Doppelbestimmungen), 283 Einzel- und 68 Gesamtstaubproben analysiert. Dabei wurden PCP-Luftkonzentrationen von unterhalb der Bestimmungsgrenze ($0,3 \text{ ng/m}^3$) bis $576,4 \text{ ng/m}^3$ und PCP-Staubkonzentrationen von $83 \text{ } \mu\text{g/kg}$ bis 156 mg/kg (BG = $4 \text{ } \mu\text{g/kg}$) gefunden. In den Gesamtstaubproben wurden PCP-Konzentrationen von $51 \text{ } \mu\text{g/kg}$ bis 74 mg/kg (BG = $4 \text{ } \mu\text{g/kg}$) gefunden. In Tabelle 7 sind die zusammenfassenden Ergebnisse dieser Messungen angegeben. Die einzelnen Messergebnisse sind im Anhang beigefügt.

Tabelle 7: Ergebnisse der Luft- und Staubuntersuchungen

	Luft [ng/m^3] n=287	Staub [$\mu\text{g/kg}$] n=283	Gesamtstaub [$\mu\text{g/kg}$] n=68
Min.	< BG	83	51
Max.	576,4	156400	74100
Mittelwert	25,3	4049	3290
Median	2,5	1170	1460
95% Perzentil	130,0	12250	8770

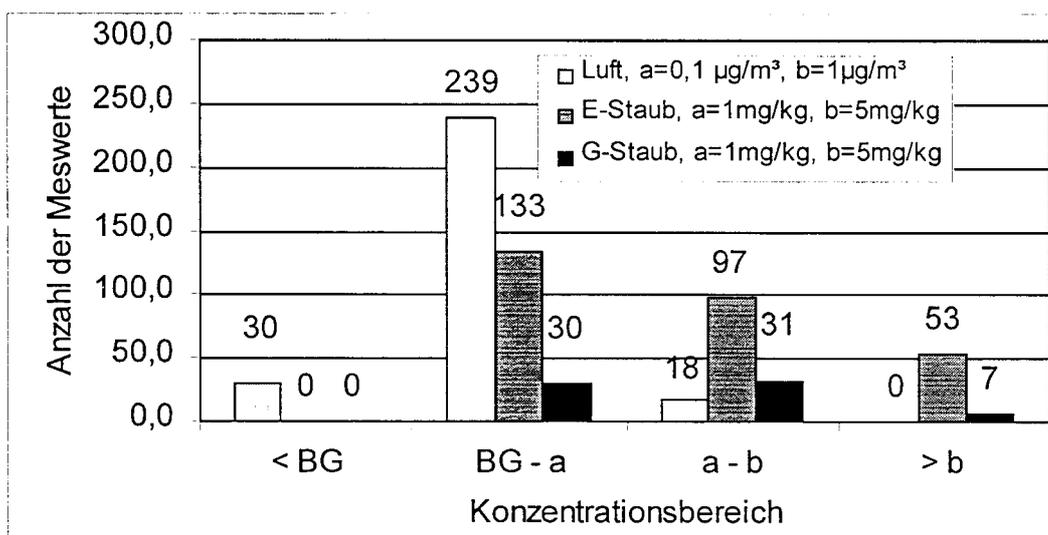
Von den Luftproben wiesen 30 (10,4%) PCP-Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze auf. 239 (83,3%) Proben lagen im Bereich von 0,3 ng/m³ bis 100 ng/m³. Die restlichen 18 (6,3%) Proben wiesen Konzentrationen von 100 ng/m³ bis 1 µg/m³ auf.

Keine der Einzelstaubproben hatte PCP-Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze. 133 (47,0%) Proben wiesen PCP-Konzentrationen bis 1 mg/kg auf. 97 (34,3%) Proben lagen im Konzentrationsbereich von 1–5 mg/kg. 53 (18,7%) Staubproben überschritten eine Konzentration von 5 mg/kg.

Von den Gesamtstaubproben wies keine PCP-Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze auf. 30 (44,1%) Proben wiesen PCP-Konzentrationen bis 1 mg/kg. 31 (45,6%) Proben lagen in Konzentrationsbereich von 1–5 mg/kg. 7 (10,3%) Staubproben überschritten eine Konzentration von 5 mg/kg.

Die detaillierte Verteilung der PCP-Konzentrationen in Luft und Staub ist im Anhang V dargestellt.

Abbildung 1: Verteilung der gemessenen Konzentration von PCP in Luft-, Einzelstaub- (E-Staub) und Gesamtstaubproben (G-Staub)



4.2 Ergebnisse der Blut- und Urinuntersuchungen

Es wurden Blut und Urinproben von 46 Personen in der ersten und 43 Personen in der zweiten Probenreihe untersucht. Die Konzentration von PCP in Blut und Urin wurde von beiden Labors bestimmt. Der Creatiningehalt im Urin wurde von IPASUM bestimmt.

Von 39 Personen liegen vollständige Datensätze beider Labors aus beiden Probenreihen vor. Diese Zahl kommt zustande, da einige Blutproben geronnen und somit nicht analysierbar waren. Eine Urinprobe war während des Transports ausgelaufen. Mehrere Urinwerte konnten nicht berücksichtigt werden, da die Creatininwerte außerhalb des Toleranzbereichs von 0,5-2,5 g/l lagen.

Die PCP-Konzentrationen im Blut wurden in der ersten Probenreihe mit Werten von unterhalb der Bestimmungsgrenzen bis 33,0 µg/l (IPASUM, BG=0,7 µg/l) bzw. 29,6 µg/l (ERGO,

BG=0,7 µg/l) bestimmt. Die Mediane betragen 5,5 µg/l (IPASUM) bzw. 4,0 µg/l (ERGO). In der zweiten Serie wurden insgesamt niedrigere Werte gemessen. Die Mediane betragen hier 3,6 µg/l (IPASUM) bzw. 2,9 µg/l (ERGO).

Im Urin wurden in der ersten Probenserie PCP-Konzentrationen von unterhalb der Bestimmungsgrenzen bis 13,3 µg/l (IPASUM, BG=0,6 µg/l) bzw. 15,9 µg/l (ERGO, BG=0,5 µg/l) gemessen. Die Mediane betragen 2,8 µg/l (IPASUM) bzw. 2,7 µg/l (ERGO). In der zweiten Serie wurden vergleichbare Werte gefunden. Die Mediane waren hier 3,4 µg/l (IPASUM) bzw. 2,1 µg/l (ERGO).

Tabelle 8: Ergebnisse der Blut- und Urinuntersuchungen 1. Probenserie

	<i>Blutwerte [µg/l]</i>		<i>Urinwerte [µg/l]</i>		<i>Urinwerte [µg/g Creatinin]</i>	
	IPASUM n=43	ERGO n=45	IPASUM n=46	ERGO n=45	IPASUM n=46	ERGO n=45
Min.	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
Max.	33,0	29,6	13,3	15,9	13,0	23,0
Mittelwert	8,8	6,0	3,6	3,7	3,1	3,1
Median	5,5	4,0	2,8	2,7	1,9	1,7
95% Perz.	19,5	12,1	7,4	10,5	9,8	6,5

Tabelle 9: Ergebnisse der Blut- und Urinuntersuchungen 2. Probenserie

	<i>Blutwerte [µg/l]</i>		<i>Urinwerte [µg/l]</i>		<i>Urinwerte [µg/g Creatinin]</i>	
	IPASUM n=43	ERGO n=42	IPASUM n=41	ERGO n=42	IPASUM n=41	ERGO n=40
Min.	< BG	0,8	0,6	< BG	0,7	< BG
Max.	19,0	17,1	21,5	16,3	16,3	18,5
Mittelwert	4,8	4,5	4,1	3,0	3,3	2,4
Median	3,6	2,9	3,4	2,1	2,2	1,5
95% Perz.	10,8	8,9	9,3	6,6	9,4	5,1

5 Statistische Auswertung der Messergebnisse

Die Daten wurden in Exceldateien erfasst. Deskriptive statistische Auswertungen wurden mit Hilfe von Excel (Graphiken) und SAS angefertigt. Die angegebenen statistischen Maßzahlen (Regressionskoeffizienten, Korrelationskoeffizienten, p-Werte etc.) sind nicht im Sinne einer konfirmatorischen statistischen Analyse zu verstehen, sondern im Sinne einer explorativen deskriptiven Statistik.

Wegen der Unsicherheit der Normalverteilungsannahmen wurden nichtparametrische Verfahren bevorzugt, d.h. Mittelwertvergleiche wurden mit dem Wilcoxon-Test und Korrelationsanalysen mit Hilfe der Spearman'schen Rangkorrelation durchgeführt. Häufig ist es empfehlenswert, Daten zu dichotomisieren und Zusammenhänge mit Kontingenztafelmethoden zu analysieren, um zu robusten statistischen Aussagen zu kommen. In solchen

Fällen wurde in der vorliegenden statistischen Deskription stets nach dem Median dichotomisiert.

5.1 Luft- und Staubuntersuchungen

5.1.1 Wiederholbarkeit der Messungen

In 67 Räumen wurden die Messungen der Luft- und Staubkonzentrationen im Untersuchungszeitraum viermalig durchgeführt. 28 dieser Räume wurden im Untersuchungszeitraum saniert, so dass für diese Untersuchung 39 Räume betrachtet werden können.

Um eine Aussage über die Wiederholbarkeit der Messungen zu erhalten, wurden die relativen Standarabweichungen S_{rel} der Messergebnisse für die einzelnen untersuchten Räume berechnet und mit der gepoolten (Luft) bzw. analytischen (Staub) Standarabweichung der Messungen verglichen.

Da jede Luftprobenahme als Doppelbestimmung ausgeführt wurde, konnte hier zunächst die gepoolte Standarabweichung S_p berechnet werden. Damit werden alle Fehler des Verfahrens von der Probenahme bis hin zur instrumentellen Analytik berücksichtigt.

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^g \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n - g}}$$

mit : S_p = gepoolte Standarabweichung

x_{ij} = Messwert (Einzelwert)

\bar{x}_j = Mittelwert von g Messungen

g = Anzahl der Messungen

n = Anzahl der Messwerte

Die mittlere gepoolte relative Standarabweichung berechnet sich nach

$$S_{p,rel} = \frac{S_p \cdot g}{\sum_{j=1}^g \bar{x}_j} \cdot 100\%$$

Aus den vorliegenden Daten wurde eine mittlere gepoolte relative Standarabweichung von 25,0% errechnet. Die analytische Standarabweichung beträgt 7,8 % (vgl. 3.4.5.1).

Der Vergleich der Standarabweichungen der Verfahren (Luft- und Staubbmessung) mit den relativen Standarabweichungen bei viermaliger Messung in einem Raum (Tabelle 10) zeigt, dass die Streuung der Messwerte zu einem großen Teil in der Größenordnung der Messwerte liegt. Dieser Befund deckt sich mit der aus der Literatur bekannten hohen Streuung von PCP-Messungen in der Raumluft [54].

Tabelle 10: Relative Standarabweichung bei viermal wiederholter Messung der PCP-Konzentration in Luft und Staub

S _{rel} [%]	0-10	10-25	25-50	50-75	75-100	>100
Luft	-	4	11	12	5	7
Staub	1	9	17	9	2	1

Um zu prüfen ob die Messungen in den einzelnen Räumen wiederholbar waren, also im Sinne der Analytik in jedem Fall zu den gleichen Ergebnissen geführt haben, wird ein Test auf Gleichheit der Varianzen (F-Test) durchgeführt. Dabei werden die bei viermaliger Messung erhaltenen Standarabweichungen mit der gepoolten Standarabweichung (Luftproben) bzw. der Standarabweichung des analytischen Verfahrensschrittes (Staub) verglichen. Wenn der erhaltene Prüfwert $PW \leq F$ ist, besteht kein signifikanter Unterschied zwischen der Standarabweichung der Wiederholungsmessungen und der des Verfahrens, d.h. die Messungen hatten im Rahmen der statistischen Genauigkeit das gleiche Ergebnis. Ist $PW > F$ besteht ein signifikanter Unterschied, die Messungen waren also nicht wiederholbar. In Tabelle 11 sind die Häufigkeiten für die statistischen Sicherheiten von P=95% und P=99% angegeben.

Tabelle 11: Ergebnisse des F-Tests für viermalige Messung der PCP-Konzentration in Luft und Staub (n=39)

	F=2,68 (P=95%)		F=4,22 (P=99%)	
	PW ≤ F	PW > F	PW ≤ F	PW > F
Luft	9	30	19	20
Staub	2	37	4	35

Die statistische Analyse zeigt, dass die Messungen nur teilweise wiederholbar waren.

Bei der wiederholten Messung der Konzentration von PCP in Staub wurden in der Regel Konzentrationen gefunden, die signifikant voneinander abwichen. Etwas günstiger ist die Situation bei wiederholter Messung der Konzentration von PCP in der Luft.

5.1.2 Zusammenhänge zwischen Luft- und Staubbelastung

Die folgenden vier Tabellen enthalten die eindimensionalen deskriptiven Statistiken der Variablen PCP-Luftkonzentration, PCP-Staubkonzentration, Temperatur (T), Luftfeuchte (RH), Druck (P) und Luftwechselzahl (N) für die durchgeführten vier unabhängigen Messreihen.

Tabelle 12: Messdaten der ersten Messung von PCP in Luft und Staub

Variable	n	Mittelwert	S	Median	Min.	Max
Luft [ng PCP/m ³]	75	37,8	96,5	3,4	< BG	576,4
Staub [µg PCP/kg]	75	6246	19527	1258	83	156430
RH [%]	75	47,6	11	48,4	21,4	72,5
P [hPa]	75	957,7	19,6	962	909	996
T [°C]	75	20,1	3,3	20,0	11,0	27,0

Tabelle 13: Messdaten der zweiten Messung von PCP in Luft und Staub

Variable	n	Mittelwert	S	Median	Min.	Max
Luft [ng PCP/m ³]	75	27,9	65,7	2,5	< BG	453,9
Staub [µg PCP/kg]	75	3120	4574	1027	86	25513
RH [%]	75	53,9	9,0	54,1	26,8	73,4
P [hPa]	75	954,6	16,3	955	922	985
T [°C]	75	19,3	2,3	19,0	12,0	23,0

Tabelle 14: Messdaten der dritten Messung von PCP in Luft und Staub

Variable	N	Mittelwert	S	Median	Min.	Max
Luft [ng PCP/m ³]	73	18,0	62,3	1,8	< BG	497,4
Staub [µg PCP/kg]	73	3586	9956	1360	85	79024
RH [%]	73	34,8	12,7	32,7	13,7	70,6
P [hPa]	68	961,7	20,3	964	914	995
T [°C]	73	18,4	3,6	19,0	4,0	26,0

Tabelle 15: Messdaten der vierten Messung von PCP in Luft und Staub

Variable	n	Mittelwert	S	Median	Min.	Max
Luft [ng PCP/m ³]	64	16,0	51,1	2,0	< BG	372,2
Staub [µg PCP/kg]	60	3029	6413	828	134	45270
RH [%]	64	50,4	8,7	51,2	29,1	69,4
P [hPa]	64	957,1	14,4	955	928	990
T [°C]	63	20,2	2,6	20,5	13,2	25,2

Die Abhängigkeiten der Luftgehalte an PCP von den möglichen Einflussvariablen PCP-Staubkonzentration, Temperatur, Luftfeuchte, Druck und Luftwechselzahl wurden mit dem Spearman'schen Korrelationskoeffizienten untersucht.

In allen 4 Messreihen ist die Luftkonzentration signifikant mit der Staubkonzentration assoziiert. Die Luftkonzentration hängt nicht ersichtlich von der relativen Luftfeuchtigkeit ab. Nur in der 3. Messung gibt es eine schwache signifikante Abhängigkeit vom Druck, die natürlich bei der Vielzahl der durchgeführten Rechnungen auch rein zufällig sein kann. Die Temperatur hat in drei der vier Messreihen einen schwachen signifikanten Einfluss.

Tabelle 16: Spearmansche Rangkorrelationen (r_s , p-Wert und n) der Zielgröße PCP-Luftkonzentration mit den möglichen Einflussgrößen PCP-Staubkonzentration, Temperatur, Luftfeuchte, Druck und Luftwechselzahl für die vier Messungen und den Mittelwert dieser Messungen.

Einflussgröße	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung	Mittelwert
PCP in Staub [$\mu\text{g} / \text{kg}$]	0,68511 0,0001 75	0,61608 0,0001 75	0,57718 0,0001 73	0,49875 0,0001 60	0,76956 0,0001 60
RH [%]	0,05459 0,6418 75	-0,17742 0,1278 75	-0,04928 0,6789 73	-0,02817 0,8251 64	-0,22446 0,0746 64
P [hPa]	0,03138 0,7893 75	0,20408 0,0790 75	0,35909 0,0026 68	-0,04782 0,7075 64	0,01051 0,9370 59
T [°C]	0,29168 0,0111 75	0,03776 0,7477 75	0,24632 0,0357 73	0,57276 0,0001 63	0,25454 0,0441 63

Da die Luftwechselzahl der einzelnen Räume nicht an jedem Probenahmetag gemessen werden konnte, wurde die Abhängigkeit der PCP-Luftkonzentration von der Luftwechselzahl anhand der Daten vorgenommen, die an den Tagen mit Messung des Luftwechsels erhoben wurden. Auch bei dieser Rechnung wurde kein einfacher Zusammenhang festgestellt ($r_s=0,17665$, $p=0,1808$, $n=58$). Der Luftwechsel beeinflusst zwar die Raumluftkonzentration von PCP, jedoch ist der Zusammenhang komplex. Die resultierende Raumluftkonzentration ist neben der Luftwechselzahl von der Quellenstärke (primäre und sekundäre Quellen, Einfluss von T und RH), dem Raumvolumen und der Konzentration bei Eintritt der Luft in den Raum abhängig.

Da zwischen den Konzentrationen von PCP in Luft und Staub eine signifikante Korrelation festgestellt wurde, sollte hier die funktionale Abhängigkeit beschrieben werden. Dazu wurde zunächst die lineare Regression berechnet. Darüber hinaus wurde ausgehend vom Modell eines Sorptionsgleichgewichts zwischen der Konzentration von PCP im Staub und der Luft hierfür einfache Anpassungsmodelle gerechnet. Dabei wurden die Adsorptionsisothermen nach Henry und nach Langmuir berechnet. Bei der Henry-Isotherme handelt es sich um einen linearen Zusammenhang, der für niedrige Beladungen des Adsorbens gilt.

$$y = a x$$

Langmuir ging bei seiner Ableitung der Isotherme davon aus, dass sich ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Gasphase und Sorbatphase einstellt. Seine Überlegungen führten zu der folgenden nicht linearen Isothermengleichung.

$$y = a \cdot \frac{bx}{1 + bx}$$

Es ist bekannt, dass die Ergebnisse von Regressionsanalysen empfindlich von Ausreißern abhängen können. Im univariaten Fall, und bei mehr als 10 Einzelwerten, besagt eine allgemeine Regel, dass ein Wert als Ausreißer verworfen werden darf, wenn der Wert ausserhalb des Bereichs $\bar{x} \pm 4s$ liegt (\bar{x} und s sind ohne den ausreißerverdächtigen Wert zu berechnen). Bei Regressionsanalysen (hier bivariat) kann man Ausreißer (y_a, x_a) wie folgt identifizieren: Man nimmt die Indikatorvariable

$$I_{x_a} \begin{cases} 1 & x = x_a \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

in die Modellgleichung der Regression mit auf

$$y = a + bx + cI_{x_a}$$

Ist nun der Koeffizient c von I_{x_a} 'hochsignifikant', d. h. $p < 0,0001$, dann kann man die Beobachtung (y_a, x_a) als Ausreißer bezüglich des Regressionsmodells, basierend auf den restlichen Beobachtungen, ansehen. Auf diese Weise können in einer ersten probeweisen Regressionsrechnung auch mehrere ausreißerverdächtige Beobachtungen gleichzeitig geprüft werden.

Für die folgenden Regressionen wurden 2 bzw. 3 Beobachtungen als Ausreißer ausgeschlossen. Die Ergebnisse finden sich in der folgenden Tabelle 17. Die Abbildungen finden sich im Anhang.

Tabelle 17: Regressionsmodelle für die Abhängigkeit des Gehalts von PCP im Staub von der PCP-Luftkonzentration

Regressionsmodell	a KI p	b KI p	n	r
Lineare Regression	2087 1586-2588 0,0001	34,8 30,3-39,3 0,0001	280	0,419
Lineare Regression durch den Ursprung (Henry Isotherme)	0	48,5 43,8-53,6 0,0001	281	0,525
nicht lineares Model (Langmuir Isotherme)	10400 8872-11930 0,0001	0,050 0,037-0,063 0,0001	281	0,750

Alle Modelle liefern schwache bis mäßige aber hochsignifikante Korrelationen der Konzentration von PCP im sedimentierten Staub mit der Raumluft. Es besteht demnach ein Zusammenhang zwischen diesen Parametern der äußeren Belastung mit PCP. Dieser Zusammenhang lässt sich durch eine nicht lineare Anpassung analog einer Adsorptionsisotherme nach Langmuir gut beschreiben. Eine Berechnung des PCP-Gehalts im

Staub aus einer PCP-Luftkonzentration und vice versa ist aufgrund der großen Konfidenzintervalle (vgl. Tabelle 17) mit großen Unsicherheitsbereichen behaftet.

5.1.3 Sanierungseffekt

Die Messreihen waren zeitlich nicht mit der Sanierung koordiniert, das heißt es wurden Sanierungen im Verlauf der Untersuchung durchgeführt.

Es ergaben sich 52 Messungen vor und 178 Messungen nach der Sanierung. Teilweise wurde im Untersuchungszeitraum keine Sanierung durchgeführt, was die Reduktion der Fallzahl von 287 Messungen auf 230 erklärt. Es bietet sich somit an, einen gewöhnlichen t-Test (unter Berücksichtigung ungleicher Varianzen) und zur Kontrolle einen nicht-parametrischen Wilcoxon-Test auf Mittelwertunterschied vor/nach Sanierung der Luft- bzw. der Staubwerte durchzuführen. Die folgende Tabelle enthält das Ergebnis dieser Tests.

Tabelle 18: Mittelwertvergleiche der PCP-Konzentrationen in Luft bzw. in Staub vor und nach der Sanierung

Variable	Zeitpunkt bzgl. Sanierung	n	Mittelwert	S	Min.	Max.	Test	P
PCP in Luft [ng/m ³]	vor	52	72,3	17,4	< BG	576,4	t-Test	0,0027
	nach	178	16,1	4,4	< BG	497,4	Wilcoxon	0,0001
PCP in Staub [µg/kg]	vor	52	10088	22931	228	156430	t-Test	0.0408
	nach	174	3312	7747	85	79024	Wilcoxon	0,0001

Für beide Parameter der äußeren Belastung mit PCP (PCP in Luft und Staub) ist ein statistisch signifikanter Sanierungseffekt zu verzeichnen, d.h. die nach einer Sanierung gemessenen Konzentrationen sind signifikant niedriger als die Konzentrationen vor der Sanierung.

5.2 Blut- und Urinuntersuchungen

5.2.1 Vergleich der Ergebnisse der unabhängigen Labors

Um die Zuverlässigkeit der Messungen der biologischen Parameter zu prüfen, wurden die beiden Parameter PCP-Konzentration in Blut und in Urin von zwei unabhängigen Labors (ERGO und IPASUM) bestimmt. Der Creatiningehalt im Urin wurde von IPASUM bestimmt. In der ersten Probenserie wurden 41 Blut- und 43 Urinproben von beiden Labors untersucht. In der zweiten Serie wurden 41 Blut- und 39 Urinproben untersucht. Die Ergebnisse des Laborvergleichs sind in Tabelle 19 und 20 zusammengefasst. Graphische Darstellungen finden sich im Anhang.

Tabelle 19: Mittelwertvergleich und Korrelationen der biologischen Parameter der beiden Labors, 1. Messung

	n	\bar{c} ERGO	\bar{c} IPASUM	$\Delta \bar{c}$	P	P _{np}	r _s	p
Blut [[μg/l]	41	8,96	5,94	3,02	0,016	0,001	0,329	0,0360
Urin [μg/l]	43	3,52	3,50	0,02	0,950	0,758	0,778	0,0001
Urin/Crea. [μg/g Crea.]	43	2,98	2,89	0,09	0,752	0,758	0,835	0,0001

Tabelle 20: Mittelwertvergleich und Korrelationen der biologischen Parameter der beiden Labors, 2. Messung

	n	\bar{c} ERGO	\bar{c} IPASUM	$\Delta \bar{c}$	P	P _{np}	r _s	p
Blut [[μg/l]	41	4,91	4,54	0,37	0,324	0,639	0,799	0,0001
Urin [μg/l]	39	4,25	3,06	1,19	0,0001	0,001	0,810	0,0001
Urin/Crea. [μg/g Crea.]	39	3,35	2,43	0,91	0,0025	0,001	0,675	0,0001

Die Messwerte der biologischen Parameter der beiden Labors IPASUM und ERGO sind mit einer Ausnahme (Blut 1. Messung) deutlich miteinander korreliert, d.h. der Korrelationskoeffizient bewegt sich in der Größenordnung von 0,7 und darüber. Die entsprechenden p-Werte liegen bei 0,0001 bzw. darunter.

Signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den beiden Laboren liegen für die Parameter Blut bei der 1. Messung und für Urin (bzw. Urin/Creatinin) bei der 2. Messung vor.

In den Messwerten der biologischen Parameter wurden Ausreißertests nach der 4σ-Regel durchgeführt [59]. Es wurden keine Messwerte, die als Ausreißer einzustufen wären, festgestellt.

In wieweit die beobachteten Unterschiede innerhalb der von den Labors angegebenen analytischen Genauigkeit liegen wurde durch Vergleich der jeweiligen Messwerte unter Berücksichtigung der Variationskoeffizienten (V) der untersuchenden Labors geprüft. Dazu wurde für den jeweiligen Messwert jedes Labors die entsprechende dreifache Variationsbreite eingesetzt und Werteüberschneidungen gesucht (Abbildungen siehe Anhang).

Dieses Vorgehen erfolgt in Anlehnung an das Vorgehen zur Auswertung von Ringversuchen. Dabei wird ein Wertebereich, der mit der dreifachen Standardabweichung (der Referenzlaboratorien) um den Sollwert (Mittelwert der Referenzlaboratorien) schwankt, als Toleranzbereich definiert [60].

Diese Vorgehensweise stellt ein relativ strenges Kriterium dar, da die relativ kleinen Innerlabor-Variationskoeffizienten der einzelnen Labors zur Berechnung eingesetzt werden. Eine Einschätzung, die einem direkten Vergleich zweier Labors gerechter wird, erhält man, wenn man Interlabor-Variationskoeffizienten (V_{Ref}) zur Beurteilung heranzieht. Dabei wird auf Ergebnisse der Referenzlabors in Ringversuchen zurückgegriffen [60].

Tabelle 21: Variationskoeffizienten für die Bestimmung von PCP in Blut und Urin (nach Angabe der untersuchenden Labors und [60])

Parameter	IPASUM	ERGO	V _{Ref}
BLUT [%]	6.03	6	9,2
Urin [%]	9.45	5	11,0

Tabelle 22: Übereinstimmungen der Ergebnisse der Blut und Urinuntersuchungen bei Berücksichtigung von Inner- bzw. Interlabor-Variationskoeffizienten.

Variationsbreite	Blut		Urin	
	1. Messung n _{ges} =41	2. Messung n _{ges} =41	1. Messung n _{ges} =43	2. Messung n _{ges} =39
3*V	14 (34%)	25 (61%)	27 (63%)	26 (67%)
3*V _{Ref}	19 (46%)	31 (76%)	37 (86%)	32 (82%)

Dieser Vergleich der Einzelergebnisse zeigt, dass die beiden Labors bei Messung der gleichen Proben häufig (wenn auch nicht immer) zu den gleichen Messergebnissen kommen. Eine Ausnahme bildet hier lediglich die Bestimmung der PCP-Konzentration in Blut in der ersten Probenserie. Die Übereinstimmungsquote bei den anderen Probenserien liegt in jedem Fall deutlich über den in Ringversuchen von den Teilnehmern erzielten Erfolgsquote. Das Ergebnis spiegelt also den derzeitigen Leistungsstand der Analytik von PCP in Blut und Urin wieder. An dieser Stelle sei angemerkt, dass beide Labors an den o. g. Ringversuchen als Referenzlabors beteiligt waren.

Da die Messungen der Labors korreliert sind, und nur teilweise statistisch belegte signifikante Laborunterschiede vorliegen, kann unseres Erachtens für bestimmte Fragestellungen mit Labormittelwerten gearbeitet werden. Einige Zusammenhänge treten mit Labormittelwerten in ihrer Ausprägung und in ihrer statistischen Signifikanz etwas deutlicher hervor als mit Einzellaborwerten wie dies z.B. beim Parameter Blut im Zusammenhang mit der PCP-Luftkonzentration der Fall ist.

5.2.2 Geschlechts- und altersspezifische Betrachtung

Bei persistenten Organohalogenen sind teilweise deutliche Abhängigkeiten der Körperbelastung von Alter und Geschlecht beobachtet worden. In dieser Studie wurde untersucht, ob Unterschiede der Humanparameter zwischen den Geschlechtsklassen bzw. ob Zusammenhänge der Humanparameter mit dem Alter vorliegen. Es wurden in dieser Hinsicht in beiden Messreihen keinerlei Auffälligkeiten beobachtet.

5.2.3 Zusammenhänge zwischen Blut- und Urinkonzentration

Es wurde untersucht wie die Konzentrationen von PCP in Blut und Urin korrelieren. Dazu werden die jeweiligen Konzentrationen im Blut zu der im Urin in Bezug gesetzt. Für Urin wird dabei zum einen der volumenbezogene Konzentrationswert und zum anderen der auf die

Creatininmenge bezogene Wert (Urin/Crea. [$\mu\text{g PCP/g Creatinin}$]) eingesetzt. Dieses Vorgehen wird auch in späteren Betrachtungen der Konzentration an PCP im Urin durchgeführt. Die Zusammenhänge zwischen den biologischen Parametern sind in Tabelle 23 zusammengefasst. Die Abbildungen finden sich im Anhang.

Tabelle 23: Zusammenhänge der Variablen Blut und Urin

Messung	Labor	Variablenpaar	n	r_s	p
1	IPASUM	Blut - Urin	40	0,37	0,0193
	ERGO		41	0,73	0,0001
	Labormittelwert		38	0,63	0,0001
	IPASUM	Blut – Urin/Crea.	40	0,37	0,0188
	ERGO		41	0,70	0,0001
	Labormittelwert		38	0,58	0,0001
2	IPASUM	Blut - Urin	40	0,60	0,0001
	ERGO		40	0,67	0,0001
	Labormittelwert		38	0,70	0,0001
	IPASUM	Blut – Urin/Crea.	40	0,48	0,0019
	ERGO		38	0,74	0,0001
	Labormittelwert		38	0,58	0,0001

Alle Zusammenhänge zwischen den Konzentrationen an PCP in Blut und Urin sind signifikant. Die Zusammenhänge auf der Basis des Labors ERGO bzw. auf Basis des Labormittelwertes sind stets höher als die Zusammenhänge auf der Basis des Labors IPASUM.

Für niedrige Konzentrationen von PCP im Blut wird ein linearer Zusammenhang zwischen Urin- und Blut-Gehalten angenommen [61]. Daher wurden die linearen Regressionen für diesen Zusammenhang berechnet. Es wurden jeweils 1 bis 3 Beobachtungen als Ausreißer identifiziert und aus den Berechnungen ausgeschlossen. Die in den folgenden Tabellen dargestellten Ergebnisse wurden erhalten. Die Abbildungen finden sich im Anhang.

Tabelle 24: Lineare Regressionen für den Zusammenhang der PCP-Konzentrationen in Urin und Blut (Labormittelwerte)

Abhängige PCP-Konz.	Variable PCP-Konz.	a KI p	b KI p	n	r
Urin [$\mu\text{g/l}$]	Blut [$\mu\text{g/l}$]	1,36 0,60–2,11 0,0006	0,35 0,24–0,46 0,0001	75	0,770
Urin/Crea. [$\mu\text{g/g}$]		1,14 0,51-1,77 0,0005	0,25 0,15-0,34 0,0001	73	0,734

Tabelle 25: Lineare Regressionen durch den Ursprung für den Zusammenhang der PCP-Konzentrationen in Urin und Blut (Labormittelwerte)

Abhängige PCP-Konz.	Variable PCP-Konz.	a	b KI p	n	r
Urin [$\mu\text{g/l}$]	Blut [$\mu\text{g/l}$]	0	0,50 0,47-0,53 0,0001	75	0,864
Urin/Crea. [$\mu\text{g/g}$]		0	0,38 0,35-0,41 0,0001	74	0,837

Die Korrelation der Konzentration von PCP im Urin (bei Bezug auf Volumen und Creatinin) mit der im Blut ist hochsignifikant. Für den vorliegenden Konzentrationsbereich wird eine gute Anpassung an eine lineare Ausgleichsfunktion erhalten. Dabei ist die Anpassung bei Verlauf der Geraden durch den Ursprung etwas besser.

5.2.4 Sanierungseffekt

Für eine maximale Teilgruppe von 35 Probanden liegen für jeden Probanden Messergebnisse vor und nach Sanierung je Labor (ERGO, IPASUM) für die PCP-Konzentration in Blut und Urin vor. In der Tabelle 26 sind die Spearman'schen Korrelationskoeffizienten für die beiden Messungen pro Labor und den daraus gebildeten Mittelwert enthalten.

Tabelle 26: Korrelationen für den Vergleich vor/nach Sanierung für PCP-Konzentrationen in Blut und Urin

Labor	Parameter	n	r_s	p
ERGO	Blut	35	0,79	0,0001
	Urin	32	0,64	0,0001
	Urin/Crea.	32	0,56	0,0008
IPASUM	Blut	33	0,43	0,0133
	Urin	32	0,51	0,0030
	Urin/Crea.	32	0,69	0,0001
Labormittelwert	Blut	33	0,62	0,0001
	Urin	30	0,71	0,0001
	Urin/Crea.	30	0,79	0,0001

Die beiden zeitlich aufeinanderfolgenden Messungen für die biologischen Parameter (Blut, Urin, Urin/Creatinin) sind für beide Labors sowie für die gemittelten Laborwerte (ERGO und IPASUM = Labormittelwert) signifikant, teilweise sogar hochsignifikant ($p = 0,0001$) miteinander korreliert.

Die unterschiedlichen Mittelwerte der biologischen Parameter vor und nach der Sanierung für die beiden Labore ERGO und IPASUM für das Teilkollektiv der 35 Probanden sind der Tabelle 27 zu entnehmen.

Tabelle 27: Mittelwerte der biologischen Parameter vor und nach der Sanierung

Labor	Messung	Parameter	n	Mittelwert	S	Min.	Max.
IPASUM	vor Sanierung	PCP in Blut [$\mu\text{g/l}$]	33	9,5	8,38	< BG	33,0
		PCP in Urin [$\mu\text{g/l}$]	34	4,4	3,49	< BG	13,3
		PCP in Urin/Crea. [$\mu\text{g/g}$]	34	3,6	3,31	< BG	13,0
	nach Sanierung	PCP in Blut [$\mu\text{g/l}$]	35	5,1	4,25	< BG	19,0
		PCP in Urin [$\mu\text{g/l}$]	33	4,7	4,08	0,6	21,5
		PCP in Urin/Crea. [$\mu\text{g/g}$]	33	3,7	3,49	0,7	16,3
ERGO	vor Sanierung	PCP in Blut [$\mu\text{g/l}$]	35	6,8	6,51	0,9	29,6
		PCP in Urin [$\mu\text{g/l}$]	32	4,0	3,75	< BG	15,9
		PCP in Urin/Crea. [$\mu\text{g/g}$]	32	3,2	3,81	< BG	16,8
	nach Sanierung	PCP in Blut [$\mu\text{g/l}$]	35	4,7	3,92	0,8	17,1
		PCP in Urin [$\mu\text{g/l}$]	35	3,3	3,08	< BG	16,3
		PCP in Urin/Crea. [$\mu\text{g/g}$]	33	2,7	3,28	< BG	18,5
Labor-mittelwert	vor Sanierung	PCP in Blut [$\mu\text{g/l}$]	33	8,0	6,30	1,1	31,3
		PCP in Urin [$\mu\text{g/l}$]	32	4,0	3,32	< BG	14,6
		PCP in Urin/Crea. [$\mu\text{g/g}$]	32	3,3	3,44	< BG	14,4
	nach Sanierung	PCP in Blut [$\mu\text{g/l}$]	35	4,9	3,84	0,6	15,8
		PCP in Urin [$\mu\text{g/l}$]	33	4,0	3,55	0,9	18,9
		PCP in Urin/Crea. [$\mu\text{g/g}$]	33	3,1	3,21	0,6	17,4

Zur robusten statistischen Analyse eines möglichen Sanierungseffektes wurde folgende Vorgehensweise gewählt: Die relative Häufigkeit der Probanden mit dem Ergebnis "Biologischer Parameter nach Sanierung < Biologischer Parameter vor Sanierung" wurde mit dem gewöhnlichen Binomialtest auf die Hypothese $H_0: p = 0,5$ geprüft. Die folgenden Tabelle 28 bis 30 enthalten die Ergebnisse (Abbildungen siehe Anhang).

Tabelle 28: Sanierungseffekt für Blut, Urin und Urin/Creatinin, Labor IPASUM.
p-Werte des Binomialtests zur Hypothese $H_0: p = 0,5$

Sanierung	Blut		Urin		Urin/Crea.	
	n	%	n	%	n	%
vor > nach	25	0,76 (p=0,003)	17	0,53 (p=0,724)	15	0,47 (p=0,724)
vor < nach	8	0,24	15	0,47	17	0,53
gesamt	33	1,00	32	1,00	32	1,00

Tabelle 29: Sanierungseffekt für Blut, Urin und Urin/Creatinin, Labor ERGO.
p-Werte des Binomialtests zur Hypothese $H_0: p = 0,5$

Sanierung	Blut		Urin		Urin/Crea.	
	n	%	n	%	n	%
vor > nach	25	0,71 (p=0,011)	16	0,50 (p=1,00)	16	0,50 (p=1,00)
vor < nach	10	0,29	16	0,50	16	0,50
Gesamt	35	1,00	32	1,00	32	1,00

Tabelle 30: Sanierungseffekt für Blut, Urin und Urin/Creatinin, Labormittelwerte
p-Werte des Binomialtests zur Hypothese $H_0: p = 0,5$

Sanierung	Blut		Urin		Urin/Crea.	
	n	%	n	%	n	%
vor > nach	27	0,82 (p=0,001)	14	0,47 (p=0,715)	12	0,38 (p=0,157)
vor < nach	6	0,18	16	0,53	20	0,62
Gesamt	33	1,00	30	1,00	32	1,00

Ein signifikanter Sanierungseffekt für den Parameter Blut ist bei beiden Laboren und in der Summe der Labore vorhanden.

Ein derartiger Effekt liegt nicht vor bei Urin und Urin/Creatinin, und zwar weder für IPASUM oder ERGO noch für den Mittelwert aus IPASUM und ERGO.

5.3 Zusammenhänge zwischen innerer und äußerer Belastung

5.3.1 Blut- und Urinkonzentrationen in Abhängigkeit von der äußeren Belastung

Die Messungen der Konzentrationen von PCP in Luft und Staub in den Aufenthaltsräumen der Probanden in der Wohnung und am Arbeitsplatz wurden mit den jeweiligen Aufenthaltszeiten in Stunden multipliziert und diese Produkte aufaddiert. Um eine gewichtete mittlere Tagesbelastung zu erhalten, wurden diese Summen durch 24 h dividiert. Als dritter Parameter steht auch die PCP-Konzentration einer Staubprobe (Staubsaugerbeutel) aus dem gesamten Wohnbereich zur Verfügung.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit der PCP-Konzentrationen in Blut und Urin sowie Urin/Creatinin (Labormittelwerte) von Luft, Staub und Gesamtstaub wurden Korrelationsanalysen mit Hilfe der Spearman'schen Korrelation durchgeführt. Die Ergebnisse finden sich in folgender Tabelle 31.

Tabelle 31: Zusammenhang zwischen innerer (Blut und Urin) und äußerer (Luft und Staub) Belastung (Labormittelwerte).

Messung	Umwelt- parameter	Blut			Urin			Urin/Crea.		
		n	r _s	p	n	r _s	p	n	r _s	p
1	Luft	41	0,44	0,0037	42	0,37	0,0147	42	0,48	0,0015
	Staub	41	0,13	0,4230	42	0,16	0,2973	42	0,33	0,0321
	Gesamtstaub	26	0,23	0,2581	26	0,23	0,2544	26	0,51	0,0084
2	Luft	41	0,27	0,0830	39	0,34	0,0362	39	0,50	0,0013
	Staub	41	0,16	0,3028	39	0,35	0,0273	39	0,38	0,0172
	Gesamtstaub	26	-0,28	0,1584	27	-0,14	0,4828	27	-0,09	0,6584

Blut, Urin und Urin/Creatinin sind in der 1. Messung jeweils signifikant ($p < 0,05$) mit der Luftbelastung korreliert. Das gleiche gilt für die 2. Messung mit der Ausnahme des Zusammenhangs Luft/Blut, bei dem die Korrelation etwas schwächer ausfällt und der p-Wert lediglich 0,0830 beträgt.

Der Parameter Blut weist in beiden Messungen keine signifikante Korrelation mit Staub oder Gesamtstaub auf. Der Parameter Urin weist in der 1. Messung eine signifikante Korrelation mit Luft ($p = 0,0147$) auf. Bei der 2. Messung ist die Abhängigkeit von der Luft- und Staubkonzentration signifikant ($p < 0,05$). Bei Gesamtstaub liegt keine Abhängigkeit vor. Bei der 1. Messung des Parameters Urin/Creatinin besteht eine signifikante Korrelation mit Luft, Staub sowie mit Gesamtstaub. Bei der 2. Messung ist die Abhängigkeit von Luft und Staub signifikant. Bei Gesamtstaub liegt keine signifikante Abhängigkeit vor.

Da die Parameter der inneren Belastung signifikant mit Parametern der äußeren Belastung (Luft und Staub) korreliert sind, wurden die linearen Regressionen für diese Abhängigkeiten berechnet. Dabei wurden die Daten aus beiden Messungen der Humanparameter in einer Rechnung eingesetzt. Es wurden jeweils 3-5 Werte als Ausreißer identifiziert und ausgeschlossen. Mit der linearen Anpassung wurde ein stark vereinfachtes Modell gewählt. Inwieweit eine lineare Beziehung zwischen z. B. der Konzentration an PCP in Urin und der Luft besteht wurde an dieser Stelle mit statistischen Verfahren geprüft. Es kann keine Aussage über zugrunde liegende Prozesse der Aufnahme und Ausscheidung getroffen werden.

Für die einzelnen Regressionen wurden die folgende beschreibenden Parameter gefunden. Die Abbildungen finden sich im Anhang.

Tabelle 32: Lineare Regressionen für die Abhängigkeit der Konzentration von PCP in Luft und Urin (Labormittelwerte) von den Luft- und Staubkonzentrationen (Tagesmittelwerte)

Abhängige PCP-Konz.	Variable PCP-Konz.	a KI p	b KI p	n	r
Blut [$\mu\text{g/l}$]	Luft [ng/m^3]	5,17 4,17-6,17 0,0001	0,099 0,037-0,161 0,0018	78	0,345
Urin [$\mu\text{g/l}$]		2,97 2,33-3,61 0,0001	0,064 0,024-0,104 0,0019	77	0,346
Urin/Crea. [$\mu\text{g/g}$]		2,10 1,53-2,67 0,0001	0,088 0,053-0,113 0,0001	77	0,498
Blut [$\mu\text{g/l}$]	Staub [$\mu\text{g/kg}$]	5,37 4,10-6,64 0,0001	0,0004 -0,0003-0,0011 0,2565	79	0,128
Urin [$\mu\text{g/l}$]		2,98 2,18-3,78 0,0001	0,0004 -0,0001-0,0009 0,1164	78	0,178
Urin/Crea. [$\mu\text{g/g}$]		3,16 2,27-4,05 0,0001	0,0002 -0,0004-0,0008 0,5457	76	0,070

Für die Abhängigkeit der Humanparameter vom PCP-Gehalt im Staub liegt kein linearer Zusammenhang vor. Anders ist die Situation bei der Abhängigkeit von der PCP-Konzentration in der Luft. Hier wurden schwache aber signifikante lineare Korrelationen gefunden. Am deutlichsten tritt dieser Zusammenhang bei Bezug der PCP-Urinkonzentration auf Creatinin hervor.

5.3.2 Anteil der über die Atmung aufgenommenen Menge an PCP an der inneren Belastung

Wie in 5.3.1 gezeigt wurde, besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Konzentration an PCP in der Luft und der inneren Belastung mit PCP. Im folgenden wird der Anteil der über die Atmung aufgenommenen PCP-Menge an der inneren Belastung abgeschätzt.

Aus den Messdaten der PCP-Konzentrationen in der Luft lässt sich die täglich maximal über die Atmung aufgenommene Menge an PCP berechnen. Diese wird zu der täglich über den Urin ausgeschiedenen Menge in Bezug gesetzt. So lässt sich der maximale Anteil der über die

Atmung aufgenommenen Menge an PCP an der inneren Belastung abschätzen.

Folgende vereinfachende Annahmen wurden gemacht:

Aufnahme von PCP über die Atmung: Die Untersuchungsteilnehmer halten sich 24h/d in den untersuchten Räumen auf. Es wird eine Gewichtung nach der Aufenthaltsdauer in den Räumen vorgenommen. Das Atemvolumen beträgt 1m³/h. Die Resorption des PCP im Atemtrakt beträgt 100%.

Ausscheidung von PCP: Es erfolgt keine Akkumulation von PCP im Körper. Zum Zeitpunkt der Messungen sind Aufnahme und Ausscheidung von PCP im Gleichgewicht, d. h. die täglich aufgenommene (und endogen gebildete) PCP-Menge ist gleich der ausgeschiedenen. PCP wird ausschließlich über die Nieren ausgeschieden. Als Bezugsgröße für die Ausscheidung wird das Creatinin herangezogen. Die täglich ausgeschiedene Creatininmenge im Urin liegt im Mittel bei 1,3 g [62].

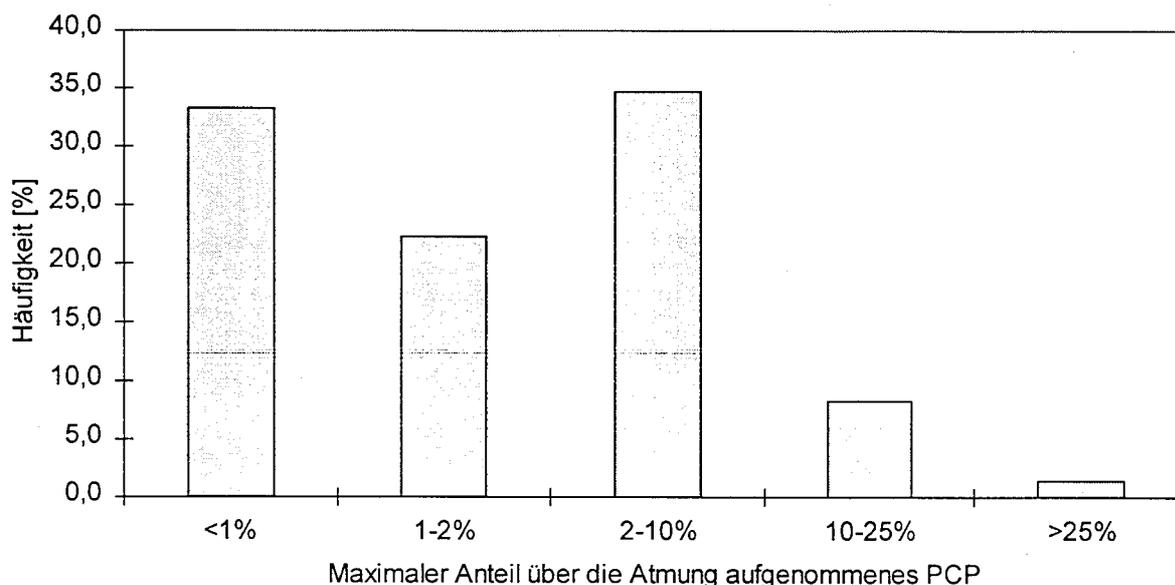
Aus dieser Betrachtung werden Personen ausgenommen, von denen nur Messdaten am Arbeitsplatz vorliegen. Daraus ergibt sich eine Reduktion auf 72 zu untersuchende Fälle. In Tabelle 33 sind die zusammenfassenden Ergebnisse der Berechnungen angegeben.

Tabelle 33: Täglich über die Atmung maximal aufgenommene und über den Urin ausgeschiedene PCP-Mengen

	Min	Max	Mittelwert	Median
Aufnahme über die Atmung [$\mu\text{g}/\text{d}$]	0,005	1,915	0,129	0,023
Ausscheidung über Urin [$\mu\text{g}/\text{d}$]	0,558	18,668	3,619	2,118
Anteil der Aufnahme über die Atmung an der Ausscheidung [%]	0,2	41,8	3,6	1,7

Im Einzelnen ergaben sich die folgenden Resultate: in 24 Fällen liegt die über die Atmung aufgenommene Menge an PCP bei unter 1% der über den Harn ausgeschiedenen Menge. In 16 Fällen beträgt dieser Anteil 1-2%. 25 mal wurde eine Aufnahme über die Atmung von 2-10% der ausgeschiedenen Menge registriert. In 6 Fällen wurden maximal über die Atmung aufgenommene Mengen von 10-15% der Ausscheidungsmenge gefunden. In einem Fall wurden über 25% der täglich ausgeschiedenen PCP-Menge über die Atmung aufgenommen. An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen dass hier der *maximale* Anteil der über die Atmung aufgenommenen Menge an der Gesamtbelastung mit PCP abgeschätzt wurde. Der reale Anteil wird in den meisten Fällen geringer sein.

Abbildung 2: Prozentualer Anteil der maximal aus der Luft aufgenommenen Menge an PCP an der täglich über den Urin ausgeschiedenen Menge an PCP



5.3.3 Einzelfallbetrachtung

Neben der rein statistischen Betrachtung der Ergebnisse sollte auch eine Betrachtung der einzelnen Fälle hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Luft- und Staubbelastung mit PCP einerseits und den Konzentrationen von PCP in Blut und Urin andererseits durchgeführt werden. Dies geschieht insbesondere mit Blick auf die Klärung ungewöhnlicher Fälle (z. B. hohe innere Belastung aber geringe äußere Belastung, oder hohe äußere Belastung ohne erhöhte innere Belastung). Als Kriterium für relativ erhöhte Belastung wurde von uns ein Überschreiten des jeweiligen Medians aller Messungen des jeweiligen Parameters gewählt. Die Betrachtung erfolgte für die beiden Serien getrennt.

Die Betrachtung der individuellen Fälle jenseits der Statistik zeigt, dass neben den erwarteten Fällen, bei denen eine Belastung von Blut und Urin mit PCP mit der Belastung der Luft und/oder des Staubs in ihrem Wohn- u. Arbeitsumfeld korreliert ist (Fälle 14 – 16) oder bei denen in keinem der gemessenen Parameter erhöhte Werte registriert wurden (Fall 1), unerwartete Fälle beobachtet werden. Es wird eine geringe Anzahl an Fällen registriert, bei denen eine nachgewiesene erhöhte äußere Belastung nicht in erhöhten PCP-Konzentrationen in Blut und Urin führt (Fall 2 – 4). Eine größere Anzahl der untersuchten Personen weist erhöhte Blut- und/oder Urinkonzentrationen an PCP auf, ohne über die untersuchten Pfade Luft und Staub im Wohn- u. Arbeitsumfeld in erhöhtem Maße belastet zu sein (Fall 5,9,13). Der Versuch aus den Ergebnissen der Fragebögen bei diesen auf mögliche andere Quellen für die innere Belastung schließen zu können führte nicht zum Erfolg. Auch die intensive Quellensuche nach eingehender Diskussion mit den Betroffenen war erfolglos. Die Ursachen für die z.T. hohen inneren Belastungen konnten nicht ausfindig gemacht werden.

Tabelle 34: Einzelfallbetrachtung, Überschreitung der Mediane der Konzentration von PCP in Blut, Urin, Luft und Staub. Anzahl Fälle je Konstellation

Konstellation	Blut	Urin/Crea.	Luft	Staub	Anzahl	
					1. Messung	2. Messung
1	0	0	0	0	9	8
2	0	0	0	1	2	2
3	0	0	1	0	1	1
4	0	0	1	1	2	3
5	0	1	0	0	1	1
6	0	1	0	1	1	1
7	0	1	1	0	1	0
8	0	1	1	1	4	2
9	1	0	0	0	4	2
10	1	0	0	1	1	3
11	1	0	1	0	0	0
12	1	0	1	1	0	0
13	1	1	0	0	2	3
14	1	1	0	1	0	1
15	1	1	1	0	5	3
16	1	1	1	1	5	8

1 = Überschreitung des Medians, 0 = Unterschreitung des Medians

6 Diskussion

Im folgenden werden die in den Kapiteln 4 und 5 dargestellten Ergebnisse diskutiert. Dazu werden zunächst die erhaltenen Ergebnisse der vier Untersuchungsparameter PCP-Konzentration in Luft, Staub, Blut und Urin einzeln erörtert (Kap. 6.1). In Kap. 6.2 werden die zu den einzelnen Arbeitshypothesen erzielten Ergebnisse diskutiert. Kap. 6.3 behandelt die darüber hinaus erhaltenen Ergebnisse der Untersuchungen.

6.1 Diskussion der einzelnen Messergebnisse

6.1.1 Diskussion der Ergebnisse der Luft- und Staubuntersuchungen

Wie in 4.1 gezeigt wurde, haben wir bei den Messungen von PCP in der Luft und im frischen sedimentierten Staub der untersuchten Räume insgesamt niedrige Konzentrationen gefunden. Obwohl es sich bei den untersuchten Gebäuden um Objekte handelte, bei denen aufgrund von vorausgegangenen Untersuchungen von Materialproben (Holz) eine Anwendung von Holzschutzmitteln erwiesen war, wurden nur in wenigen Räumen PCP-Konzentrationen in der Raumluft und im Hausstaub nachgewiesen, bei denen nach dem derzeitigen Stand der Einschätzung von einer Holzschutzmittelanwendung auszugehen ist.

Als Indiz für eine Anwendung von Holzschutzmitteln wird für Luft eine PCP-Konzentration von 100 ng/m^3 [1,52] angesehen. Dabei stützt sich dieser Zahlenwert auf Messergebnisse aus den 80er Jahren [9]. Dieser Wert ist auch das Entscheidungskriterium für die Durchführung von Messungen zur Erfassung der PCP-Belastung von Personen, die in kontaminierten Gebäuden leben. Darüber hinaus stellt dieser Wert den Sanierungszielwert der PCP-Richtlinie [47] und der Empfehlung der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes [52] dar.

Dieser Schwellenwert von 100 ng/m^3 wurde in der vorliegenden Studie nur in 18 Fällen (6% der Messwerte) überschritten. Als Ursache hierfür ist die in jedem Fall weit zurückliegende Anwendung der Holzschutzmittel zu sehen. Es liegen zwar keine gesicherten Aussagen über das Ausgasungsverhalten von PCP aus Hölzern vor, es kann jedoch von Halbwertszeiten von ca. 6 Jahren ausgegangen werden [63]. Über den Anteil von Sekundärquellen an der Belastung der Luft mit PCP liegen keinerlei Daten vor. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die Abgabe von PCP an die Raumluft in den Jahren seit der Anwendung der Holzschutzmittel deutlich zurückgegangen ist. Eine PCP-Konzentration in der Luft, die eine Anwendung von Holzschutzmitteln wahrscheinlich macht, wird also heute deutlich unter dem in den 80er Jahren festgestellten Wert von 100 ng/m^3 liegen.

Für Staub stellt sich die Situation etwas differenzierter dar. Hier wird eine Konzentration von 1 mg/kg bei Frischstaub als Kriterium herangezogen. Eine Anwendung von PCP-haltigen Holzschutzmitteln wird bei Unterschreiten dieses Wertes ausgeschlossen [47]. Auch diese Beurteilung stützt sich auf Untersuchungen aus den 80er Jahren [50].

Eine PCP-Konzentration von $> 1 \text{ mg/kg}$ im Frischstaub wurde in 150 Fällen (53% der Messwerte) registriert. Auch hier muss wie oben ausgeführt mit einer deutlichen Abnahme der Konzentration seit Anwendung des Holzschutzmittels gerechnet werden. Aufgrund der Zusammensetzung des Hausstaubes ist darüber hinaus mit einem direkten Einfluss der Sekundärquellen (z. B. durch Abrieb von Textilien) zu rechnen. Die Quelle für PCP im Hausstaub ist also möglicherweise nicht nur die Anreicherung aus der Luft.

Ein Schwellenwert für die Konzentration von PCP in Hausstaub, bei dessen Unterschreitung eine Anwendung von PCP-haltigen Holzschutzmitteln wenig wahrscheinlich wird, kann nach den vorliegenden Daten nicht angegeben werden. Auch das Heranziehen der nach erfolgten Sanierungen gefundenen Konzentrationen ist nicht sinnvoll, da hier Sekundärkontaminationen nicht ausgeschlossen werden können.

6.1.2 Diskussion der Ergebnisse der Blut- und Urinuntersuchungen

In keinem der untersuchten Fälle wurde eine Konzentration gemessen, die den HBM I-Wert ($40 \text{ } \mu\text{g/l}$ Blutserum und $25 \text{ } \mu\text{g/l}$ Urin) erreicht. Damit ist nach der Einschätzung der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes eine gesundheitliche Beeinträchtigung der untersuchten Personen nicht zu erwarten [1].

Da die Konzentrationen an PCP in Plasma und in den Blutzellen ungefähr gleich sind, können Ergebnisse von Serum-, Plasma- und Vollblutuntersuchungen bis zu Werten von 100 µg/l verglichen werden [23].

Die im Blut der untersuchten Personen gefundenen PCP-Gehalte lagen insgesamt im Bereich, der in Untersuchungen seit Mitte der 90er Jahre gefunden wurde [40-44]. In diesen Studien wurden sowohl Personen erfasst, bei denen eine Holzschutzmittelexposition ausgeschlossen wurde, als auch Personen, bei denen eine innere Belastung mit PCP abgeklärt werden sollte. Die Mediane der in dieser Studie gefundenen Konzentrationen liegen dabei im unteren Drittel der Vergleichswerte.

Der von Butte ermittelte [41] und von der Kommission "Human-Biomonitoring" bestätigte Referenzwert für PCP im Blutserum von 20 µg/l, der eine erhöhte innere Belastung mit PCP anzeigt, wurde in 2 Fällen überschritten. Ein Zusammenhang zwischen einer äußeren Belastung und der PCP-Blutkonzentration wird jedoch schon bei wesentlich geringeren PCP-Konzentrationen deutlich (s.u.).

Die im Urin der untersuchten Personen gefundenen PCP-Gehalte lagen insgesamt im Bereich, der in den Untersuchungen seit Mitte der 90er Jahre gefunden wurde [40-42,44]. Die Mediane der in diesen Untersuchungen berichteten Konzentrationen von PCP im Urin sind mit denen der vorliegenden Studie vergleichbar.

Auch der Referenzwert von 15 µg/l für PCP im Urin [1] wird nur in 2 Fällen überschritten. Diese Fälle sind nicht mit denen der Überschreitung des Blut-Referenzwertes identisch. Auch hier wird ein Zusammenhang zwischen einer äußeren Belastung und der PCP-Urinkonzentration schon bei wesentlich geringeren PCP-Konzentrationen deutlich (s.u.).

6.2 Diskussion der Ergebnisse zu den Arbeitshypothesen

Im folgenden werden die Resultate der statistischen Untersuchungen zu den der Arbeit zu Grunde liegenden Arbeitshypothesen erörtert. Dabei wird die jeweilige *Arbeitshypothese* an den Anfang des Kapitels gestellt. Die *Zusammenfassende Aussage zu den Hypothesen* findet sich am Ende des jeweiligen Kapitels.

6.2.1 Arbeitshypothese I

Ein gegebenes Objekt (Haus) hat in relativ engen Grenzen konstante Kontaminationswerte in der Luft und dem sich erneuernden sedimentierten Staub.

Um die Wiederholbarkeit der Messungen zu prüfen, stehen grundsätzlich zwei Wege offen. Zum einen ist dies die häufige Messung (mindestens 10malige Probenahme) der PCP-Konzentrationen in wenigen Objekten. Der Vorteil dieses Vorgehens ist eine gesicherte statistische Aussage zur Wiederholbarkeit der Messungen für die untersuchten Objekte. Eine statistisch gesicherte Aussage zu möglichen Abhängigkeiten von der Temperatur, Luftfeuchte, Luftwechsel und anderen Randbedingungen wird erst bei höheren Fallzahlen (Messungen bei unterschiedlichen Bedingungen) möglich. Der wesentliche Nachteile ist die von der Anzahl

der Wiederholungsmessungen abhängige Beschränkung auf wenige zu untersuchende Räume. Der zweite Weg, um Aussagen über die Wiederholbarkeit der Messungen zu erhalten, ist die mehrfache Messung in vielen Räumen. Der Hauptnachteil dieses Verfahrens ist die geringe Datenbasis für sichere statistische Aussagen zu einzelnen Objekten. Der Vorteil ist die Untersuchung einer Vielzahl unterschiedlicher Räume mit sehr unterschiedlichen Randbedingungen (Quellenstärke, Sekundärkontaminationen, Nutzung, Reinigungs- und Lüftungsverhalten etc.), wodurch verallgemeinerte Aussagen möglich sind. In der vorliegenden Studie war es nicht möglich, genutzte Objekte zu finden, in dem wir mit Zustimmung der Bewohner häufige Messungen hätten durchführen können. Die normale Nutzung war aber zwingende Voraussetzung um „normale“ Proben der Raumluft und des sich erneuernden sedimentierten Staubs zu erhalten. Als praktikabel (Zustimmung einer großen Anzahl von Personen) erwies sich eine viermalige Messung im Verlauf der Untersuchung (ca. 1½ Jahre).

In 67 Räumen wurden die Konzentrationen von PCP in Luft und Staub jeweils viermal bestimmt. Anhand dieser mehrfachen Messungen sollte geprüft werden, ob in jedem Fall ein repräsentatives Ergebnis für die PCP-Konzentration in Luft und Staub erhalten werden kann. Wie in 5.1.1 gezeigt wurde, liegen die Streuungen der dabei erhaltenen Messwerte zum großen Teil in der Größenordnung der Messwerte. Dieser Befund deckt sich mit der aus der Literatur bekannten hohen Variabilität der Messergebnisse bei wiederholter Messung der PCP-Luftkonzentration in einem Raum [54].

Setzt man die für einzelne Räume gefundenen Standardabweichungen der Messwerte zu den Standardabweichungen des Verfahrens (gepoolte Standardabweichung bei den Luftanalysen und Standardabweichung des analytischen Verfahrensschrittes bei Staubanalysen) in Beziehung, zeigt sich, dass die Messungen nur teilweise wiederholbar waren.

Bei der wiederholten Messung der Konzentration von PCP in Staub wurden in der Regel Konzentrationen gefunden, die signifikant voneinander abwichen. Nur in Ausnahmefällen wurden vergleichbare Ergebnisse erhalten. Dieses Ergebnis spiegelt die hohe Variabilität der Matrix Staub wider. Da es nicht möglich war, parallele Staubproben in den Räumen zu nehmen ist eine Beurteilung der Ergebnisse mit Blick auf die Variabilität der Probenahme nicht möglich.

Bei wiederholter Messung der Konzentration von PCP in der Luft wurden bei insgesamt höherer Variabilität der Messwerte für die einzelnen Räume häufiger übereinstimmende Messergebnisse gefunden. So konnten mit einer statistischen Sicherheit von 99% in ca. 50% der Fälle gleiche Resultate erzielt werden. Dieses Ergebnis spiegelt die hohe Variabilität der PCP-Luftkonzentration wider.

Zusammenfassende Bewertung: Ein gegebenes Objekt hat in der Regel stark schwankende Kontaminationswerte in der Luft und dem sich erneuernden sedimentierten Staub. Einzelne Messungen der Kontamination liefern in der Regel nur Momentaufnahmen der Belastung.

6.2.2 Arbeitshypothese II

Die Ergebnisse der klinischen Labors betreffend Blut- und Urinalysen sind exakt. Die verwendeten Methoden stellen zuverlässige Ergebnisse sicher.

Um Aussagen über die Präzision der Bestimmung von PCP in Blut und Urin zu erhalten, wurden zwei unabhängige Labors mit den Analysen der Proben beauftragt. Jede Probe wurde von beiden Labors untersucht. Zur Beurteilung der Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse der beiden an der Untersuchung beteiligten klinischen Labors wurden zwei Ansätze gewählt.

Mit statistischen Verfahren wurden Mittelwertvergleiche für die einzelnen Untersuchungsparameter und Messserien und die zugehörigen Korrelationen berechnet.

Die von den Labors erhaltenen Messwerte der biologischen Parameter sind mit einer Ausnahme (Konzentration von PCP im Blut 1. Messung) deutlich miteinander korreliert, d.h. der Korrelationskoeffizient bewegt sich in der Größenordnung von 0,7 und darüber. Die entsprechenden p-Werte liegen bei 0,0001 bzw. darunter. Signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den beiden Laboren liegen für die Parameter Blut bei der 1. Messung und für Urin (bzw. Urin/Creatinin) bei der 2. Messung vor.

Der Vergleich der erhaltenen Messwerte mit aus der Literatur (Ringversuche) bekannten Interlabor-Variationskoeffizienten ergab, dass mit Ausnahme der ersten Serie von Blutproben eine gute Übereinstimmung (76 – 86%) der Messwerte vorlag. Eine auch nur annähernd 100%ige Übereinstimmung ist bei derartigen Messungen nicht zu erwarten.

Sowohl die statistische Analyse, als auch der Vergleich mit Ringversuchsdaten ergab signifikant höhere Abweichungen der Messergebnisse der Blutproben in der ersten Probenserie. In der Diskussion mit den beteiligten Labors wurden hierfür mehrere potentielle Ursachen gefunden. Als wesentlichster Punkt ist die Gewinnung der Proben und der Probenversand durch die jeweiligen Ärzte zu nennen. Proben konnten dabei falsch behandelt (was z.B. häufiger zu geronnenen Blutproben führte) oder verwechselt werden. In der zweiten Probenserie hat hier möglicherweise eine Art Lerneffekt zu besseren Resultaten geführt. Des weiteren ist ein Lerneffekt auch bei den Labors nicht auszuschließen. Ausgehend von der Vorgabe von ERGO wurden Vollblutproben, und nicht wie sonst üblich Serumproben, analysiert.

Zusammenfassende Bewertung: Die Ergebnisse der an der Untersuchung beteiligten klinischen Labors betreffend Blut- und Urinalysen sind im wesentlichen übereinstimmend. Es wurden im Rahmen der in Ringversuchen gefundenen analytischen Präzision zuverlässige Analyseergebnisse erhalten.

6.2.3 Arbeitshypothese III

Die innere Belastung (Blut, Urin) der exponierten Personen wird von der Konzentration an PCP in der Luft und im Staub beeinflusst, d. h. bei einer erhöhten äußeren Belastung werden höhere Blut- bzw. Urinkonzentrationen erwartet.

Die an der Untersuchung beteiligten Probanden wurden im Untersuchungszeitraum jeweils zweimalig hinsichtlich der inneren Belastung mit PCP untersucht. Diese Untersuchungen erfolgten in zeitlichem Zusammenhang mit einer Messung der äußeren Belastung durch PCP in der Luft und im Staub in ihren Wohn- und/oder Arbeitsräumen.

Zur Prüfung der Arbeitshypothese wurden zunächst für die beiden Serien der Messung der inneren Belastung getrennte Korrelationsanalysen für die Abhängigkeit von der äußeren Belastung durchgeführt. Es zeigte sich, dass innerhalb der einzelnen Probenserien schwache signifikante Korrelationen der Konzentration von PCP im Blut mit der Konzentration in der Luft existieren. Die Konzentration im Urin ist (bei Bezug auf das Volumen) mit dem PCP-Gehalt der Luft und in einer Messung dem PCP-Gehalt im Staub schwach korreliert. Bei Bezug der PCP-Urinkonzentration auf den Creatiningehalt verstärkt sich sowohl die Korrelation als auch die Signifikanz. Ein Zusammenhang mit der PCP-Konzentration im Gesamtstaub (Staubsaugerbeutel) wurde für keinen der Humanparameter gefunden.

Bei den hier gefundenen Korrelationen wurde geprüft, ob lineare Abhängigkeiten zwischen den Untersuchungsparametern bestehen. Es wurden die entsprechenden linearen Regressionen berechnet. Für die Abhängigkeit der PCP-Konzentration in Blut oder Urin vom PCP-Gehalt im Staub liegt kein linearer Zusammenhang vor. Die Konzentration an PCP im frischen sedimentierten Staub der untersuchten Gebäude war demnach zwar mit der inneren Belastung korreliert, es besteht aber kein linearer Zusammenhang. Die Variabilität der Matrix Staub, mit ständig wechselnder Zusammensetzung aus unbelasteten Partikeln und Abrieb sekundär-belasteter Materialien ist sehr groß. Daraus resultiert, dass zwar eine Korrelation der inneren Belastung mit dem PCP-Gehalt im Staub festgestellt wurde, d. h. bei höheren Konzentrationen im Staub auch höhere Konzentrationen in Blut und Urin gefunden wurden, aber es liegt keine lineare Abhängigkeit vor. In einer Auswertung der Ergebnisse der Untersuchungen im Rahmen der Erhebung des BStI (vgl. 3.1) wurden keine Zusammenhänge zwischen der Konzentration von PCP im Staub- und der im Blutplasma gefunden [64].

Ursachen hierfür sind nach unserer Einschätzung der fragliche (nicht dokumentierte) zeitliche Zusammenhang zwischen Staub und Blutprobenahme, die Probenahme und Analyse der Staubproben durch viele unterschiedliche Labors und die Vernachlässigung der Aufenthaltsdauer der einzelnen Personen in den untersuchten Räumen. Bei Einhaltung der in der vorliegenden Studie eingehaltenen Bedingungen (kontaminationsfreie Probenahme von frisch sedimentiertem Staub, enger zeitlicher Zusammenhang der Staub- und Humanprobenahmen, Berücksichtigung der Aufenthaltsdauer in den Räumen) ist ein signifikanter, wenn auch aufgrund der hohen Variabilität der Matrix Staub schwacher Zusammenhang zwischen der Konzentration von PCP in Staub und den Humanparametern feststellbar. Dieser Zusammenhang ist nicht linear. Nach unserer Einschätzung ist frisch sedimentierter Staub ein Indikator für nicht inhalative PCP-Belastungen wie z.B.

Hautresorption und Aufnahme mit der Nahrung (als Primär- und Sekundärbelastung). Der frische sedimentierte Staub ist also ein guter Indikator, um auf innere Belastungen der Personen schließen zu können, eine unmittelbare Abschätzung der resultierenden Belastung bei einer gegebenen PCP-Staubkonzentration ist aber nicht möglich.

Anders ist die Situation bei der Abhängigkeit der inneren Belastung von der PCP-Konzentration in der Luft. Hier wurden schwache aber signifikante lineare Korrelationen gefunden. Am deutlichsten tritt dieser Zusammenhang bei Bezug der PCP-Urinkonzentration auf Creatinin hervor. Die Korrelationskoeffizienten r der Regression liegen bei 0,35 – 0,50. Die hohe Variabilität der Messwerte und hier insbesondere der PCP-Luftkonzentration führte dazu, dass keine höheren Korrelationen gefunden wurden. Aus den Regressionen lässt sich aber aufgrund der schwachen Korrelationen und der damit verbundenen großen Unsicherheitsbereiche die auf inhalative Aufnahme zurückzuführende innere Belastung nicht berechnen.

Zusammenfassende Bewertung: Die innere Belastung (Blut, Urin) der exponierten Personen wird von der Konzentration an PCP in der Luft und im Staub beeinflusst, d. h. bei einer erhöhten äußeren Belastung werden höhere Blut- bzw. Urinkonzentrationen gefunden. Zwischen der Konzentration von PCP in der Luft und der inneren Belastung besteht im untersuchten Konzentrationsbereich eine lineare Abhängigkeit.

6.2.4 Arbeitshypothese IV

Die Ausscheidung von PCP ist individuell unterschiedlich. Für die "steady state" Blutkonzentration ist neben der externen Belastung auch die individuelle Ausscheidungsrate entscheidend.

Zur Untersuchung dieser Hypothese wurden die Zusammenhänge zwischen den Parametern Konzentration von PCP in Blut und Urin untersucht. Auch hier wurden zunächst die Korrelationen getrennt für die beiden Messserien berechnet. Es zeigte sich, dass alle Zusammenhänge zwischen den Konzentrationen an PCP in Blut und Urin signifikant sind. Die Zusammenhänge auf der Basis der Ergebnisse des Labors ERGO bzw. auf Basis des Labormittelwertes sind stets höher als die Zusammenhänge auf der Basis der Werte des Labors IPASUM. (An dieser Stelle sei angemerkt, dass zumindest im Labor ERGO die jeweiligen Wertepaare eines Probanden (PCP in Blut und Urin) auf „Plausibilität“ geprüft wurden [65]. Ein hoher Urinwert sollte hier also immer mit einem hohen Blutwert gekoppelt sein.) Da für niedrige Konzentrationen von PCP im Blut ein linearer Zusammenhang zwischen Urin- und Blut-Gehalten angenommen [61] wird, wurden die linearen Regressionen für diesen Zusammenhang berechnet. Für den vorliegenden Konzentrationsbereich wurden gute hochsignifikante Anpassungen an die lineare Ausgleichsfunktion bei Verlauf durch den Ursprung erhalten.

Für diese Regressionen wurden 1 bis 3 Beobachtungen als Ausreißer identifiziert und in der Rechnung nicht berücksichtigt. Dabei handelt es sich in jedem Fall um Wertepaare, bei denen

der Wert für die Konzentration von PCP im Urin relativ hoch war. In wieweit es sich bei den Ursachen für diese Ausreißer um Messfehler oder um den Ausdruck eines anderen Ausscheidungsverhaltens der Probanden handelt, kann nicht entschieden werden. Gesundheitliche Störungen (z.B. Niereninsuffizienz) können jedoch zu einer veränderten Ausscheidung von PCP führen.

Zusammenfassende Bewertung: Die Ausscheidung von PCP ist für die untersuchte Personengruppe nicht individuell unterschiedlich. Für die "steady state" Blutkonzentration der untersuchten Personen ist die externe Belastung entscheidend.

6.3 Über die Bearbeitung der Arbeitshypothesen hinausgehende Ergebnisse der Untersuchungen

In diesem Kapitel werden Ergebnisse der vorliegenden Studie diskutiert, die über die ursprünglichen Fragestellungen (Arbeitshypothesen) hinausgehen. Es handelt sich dabei zum Einen um Ergebnisse der statistischen Analysen, und zum Anderen um die Betrachtung der individuellen Messergebnisse.

6.3.1 Bedeutung der inhalativen Aufnahme für die Gesamtbelastung mit PCP

Aus den vorliegenden Daten konnte der Anteil der inhalativen Aufnahme an der täglich ausgeschiedenen Menge PCP abgeschätzt werden. Unter den in 5.3.2 getroffenen Annahmen zeigt sich, dass über 90% der untersuchten Personen weniger als 10% der täglich über den Urin ausgeschiedenen Menge an PCP über die Atmung aufgenommen haben können. Nur in einem Fall ist der maximale Anteil des inhalativ aufgenommenen PCP > 25%.

Dieser geringe Anteil der Inhalation an der Gesamtbelastung mit PCP spiegelt sich auch in den geringen Steigungen der Ausgleichsgeraden für die Zusammenhänge der PCP-Konzentrationen in Blut und Urin mit der PCP-Luftkonzentration wider. Aus den Regressionen lässt sich jedoch aufgrund der schwachen Korrelationen und der damit verbundenen großen Unsicherheitsbereiche die auf inhalative Aufnahme zurückzuführende innere Belastung nicht berechnen.

6.3.2 Zusammenhänge zwischen der Konzentration von PCP in der Luft und im Staub

Im Zuge der Untersuchungen wurden in 75 Räumen je viermalig Luft und Staubproben genommen. Auf diese Weise wurden 283 zusammengehörige Wertepaare für die Konzentration von PCP im frischen sedimentierten Staub und der Raumluft erhalten. Parallel zu den jeweiligen Luftprobenahmen wurden die Temperatur und die relativen Luftfeuchtigkeit gemessen. Die statistische Untersuchung der Abhängigkeiten der PCP-Luftkonzentration von den Parametern PCP-Gehalt im Staub, RH und T ergab keine Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit, eine schwache signifikante Abhängigkeit von der Temperatur und eine mäßige hochsignifikante Korrelation mit dem PCP-Gehalt im sedimentierten Staub.

Da zwischen den Konzentrationen von PCP in Luft und Staub eine signifikante Korrelation festgestellt wurde, konnte hier die funktionale Abhängigkeit beschrieben werden. Dazu wurden die lineare Regression und Anpassungen für die Adsorptionsisothermen nach Henry und nach Langmuir berechnet.

Alle Modelle liefern schwache bis mäßige aber hochsignifikante Korrelationen des PCP-Gehalts im sedimentierten Staub mit der Konzentration in der Raumluft. Es besteht demnach ein Zusammenhang zwischen diesen Parametern der äußeren Belastung mit PCP. Dieser Zusammenhang wird durch eine nicht lineare Anpassung am besten beschrieben.

Bei einem Korrelationskoeffizienten von 0,750 (nicht lineare Anpassung) werden ca. 45% der Varianz der Messdaten nicht durch die Ausgleichsfunktion beschrieben. Eine Ursache hierfür ist die relativ hohe Varianz der Messergebnisse für die PCP-Luft- und Staubkonzentrationen. Eine andere, in unseren Augen wesentlichere Ursache ist die hohe Variabilität der Matrix Staub. Die Bedingung der gleichen Bindungsenergie für jedes PCP-Molekül ist bei der Matrix Staub (aus 75 unterschiedlichen Räumen!) nicht erfüllt. Dabei spielen sowohl die Zusammensetzung des Staubes als auch die Sorption anderer Substanzen eine Rolle. Auch die Annahme, dass sich die PCP-Konzentrationen in Staub- und Gasphase zum Zeitpunkt der Messung im Gleichgewicht befanden ist nur bedingt erfüllt. Aufgrund seiner Zusammensetzung aus "unbelasteten" Partikeln und Abrieb von sekundär belasteten Materialien fungiert Staub zugleich als Quelle und Senke für PCP.

6.3.3 Sanierungseffekte

In der Studie wurden Gebäude untersucht, bei denen nach vorausgegangenen Erhebungen von einer Anwendung von Holzschutzmitteln ausgegangen werden konnte. Im Verlauf der 18monatigen Untersuchung wurde ein Teil der Gebäude saniert, so dass für diese Räume und die betroffenen Personen Messdaten vor und nach einer Sanierung vorliegen. Es bot sich also an, den "Erfolg" der Sanierungen zu überprüfen. Unter Erfolg wird dabei die signifikante Abnahme der äußeren und inneren Belastung der Probanden verstanden. Dabei stand nicht der einzelne Fall, sondern die statistische Prüfung der Gesamtheit der vorliegenden Daten im Vordergrund.

Für die beiden Parameter der äußeren Belastung (PCP in Luft und Staub) ist ein statistisch signifikanter Sanierungseffekt zu verzeichnen, d.h. die nach einer Sanierung gemessenen Konzentration sind signifikant niedriger als die Konzentrationen vor der Sanierung. Die Betrachtung der Einzelfälle zeigt allerdings, dass es mehrere Fälle gab, bei denen die Sanierung nicht erfolgreich war. Es wurde vermutet dass für die nach erfolgter Sanierung gefundenen hohen Belastungswerte nicht ausreichend beseitigte Sekundärkontaminationen verantwortlich waren. Diese Fälle wurden mit der Obersten Baubehörde des BStI diskutiert, und weitere Maßnahmen veranlasst. Eine Einzelfallbetrachtung, hinsichtlich Erfolg bzw. nicht Erfolg der eingesetzten Sanierungstechniken ist nach den uns vorliegenden Daten nicht möglich.

Für die Parameter der inneren Belastung (PCP in Blut und Urin) ist das Bild uneinheitlich. Es wurde ein statistisch signifikanter Sanierungseffekt für die PCP-Blutkonzentration festgestellt. Ausdruck findet dieser Sanierungseffekt u.a. im Rückgang des Konzentrationsmittelwertes von 8 µg/l auf 4,9 µg/l. Ein derartiger Effekt liegt für die Urin-Werte nicht vor.

Aufgrund der relativ hohen Varianz der Analysenergebnisse der Humanparameter (insbesondere der ersten Probenserie) sind aus den vorliegenden Daten nur statistische Aussagen möglich. Eine Sanierungskontrolle durch Messung einer korporalen PCP-Belastung ist daher nicht möglich gewesen.

6.3.4 Betrachtung der individuellen Ergebnisse für einzelne Untersuchungsteilnehmer

In der bisherigen Diskussion wurde nur die statistische Sicht der Ergebnisse behandelt. Die Erfahrung mit Untersuchungen wie diese lehrt aber, dass es immer wieder Fälle gibt, die mit den aus der Statistik gewonnenen Relationen und Kenngrößen nicht erfasst werden. Die Häufung dieser mit den statistischen Daten nicht kongruenten Fälle ist ein Indiz für die Gültigkeit der aus der Statistik gewonnenen Aussagen.

Die Betrachtung der individuellen Fälle jenseits der Statistik zeigt, dass neben den erwarteten Fällen, bei denen eine Belastung von Blut und Urin mit PCP mit der Belastung der Luft und/oder des Staubs in ihrem Wohn- u. Arbeitsumfeld korreliert ist oder bei denen in keinem der gemessenen Parameter erhöhte Werte registriert wurden, unerwartete Fälle beobachtet werden. Es wird eine geringe Anzahl an Fällen registriert, bei denen eine nachgewiesene erhöhte äußere Belastung nicht zu erhöhten PCP-Konzentrationen in Blut und Urin führt. Eine größere Anzahl der untersuchten Personen weist erhöhte Blut- und/oder Urinkonzentrationen an PCP auf, ohne über die untersuchten Pfade Luft und Staub im Wohn- u. Arbeitsumfeld in erhöhtem Maße belastet zu sein. Die Mehrzahl der untersuchten Fälle lässt sich jedoch durch die statistisch verifizierten Zusammenhänge zwischen innerer und äußerer Belastung beschreiben. Es gibt jedoch Ausnahmen. Diese liegen in der Mehrzahl bei einer unerwartet hohen inneren Belastung, ohne hier erkennbare äußere Belastung. Intensive Suche nach diesen Quellen führte nicht zum Erfolg. Die Tatsache, dass es sich bei den Untersuchungsteilnehmern mit erhöhter innerer Belastung ohne erkennbar erhöhte äußere Belastung ausnahmslos um Kinder bzw. Jugendliche handelt ist bemerkenswert. Es ist unklar, ob es sich hier um eine zufällige Häufung handelt. Eine statistische Analyse ist aufgrund der kleinen Fallzahl nicht sinnvoll.

7 Zusammenfassung

Die Zusammenhänge zwischen einer äußeren Belastung mit PCP nach Holzschutzmittelanwendung und der inneren Belastung mit PCP wurden untersucht. Für die Messungen wurden Gebäude ausgewählt, bei denen nach vorausgegangenen Erhebungen von einer Anwendung von Holzschutzmitteln ausgegangen werden konnte. In 30 Gebäuden wurden PCP-Konzentrationen in der Raumluft und im frischen sedimentierten Staub von insgesamt 75 Räumen gemessen. Diese Messungen wurden jeweils viermal durchgeführt. In zeitlichem

Zusammenhang mit diesen Messungen wurden von 46 Personen, die in den untersuchten Gebäuden leben bzw. arbeiten, Blut und Urinproben untersucht. Diese Messung der inneren Belastung mit PCP erfolgte zweimal. Die Blut und Urinproben wurden jeweils von zwei Labors untersucht.

Es wurden PCP-Luftkonzentrationen von unterhalb der Bestimmungsgrenze ($0,3 \text{ ng/m}^3$) bis $576,4 \text{ ng/m}^3$ (Mittelwert $25,3 \text{ ng/m}^3$, Median $2,5 \text{ ng/m}^3$) und PCP-Staubkonzentrationen von $83 \text{ } \mu\text{g/kg}$ bis 156 mg/kg (Mittelwert $4,0 \text{ mg/kg}$, Median $1,2 \text{ mg/kg}$) gefunden. Die Schwellenwerte, die bisher für eine Einstufung als Holzschutzmittel belasteter Raum herangezogen werden (Luft 100 ng/m^3 , Staub: 1 mg/kg) wurden bei den Luftmessungen in nur 18 Fällen und bei den Staubmessungen in ca. 50% der Fälle überschritten. Da die aus behandelten Hölzern (und Sekundärquellen) emittierten PCP-Mengen kontinuierlich abnehmen, muss eine Senkung dieser Schwellenwerte diskutiert werden, um auch in Zukunft ein Instrumentarium an der Hand zu haben, um aus Luft und Staubmessungen auf Holzschutzmittelanwendung schließen zu können.

Die wiederholte Messung der Luft- und Staubkonzentrationen ergab, dass ein gegebenes Objekt in der Regel stark schwankende Kontaminationswerte in der Luft und dem sich erneuernden sedimentierten Staub hat. Einzelne Messungen der Kontamination liefern in der Regel nur Momentaufnahmen der Belastung. Trotz der großen Varianz der raumbezogenen PCP-Konzentrationen wurde ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Staub- und Luftkonzentrationen von PCP festgestellt. Dieser Zusammenhang lässt sich gut mit einer nicht linearen Anpassung beschreiben.

Die Ergebnisse der an der Untersuchung beteiligten klinischen Labors betreffend Blut- und Urinanalysen sind im wesentlichen übereinstimmend. Es wurden im Rahmen der analytischen Präzision zuverlässige Analyseergebnisse erhalten. Die im Blut und Urin der untersuchten Personen gefundenen PCP-Gehalte lagen insgesamt im Bereich, der in Untersuchungen seit Mitte der 90er Jahre gefunden wurde. Die Referenzwerte für PCP im Blutserum ($20 \text{ } \mu\text{g/l}$) oder Urin ($15 \text{ } \mu\text{g/l}$), die eine erhöhte innere Belastung mit PCP anzeigen, wurden in jeweils 2 Fällen überschritten. Ein Zusammenhang zwischen einer äußeren Belastung und der PCP-Blut- und Urinkonzentration wird jedoch schon bei wesentlich geringeren PCP-Konzentrationen deutlich. Die innere Belastung der exponierten Personen wird von der Konzentration an PCP in der Luft und im Staub beeinflusst, d. h. bei einer erhöhten äußeren Belastung werden höhere Blut- bzw. Urinkonzentrationen gefunden. Zwischen der Konzentration von PCP in der Luft und der inneren Belastung besteht im untersuchten Konzentrationsbereich eine lineare Abhängigkeit. Aus den vorliegenden Daten kann der Anteil des über die Atmung aufgenommenen PCP an der Gesamtbelastung mit $<10\%$ (bei über 90% der untersuchten Personen) abgeschätzt werden. Die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Blut- und Urinkonzentration zeigt, dass die Ausscheidung von PCP für die untersuchte Personengruppe nicht individuell unterschiedlich ist. Für die "steady state" Blutkonzentration der untersuchten Personen ist die externe Belastung entscheidend.

Die statistische Analyse der Messdaten vor und nach einer erfolgten Sanierung zeigt eine signifikante Reduktion der Belastung bei Luft-, Staub- und Blutkonzentrationen, nicht jedoch bei den Urinkonzentrationen.

Die Betrachtung der Einzelfälle hinsichtlich des Zusammenhangs der äußeren mit der inneren Belastung zeigt Zweierlei. Zum Einen lässt sich die Mehrzahl der untersuchten Fälle durch die statistisch verifizierten Zusammenhänge erfassen, zum Anderen werden einzelne Fälle beobachtet, in denen einer erhöhten korporalen Belastung keine nachgewiesene externe Belastung mit PCP gegenübersteht und vice versa.

8 Literatur

- [1] Stoffmonographie Pentachlorphenol - Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM), Bundesgesundhbl. 6/1997 212-222
- [2] Umweltbundesamt. Umweltchemikalie Pentachlorphenol. UBA Berichte 3/87. E. Schmidt Verlag, Berlin 1987
- [3] Pentachlorphenol-Verbotsverordnung (PCP-V). BGBl. I (1989) 2235
- [4] Chemikalienverbotsverordnung (1993) Art I der Verordnung über die Neuordnung und Ergänzung der Verbote und Beschränkungen des Herstellens, Inverkehrbringens und Verwendens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach § 17 des Chemikaliengesetzes (Chemikalienverbotsverordnung - ChemVerbotsV). BGBl. I (1993) 1151, ergänzt durch BGBl. I (1996) 1498
- [5] Der Schuh – eine Giftküche? Wohnung + Gesundheit, 82 (1997) 29-30
- [6] Untersuchung von Textilien (Babykleidung, Unterwäsche) auf aus der Herstellung stammende Rückstände. Forschungsberichte des Bundesministeriums für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz, Sektion III, 4/94
- [7] Crosby, D. G., Beynon, K. I., Greve, P. A., Korte, F., Still, G. G., Vonk, J, W.: Environmental Chemistry of Pentachlorophenol. Pure & Appl. Chem. 53 (1981) 1051-1080
- [8] Hattemer-Frey, H. A., Travis, C. C.: Pentachlorophenol: Environmental partitioning and human exposure. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 18 (1989) 482-489
- [9] Eckrich, W.: Innenraumbelastung durch Holzschutzmittel. VDI-Bericht 745 (1989) 297-308
- [10] Waltner-toews, D., McEwen, S. A.: Residues of industrial chemicals and metallic compounds in foods of animal origin: A risk assessment. Preventive Veterinary Medicine 20 (1994) 201-218
- [11] Öko-Test, Seidentücher; Öko-Test 7/98 S. 31-37
- [12] Gefährliche Holzschutzmittel in neuen Spanplatten. Plus minus (WDR), Sendetermin: 16.09.1997 zitiert nach: <http://www.wdr.de/tv/PlusMinus/16.09/test/index.html>
- [13] Braun, W. H., Sauerhoff, M. W.: Pharmacokinetic profile of Pentachlorophenol in Monkeys. Toxicol. Applied Pharmacol. 38 (1976) 525-533
- [14] Horstmann, S. W., Rossner, A., Kalman, D. A. Morgan, M. S.: Penetration of pentachlorophenol and tetrachlorophenol through human skin. J Environ. Sci. Health. Pt. A, Environ. Sci. Eng. 24 (1989) 229-242

-
- [15] Hoben, H. J., Ching, S., Casarett, L.: A Study of inhalation of pentachlorophenol by rats 3. Inhalationtoxicity study. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 15 (1976) 463-465
- [16] To-Figueras, J, Sala, M., Otero, R., Barrot, C., Santiago-Silva, M., Rodamilans, M., Herrero, C., Grimalt, J., Sunyer, J.: Metabolism of Hexachlorobenzene in humans: association between serum levels and urinary metabolites in a highly exposed population. *Environ. Health Perspect.* 105 (1997) 78-83
- [17] den Besten, C., Bennik, M. M., van Iersel, M., Peters, M. A., Teunis, C., van Bladeren, P. J.: Comparison of urinary metabolite profiles of hexachlorobenzene and pentachlorobenzene in the rat. *Chem. Biol. Interact.* 90 (1994) 121-137
- [18] Umegaki, K., Ikegami, S., Ichikawa, T.: Fish oil enhances pentachlorobenzene metabolism and reduces its accumulation in rats. *J. Nutr.* 125 (1995) 147-153
- [19] Yuan, J. H., Goehl, T. J., Murrill, E., Moore, R., Clark, J., Hongm L., Irwin, R.: Toxikokinetics of pentachloroanisole in F344 rats and B6C3F1 mice. *Xenobiotika* 23 (1993) 427-438
- [20] Ikeda, G. J., Sapienza, P. P., Warr, P. I.: Disposition and metabolism of radiolabelled pentachloroanisole in rats and rabbits. *Food Chem. Toxicol.* 32 (1994) 1137-1146
- [21] Koss, G., Koransky, W.: Pentachlorophenol als Stoffwechselprodukt. UBA-Berichte 3/1987. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1987
- [22] Uhl, S., Schmid, P., Schlatter, C.: Pharmacokinetics of pentachlorophenol in man. *Arch. Toxicol.* 58 (1986) 182-186
- [23] Judis, J.: Binding of selected phenol derivatives to human serum proteins. *J. Pharm. Sci.* 71 (1982) 1145-1147
- [24] Juhl, U., Witte, I., Butte, W.: Metabolism of pentachlorophenol to tetrachlorohydroquinone by human liver homogenate. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 35 (1985) 596-601
- [25] Ansari, G. A. S., Britt, S. G., Reynolds, E. S.: Isolation and characterization of palmitoylpentachlorophenol from human fat. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 34 (1985) 661-667
- [26] Grimm, H. G.: Die Belastung des Menschen mit Pentachlorophenol. VDI-Berichte 609 (1987) 69-88
- [27] Jorens, P. G., Janssens, J. J., van-Tichelen, W. I., van-Paeschen, W., de-Deyn, P. P., Schepens, P. J.: Pentachlorophenol concentrations in human cerebrospinal fluid. *Neurotoxicology* 12 (1991) 1-7
- [28] Veningerová, M., Uhnák, J., Prachar, V., Kovacicová, J., Chlorinated phenols in human milk. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 203 (1996) 309-310
- [29] Barbieri, F., Colosio, C., Schlitt, H., Maroni, M.: Urine excretion of Pentachlorophenol (PCP) in occupational exposure. *Pesticide Science* 43 (1995) 259-262
- [30] U.S. Department of Health and Human Services. Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS). National Toxicology Information Program, National Library of Medicine, Bethesda, MD. 1993.
- [31] WHO.: Pentachlorophenol, Environmental Health Criteria 71, Genf 1987
- [32] Seiler, J. P., Pentachlorophenol, *Mutation Research* 257 (1991) 27-47

-
- [33] De Marini, D. M., Brooks, H. G., Parkes, D. G. Jr.: Induction of Prophage Lambda by Chlorophenols. *Env Mol. Mutag.* 15 (1990) 1-9
- [34] Jekat, F. W., Meisel, M. L., Winterhoff, H.: Effects of pentachlorophenol (PCP) on the pituitary and thyroidal hormone regulation in the rat. *Toxicol. Lett.* 71 (1994) 9-25
- [35] Flouriot, G., Pakdel, F., Valotaire, Y.: Influence of xenobiotics on rainbow trout liver estrogen receptor and vitellogenine gene expression. *J. Mol. Endocrinol.* 15 (1995) 143-151
- [36] Danzo, B. J.; Environmental Xenobiotics may Disrupt Normal Endocrine Function by Interfering with the Binding of Physiological Ligands to Steroid Receptors and Binding Proteins. *Env. Health Perspect.* 105 (1997) 294-301
- [37] Grimm, H. G., Schellmann, B., Schaller, K. H., Gossler, K.: Pentachlorophenolkonzentrationen in Geweben und Körperflüssigkeiten von Normalpersonen. *Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. B.* 174 (1981) 77-90
- [38] Bomhard, A., Schaller, K. H., Triebig, G.; Capillar-Gas-Chromatographie mit ECD- und MS-Detektion zur quantitativen Bestimmung von Pentachlorphenol im menschlichen Plasma und Harn. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 319 (1984) 516-519
- [39] Butte, W., Angst, M., Eilers, J., Goebel, A.: Referenzwerte der Konzentration an Pentachlorphenol in Serum und Urin. *Ärztl. Lab.* 33 (1987) 67-74
- [40] Schaller, K. H., Angerer, J., Lehnert, G., Weltle, D., Untersuchungen zur aktuellen inneren Pentachlorphenol-Exposition – Umweltmedizinische und analytische Aspekte. In: *Arbeitsmedizin und Umweltmedizin. Erkrankungen durch Lösungsmittelgemische. Arbeitsmedizinisches Kolloquium der gewerblichen Berufsgenossenschaften.* Hrsg.: Triebig, G., Stelzer, O., Gentner Verlag Stuttgart 1993
- [41] Butte, W., Heinzow, B.: Referenzwerte der Konzentration an Pentachlorphenol in Serum und Urin. *Klin. Lab.* 41 (1995) 31-35
- [42] Letzel, S., Schaller, K.-H., Wrbitzky, R., Weltle, D., Angerer, J., Lehnert, G.: Pentachlorphenolbelastung in Deutschland. *Umweltmed. Forsch. Prax.* 1 (1996) 138-142
- [43] Liebel, B., Mayer, R., Kaschube, M., Wächter, H.: Pentachlorphenol – Ergebnisse aus einem bayerischen Human-monitoring-Programm. *Gesundheitswesen* 58 (1996) 332-338
- [44] Kemper, F. H., Eckard, R., Müller, C., Oganowski, M., Afhüppe, D.: Betrieb einer Umweltprobenbank für Human-Organproben und Datenbank. Münster 1996. Bericht im Auftrag des Umweltbundesamtes 1997
- [45] Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM) in der Umweltmedizin. *Budgesundhbl.* 6/1996 221-2245
- [46] Deutsche Forschungsgemeinschaft. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte 1998. VCH-Verlagsgesellschaft Weinheim 1998
- [47] Richtlinie für die Bewertung und Sanierung Pentachlorphenol (PCP)-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCP-Richtlinie). *Mitteilungen Deutsches Institut für Bautechnik* 1/1997 Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1997
- [48] Heinzow, B.: Organische Verbindungen / Pentachlorphenol. In: *Handbuch der Umweltmedizin*, VI-4 1-22, Hrsg.: Wichmann, H. E., Schlipkötter, H. W., Füllgraff, G., ecomed Verlag, Landsberg/Lech (1992)
- [49] Liebl, B., Kaschube, M., Kerscher, G., Roscher, E., Schmied, R., Schwegler, U.: Beurteilung von Holzschutzmittelbelastungen in Innenräumen. *Gesundh. Wes.* 57 (1995) 476-488

- [50] Butte, W., Walker, G.: Sinn und Unsinn von Hausstaubuntersuchungen - das Für und Wider. Hausstaub als Meßparameter zum Erkennen einer Innenraumbelastung mit Permethrin, Pentachlorphenol und Lindan. VDI-Berichte 1122 (1994) 535-546
- [51] 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. Toxicology Letters 88 (1996) 237-242
- [52] Richtwerte für Innenraumluft: Pentachlorophenol. Bundesgesundhbl. 7/1997, 234-236
- [53] Basisschema zur Ableitung von Richtwerten für die Innenraumluft, Bundesgesundhbl. 11/1996, 422-426
- [54] Schweinsberg, F., Zöltzer, D., Volland, G.: Pentachlorophenol in Holz, Staub und Innenraumluft. VDI-Berichte 1060 (1993) 215-228
- [55] Leitfaden für eine erste Ermittlung der Belastungssituation für holzschutzmittelbehandelte staatliche Gebäude, Anlage 2 zum Schreiben IIA4-4200-001/92 des BStI vom 30.11.1994.
- [56] Wegner, J.: Konzeption und Durchführung von Luftwechselfmessungen. VDI-Berichte 1122 (1994) 147-154
- [57] Angerer, J., Ball, M., Bollmacher, H., Buck, M., Göen, T.: Erster Ringversuch der KRdL im VDI und DIN für die Bestimmung von Pentachlorophenol und Lindan in Luft. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 58 (1998) 149-152
- [58] Angerer, J., Ball, M., Bollmacher, H., Buck, M., Krämer, A., Woppowa, L.: Zweiter Ringversuch der KRdL im VDI und DIN für die Bestimmung von Pentachlorophenol und Lindan in Luft. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 58 (1998) 333-336
- [59] Sachs, L., Angewandte Statistik, Springer: Berlin Heidelberg New York, 1984,
- [60] Göen, T., Angerer, J., Ringversuche zur externen Qualitätssicherung für das Humanbiomonitoring von Gefahrstoffbelastungen im umweltmedizinischen Bereich. Umweltmed. Forsch. Praxis 1 (1996) 199-206
- [61] Wolf, Thomas; GSF-Forschungszentrum, Institut für Toxikologie, persönliche Mitteilung
- [62] Weihrauch, M., Schulze, B., Schaller, K. H., Lehnert, G.: Biologische Arbeitsstoff-Toleranzwerte (Biomonitoring). Teil X: Kreatinin als Bezugsgröße für Stoffkonzentrationen im Harn. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 32 (1997) 351-355
- [63] Parlar, H., Gebefügi, I., Verfahren und Vorkommen von Pentachlorophenol in geschlossenen Räumen. In: Organische Verunreinigungen in der Umwelt. Hrsg.: Aurand, K., Hässelbarth, U., Lahman, E., Müller, G., Niemitz, W., Erich Schmidt Verlag, Berlin 1978, S. 436-447
- [64] Liebl, B., Mayer, R., Kaschube, M., Wächter, H.: Pentachlorophenol – Ergebnisse aus einem bayerischen Human-monitoring-Programm. Gesundheitswesen, 58 (1996) 332-338
- [65] Schilling, B.; ergo-Forschungsgesellschaft, Hamburg. Persönliche Mitteilung

Neuherberg, den 12. u. 1998

Prof. Dr. Antonius Ketrup



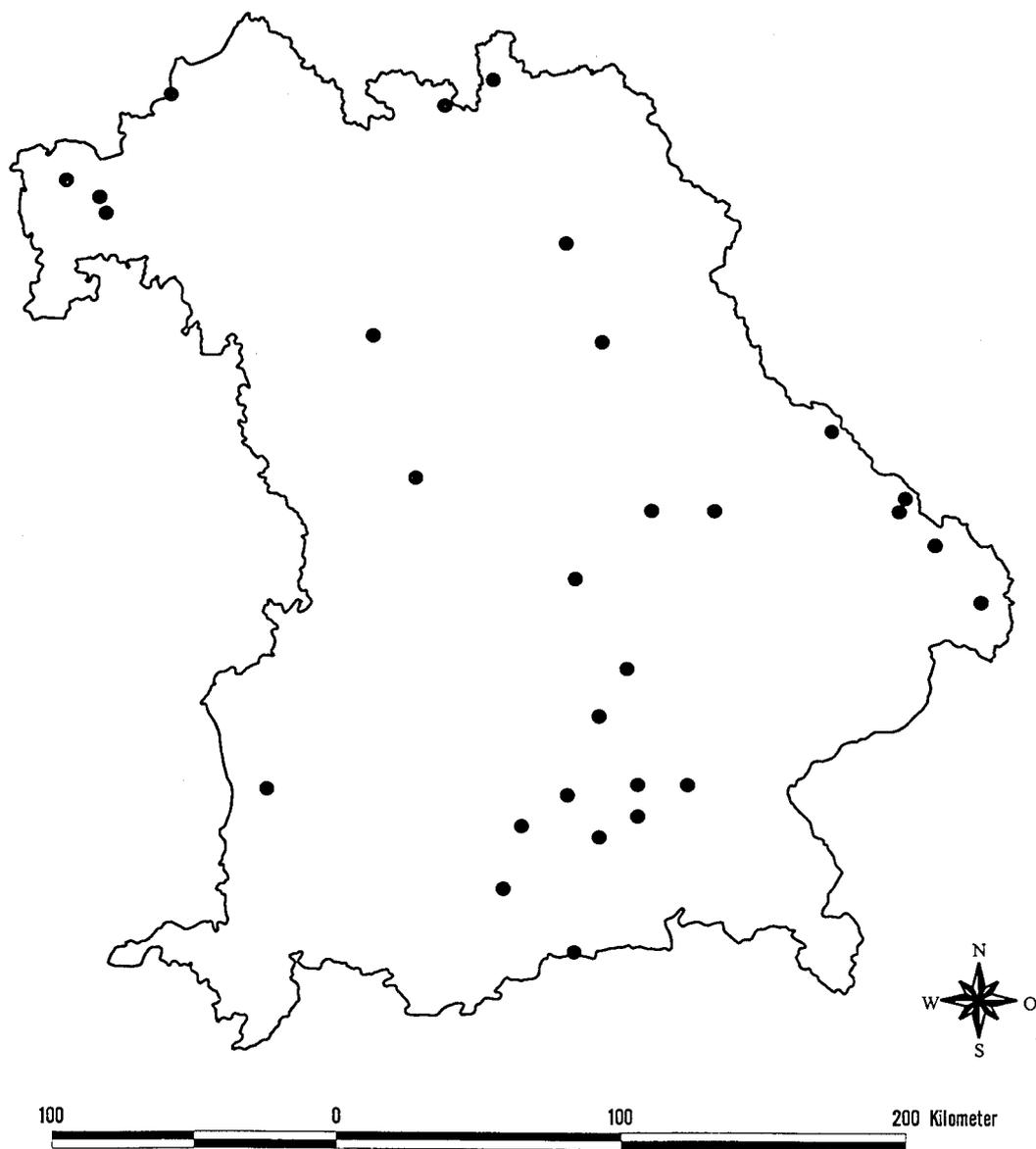
GSF - Forschungszentrum
für Umwelt und Gesundheit, GmbH

Institut für Ökologische Chemie
Ingoistädter Landstr.1, D-85764 Neuherberg

Robenahmedaten in den untersuchten Objekten

Gebäude ID	Probenahme			
	1	2	3	4
P96-101	01.04.96	08.05.96	09.10.96	22.01.97
P96-102	14.05.96	27.08.96	21.01.97	05.06.97
P96-103	14.05.96	27.08.96	21.01.97	05.06.97
P96-104	17.06.96	03.09.96	13.03.97	23.07.97
P96-105	12.06.96	11.09.96	23.01.97	19.06.97
P96-106	11.06.96	30.07.96	10.02.97	11.08.97
P96-107	13.06.96	21.08.96	07.10.96	30.01.97
P96-108	19.06.96	20.08.96	08.01.97	05.06.97
P96-109	18.07.96	12.09.96	20.01.97	24.07.97
P96-110	15.07.96	29.08.96	27.01.97	31.07.97
P96-201	14.03.96	30.05.96	25.02.97	17.06.97
P96-202	20.03.96	17.07.96	28.01.97	13.08.97
P96-203	25.03.96	02.07.96	21.01.97	16.06.97
P96-204	27.03.96	03.07.96	26.02.97	verweigert
P96-205	27.03.96	03.07.96	26.02.97	verweigert
P96-206	26.03.96	27.06.96	07.02.97	verweigert
P96-301	22.04.96	03.06.96	19.02.97	04.08.97
P96-302	23.04.96	26.06.96	06.02.97	27.08.97
P96-303	24.04.96	25.06.96	29.01.97	26.08.97
P96-304	18.06.96	22.08.96	29.01.97	26.08.97
P96-401	09.04.96	10.07.96	04.03.97	11.06.97
P96-402	10.04.96	11.07.96	05.03.97	10.06.97
P96-403	11.04.96	09.07.96	04.03.97	11.06.97
P96-501	05.06.96	19.09.96	20.02.97	03.06.97
P96-502	04.06.96	18.09.96	21.02.97	03.06.97
P96-601	21.05.96	15.10.96	04.02.97	24.06.97
P96-602	22.05.96	17.10.96	aufgelöst	aufgelöst
P96-604	23.05.96	16.10.96	03.02.97	23.06.97
P96-605	22.05.96	17.10.96	04.02.97	24.06.97
P96-701	15.05.96	24.07.96	16.01.97	10.07.97

Lage der Untersuchungsobjekte in Bayern



Deckblatt

Fragebogen zur Erfassung einer PCP - Exposition

Name des Betroffenen: _____

Adresse: _____

Telefon: _____

ID_Nr _____ P96- _____

Fragebogen zur Erfassung einer PCP-Exposition

Teile:

Deckblatt

Teil I: Interviewer

Teil II: Daten zur Person

Teil III: Arbeitsplatz

Teil IV: Wohnbiographie

Teil V: Freizeit

Anlage 1: Skizze bzw. Plan der Wohnung

Anlage 2: Ergebnisse der Luft_ und Staubmessungen

Anlage 3: Ergebnisse der Blut_ und Urinuntersuchungen

Anlage 4: Veränderungen gegenüber dem 1. Fragebogen

Teil I: Interviewer

Name des Interviewers _____

Ort des Interviews _____

Datum (Tag/Monat/Jahr) _____ / _____ / _____

Beginn des Interviews (Uhr/Minuten) _____ / _____

Einverständnis zur Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten lt beiliegender
Einwilligung liegt vor _____

Codiert von _____

Eingegeben von _____

Teil II: Daten zur Person

1. Geschlecht männlich (1)_____ weiblich (2)_____
2. Körpergewicht in kg ____ , ____ kg
3. Körpergröße in cm _____ cm
4. Alter _____ Jahre
5. Frühere Messungen der PCP-Konzentration in Blut bzw. Urin
(Art, Datum, Konzentration)

Teil III: Arbeitsplatz/Aufenthaltsdauer

III 1. Liegt der Arbeits- und Wohnbereich in einem Gebäude?

ja (1)_____ nein (2)_____

III 2. Wenn ja: ist Ihr Arbeitsplatz/Arbeitsraum/Arbeitsräume gleich auch Ihr Wohnraum?

ja (1)_____ nein (2)_____

III 3. Wie ist Ihr Arbeitsplatz/Arbeitsraum/Arbeitsräume ausgestattet?

III 3.1 Sind Holzvertäfelungen und/oder Holzkonstruktionen vorhanden?

ja (1)_____ nein (2)_____

Wenn ja, welche Art? _____

Wenn ja, sind sie mit PCP-haltigen Mitteln behandelt?

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

III 3.2 Sind Möbel mit PCP-haltigen Mitteln behandelt?

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

III 3.3 Befinden sich sonstige Holzgegenstände im Raum?

ja (1)_____ nein (2)_____

Wenn ja, Art der Gegenstände _____

Wenn ja, sind diese mit PCP-haltigen Mitteln behandelt?

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

III 3.4 Befinden sich Ledergegenstände/ -möbel im Raum?

ja (1)_____ nein (2)_____

Art des Ledergegenstandes _____

Wenn ja, sind sie mit PCP-haltigen Mitteln behandelt?

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

III 3.5 Art des Bodenbelags: _____

III 4. Umgang im Arbeitsraum mit PCP-haltigen Mitteln (z.B. Holzschutzmittel, Insektizide)?

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

III 5. Gibt es andere hier nicht genannte mögliche PCP-haltige Belastungsquellen in Ihren Arbeitsräumen? (Importwaren aus Naturstoffen, Felle, Tierpräparate etc.)

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

Wenn ja, welche?

III 6. Ist nach Bemerken einer Belastungsquelle eine Sanierung vorgenommen worden?

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

Wenn ja, wissen Sie, was, wie und wann saniert wurde?

III 7. Aufenthaltsdauer:

III 7.1. Arbeiten Sie ganztags? ja (1)_____ nein (2)_____

III 7.2. Wie lange halten Sie sich gewöhnlich in Ihren Arbeitsräumen auf?

Std. pro Tag_____

III 7.3. We lange üben Sie Ihre berufliche Tätigkeit im Freien aus?

Std. pro Tag_____

III 8. Lüftungsverhalten:

III 8.1 Wie lüften sie Ihren Arbeitsraum im	Winter bzw. im Sommer	
selten, nie (1)	_____	_____
einmal täglich für kurze Zeit gut lüften (2)	_____	_____
mehrmals täglich für kurze Zeit durchlüften (3)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster kippen (4)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster ganz öffnen (5)	_____	_____
Klimaanlage (6)	_____	_____
kein Fenster (7)	_____	

III 8.2 Sind die Türen ihres Arbeitszimmers überwiegend im Winter bzw. im Sommer		
geöffnet (1)	_____	_____
angelehnt (2)	_____	_____
geschlossen (3)	_____	_____

Teil IV: Wohnbiographie (ggf. Skizze als Anlage 1 beifügen)

IV 1. Wie ist Ihre Wohnung ausgestattet?:

Sind Holzvertäfelungen und/oder Holzkonstruktionen vorhanden?

In welchem Raum?

(Information für den Interviewer: eintragen, was vorliegt, sonst freilassen)

1. Küche _____

2. Schlafzimmer _____

3. Wohnzimmer _____

4. Kinderzimmer _____

5. andere Räume

5.1. _____

5.2. _____

5.3. _____

IV 1.1 Sind die Holzvertäfelungen/ Holzkonstruktionen mit PCP-haltigen Mitteln behandelt?

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

In welchen Räumen befindet sich die PCP-haltigen Holzvertäfelungen bzw.

Holzkonstruktionen? _____

IV 1.2 Sind Möbel mit PCP-haltigen Mitteln behandelt?

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

Wenn ja, in welchem Raum? _____

1.3 Befinden sich sonstige Holzgegenstände in den Räumen?

ja (1)_____ nein (2)_____

Wenn ja, was und in welchen Räumen _____

Sind diese Gegenstände mit PCP-haltigen Mitteln behandelt?

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

IV 1.4 Befinden sich Ledergegenstände/-möbel in den Räumen?

ja (1)_____ nein (2)_____

Wenn ja, was, in welchem Raum? _____

Herkunftsland : _____

IV 1.5 Art des Bodenbelags

1. Küche _____

2. Schlafzimmer _____

3. Wohnzimmer _____

4. Kinderzimmer _____

5. andere Räume

5.1. _____

5.2. _____

5.3. _____

IV 2.1 Umgang in Ihren Wohnräumen mit PCP-haltigen Mitteln

(z.B. Holzschutzmittel, Insektiziden usw.)?

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

Wenn ja, in welchem Raum? _____

IV 2.2 Gibt es andere hier nicht genannte mögliche PCP-haltige Belastungsquellen in Ihren Räumen? (Importwaren aus Naturstoffen, Felle, Tierpräparate etc.)

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)_____

Wenn ja, was und in welchen Raum? _____

IV 3. Ist nach Bemerken einer Belastungsquelle eine Sanierung vorgenommen worden?

ja (1)_____ nein (2)_____ weiß nicht (3)

Wenn ja, welche Quelle in welchem Raum wurde(n) wann und wie saniert?

IV 4. Aufenthaltsdauer:

Wie lange halten Sie sich gewöhnlich in Ihren Wohnräumen auf
(Durchschnittswerte)?

- 1. Küche _____ Std. pro Tag
- 2. Schlafzimmer _____ Std. pro Tag
- 3. Wohnzimmer _____ Std. pro Tag
- 4. Kinderzimmer _____ Std. pro Tag
- 5. andere Räume 5.1. _____ Std. pro Tag
- 5.2. _____ Std. pro Tag
- 5.3. _____ Std. pro Tag

IV 5. Lüftungsverhalten (während der Nutzung)

IV 5.1 Wie lüften sie Ihre Küche im

Winter bzw. im Sommer

- | | | |
|--|-------|-------|
| selten, nie (1) | _____ | _____ |
| einmal täglich für kurze Zeit gut lüften (2) | _____ | _____ |
| mehrmals täglich für kurze Zeit durchlüften (3) | _____ | _____ |
| über mehrere Stunden das Fenster kippen (4) | _____ | _____ |
| über mehrere Stunden das Fenster ganz öffnen (5) | _____ | _____ |
| Klimaanlage (6) | _____ | _____ |
| kein Fenster (7) | _____ | _____ |

IV 5.2 Sind die Türen ihrer Küche überwiegend im

Winter bzw. im Sommer

- | | | |
|-----------------|-------|-------|
| geöffnet (1) | _____ | _____ |
| angelehnt (2) | _____ | _____ |
| geschlossen (3) | _____ | _____ |

IV 5.3 Wie lüften sie Ihr Schlafzimmer im	Winter bzw. im Sommer	
selten, nie (1)	_____	_____
einmal täglich für kurze Zeit gut lüften (2)	_____	_____
mehrmals täglich für kurze Zeit durchlüften (3)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster kippen (4)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster ganz öffnen (5)	_____	_____
Klimaanlage (6)	_____	_____
kein Fenster (7)	_____	

IV 5.4 Sind die Türen ihres Schlafzimmers überwiegend im Winter bzw. im Sommer		
geöffnet (1)	_____	_____
angelehnt (2)	_____	_____
geschlossen (3)	_____	_____

IV 5.5 Wie lüften sie Ihr Wohnzimmer im	Winter bzw. im Sommer	
selten, nie (1)	_____	_____
einmal täglich für kurze Zeit gut lüften (2)	_____	_____
mehrmals täglich für kurze Zeit durchlüften (3)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster kippen (4)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster ganz öffnen (5)	_____	_____
Klimaanlage (6)	_____	_____
kein Fenster (7)	_____	

IV 5.6 Sind die Türen ihres Wohnzimmers überwiegend im Winter bzw. im Sommer		
geöffnet (1)	_____	_____
angelehnt (2)	_____	_____
geschlossen (3)	_____	_____

IV 5.7 Wie lüften sie Ihr Kinderzimmer im	Winter bzw. im Sommer	
selten, nie (1)	_____	_____
einmal täglich für kurze Zeit gut lüften (2)	_____	_____
mehrmals täglich für kurze Zeit durchlüften (3)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster kippen (4)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster ganz öffnen (5)	_____	_____
Klimaanlage (6)	_____	_____
kein Fenster (7)	_____	

IV 5.8 Sind die Türen ihres Kinderzimmers überwiegend im Winter bzw. im Sommer		
geöffnet (1)	_____	_____
angelehnt (2)	_____	_____
geschlossen (3)	_____	_____

IV 5.9 Wie lüften sie Raum 5.1 _____ im	Winter bzw. im Sommer	
selten, nie (1)	_____	_____
einmal täglich für kurze Zeit gut lüften (2)	_____	_____
mehrmals täglich für kurze Zeit durchlüften (3)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster kippen (4)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster ganz öffnen (5)	_____	_____
Klimaanlage (6)	_____	_____
kein Fenster (7)	_____	

IV5.10 Sind die Türen von Raum 5.1 überwiegend im	Winter bzw. im Sommer	
geöffnet (1)	_____	_____
angelehnt (2)	_____	_____
geschlossen (3)	_____	_____

IV 5.11 Wie lüften sie Raum 5.1 _____ im Winter bzw. im Sommer

selten, nie (1)	_____	_____
einmal täglich für kurze Zeit gut lüften (2)	_____	_____
mehrmals täglich für kurze Zeit durchlüften (3)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster kippen (4)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster ganz öffnen (5)	_____	_____
Klimaanlage (6)	_____	_____
kein Fenster (7)	_____	_____

IV5.12 Sind die Türen von Raum 5.1 überwiegend im Winter bzw. im Sommer

geöffnet (1)	_____	_____
angelehnt (2)	_____	_____
geschlossen (3)	_____	_____

IV 5.13 Wie lüften sie Raum 5.1 _____ im Winter bzw. im Sommer

selten, nie (1)	_____	_____
einmal täglich für kurze Zeit gut lüften (2)	_____	_____
mehrmals täglich für kurze Zeit durchlüften (3)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster kippen (4)	_____	_____
über mehrere Stunden das Fenster ganz öffnen (5)	_____	_____
Klimaanlage (6)	_____	_____
kein Fenster (7)	_____	_____

IV5.14 Sind die Türen von Raum 5.1 überwiegend im Winter bzw. im Sommer

geöffnet (1)	_____	_____
angelehnt (2)	_____	_____
geschlossen (3)	_____	_____

Teil V. Freizeit (und Beruf)

V 1. Gehen Sie in Ihrer Freizeit mit PCP-haltigen Stoffen um?

ja (1) _____ nein (2) _____ weiß nicht (3) _____

Tätigkeit

Arbeitsstoff

Heimwerker/Bastler

Garten/Landwirtschaft

andere

V 2. Üben Sie diese Tätigkeit in geschlossenen Räumen außerhalb
außerhalb Ihrer Wohn- und Arbeitsräume aus?

ja (1) _____ nein (2) _____

Wenn ja, ungefähr wie lange?

Angabe in Std. pro Tag _____ oder Std. pro Woche _____

V 3. Üben Sie diese Tätigkeit im Freien aus?

ja (1) _____ nein (2) _____

Wenn ja, ungefähr wie lange?

Angabe in Std. pro Tag _____ oder Std. pro Woche _____

V 4. Haben Sie Leder- o. Pelzbekleidung?

ja (1) _____ nein (2) _____

Wenn ja, worum handelt es sich? _____

Wenn ja, kennen Sie das Herkunftsland?

ja (1), Nennung des Landes _____ nein (2) _____

Wie häufig tragen Sie diese Kleidung?

häufig (ca. 6 bis 7 Tage in der Woche) (1) _____

oft (ca. 5 bis 3 Tage in der Woche) (2) _____

ab und zu (ca. 2 bis 1 Tage in der Woche) (3) _____

selten (weniger als 1 Tag in der Woche) (4) _____

Wenn Sie keine Tagesangaben machen können, bitte

geben Sie andere Zeitangaben an: _____

Analysenverfahren zur Bestimmung von Pentachlorphenol in Serum/Blut

Int. Std.-Lsg.: 50 mg 2,4,6-Tribromphenol werden mit ca. 4 ml. 1 M KOH-Lsg. versetzt und mit dest. H₂O auf 100 ml aufgefüllt. 100 µl dieser Lsg. werden mit dest. H₂O auf 25 ml aufgefüllt (c = 2 mg/l).

Probenaufarbeitung:

2 g NaCl werden in einem 20-ml-Schraubglas vorgelegt. Dazu werden 2 ml Plasma und 100 µl der Int. Std.-Lsg. gegeben. Während dieses Gemisch mit dem Vortex-Schüttler geschüttelt wird, werden 600 µl 30-%-iger HNO₃ zugegeben und darauf geachtet, daß die Eiweißklumpen beim Schütteln zerschlagen werden. Anschließend wird die Lösung mit 2 ml H₂O (bidest.) aufgefüllt.

Zur Extraktion wird zweimal mit 3 ml Toluol je 15 min. mechanisch geschüttelt und anschließend jeweils 10 min. bei 3500 U/min. zentrifugiert. Die org. Phasen werden in einem 5-ml-Rollrandgläschen gesammelt und zur Trocknung mit Na₂SO₄ (wasserfrei) versetzt bis der Glasboden mit Na₂SO₄ bedeckt ist.

Nach ca. 10 min. Trocknungszeit wird der Überstand in ein weiteres 5-ml-Rollrandgläschen überführt. Unter einem mäßigen Stickstoffstrom und leichter Erwärmung (30 - 40 °C) wird bis auf ein Volumen von ca. 1 ml eingeeengt. Die Lösung wird in ein 2-ml-Schraubgläschen gegeben und zur Derivatisierung mit 200 µl Diazomethan-Lsg. (in Toluol) versetzt. Man läßt diese Reaktionslösung nach dem Verschließen ca. 30 min. bei Raumtemperatur stehen.

Gaschromatographische Arbeitsbedingungen:

GC-Gerät: Varian 3400

GC-Säule: DB-5 (Länge: 60 m, ID: 0,25 mm)

Inj.-Volumen: 2,0 µl

Trägergas: Stickstoff (25 PSI)

Injektor: Split (20 ml/min); 260 °C

Detektor: ECD; 320 °C

Ofentemp.: 160 °C (15 min), 5 °C /min, 220 °C (0 min), 30 °C /min,
300 °C (20 min)

Kalibrierung:

Die Kalibrierstandards werden mit Hammelserum hergestellt. Die Standards werden wie die Proben aufgearbeitet und analysiert.

Qualitätskontrolle:

Die Qualitätskontrollprobe (Präzisionskontrolle) wurde ebenfalls mit Hammelserum hergestellt. Die Konzentration beträgt ca. 20 µg/l.

Analysenverfahren zur Bestimmung von Pentachlorphenol in Urin

Int. Std.-Lsg.: 50 mg 2,4,6-Tribromphenol werden mit ca. 4 ml. 1 M KOH-Lsg. versetzt und mit dest. H₂O auf 100 ml aufgefüllt. 100 µl dieser Lsg. werden mit dest. H₂O auf 25 ml aufgefüllt (c = 2 mg/l).

Probenaufarbeitung:

2 ml Urin und 100 µl der Int. Std.-Lsg. werden in ein 10-ml-Zentrifugenglas mit Schliff gegeben und auf dem Vortex-Schüttler geschüttelt. Anschließend werden 100 µl konz. H₂SO₄ zu der Lösung gegeben und wiederum auf dem Vortex-Schüttler geschüttelt. Das Zentrifugenglas wird mit einem Glasstopfen verschlossen und 1 h im Trockenschrank bei 80 °C inkubiert.

Nach dem Abkühlen gibt man 1 ml Toluol zu der Lösung und schüttelt 10 min. mechanisch. Anschließend wird 10 min. bei 3500 U/min. zentrifugiert. Die org. Phase wird abgehoben und in ein 2-ml-Schraubgläschen gegeben und mit einer Spatel-spitze wasserfreiem Na₂SO₄ versetzt. Nach dem Trocknen (10 min) wird die org. Phase vom Na₂SO₄ abgehoben und in ein weiteres 2-ml-Schraubgläschen überführt. Dazu pipettiert man zur Derivatisierung 200 µl Diazomethan-Lsg. (in Toluol) und läßt sie nach dem Verschließen ca. 30 min. bei Raumtemperatur stehen.

Gaschromatographische Arbeitsbedingungen:

GC-Gerät: Varian 3400
GC-Säule: DB-5 (Länge: 60 m, ID: 0,25 mm)
Inj.-Volumen: 2,0 µl
Trägergas: Stickstoff (25 PSI)
Injektor: Split (40 ml/min); 260 °C
Detektor: ECD; 320 °C
Ofentemp.: 160 °C (15 min), 5 °C /min, 220 °C (0 min), 30 °C /min,
300 °C (20 min)

Kalibrierung:

Die Kalibrierstandards werden in Wasser (bidest.) hergestellt. Die Standards werden wie die Proben aufgearbeitet und analysiert.

Qualitätskontrolle:

Für die Qualitätskontrollprobe (Präzisionskontrolle) wird ein Poolurin von PCP-belasteten Personen verwendet. Die Konzentration beträgt ca. 20 µg/l.

Methodenbeschreibung zur Bestimmung von Pentachlorphenol in

Blut und Urin

Blut

Eingesetzte Probenmenge	:	1 g
Interner Standard	:	13 C-UL-PCP, 100 ng
Extraktion	:	50 ml 0,1 N NaOH, 10 ml 5 % H ₂ S ₄ Hexan/Toluol (7:3) 20 ml und 2 x 10 ml
Clean-Up, Trocknen	:	Natriumsulfat
Endvolumen	:	500 µl
Derivatisierung	:	Diazomethan

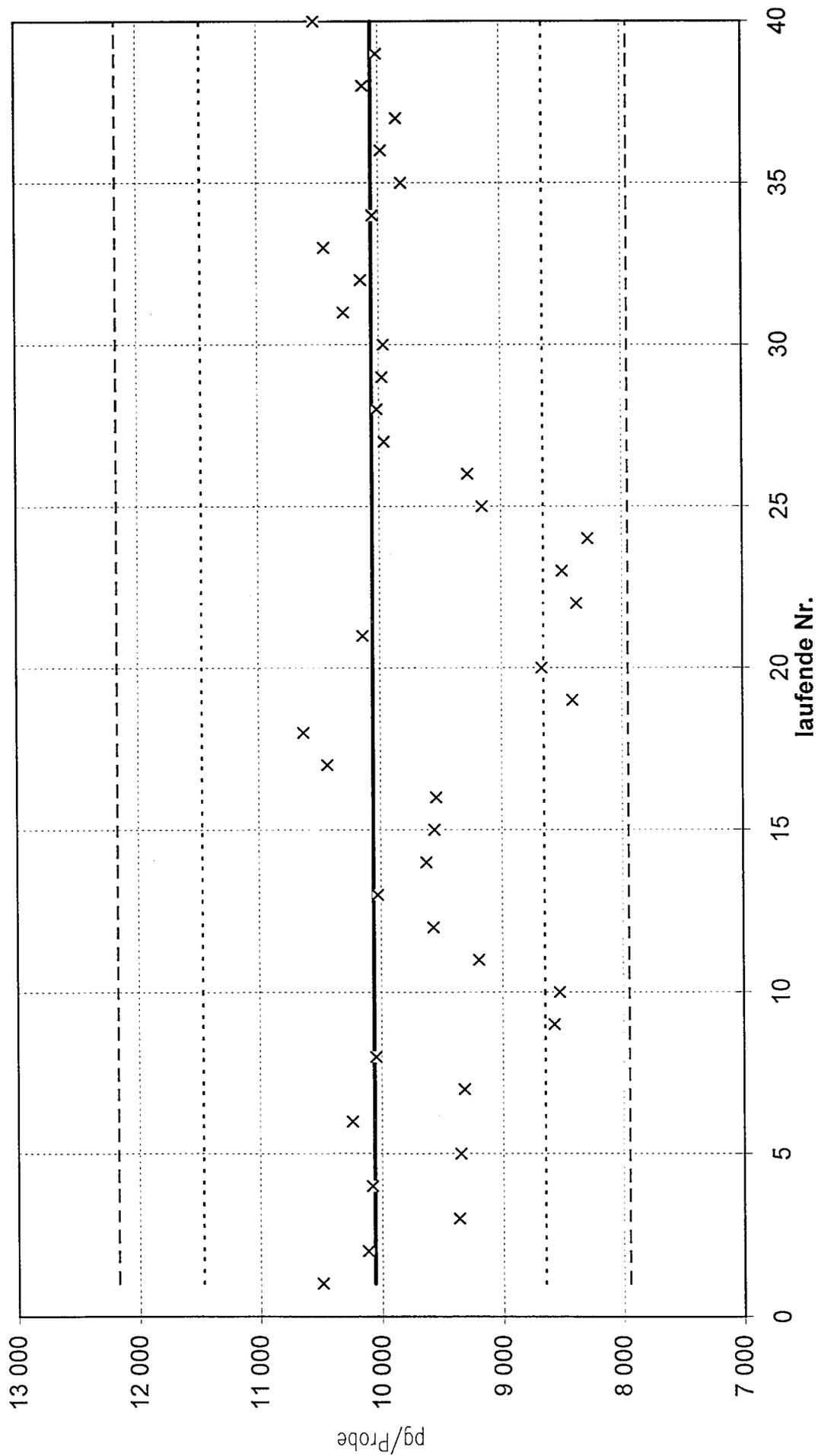
Urin

Eingesetzte Probenmenge	:	1 g
Interner Standard	:	13 C-UL-PCP, 100 ng
Extraktion	:	200 µl 25 % HCl, 1 ml Toluol 1 h bei 90°C im Wasserbad
Endvolumen	:	100 µl der Toluolphase (ohne Aufkonzentrierung)
Derivatisierung	:	Diazomethan

Meßtechnik

Gaschromatograph	:	HP 5890
GC-Säule	:	fused silica, 60 m x 0,25 mm i.D.
Trennphase	:	DB 5
Filmdicke	:	0,25 μ m
Temperaturprogramm	:	130 °c 4 min., 6°C/min bis 280°C
Injektortemperatur	:	250 °C
Trägergas	:	Helium
Detektor	:	VG 70250 S
Überführung	:	280 °C
Injektionsvolumen	:	2 μ l
Massen im SIM-Mode	:	279,86 und 281,86 PCP nativ
		285,88 und 287,88 PCP 13 C

Kontrollkarte für die Bestimmung von PCP in Luft, Dotierte Blindlösung
Präzision von Probenserie zu Probenserie



Probe	Luft [ng/m ³]	Staub [mg/kg]	Gesamtstaub [mg/kg]	T [°C]	RH [%]	N [1/h]	Druck [hPa]
p96-101-1-k1	2,3	0,54	0,61	15,1	49,4		909
p96-101-1-k2	11,3	0,46	0,61	14,5	43,1	1,28	909
p96-101-1-w	0,7	0,73	0,61	20,2	33,9		909
p96-102-1-s	0,9	0,54	0,75	18,1	57,9	0,37	946
p96-102-1-w	3,3	0,18	0,75	20,3	46,4		946
p96-103-1-b	28,3	1,08	0,00	21,5	50,8		948
p96-104-1-b	1,5	2,22	0,28	18,5	51,4		950
p96-104-1-s	3,9	0,77	0,28	22,2	48,0	0,20	950
p96-104-1-w	3,0	0,29	0,28	20,4	47,7		950
p96-105-1-b	10,8	3,65	1,82	25,2	53,7		962
p96-105-1-s	2,2	2,41	1,82	26,5	56,9	0,30	962
p96-105-1-w	2,7	0,60	1,82	25,1	55,9		962
p96-106-1-e	< BG	0,20	0,44	23,7	62,2		973
p96-106-1-k	0,6	0,22	0,44	24,1	52,2		973
p96-106-1-s	0,8	0,43	0,44	23,8	63,1	0,10	973
p96-107-1-s1	4,0	1,45	15,38	22,5	58,6		957
p96-107-1-s2	3,0	1,24	15,38	23,8	61,8		957
p96-107-1-w	7,5	2,05	15,38	23,7	49,5		957
p96-108-1-w1	2,0	0,59	0,60	22,3	45,3		957
p96-108-1-w2	1,9	0,67	0,60	23,8	38,0		957
p96-109-1-s	2,6	1,22	0,05	22,6	48,2	0,03	972
p96-109-1-w	2,2	0,68	0,05	21,5	51,2		972
p96-110-1-b1	14,8	1,44		24,4	54,1		964
p96-110-1-b2	576,4	10,63		24,1	50,7		964
p96-110-1-b3	388,9	6,89		26,4	49,7		964
p96-110-1-b4	264,4	3,74		22,6	65,2		964
p96-110-1-h	328,2	11,30		20,7	72,5		964
p96-201-1-b	9,3	7,45		17,3	33,0		963
p96-201-1-s	1,7	10,75		16,0	35,0		963
p96-201-1-w	3,1	8,46		20,4	28,0		963
p96-202-1-b	< BG	1,54	0,51	17,7	30,4		966
p96-202-1-s	< BG	0,47	0,51	16,0	32,4	0,11	966
p96-202-1-w	1,5	0,85	0,51	18,9	46,0	0,16	966
p96-203-1-s	4,9	1,47	1,68	15,2	41,3	0,30	938
p96-203-1-w	12,3	1,31	1,68	24,1	26,0		938
p96-204-1-b	< BG	0,68	3,10	18,7	35,4	0,13	922
p96-204-1-w	3,4	0,43	3,10	17,1	33,6		922
p96-205-1-k	2,4	64,60		17,5	38,2	0,07	925
p96-205-1-s	5,4	156,43		13,7	42,2		925
p96-206-1-b	< BG	0,26		19,2	21,4		935
p96-206-1-s	0,5	0,26		15,4	34,6	0,12	935
p96-206-1-w	< BG	0,32		17,8	30,8		935
p96-301-1-b	< BG	0,25		16,9	55,9		960
p96-301-1-s	1,1	0,20		16,0	53,9		960
p96-301-1-w	1,9	0,96		19,0	44,3		960
p96-302-1-b	76,9	1,23	1,60	24,8	37,0		951
p96-302-1-s	15,7	3,79	1,60	22,2	54,0	0,34	951
p96-302-1-w	38,2	2,70	1,60	22,5	46,0		951
p96-303-1-b	198,5	23,42	4,39	19,5	38,5		963
p96-303-1-k	112,9	8,51	4,39	23,3	46,0		963

Probe	Luft [ng/m ³]	Staub [mg/kg]	Gesamtstaub [mg/kg]	T [°C]	RH [%]	N [1/h]	Druck [hPa]
p96-303-1-s	26,9	6,54	4,39	17,8	46,5		963
p96-304-1-b	236,9	8,82		23,0	39,8		968
p96-401-1-k	40,8	16,72	3,83	19,1	35,7	0,20	982
p96-401-1-w	44,5	18,58	3,83	19,1	35,1		982
p96-402-1-b	16,0	8,75		18,5	34,3		965
p96-403-1-b	2,8	2,08	4,76	10,8	68,0		943
p96-403-1-w	4,7	2,63	4,76	18,7	50,0	0,26	943
p96-501-1-bo	27,8	1,67	6,10	22,6	39,4		982
p96-501-1-bu	3,1	1,25	6,10	21,8	43,0		982
p96-501-1-s	1,6	0,83	6,10	20,8	53,8		982
p96-502-1-b	17,4	5,32	8,77	17,8	64,2		990
p96-502-1-k	5,2	3,73	8,77	17,2	53,5		990
p96-502-1-w	57,9	16,50	8,77	19,7	49,9	0,34	990
p96-601-1-k	< BG	0,14	0,55	19,2	50,0		996
p96-601-1-w	< BG	0,08	0,55	19,4	52,5		996
p96-602-1-s	0,8	0,51	1,90	20,5	44,8	0,31	968
p96-602-1-w	< BG	1,08	1,90	20,1	52,1		968
p96-604-1-b	9,5	0,19	1,69	19,8	48,4		959
p96-604-1-s	59,7	5,10	1,69	19,4	52,2	0,20	959
p96-604-1-w	62,3	1,26	1,69	20,6	42,2		959
p96-605-1-k	6,1	0,24	0,50	15,5	67,0		979
p96-605-1-w	< BG	0,16	0,50	14,5	66,1		979
p96-701-1-b	26,3	3,61	4,84	21,5	58,2		938
p96-701-1-s	11,8	7,82	4,84	16,7	67,3	0,11	938
p96-701-1-w	14,3	2,30	4,84	20,8	56,2		938
p96-101-2-k1	0,7	0,18	1,51	18,7	54,9	0,28	922
p96-101-2-k2	< BG	0,51	1,51	18,1	57,4		922
p96-101-2-w	1,0	0,36	1,51	18,8	50,2		922
p96-102-2-s	1,2	0,32	0,49	21,1	55,8		948
p96-102-2-w	1,1	0,43	0,49	20,7	60,2	0,13	948
p96-103-2-b	9,7	1,03		22,9	55,7		952
p96-104-2-b	0,7	1,17	0,43	19,0	59,4		950
p96-104-2-s	1,3	0,61	0,43	18,1	53,9		950
p96-104-2-w	3,1	0,32	0,43	19,6	56,6		950
p96-105-2-b	7,2	0,80	0,80	17,9	54,1		951
p96-105-2-s	1,2	0,31	0,80	17,1	56,5		951
p96-105-2-w	1,2	0,09	0,80	17,7	51,0	0,02	951
p96-106-2-e	1,3	0,18	0,71	22,2	67,7		964
p96-106-2-k	1,0	0,25	0,71	21,5	54,9		964
p96-106-2-s	1,7	0,46	0,71	21,6	62,0		964
p96-107-2-s1	1,7	1,03	5,13	20,4	58,9		945
p96-107-2-s2	1,6	5,26	5,13	22,5	58,9		945
p96-107-2-w	1,3	5,43	5,13	21,0	52,9		945
p96-108-2-w1	0,9	0,77		21,3	52,9		963
p96-108-2-w2	0,7	0,73		22,2	49,6		963
p96-109-2-s	2,0	0,80	0,60	18,4	73,0		957
p96-109-2-w	2,6	0,15	0,60	21,4	72,5	0,40	957
p96-110-2-b1	4,5	1,69		21,3	59,2		955
p96-110-2-b2	453,9	6,68		18,0	56,6		955
p96-110-2-b3	117,8	9,86		16,8	61,4		955

Probe	Luft [ng/m ³]	Staub [mg/kg]	Gesamtstaub [mg/kg]	T [°C]	RH [%]	N [1/h]	Druck [hPa]
p96-110-2-b4	157,0	5,39		18,7	43,4		955
p96-110-2-h	157,6	6,25		17,7	60,6		955
p96-201-2-b	67,9	13,33	2,32	20,4	36,3		933
p96-201-2-s	85,4	10,29	2,32	19,1	46,0	0,55	933
p96-201-2-w	41,1	18,71	2,32	20,8	35,8		933
p96-202-2-b	1,2	0,47	0,65	17,6	52,3		979
p96-202-2-s	1,8	0,35	0,65	20,6	42,7		979
p96-202-2-w	3,9	1,49	0,65	20,5	45,1		979
p96-203-2-s	3,1	0,94	2,99	17,1	56,9		931
p96-203-2-w	8,7	1,00	2,99	22,4	43,9		931
p96-204-2-b	0,5	0,36		18,2	54,5		928
p96-204-2-w	0,6	0,23		19,2	48,5		928
p96-205-2-k	0,6	9,11		19,3	51,6		928
p96-205-2-s	< BG	11,70		17,5	73,4		928
p96-206-2-b	1,0	0,27	0,18	20,9	41,2		946
p96-206-2-s	1,3	0,26	0,18	19,5	43,7		946
p96-206-2-w	1,1	0,36	0,18	19,8	41,5		946
p96-301-2-b	1,2	0,20		18,4	64,5		965
p96-301-2-s	0,8	0,18		19,0	63,0	0,48	965
p96-301-2-w	2,1	0,75		20,2	57,2		965
p96-302-2-b	86,5	3,85	1,57	23,1	43,7		961
p96-302-2-s	54,1	25,51	1,57	17,5	48,8		961
p96-302-2-w	54,1	9,35	1,57	20,9	43,8	0,11	961
p96-303-2-b	153,8	11,71	74,13	17,7	52,8		978
p96-303-2-k	199,0	3,87	74,13	21,5	50,3		978
p96-303-2-s	16,2	3,83	74,13	14,9	62,7		978
p96-304-2-b	80,5	2,58		22,3	54,6		968
p96-401-2-k	24,2	3,77	8,99	18,3	51,5		976
p96-401-2-w	21,5	3,11	8,99	18,3	51,6		976
p96-402-2-b	46,3	7,81		20,5	68,0		965
p96-403-2-b	3,2	1,49		15,0	56,1		950
p96-403-2-w	6,5	5,31		15,6	55,8		950
p96-501-2-bo	1,8	2,29		18,0	47,9		964
p96-501-2-bu	1,3	0,41		21,7	47,0		964
p96-501-2-s	1,1	0,63		18,5	45,5	0,14	964
p96-502-2-b	9,4	3,78	4,68	19,6	43,8		979
p96-502-2-k	1,0	1,44	4,68	15,2	54,3	0,15	979
p96-502-2-w	4,4	2,95	4,68	12,3	64,5		979
p96-601-2-k	2,5	0,15		21,3	46,3		985
p96-601-2-w	3,0	0,29		20,2	51,6		985
p96-602-2-s	2,0	0,65	1,16	16,0	73,0		953
p96-602-2-w	2,0	1,09	1,16	17,7	54,0	0,15	953
p96-604-2-b	9,9	0,36	2,79	17,3	51,3		946
p96-604-2-s	33,6	1,86	2,79	16,3	53,3		946
p96-604-2-w	75,1	1,38	2,79	19,9	26,8	0,20	946
p96-605-2-k	1,1	0,16	0,05	13,5	67,6		964
p96-605-2-w	2,8	0,13	0,05	15,5	67,2		964
p96-701-2-b	19,1	4,08	1,11	21,7	54,3		940
p96-701-2-s	8,1	5,91	1,11	20,8	57,7		940
p96-701-2-w	13,3	3,22	1,11	22,7	49,5		940

Probe	Luft [ng/m³]	Staub [mg/kg]	Gesamtstaub [mg/kg]	T [°C]	RH [%]	N [1/h]	Druck [hPa]
p96-101-3-k1	1,1	0,09		17,0	58,6		1044
p96-101-3-k2	1,5	0,22		17,4	47,6		1044
p96-101-3-w	2,0	0,68		19,3	32,3		1044
p96-102-3-s	0,5	0,35	0,67	19,3	30,5		952
p96-102-3-w	0,3	0,34	0,67	19,5	27,8		952
p96-103-3-b	< BG	1,41	0,00	20,0	26,1	0,11	957
p96-104-3-b	< BG	1,17	0,65	18,3	19,6		953
p96-104-3-s	< BG	0,60	0,65	17,1	42,8		953
p96-104-3-w	1,3	0,37	0,65	19,2	33,8	0,08	953
p96-105-3-b	5,2	2,20	0,69	19,7	34,4		958
p96-105-3-s	0,8	1,85	0,69	14,2	60,1		958
p96-105-3-w	1,3	0,46	0,69	18,7	32,4		958
p96-106-3-e	1,0	0,14	2,25	21,8	27,4	0,29	968
p96-106-3-k	0,5	0,36	2,25	17,2	35,9		969
p96-106-3-s	0,5	0,47	2,25	16,2	38,5		969
p96-107-3-s1	0,4	3,05		16,2	42,2	0,24	946
p96-107-3-s2	0,6	0,57		14,5	57,4		946
p96-107-3-w	1,0	2,26		22,5	32,7		946
p96-108-3-w1	0,6	0,93		22,5	21,0		957
p96-108-3-w2	1,8	2,09		23,0	15,7		957
p96-109-3-s	1,6	0,72	1,01	18,2	38,9	0,11	965
p96-109-3-w	16,3	0,48	1,01	19,1	29,2		965
p96-110-3-b1	3,3	0,54		17,5	36,3	0,07	963
p96-110-3-b2	497,4	79,02		25,5	16,5		963
p96-110-3-b3	130,0	24,17		21,4	25,0	0,42	963
p96-110-3-b4	20,7	12,19		20,7	27,1		963
p96-110-3-h	41,1	24,05		3,6	70,6		963
p96-201-3-b	10,2	5,89	0,70	22,0	27,3	0,13	914
p96-201-3-s	1,2	1,12	0,70	19,8	33,2	0,18	918
p96-201-3-w	2,2	1,63	0,70	18,8	21,9		918
p96-202-3-b	3,3	1,50	0,30	18,1	26,8	0,30	984
p96-202-3-s	3,2	0,30	0,30	12,1	51,2		984
p96-202-3-w	1,1	0,76	0,30	16,2	35,6		984
p96-203-3-s	1,9	1,74	2,73	19,0	52,6		769
p96-203-3-w	8,8	2,20	2,73	24,5	22,3		769
p96-204-3-b	0,1	0,39		18,2	32,3		916
p96-204-3-w	0,2	0,46		19,0	34,7		916
p96-205-3-k	< BG	4,08	12,63	18,4	60,0		916
p96-205-3-s	1,2	12,25	12,63	16,6	51,4		916
p96-206-3-b	0,3	0,24	0,27	21,5	15,8	0,28	955
p96-206-3-s	< BG	0,19	0,27	18,3	21,7		955
p96-206-3-w	0,2	0,30	0,27	14,6	21,4		955
p96-301-3-b	< BG	0,47		18,4	35,5	1,14	969
p96-301-3-s	0,3	0,18		16,1	33,0		969
p96-301-3-w	0,6	1,06		14,3	30,0		969
p96-302-3-b	4,9	1,82		22,4	24,4	0,04	970
p96-302-3-k	7,7	1,36		22,1	16,6		970
p96-302-3-w	7,6	0,84		20,1	50,9		970
p96-303-3-b	67,2	9,11	0,49	18,0	21,3	0,33	989
p96-303-3-k	36,9	5,08	0,49	19,5	22,4		989

Probe	Luft [ng/m³]	Staub [mg/kg]	Gesamtstaub [mg/kg]	T [°C]	RH [%]	N [1/h]	Druck [hPa]
p96-303-3-s	7,9	2,48	0,49	16,1	27,7		989
p96-304-3-b	59,1	6,29		20,8	27,5		990
p96-401-3-k	20,9	2,37	1,51	18,6	41,9		988
p96-401-3-w	24,3	1,60	1,51	20,6	36,1		988
p96-402-3-b	25,9	4,65		20,8	32,6	0,35	968
p96-403-3-b	1,3	1,40	2,68	13,3	45,4	0,81	959
p96-403-3-w	6,2	1,83	2,68	16,0	31,4		959
p96-501-3-bo	1,2	4,02	4,99	21,8	13,7	0,12	973
p96-501-3-bu	1,3	0,51	4,99	21,5	38,5		973
p96-501-3-s	1,2	0,92	4,99	20,5	29,3		973
p96-502-3-b	4,9	1,55		18,7	32,3	0,11	983
p96-502-3-k	2,0	1,41		16,0	45,4		983
p96-502-3-w	6,7	1,80		17,9	28,3		983
p96-601-3-k	2,2	2,58	0,53	19,4	33,4		995
p96-601-3-w	1,8	0,33	0,53	22,0	35,0	0,49	995
p96-604-3-b	145,2	0,73		17,8	48,0		964
p96-604-3-s	40,6	2,15		11,7	62,0		964
p96-604-3-w	39,2	0,81		19,8	22,5		964
p96-605-3-k	< BG	0,78		14,9	27,3		974
p96-605-3-w	1,1	0,09		7,7	57,9		974
p96-701-3-b	15,7	4,42	1,51	18,6	34,1		944
p96-701-3-s	6,1	2,55	1,51	14,2	54,8		944
p96-701-3-w	6,9	2,84	1,51	20,6	35,8	0,01	944
p96-101-4-k1	0,4	0,27	0,38	16,3	33,7		928
p96-101-4-k2	0,2	0,33	0,38	13,2	37,2		928
p96-101-4-w	2,0	0,47	0,38	18,1	29,1	0,74	928
p96-102-4-s	0,5	0,62	0,40	19,4	44,0		937
p96-102-4-w	0,4	0,40	0,40	19,7	45,0		937
p96-103-4-b	3,6	0,40		21,9	41,5		941
p96-104-4-b	< BG	2,33	0,33	20,4	58,8	0,04	952
p96-104-4-s	< BG	0,79	0,33	20,1	57,2		952
p96-104-4-w	2,6	0,61	0,33	21,3	55,2		952
p96-105-4-b	1,9	0,83	0,67	21,3	43,5	0,10	948
p96-105-4-s	0,5	0,66	0,67	20,6	46,5		948
p96-105-4-w	0,6	0,21	0,67	19,0	52,3		948
p96-106-4-e	< BG	0,16		20,9	54,6		968
p96-106-4-k	2,0	0,25		20,5	58,4		968
p96-106-4-s	0,7	0,27		20,4	51,3		968
p96-107-4-s1	0,4	2,19	1,41	17,0	49,0		957
p96-107-4-s2	0,7	0,85	1,41	14,2	57,0		957
p96-107-4-w	1,2	0,57	1,41	22,7	41,5		957
p96-108-4-w1	< BG			19,5	50,7	0,10	953
p96-108-4-w2	0,7			22,3	42,4		953
p96-109-4-s	2,6	0,71	0,88	20,0	63,7		969
p96-109-4-w	2,5	0,65	0,88	19,7	65,0		969
p96-110-4-b1	3,1	1,44		23,0	55,1		955
p96-110-4-b2	372,2	4,54		23,2	60,0		955
p96-110-4-b3	81,7	45,27		21,0	53,8		955
p96-110-4-b4	32,6	16,89		20,8	54,8		955
p96-110-4-h	158,5	4,76		20,5	55,2		955

Probe	Luft [ng/m ³]	Staub [mg/kg]	Gesamtstaub [mg/kg]	T [°C]	RH [%]	N [1/h]	Druck [hPa]
p96-201-4-b	22,4	5,73		18,1	49,1		928
p96-202-4-b	1,4	0,35		21,8	45,4		978
p96-202-4-s	2,3	0,21		20,2	50,5		978
p96-202-4-w	2,4	0,80		22,8	48,4		978
p96-203-4-s	6,5	1,45	2,41	19,8	53,0		939
p96-203-4-w	13,1	0,55	2,41	22,5	45,4	0,30	939
p96-301-4-b	1,0	0,22		21,2	37,1		962
p96-301-4-s	1,7	0,22		19,7	64,6		962
p96-301-4-w	3,3	1,68		21,6	52,4		962
p96-302-4-b	4,3	0,28		24,3	55,1		948
p96-302-4-k	6,8	4,56		23,0	55,7	0,07	948
p96-302-4-w	6,6	4,17		22,2	61,0		948
p96-303-4-b	33,5	8,47		23,4	54,4		968
p96-303-4-k	17,1	2,58		24,6	53,1		968
p96-303-4-s	1,4	2,46			64,3	0,06	968
p96-304-4-b	55,6	12,49		23,2	55,0		968
p96-401-4-k	26,1	4,62		23,8	40,1		969
p96-401-4-w	28,0	1,21		25,2	34,8	0,45	969
p96-402-4-b	39,3	6,41		22,3	45,0		965
p96-403-4-b	4,6			18,4	49,0		946
p96-403-4-w	6,6			22,2	47,0		946
p96-501-4-bo	1,4	10,04	2,27	20,5	36,7		966
p96-501-4-bu	1,4	4,55	2,27	19,7	42,7		966
p96-501-4-s	1,3	7,12	2,27	19,1	36,9		966
p96-502-4-b	8,6	3,03	1,52	19,8	43,5		975
p96-502-4-k	< BG	0,88	1,52	15,2	57,8		975
p96-502-4-w	< BG	1,68	1,52	16,0	53,9		975
p96-601-4-k	< BG	0,35		18,9	53,5		990
p96-601-4-w	0,9	0,83		18,6	51,0		990
p96-604-4-b	14,2	0,43	2,55	20,6	40,1	0,16	949
p96-604-4-s	8,8	0,77	2,55	17,5	53,2		949
p96-604-4-w	23,5	1,69	2,55	20,0	46,9		949
p96-605-4-k	1,2	0,13		15,1	69,4		970
p96-605-4-w	< BG	0,21		14,9	67,5		970
p96-701-4-b	1,0	2,77	2,91	20,8	43,3		945
p96-701-4-s	< BG	1,57	2,91	19,0	59,9		945
p96-701-4-w	2,7	0,79	2,91	22,4	50,3		945

Legende

p96-xxx-y-z:

p96-xxx: Gebäude ID

y: Probenahme

z: Raum ID b: Büro

1,2,3,4: Büronummer, o:oben, u:unten

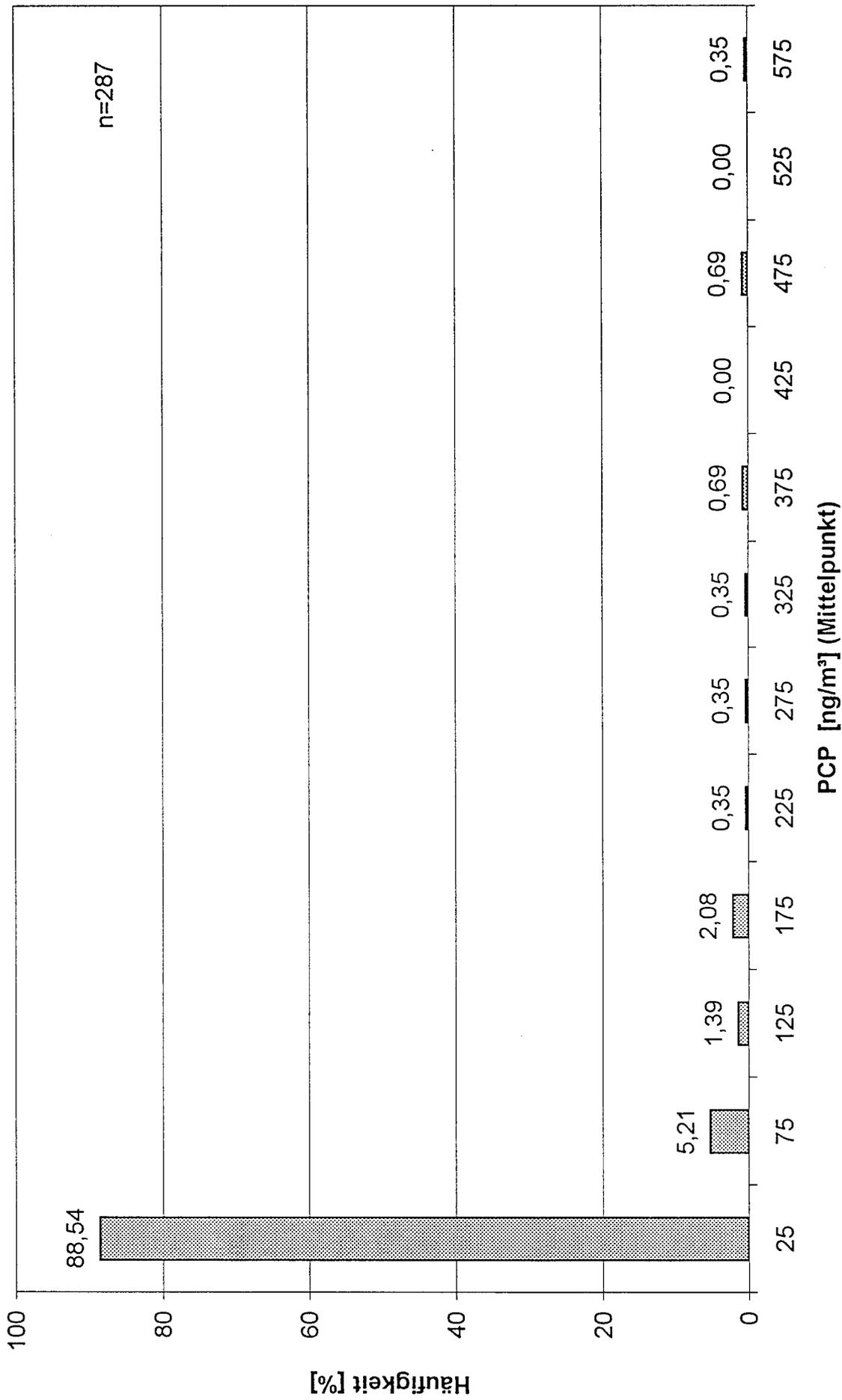
e: Esszimmer

k: Küche

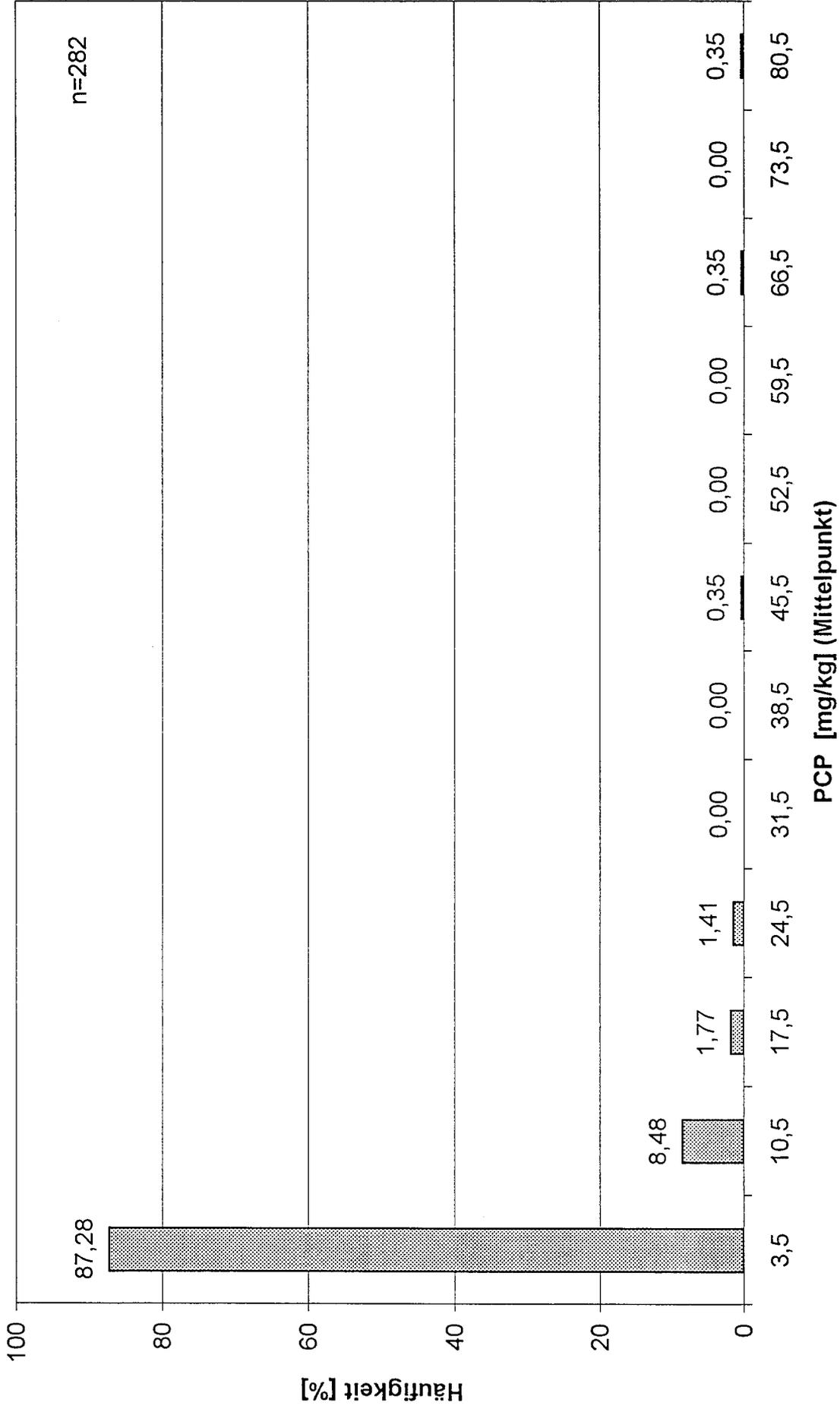
s: Schlafzimmer 1,2: Schlafzimmernummer

w: Wohnzimmer 1,2: Wohnzimmernummer

Häufigkeitsverteilung der PCP Konzentrationen in Luft



Häufigkeitsverteilung der PCP Konzentrationen in Staub

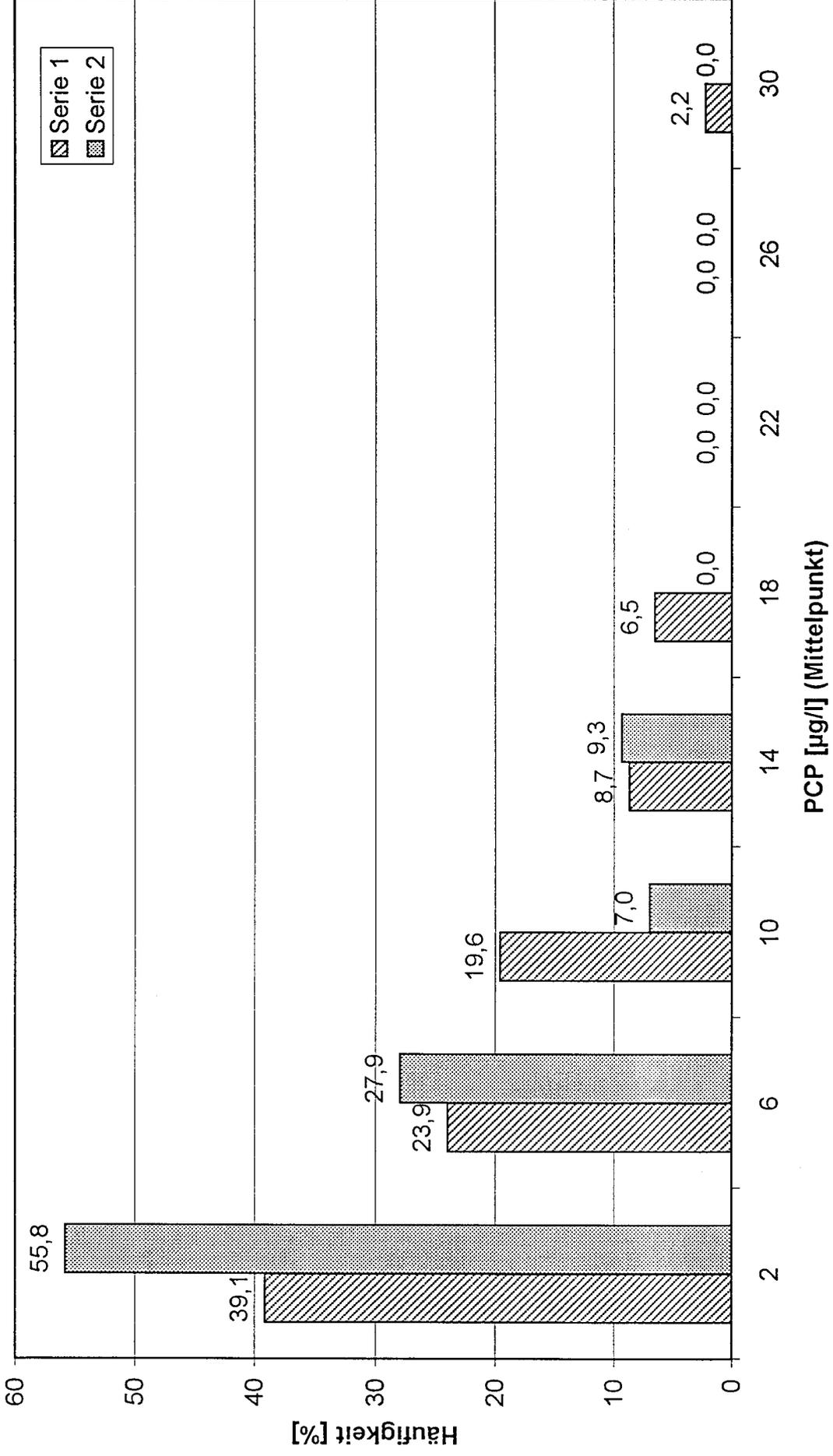


Fall Nr.	Geschlecht	Alter (Stand:09.96)	Blutwerte [$\mu\text{g/l}$]		Urinwerte [$\mu\text{g/l}$]		Hämatokrit %	Kreatinin g/l
			IPASUM	ERGO	IPASUM	ERGO		
P96-101-01	m	45	< BG	2,7	3,0	3,0	46	2,1
P96-101-02	w	17	9,0	11,9	6,7	10,5	41	2,5
P96-102-01	m	38	31,2	7,2	4,5	3,8	45	1,0
P96-102-02	w	32	18,1	2,0	2,9	2,7	44	1,8
P96-104-01	m	47	12,2	4,0	1,8	2,9	45	2,2
P96-105-01	m	38	Serum: 2,7	2,3	0,6	1,4	51	2,3
P96-106-01	m	39	< BG	1,9	2,6	1,3	43	2,5
P96-107-01	m	58	3,9	3,9	2,7	2,8	46	1,4
P96-107-02	w	52	3,7	2,1	1,9	2,0	38	1,1
P96-108-01	m	63	6,2	5,4	5,9	3,6	45	0,9
P96-109-01	m	33	5,5	1,6	1,3	0,7	45	1,5
P96-109-02	w	30	4,2	0,5	2,3	1,8	46	1,5
P96-110-01	m	59	14,4	11,9	5,7	3,5	38	0,6
P96-110-02	m	44	5,6	4,0	3,7	2,1	45	1,3
P96-110-03	m	52	9,1	5,4	13,1	3,5	46	1,3
P96-110-04	m	36	8,7	5,1	5,3	3,7	45	2,1
P96-201-01	m	46	7,0	5,0				
P96-202-01	m	31	4,3	3,7	< BG	< BG	42	0,8
P96-203-01	m	43	4,4	3,7	0,9	1,4		0,3
P96-203-02	w	42	4,6	3,7	1,0	1,4		0,9
P96-204-01	m	71	3,4	2,3	< BG	< BG	43	0,2
P96-204-02	w	35	4,0	5,4	2,7	2,3	41	1,5
P96-205-01	m	33	3,9	2,2	2,2	1,9	37	2,0
P96-205-02	w	29	1,8	4,8	2,8	2,7	44	1,1
P96-205-03	m	5			1,1	0,8		0,3
P96-206-01	m	44	1,7	6,3	1,3	1,6	46	1,3
P96-301-01	m	58	5,1	2,1	2,9	2,3		2,3
P96-302-01	m	33	18,7	5,2	2,9	2,5	48	1,3
P96-302-02	w	28	17,8	2,9	3,0	4,6	40	1,1
P96-303-01	m	40	19,5	12,0	6,8	9,6	39	0,6
P96-303-02	w	37	20,0	8,5	5,0	4,3	39	1,0
P96-304-01	m	62	2,3	2,1	1,4	1,6	45	0,8

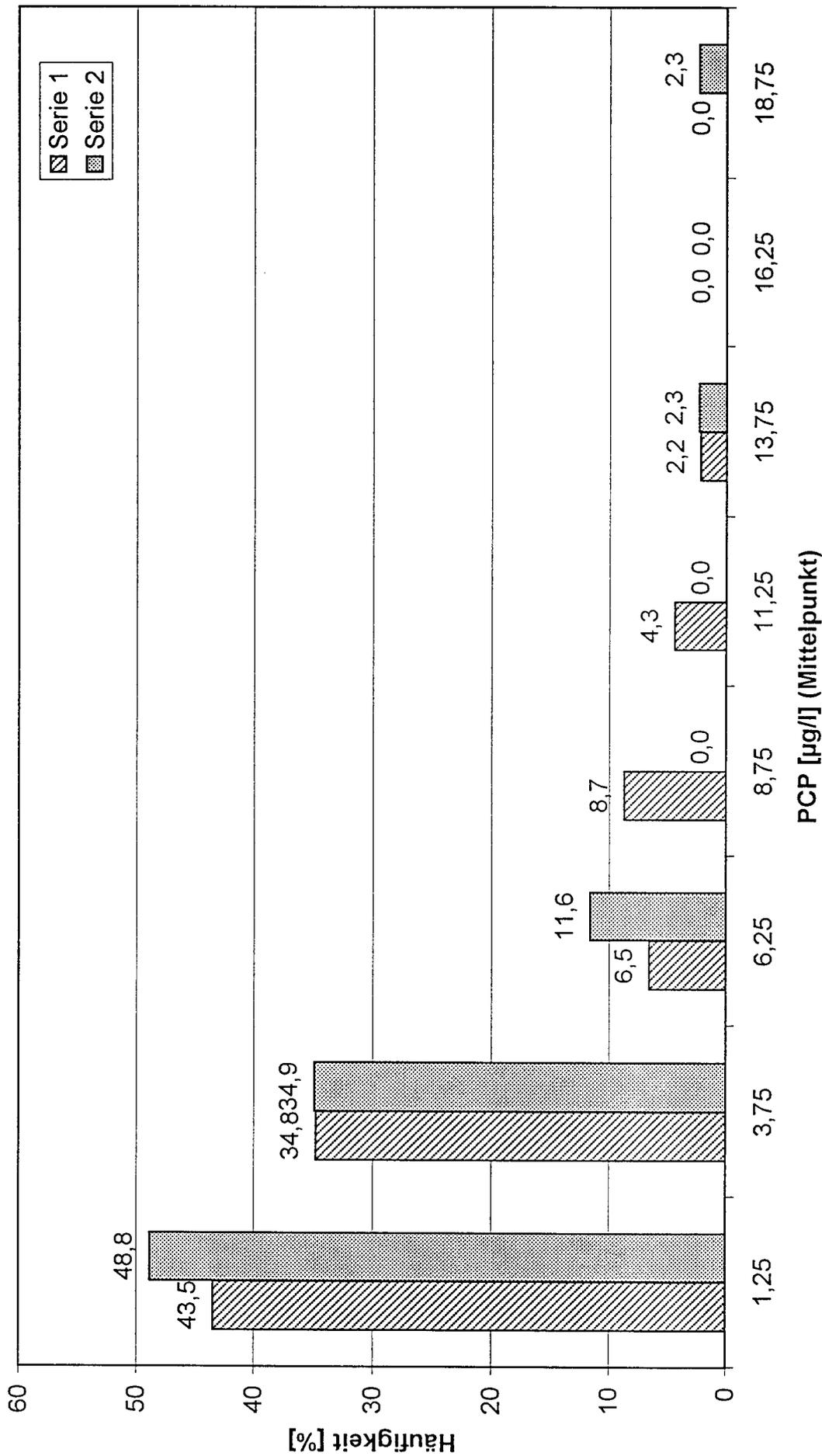
Fall Nr.	Geschlecht	Alter (Stand:09.96)	Blutwerte [$\mu\text{g/l}$]		Urinwerte [$\mu\text{g/l}$]		Hämatokrit %	Kreatinin g/l
			IPASUM	ERGO	IPASUM	ERGO		
1. Probenserie								
P96-401-01	m	29	10,2	24,3	5,1	13,9	46	1,8
P96-401-02	m	7		19,6	6,8	15,9		0,7
P96-401-03	m	4			13,3			1,0
P96-402-01	m	36	10,7	4,3	3,8	1,6	49	1,1
P96-403-01	m	28	8,8	7,7	< BG	5,3	40	3,0
P96-501-01	m	58	5,1	1,0	1,8	< BG	42	1,3
P96-501-02	m	34	4,6	0,9	< BG	< BG	38	0,7
P96-502-01	w	48	17,0	12,1	9,9	11,0	38	1,9
P96-502-01	m	18	33,0	29,6	7,4	7,0	42	1,1
P96-601-01	w	34	17,3	2,9	3,0	2,8		2,2
P96-602-01	w	35	< BG	2,5	2,0	3,0	42	3,0
P96-604-01	m	51		2,2	1,2	1,9		1,1
P96-605-01	m	27	19,0	2,0	1,4	2,6	43	1,7
P96-701-01	m	31	< BG	9,6	6,4	7,5	44	2,1
P96-701-02	w	25	< BG	8,6	7,1	5,5	41	1,7
2. Probenserie								
P96-101-01	m	45	2,8	2,7	2,7	3,2	41	2,1
P96-101-02	w	17	11,4	13,9	14,3	10,3	35	2,3
P96-102-01	m	38	6,2	8,9	7,6	6,6	40	1,6
P96-102-02	w	32	1,4	1,4	0,8	1,7	35	0,8
P96-104-01	m	47	3,1	2,3	0,6	1,2	48	0,8
P96-105-01	m	38	< BG	0,8	1,1	0,7	42	1,6
P96-106-01	m	39	3,8	1,7	3,4	2,2	38	1,9
P96-107-01	m	58	5,8	2,8	4,4	3,2	44	2,0
P96-107-02	w	52	3,6	1,8	4,8	3,3	39	1,9
P96-108-01	m	63	3,8	7,6	5,9	2,4	40	0,9
P96-109-01	m		3,6	2,6	1,3	1,7		1,3
P96-109-02	w	30	1,8		1,9	1,3	41	1,4
P96-110-01	m	59	10,8	14,2	5,5	5,0	39	1,0
P96-110-02	m	44	2,3	2,2	3,4	3,3	47	1,0
P96-110-03	m	52	14,4	17,1	6,7	7,6	46	0,4
P96-110-04	m	36	4,4	4,7	4,9	5,4	46	2,2

Fall Nr.	Geschlecht	Alter (Stand:09.96)	Blutwerte [$\mu\text{g/l}$]		Urinwerte [$\mu\text{g/l}$]		Hämatokrit %	Kreatinin g/l
			IPASUM	ERGO	IPASUM	ERGO		
P96-201-01	m	46	3,3	2,8	3,8	2,6	46	2,0
P96-202-01	m	31	3,8	4,7	1,3	1,7	44	0,6
P96-203-01	m	43	3,2	2,8	1,7	1,3	41	1,0
P96-203-02	w	42	4,2	2,9	1,8	1,4	38	0,7
P96-204-01	m	71	1,6	1,6	4,6	< BG	43	0,5
P96-204-02	w	35	2,8	2,8	1,4	1,0	40	1,0
P96-205-01	m	33	1,3	1,6	2,0	1,9	42	2,1
P96-206-01	m	44	1,6	1,3	1,1	0,8	45	1,6
P96-301-01	m	58	2,6	1,7	5,4	2,4	44	2,4
P96-302-01	m	33	2,3	4,0		1,7	48	
P96-302-02	w	28	2,3	2,9		2,2	40	
P96-303-01	m	40	7,4	5,2	4,2	2,7	41	1,1
P96-303-02	w	37	9,8	6,7	21,5	16,3	42	1,9
P96-304-01	m	62	< BG	1,2	2,9	0,7	45	0,8
P96-401-01	m	29	7,6	5,0	6,1	3,4	48	1,9
P96-401-03	m	4	10,5	6,4	9,3	4,5	38	1,2
P96-402-01	m	36	2,0	1,3	1,1	1,0	44	0,9
P96-403-01	m	28	5,1	2,7	4,9	2,0	41	2,6
P96-501-01	m	58	2,7	2,5	3,3	1,9	46	1,6
P96-501-02	m	34	3,0	2,5	1,8	1,0	41	1,3
P96-502-01	w	48	10,1	6,6	2,3	2,1	35	1,0
P96-502-01	m	18	19,0	8,1	4,4	3,9	41	2,7
P96-601-01	w	34	6,8	5,2	3,6	2,1	44	1,7
P96-604-01	m	51	4,1	4,1	2,1		48	0,9
P96-605-01	m	27	4,5	4,5	1,5	0,8	41	1,2
P96-701-01	m	31	2,8	6,8	5,2	4,7	44	2,2
P96-701-02	w	25	2,3	6,2	2,7	1,6	41	0,7

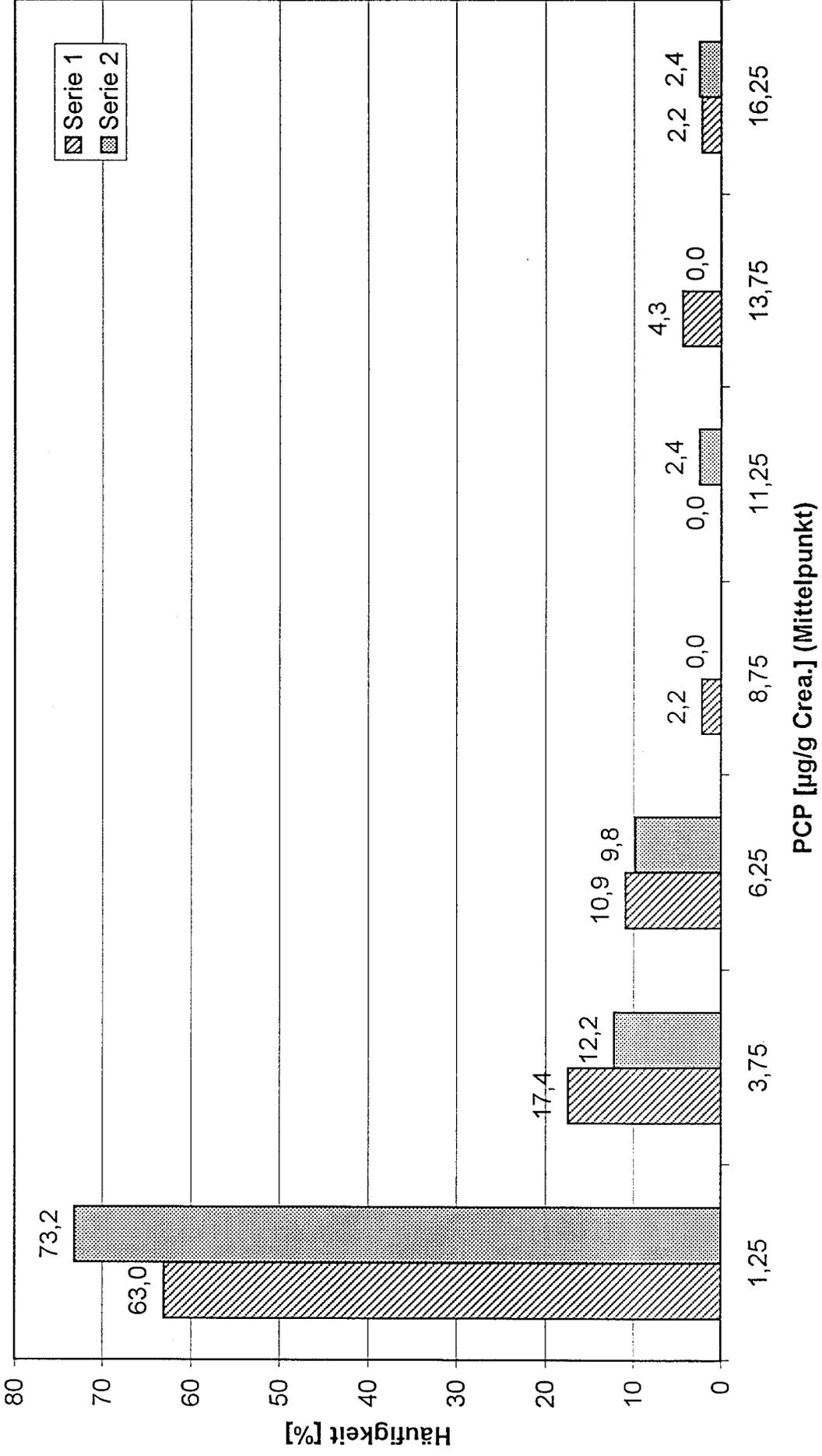
Häufigkeitsverteilung der PCP Konzentrationen in Blut (Labormittelwerte)



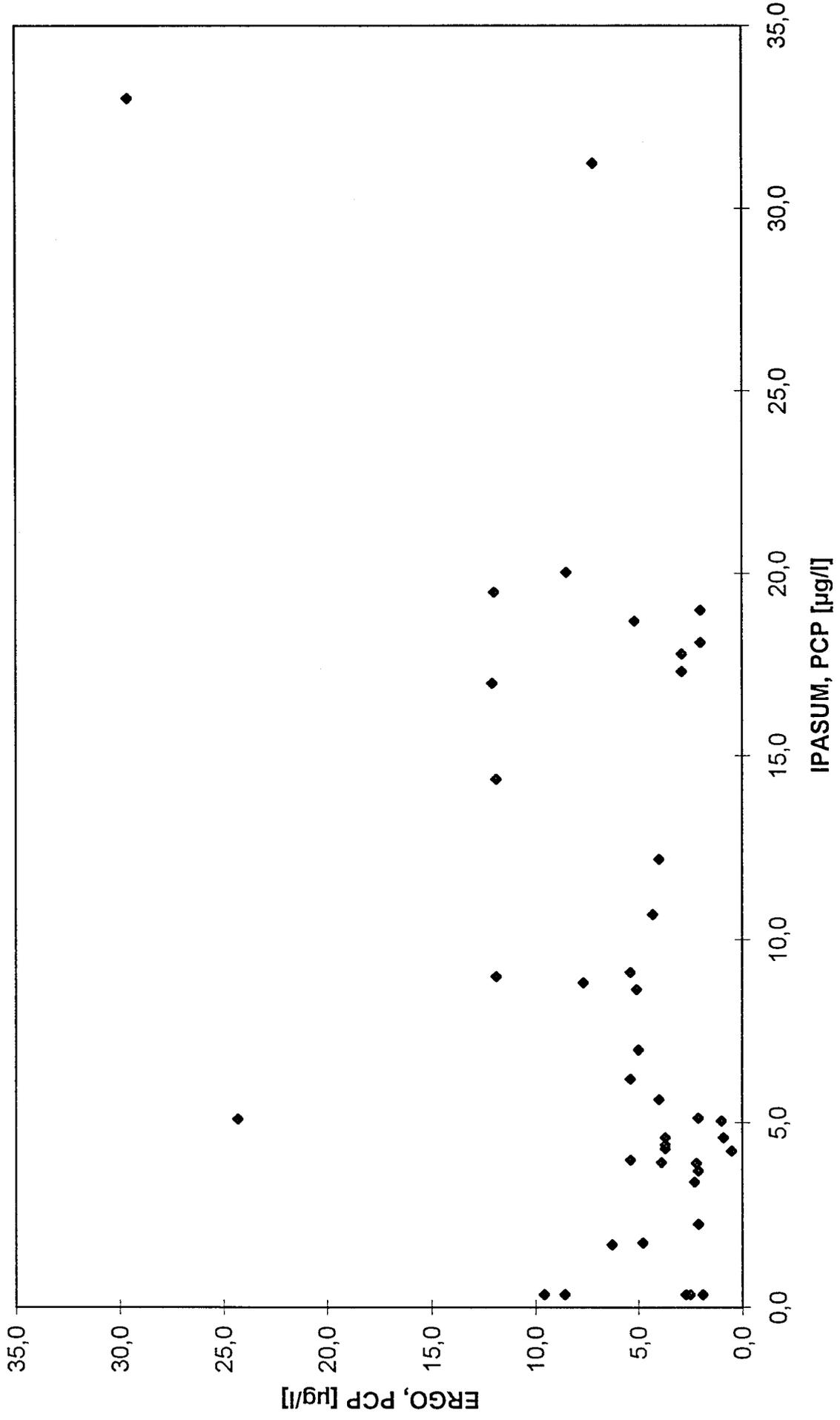
Häufigkeitsverteilung der PCP Konzentrationen in Urin (Labormittelwerte)



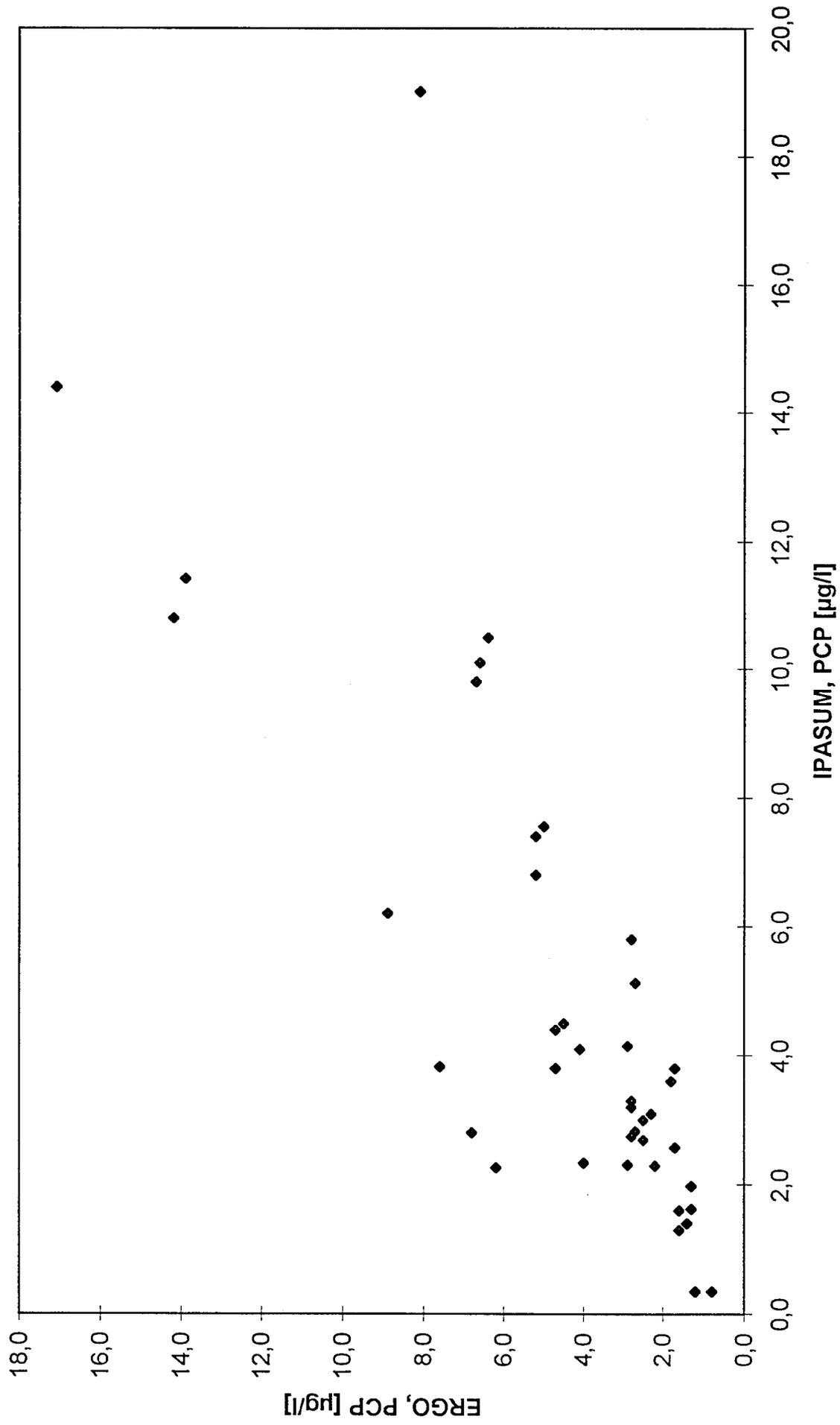
Häufigkeitsverteilung der PCP Konzentrationen in Urin/Creatinin (Labormittelwerte)



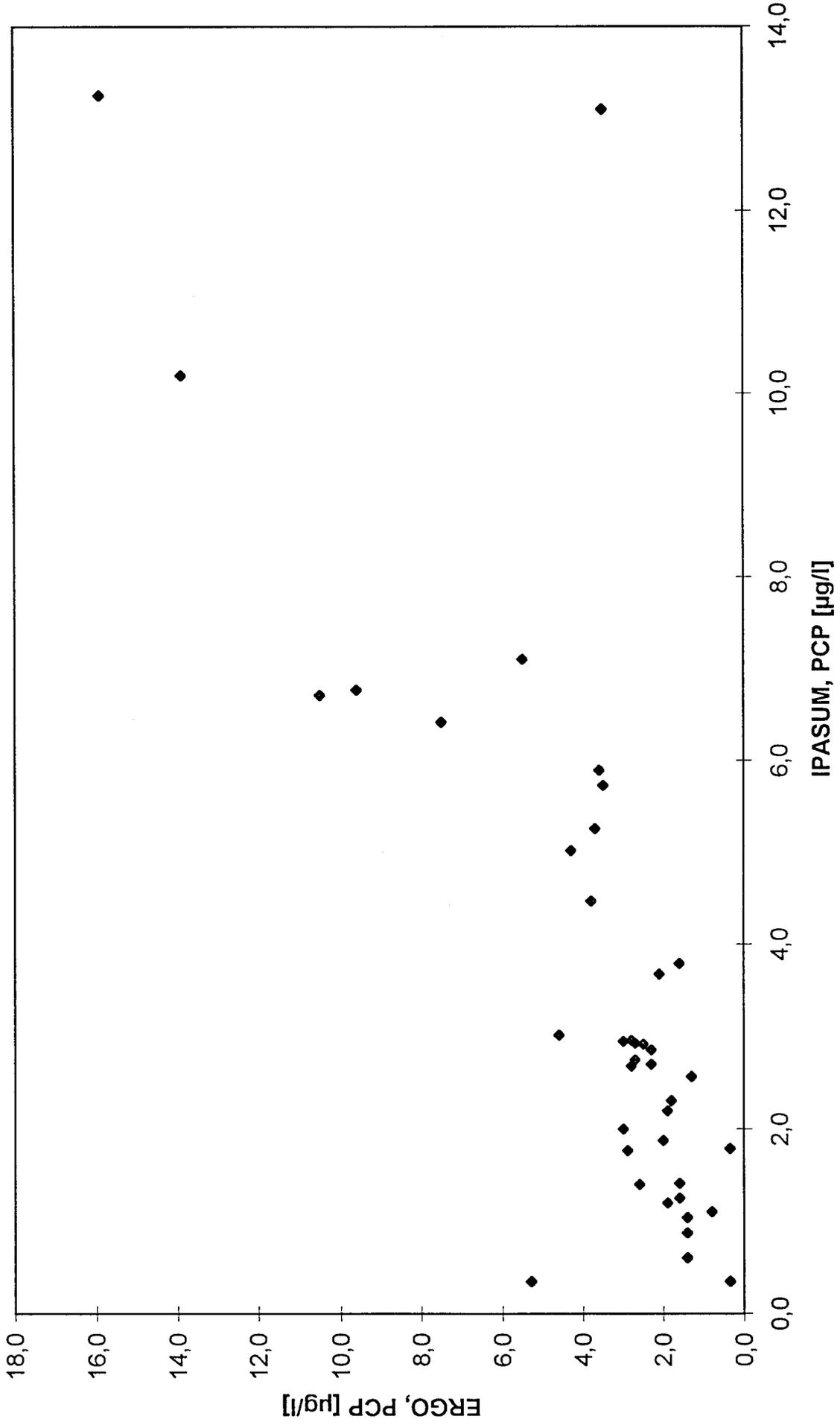
Laborvergleich: PCP-Konzentration in Blut, 1. Probenserie



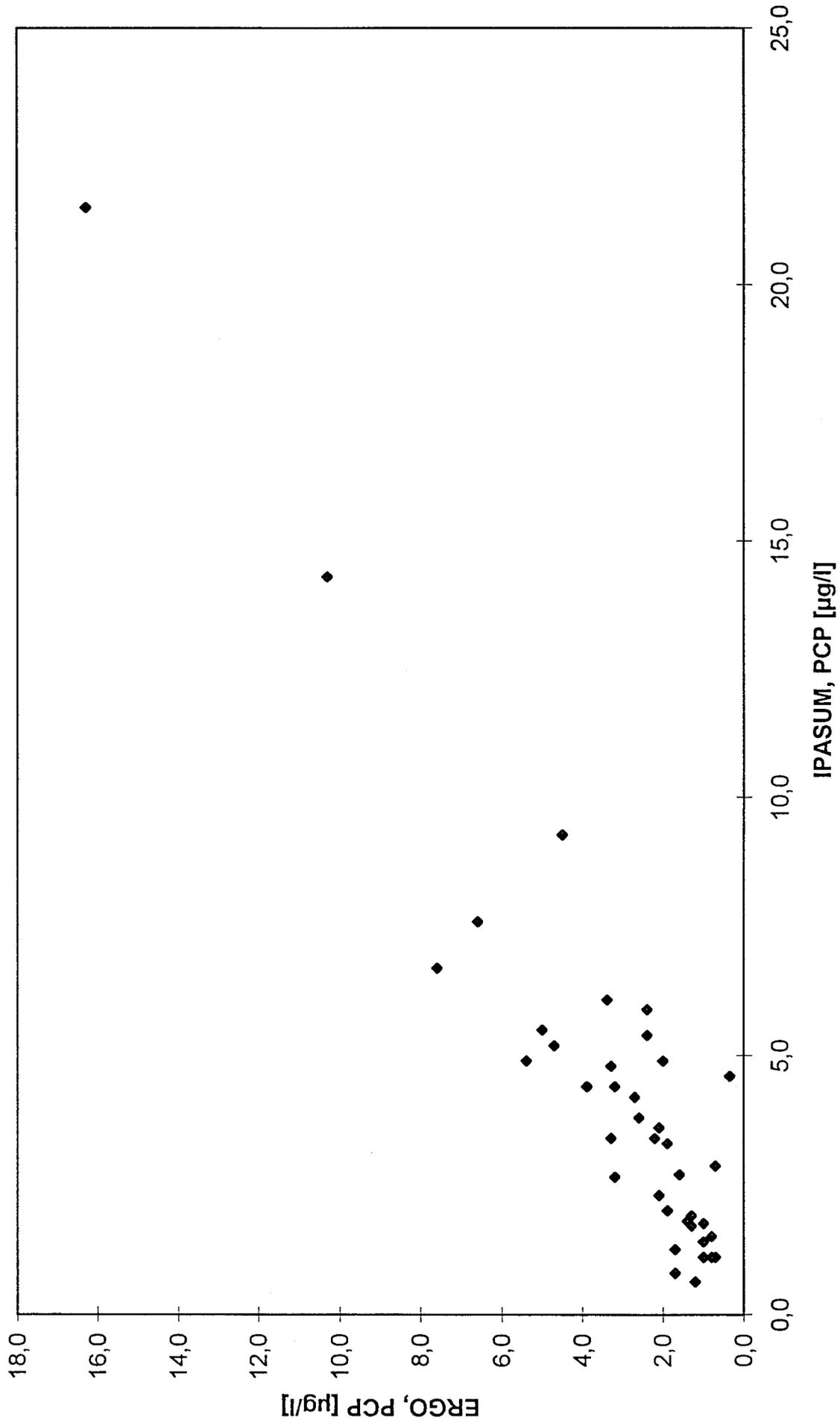
Laborvergleich: PCP-Konzentration in Blut, 2. Probenserie



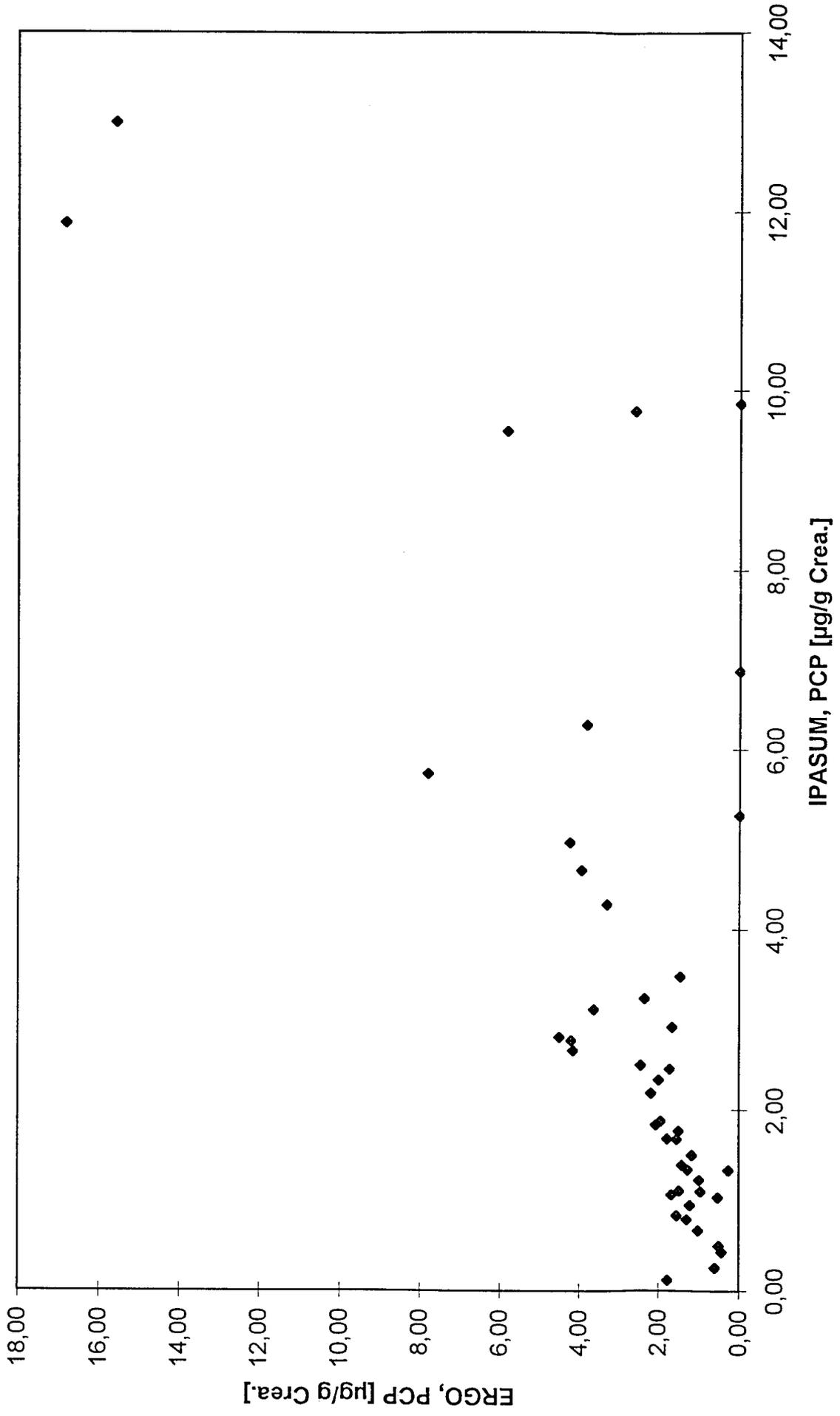
Laborvergleich: PCP-Konzentration in Urin, 1. Probenserie



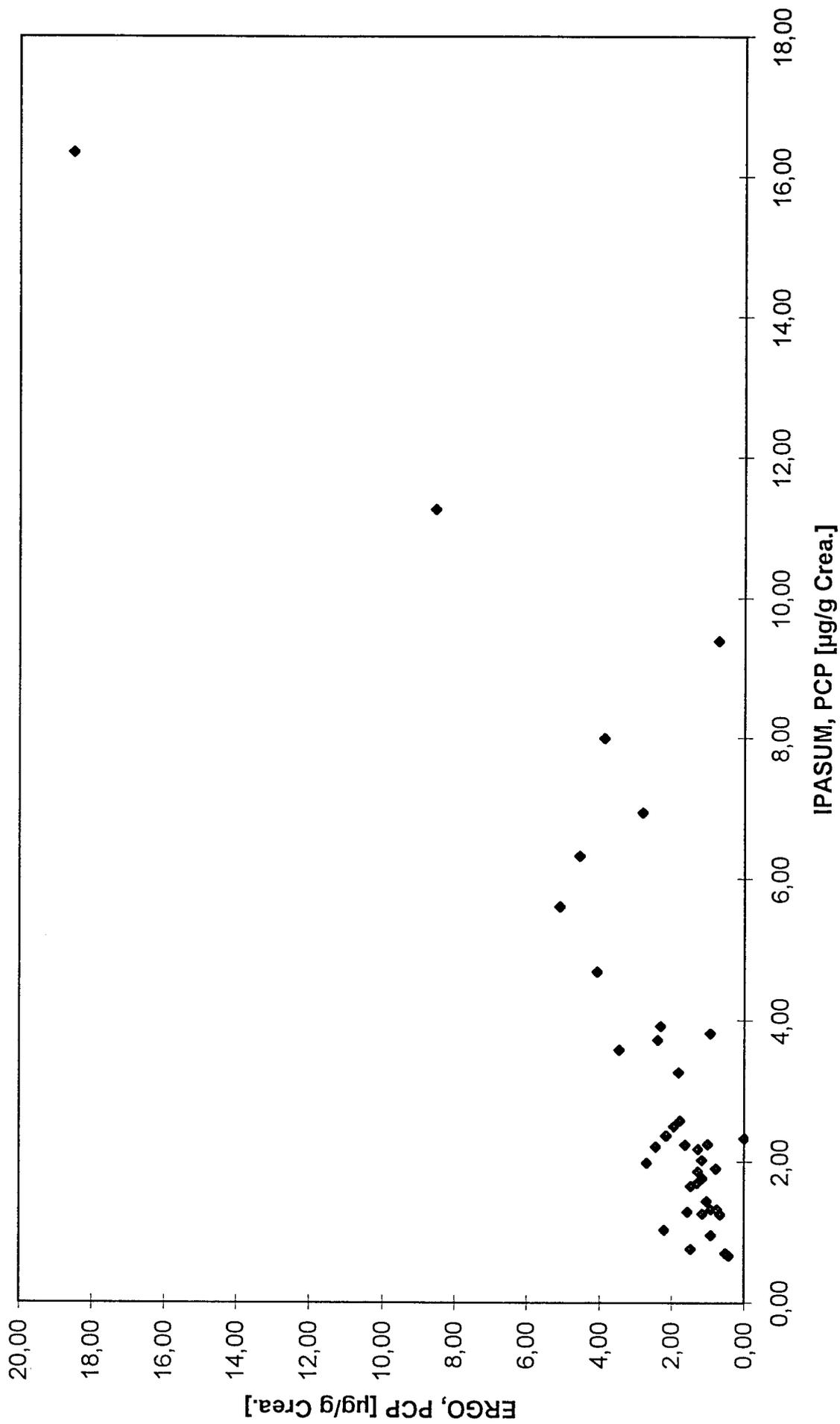
Laborvergleich: PCP-Konzentration in Urin, 2. Probenserie



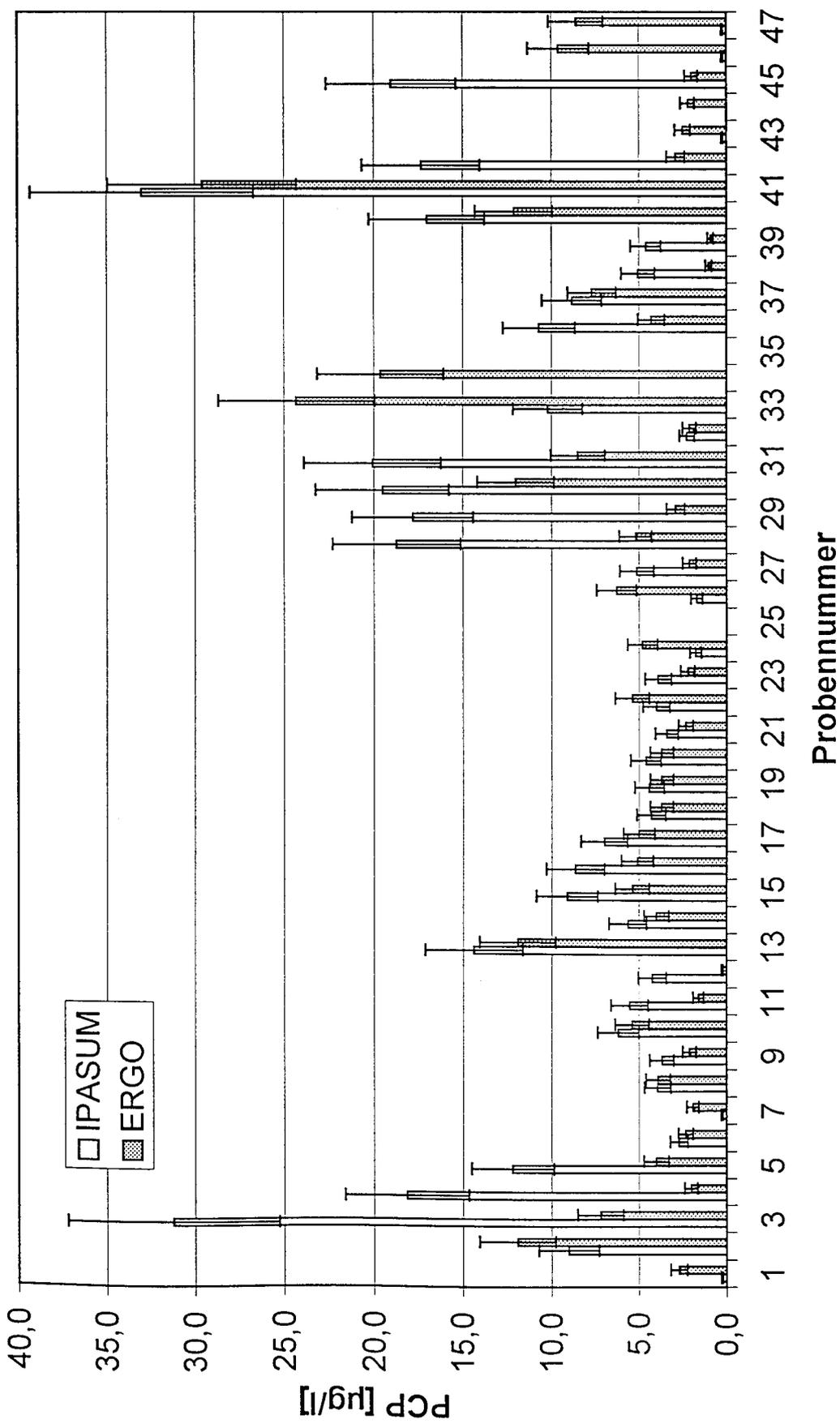
Laborvergleich: PCP-Konzentration in Blutbezogen auf Creatinin, 1. Probenserie



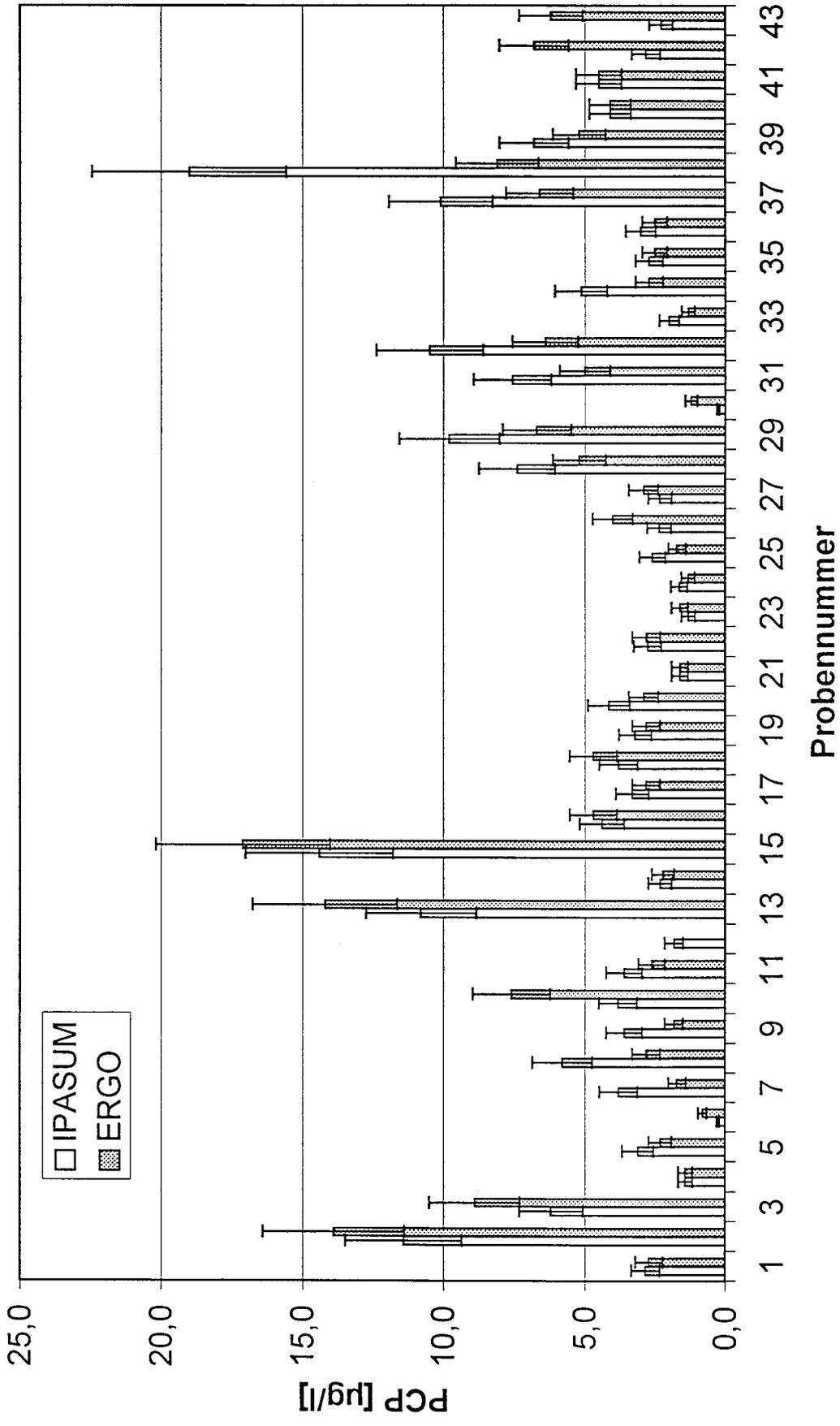
Laborvergleich: PCP-Konzentration in Blutbezogen auf Creatinin, 2. Probenserie



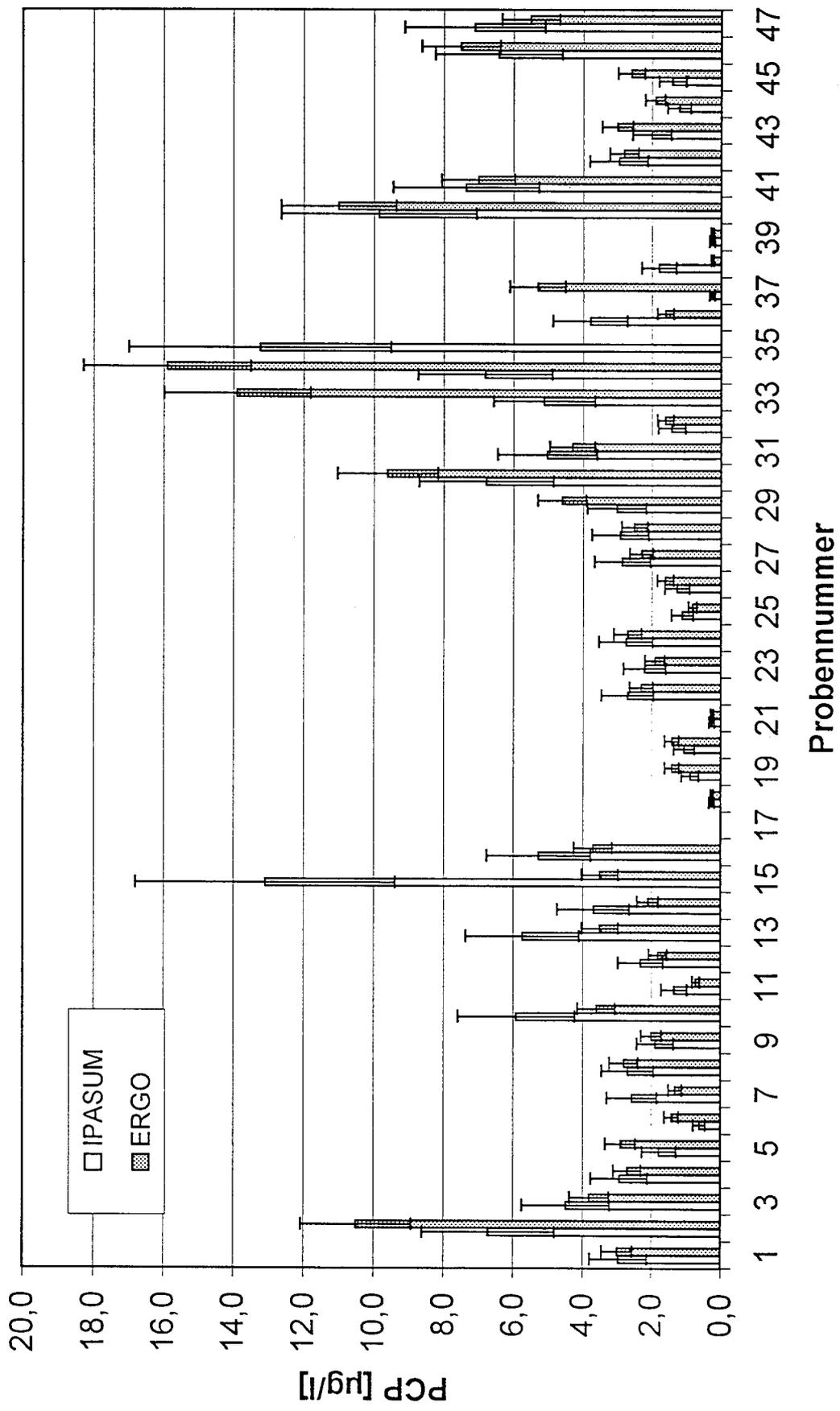
Vergleich der Messergebnisse an Hand der Variationskoeffizienten Blut, 1. Probenreihe



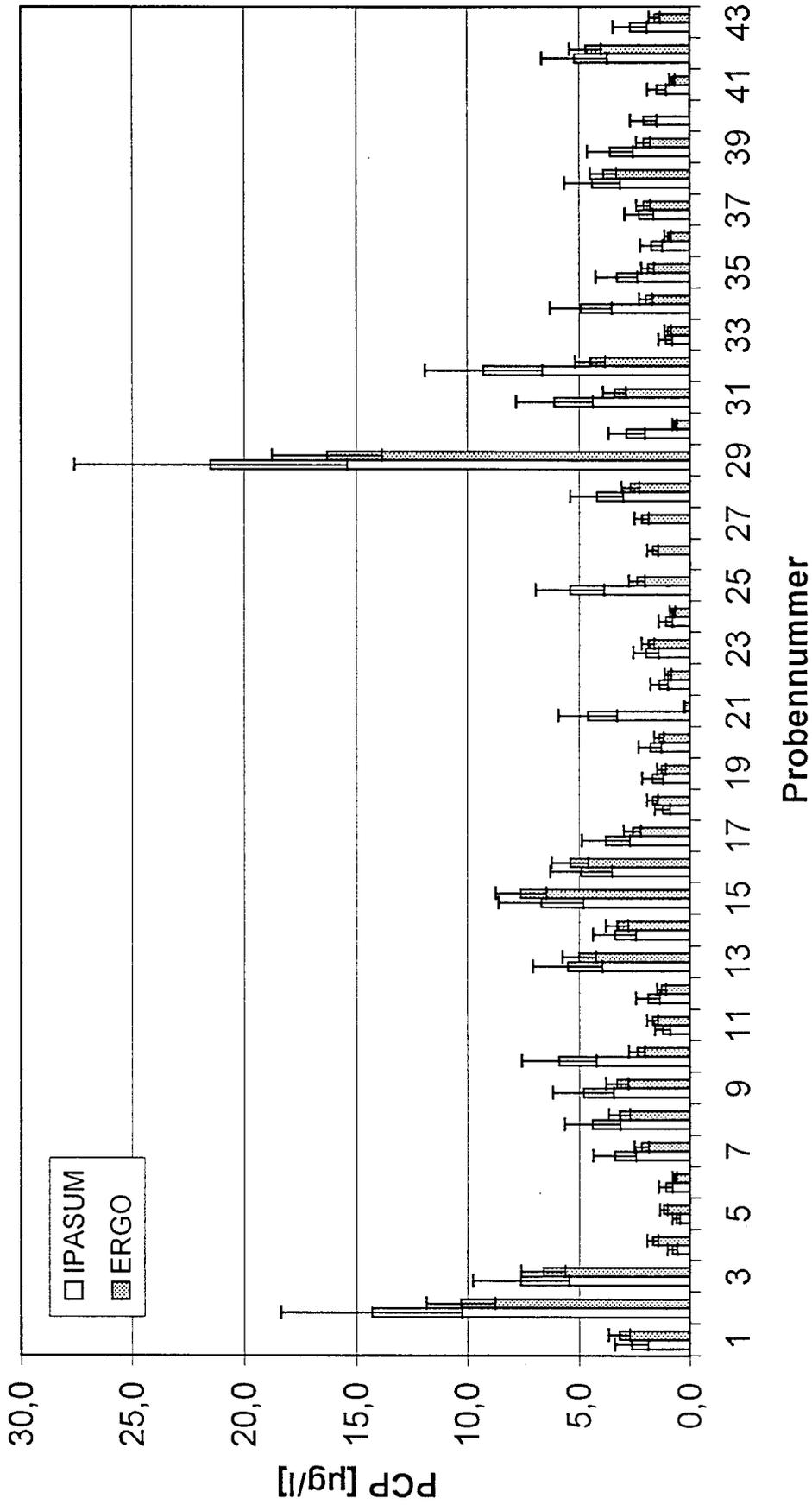
Vergleich der Messergebnisse an Hand der Variationskoeffizienten Blut, 2. Probenserie



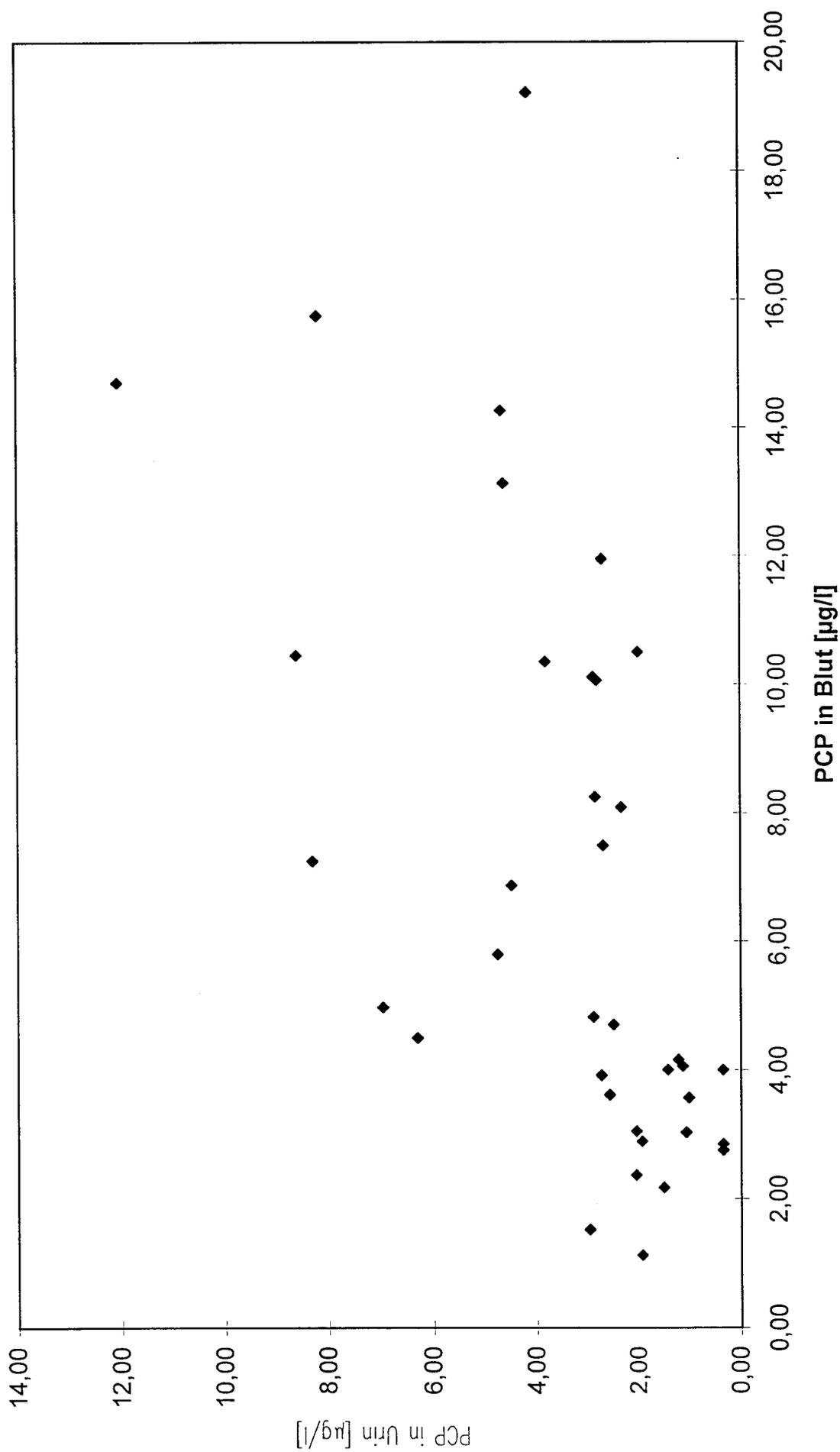
Vergleich der Messergebnisse an Hand der Variationskoeffizienten Urin, 1. Probenreihe



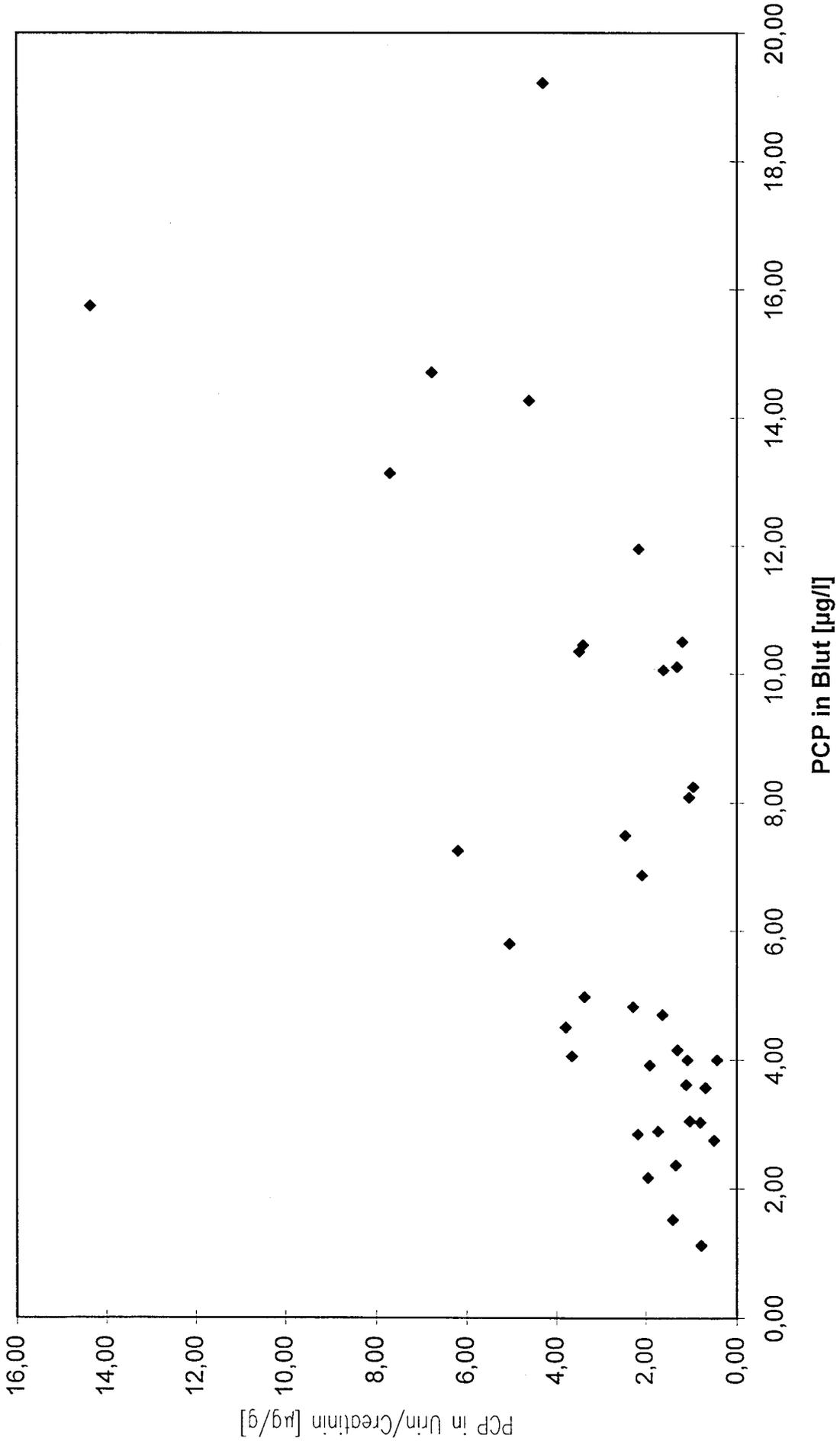
Vergleich der Messergebnisse an Hand der Variationskoeffizienten Urin, 2. Probenserie



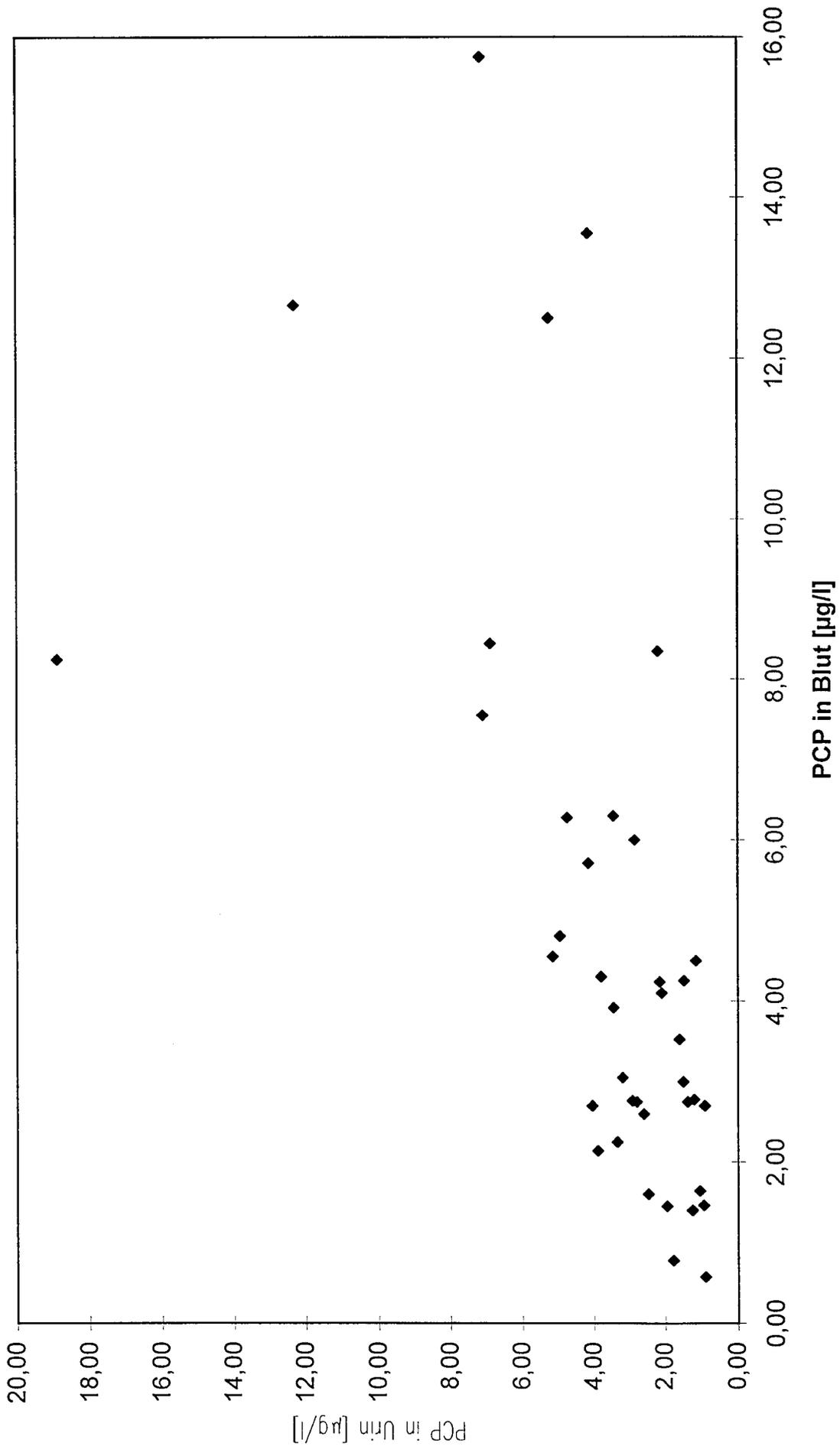
Zusammenhang zwischen PCP-Konzentration in Blut und Urin, Labormittelwert, 1. Probenserie



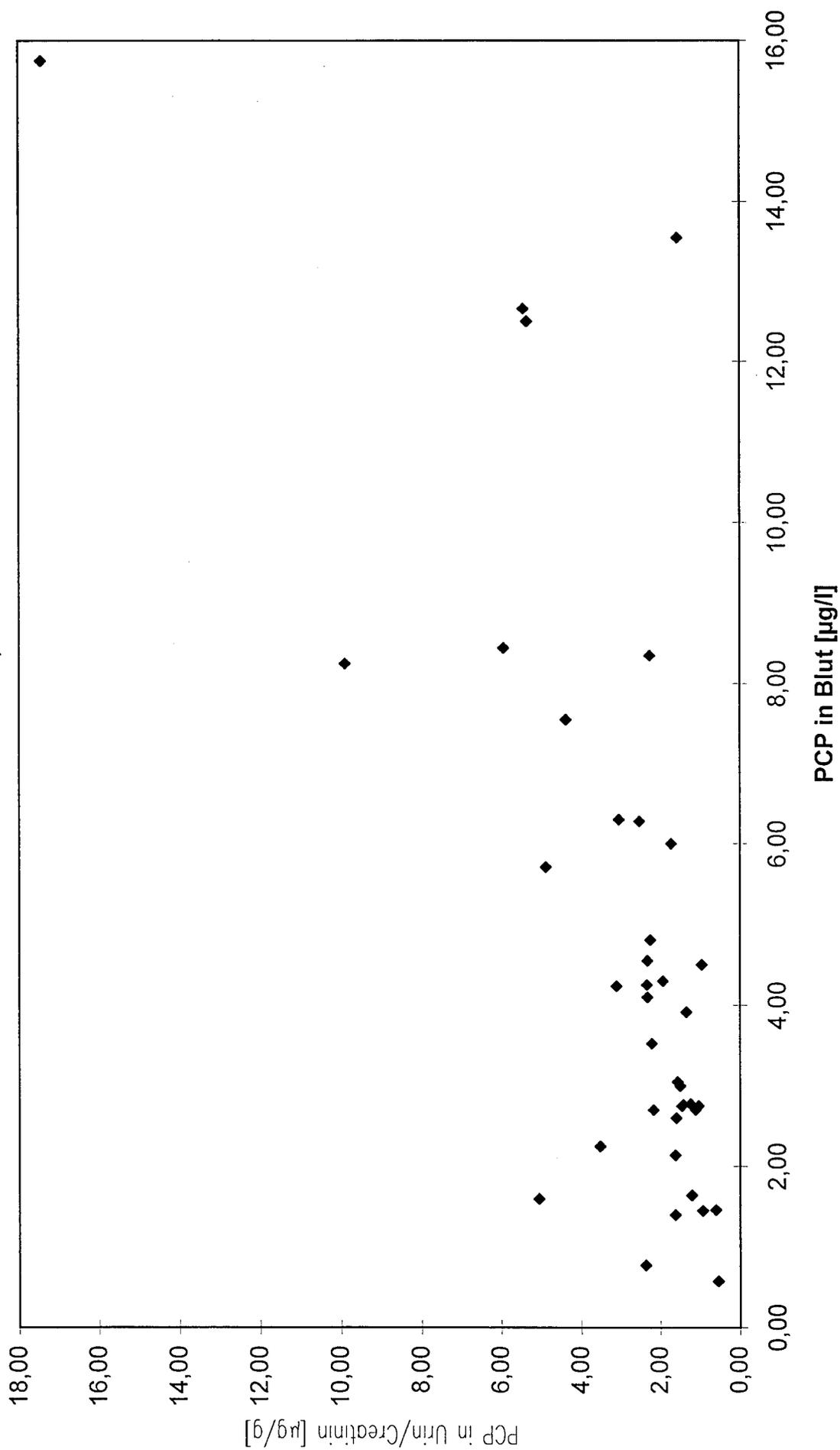
Zusammenhang zwischen PCP-Konzentration in Blut und Urin/Creatinin,
Labormittelwert, 1. Probenserie



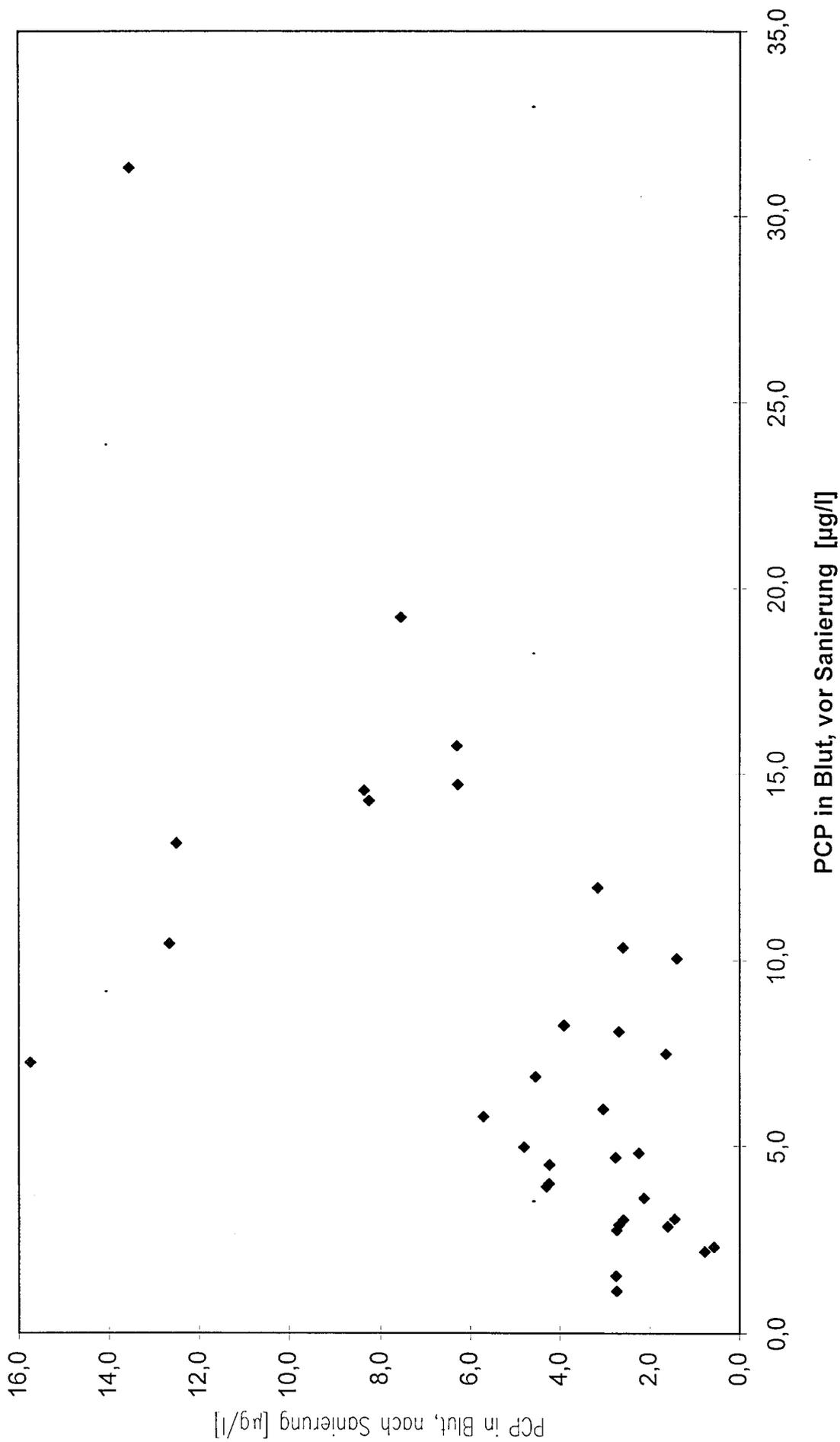
Zusammenhang zwischen PCP-Konzentration in Blut und Urin, Labormittelwert, 2. Probenserie



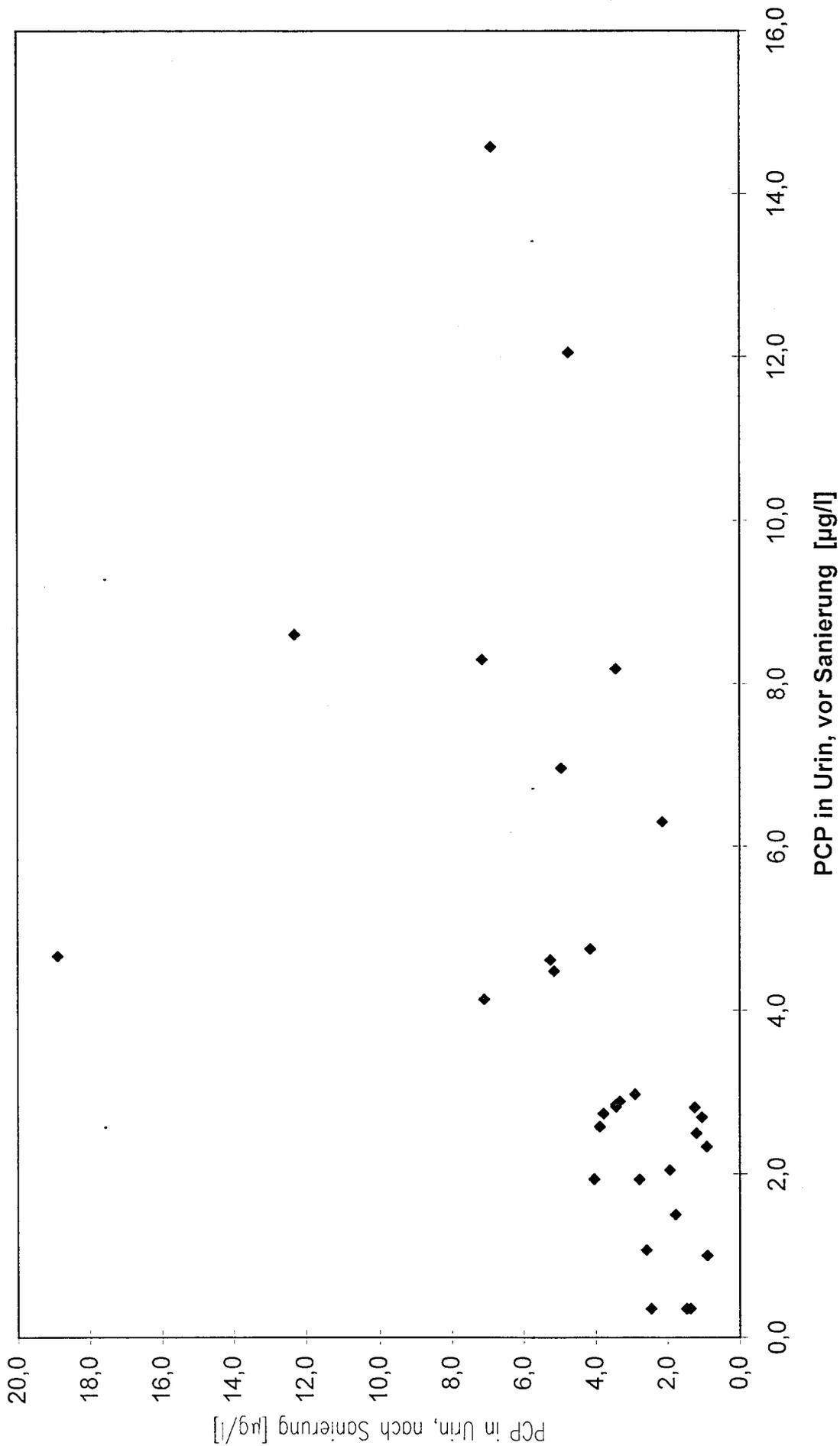
Zusammenhang zwischen PCP-Konzentration in Blut und Urin/Creatinin, Labormittelwert, 2. Probenserie



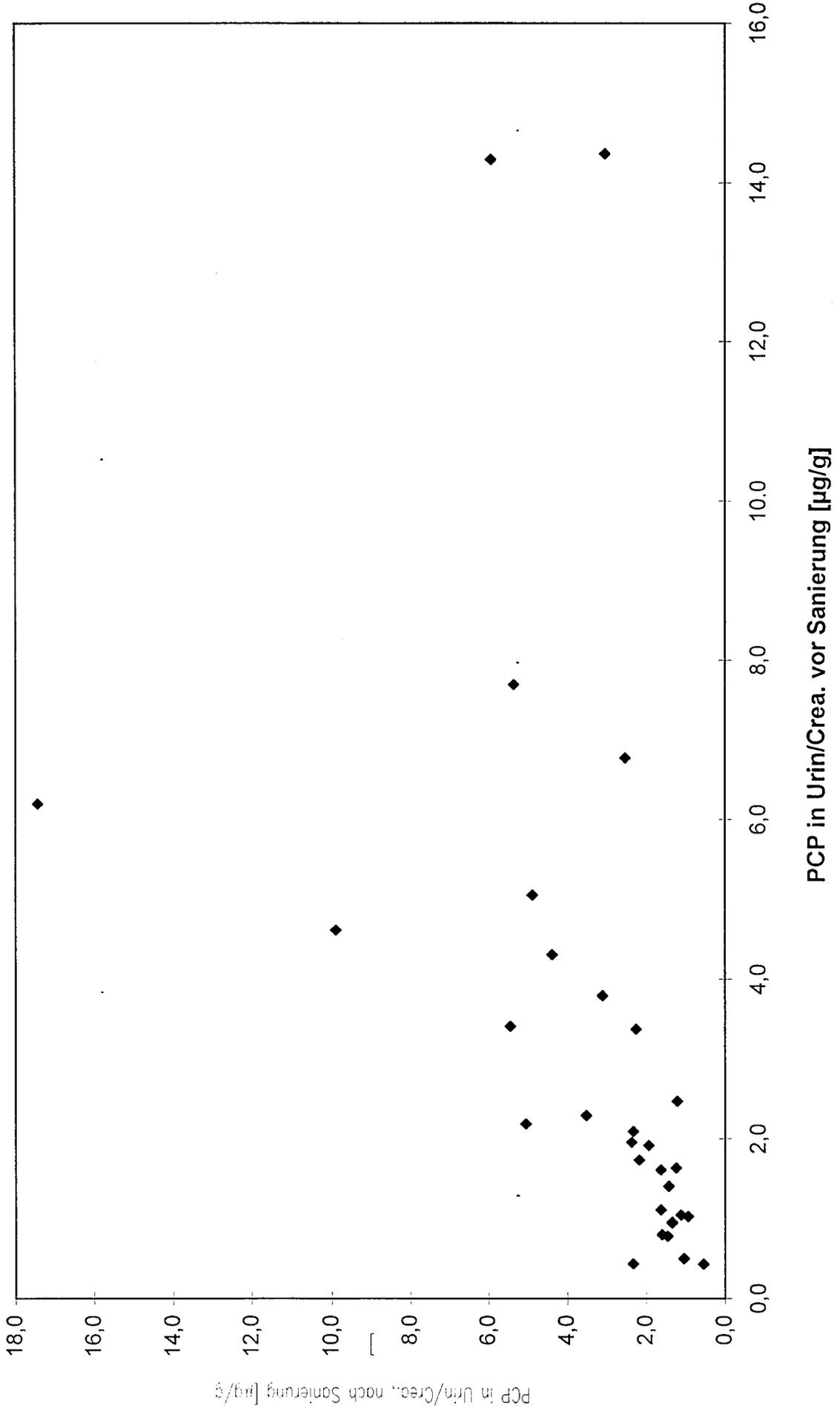
Vergleich der PCP-Konzentrationen in Blut vor und nach einer Sanierung, Labormittelwert



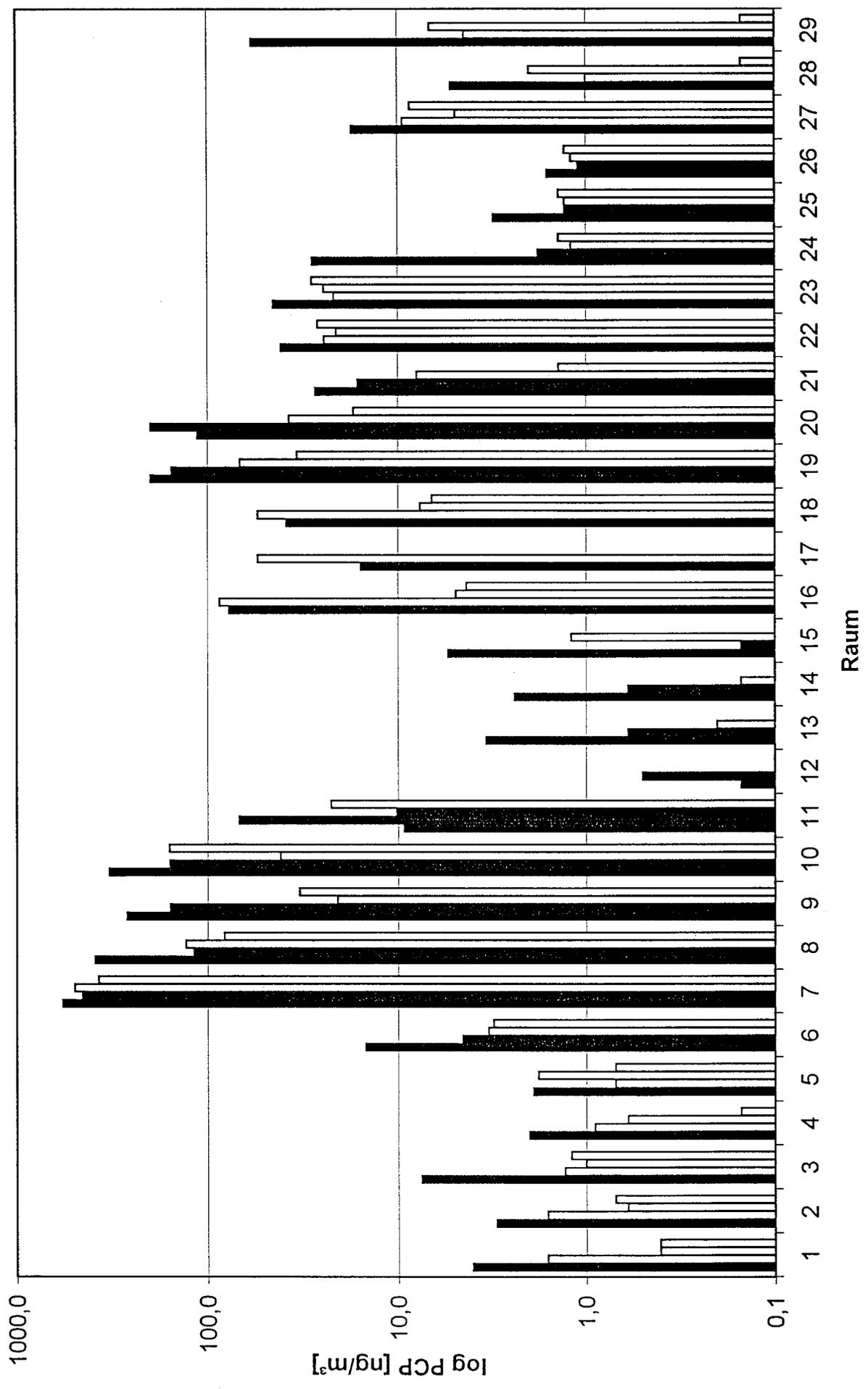
Vergleich der PCP-Konzentrationen in Urin vor und nach einer Sanierung, Labormittelwert



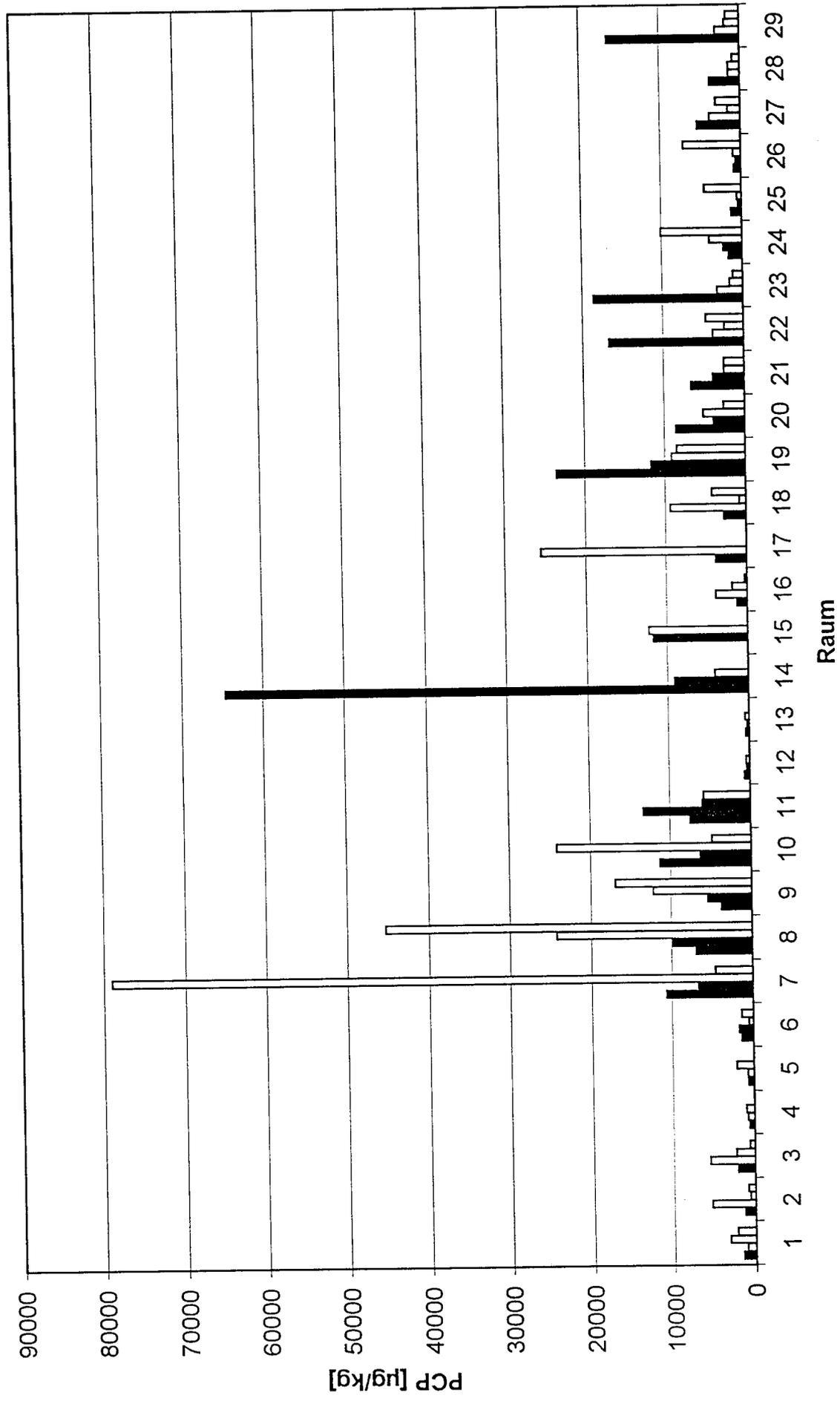
Vergleich der PCP-Konzentrationen in Urin/Creatinin vor und nach einer Sanierung, Labormittelwerte



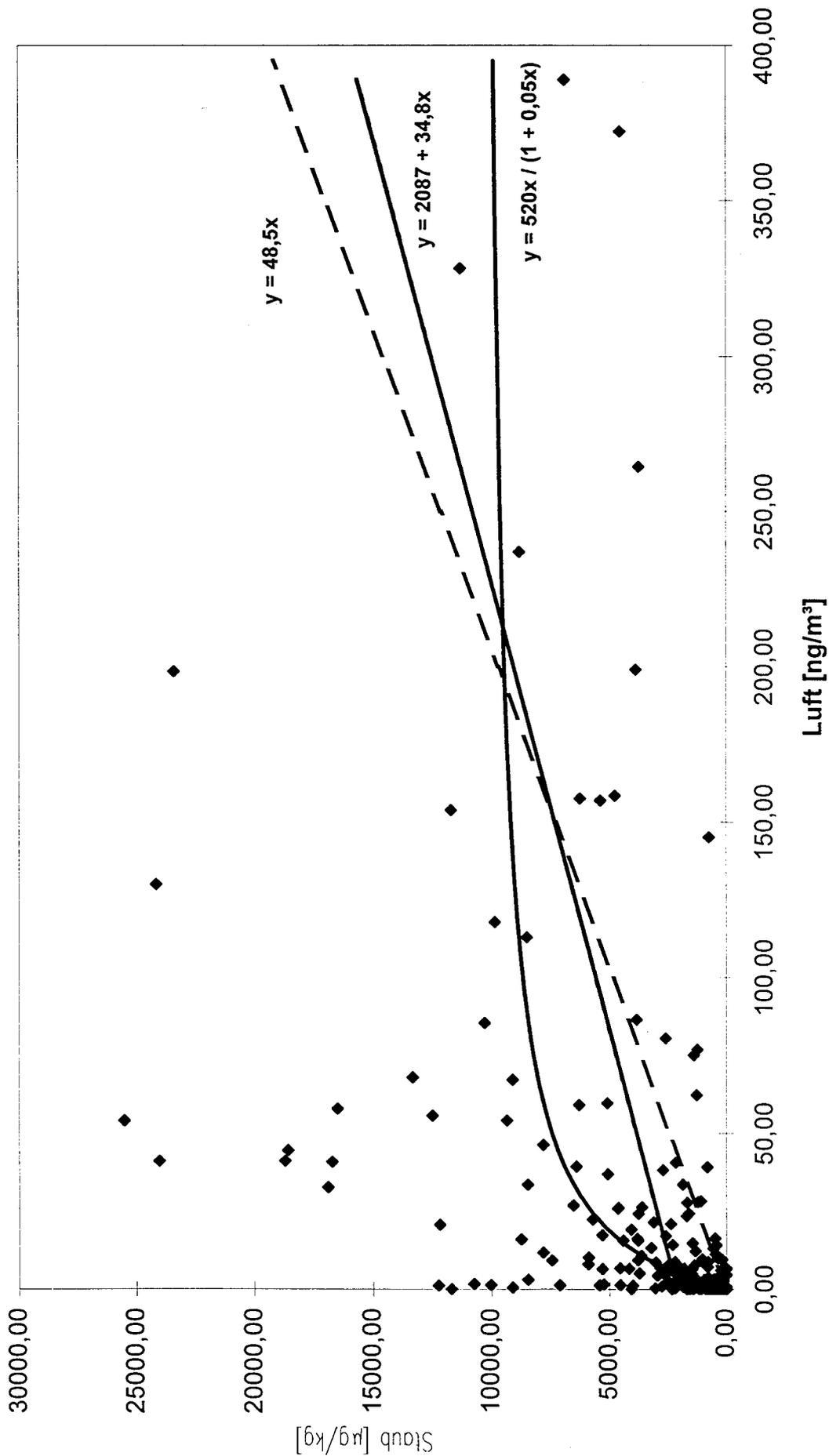
PCP Konzentrationen in der Raumluft vor und nach einer Sanierung

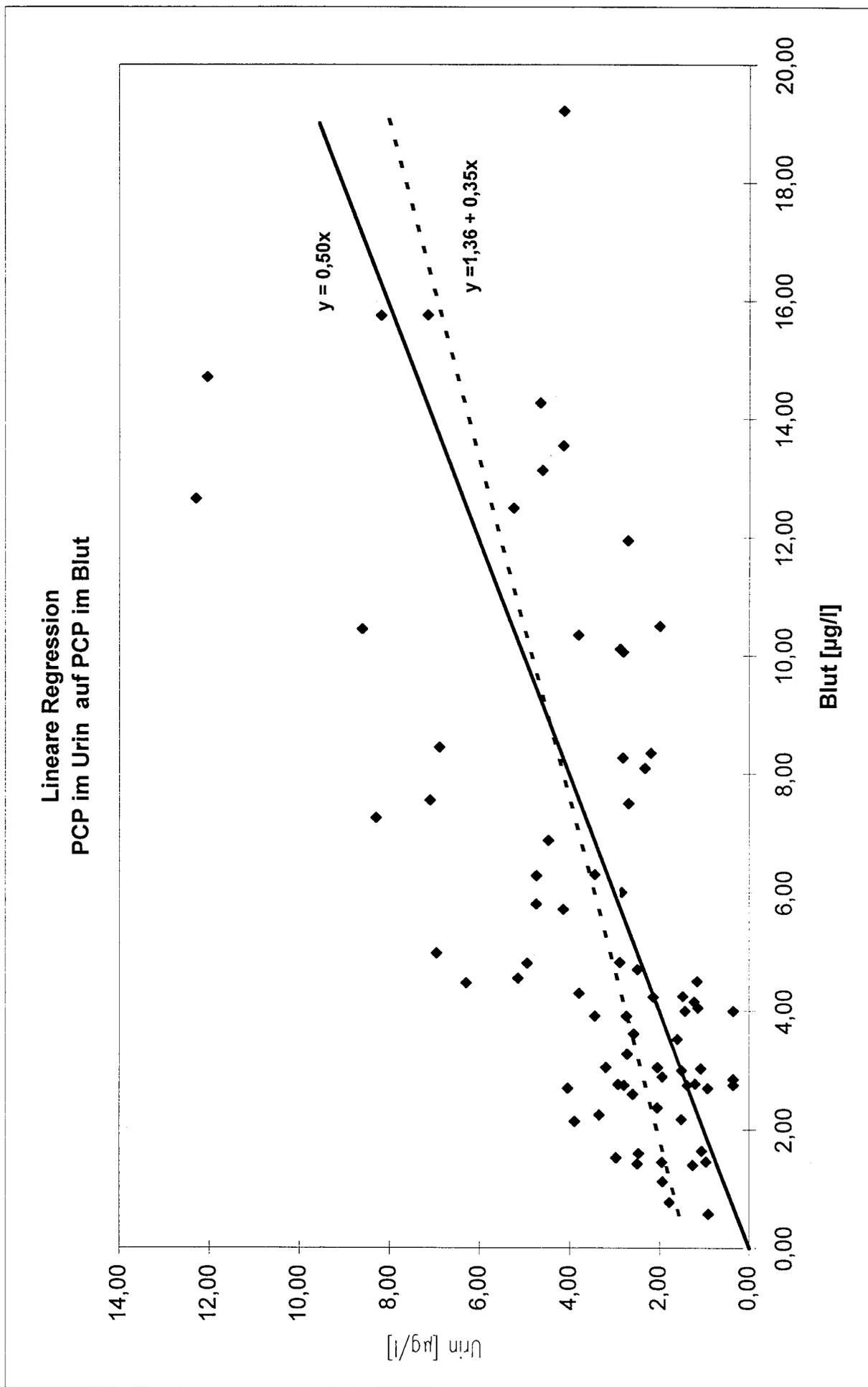


PCP Konzentrationen im Staub vor und nach einer Sanierung

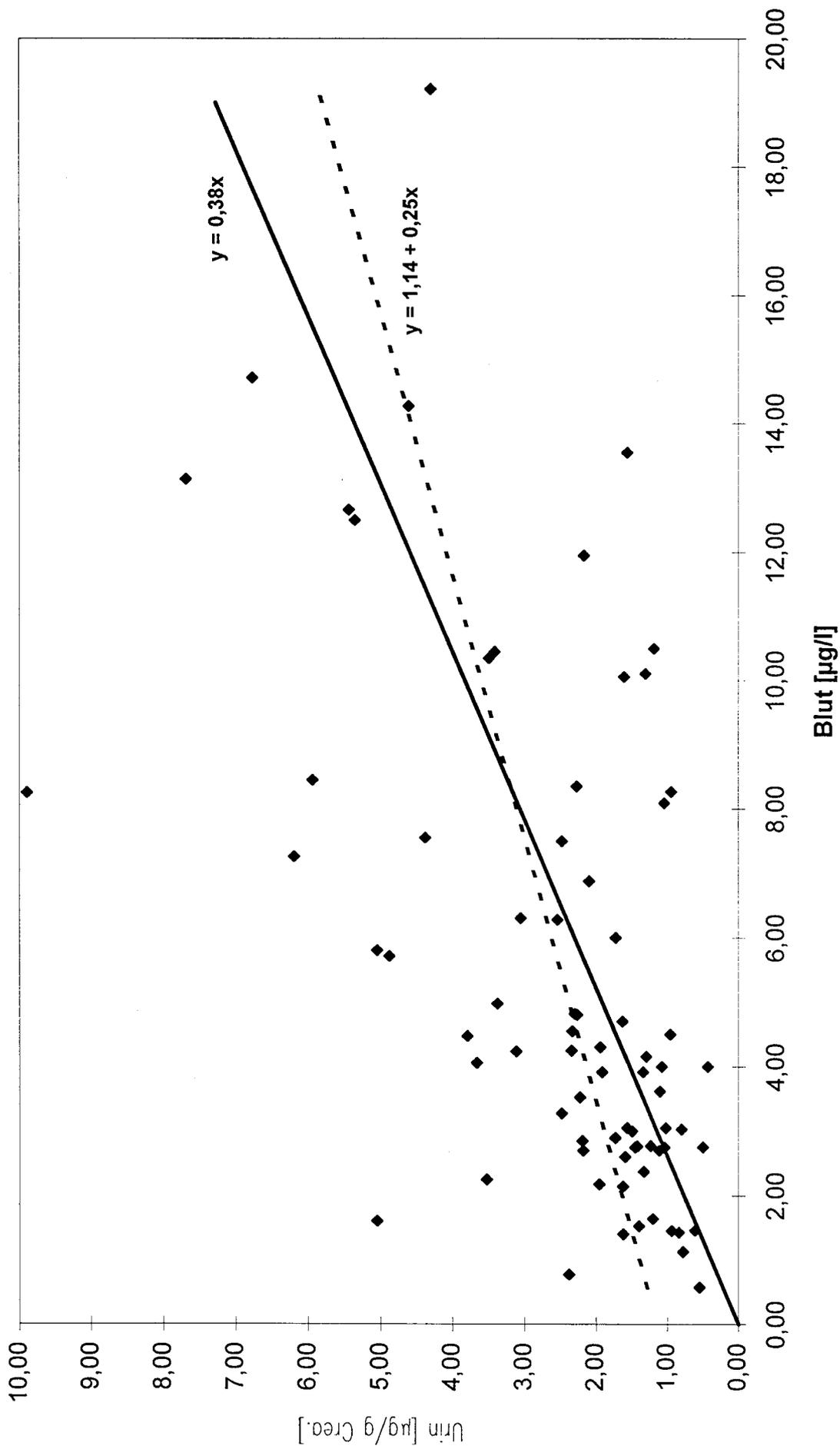


Regressionen von PCP-Staub auf PCP-Luft

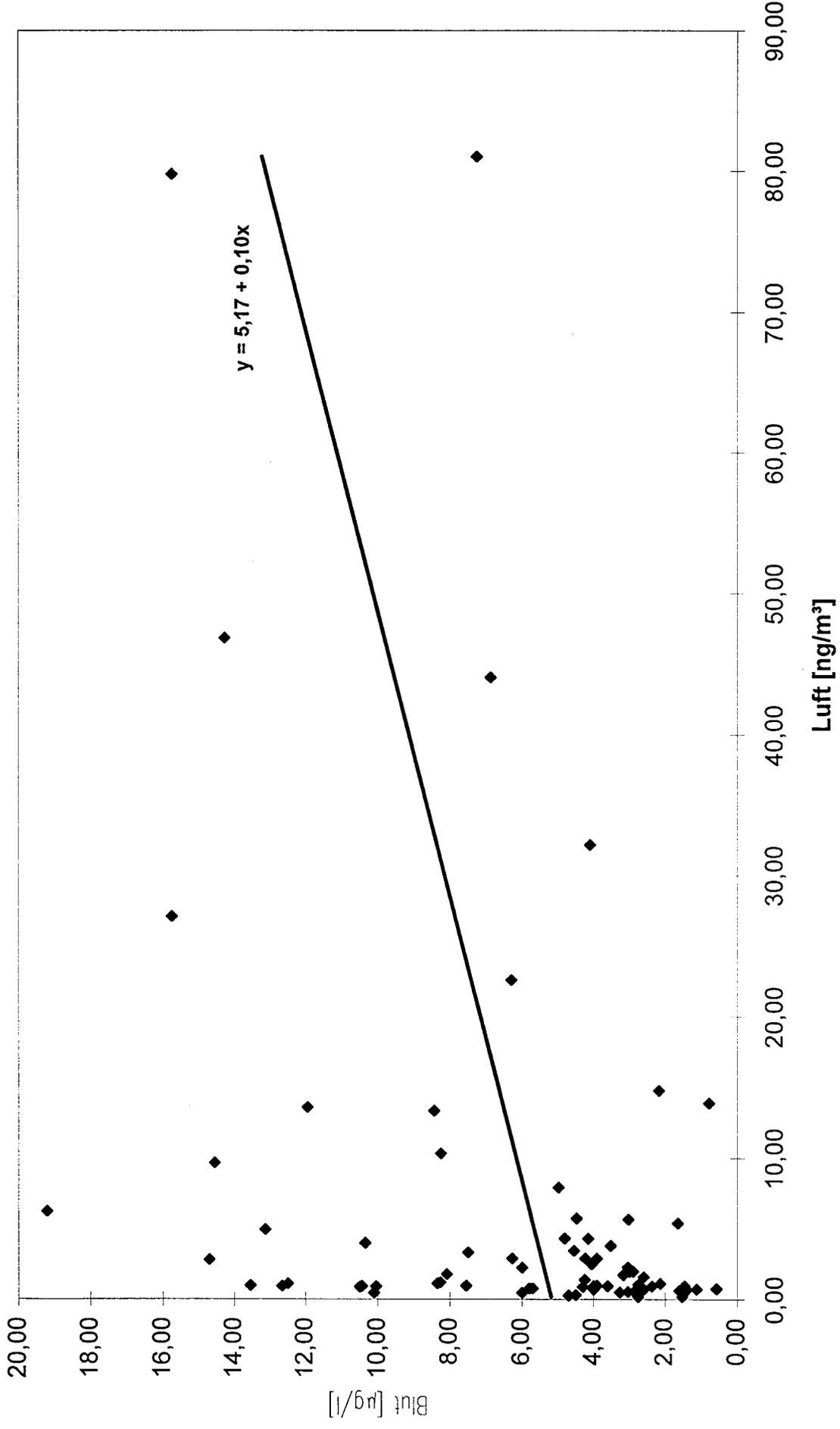




Lineare Regression PCP im Urin (bezogen auf Creatinin) auf PCP im Blut



Lineare Regression Konzentration von PCP im Blut auf Tagesmittelwerte von PCP in der Luft



Lineare Regression
Konzentration von PCP im Urin bezogen auf Creatinin auf Tagesmittelwerte von PCP in der Luft

