

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Messen von Innenraumluftverunreinigungen
Messstrategie für Pentachlorphenol (PCP)
und gamma-Hexachlorcyclohexan (Lindan)
in der Innenraumluft

VDI 4300
Blatt 4 / Part 4

Indoor air-pollution measurement
Measurement strategy for pentachlorophenol (PCP)
and gamma-hexachlorocyclohexane (lindane)
in indoor air

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesan-
zeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.*

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

*The draft of this standard has been subject to public scrutiny
after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).*

*The German version of this standard shall be taken as authori-
tative. No guarantee can be given with respect to the English
translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note.....	2
Einleitung.....	2	Introduction.....	2
1 Anwendungsbereich.....	4	1 Scope.....	4
2 Normative Verweise.....	5	2 Normative references.....	5
3 Messtechnik.....	6	3 Measurement technique.....	6
4 Messplanung.....	6	4 Measurement planning.....	6
4.1 Bestandsaufnahme vor der Messung.....	6	4.1 Stocktaking before measurement.....	6
4.2 Ziel der Messungen und raumklimatische Bedingungen.....	6	4.2 Aim of the measurements and room climatic conditions.....	6
4.3 Zeitpunkt der Probenahme.....	8	4.3 Time of sampling.....	8
4.4 Dauer der Probenahme und Häufigkeit der Messungen.....	8	4.4 Duration of sampling and frequency of the measurements.....	8
4.5 Ort der Messung.....	8	4.5 Measurement location.....	8
4.6 Qualitätssicherung.....	8	4.6 Quality assurance.....	8
Schrifttum	11	Bibliography	11

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss
Fachbereich Umweltmesstechnik

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5: Analysen- und Messverfahren II

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4300.

Einleitung

In der Richtlinienreihe VDI 4300 werden Messverfahren für unterschiedliche Innenraumluftschadstoffe beschrieben.

Für die allgemeine Messplanung von Innenraumluftmessungen sind die Vorgaben der Richtlinie VDI 4300 Blatt 1 zugrunde zu legen. Die Folgeblätter der Richtlinienreihe VDI 4300 beschreiben die Vorgehensweise für einzelne Substanzen oder Substanzklassen.

In dieser Richtlinie wird die Bestimmung von Pentachlorphenol (PCP) und γ -Hexachlorcyclohexan (γ -HCH, Lindan) behandelt. Für Hexachlorcyclohexan existieren mehrere isomere Strukturen. PCP und γ -HCH können in höheren Konzentrationen u. a. über die Anwendung von Holzschutzmitteln in den Innenraum gelangen. Durch mikrobiellen Abbau entstandene Zersetzungsprodukte von PCP (Tri- und Tetrachloranisole) sind u. a. für den muffigen Geruch in Gebäuden, die in Holzständerbauweise errichtet wurden, verantwortlich.

Durch die Pentachlorphenolverbotsverordnung (PCP-V) vom 12. Dezember 1989 wurden Herstellung, Handel und Verwendung von Pentachlorphenol, seinem Natriumsalz sowie den übrigen Pentachlorphenolsalzen und -verbindungen untersagt. Dieselben Verbote wurden festgelegt für Zubereitungen mit insgesamt 0,01 % dieser Stoffe und für Erzeugnisse, die infolge einer Behandlung mit Zubereitungen dieser Stoffe eine Konzentration von > 5 mg/kg (5 ppm) enthalten.

1993 ging die PCP-V in die Gefahrstoffverordnung (Herstellung und Verwendung) und die Chemikalienverbotsverordnung (in Verkehr bringen) über.

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at www.vdi.de/4300.

Introduction

The series of standards VDI 4300 describes measuring methods for various indoor air pollutants.

For the general measurement planning of indoor air measurements, the specifications of the standard VDI 4300 Part 1 are to be taken as a basis. The subsequent parts of the series of standards VDI 4300 describe the procedures for individual substances or substance classes.

The standard deals with the determination of pentachlorophenol (PCP) and γ -hexachlorocyclohexane (γ -HCH, lindane). For hexachlorocyclohexane, there are several isomeric structures. PCP and γ -HCH can enter the interior in higher concentrations, for example through the application of wood preservatives. Degradation products of PCP (tri- and tetrachloroanisols) resulting from microbial decomposition are responsible for the musty smell in buildings build in wooden frame construction.

The German PCP Prohibition Regulation (PCP-V) of 12 December 1989 prohibited the production, trade and use of pentachlorophenol, its sodium salt and the other pentachlorophenol salts and compounds. The same prohibitions were laid down for preparations containing a total of 0,01 % of these substances and for products containing a concentration of > 5 mg/kg (5 ppm) as a result of treatment with preparations of these substances.

In 1993, the PCP-V became the Hazardous Substances Ordinance (manufacture and use) and the Chemicals Prohibition Ordinance (placing on the

Beide Verordnungen machen eine Ausnahme für Holzbestandteile von Gebäuden und Möbeln sowie Textilien, die vor dem 23. Dezember 1989 (03. Oktober 1990 für die ostdeutschen Bundesländer) mit entsprechenden Zubereitungen behandelt wurden.

γ -HCH und PCP wurden 2009 bzw. 2015 in die Stockholm-Konvention als persistente organische Schadstoffe (englisch: persistent organic pollutants) aufgenommen.

Für PCP und γ -HCH in der Raumluft wurden 1993 vom Bundesgesundheitsamt (BGA, heute BfR) Eingriffswerte von jeweils $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ veröffentlicht [1]. 1997 wurden von der Innenraumkommission zwei Richtwerte für PCP in der Innenraumluft festgelegt:

- PCP-Richtwert I: $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($= 100 \text{ ng}/\text{m}^3$) und
- PCP-Richtwert II: $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($= 1000 \text{ ng}/\text{m}^3$) [2].

PCP wurde 1990 als kanzerogen eingestuft (Gruppe III A2 der MAK-Liste) [3]. Der Hintergrundwert für PCP in der Innenraumluft betrug seinerzeit bis zu $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($= 50 \text{ ng}/\text{m}^3$) [4].

Im Zusammenhang mit PCP-Belastungen treten häufig erhöhte PCDD/PCDF-Konzentrationen auf [5], PCDD/PCDF-Messungen sind jedoch nicht generell erforderlich. Falls Informationen über PCDD/PCDF-Konzentrationen gewünscht werden, sollten Messungen nur dann erfolgen, wenn der Quotient aus behandelter Holzfläche und Raumvolumen $> 0,2 \text{ m}^{-1}$ ist und der PCP-Gehalt mehr als $50 \text{ mg PCP}/\text{kg}$ Holz beträgt (siehe PCP-Richtlinie und VDI 4300 Blatt 2).

Werden beide genannten Werte überschritten, ist im Folgenden festzustellen, ob die im Jahresmittel zu erwartende Raumluftbelastung über $1 \mu\text{g PCP}/\text{m}^3$ Luft liegt. Ist dies der Fall, so ist eine Sanierung des mit PCP belasteten Raums durchzuführen (siehe PCP-Richtlinie).

In der vorliegenden Richtlinie wird die vom Rat von Sachverständigen für Umweltfragen in seinem Sondergutachten gegebene Definition für Innenräume [6] zugrunde gelegt.

Demnach sind Innenräume:

- Wohnungen mit Wohn-, Schlaf-, Bastel-, Sport- und Kellerräumen, Küchen und Badezimmern
- Arbeitsräume bzw. Arbeitsplätze in Gebäuden, die nicht im Hinblick auf Luftschadstoffe arbeitsschutzrechtlichen Kontrollen unterliegen, z.B.:
 - Büros
 - Verkaufsräume

market). Both regulations make an exception for wood components of buildings and furniture as well as textiles which were treated with corresponding preparations before 23 December 1989 (03 October 1990 for the East German federated states).

γ -HCH and PCP were included in the Stockholm Convention as persistent organic pollutants in 2009 and 2015 respectively.

For PCP and γ -HCH in indoor air, intervention values of $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ each were published by the Federal Health Agency (BGA, now, BfR) in 1993 [1]. In 1997, the Commission on Indoor Air Quality defined two guide values for PCP in indoor air:

- PCP guide value I: $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($= 100 \text{ ng}/\text{m}^3$), and
- PCP guide value II: $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($= 1000 \text{ ng}/\text{m}^3$) [2].

PCP was classified as cancerogenic in 1990 (Group III A2 of the MAK list) [3]. The background value for PCP in indoor air at the time was up to $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($= 50 \text{ ng}/\text{m}^3$) [4].

Increased PCDD/PCDF concentrations frequently occur in connection with PCP exposure [5], but PCDD/PCDF measurements are not generally required. If information on PCDD/PCDF concentrations are desired, measurements should be only taken if the quotient of treated wood surface and room volume is $> 0,2 \text{ m}^{-1}$, and the PCP content is more than $50 \text{ mg PCP}/\text{kg}$ wood (see PCP Guideline and VDI 4300 Part 2).

If both guide values mentioned are exceeded, it shall be determined whether the indoor air pollution to be expected as an annual average is above $1 \mu\text{g PCP}/\text{m}^3$ air. If this is the case, the room contaminated with PCP shall be remediated (see PCP Guideline).

This standard is based on the definition of indoor spaces given by expert Council on Environmental Questions for indoor environment [6]:

Accordingly, interiors are:

- dwellings having living rooms, bedrooms, DIY (do-it-yourself) rooms, sports rooms and cellars, kitchens, and bathrooms
- workrooms or workplaces in buildings which are not subject to health and safety inspections in regard to air pollutants, for example:
 - offices
 - sales premises

- öffentliche Gebäude, z. B.:
 - Krankenhäuser
 - Schulen
 - Kindergärten
 - Sporthallen
 - Büchereien
 - Gaststätten und Kneipen
 - Theater, Kinos
 - andere Veranstaltungsräume
- Fahrgasträume von Kraftfahrzeugen und öffentlichen Verkehrsmitteln

1 Anwendungsbereich

PCP und γ -HCH gelangen bzw. gelangten in höheren Konzentrationen über die Anwendung von Holzschutzmitteln in den Innenraum. Eine Belastung des Menschen mit PCP und γ -HCH erfolgt jedoch nicht allein durch den Aufenthalt in Räumen, die mit Holzschutzmitteln behandelt worden sind.

PCP wurde als Fungizid auch in Tapeten, Klebstoffen, Farben, Textilien, Teppichböden und bei Lederartikeln bzw. als Herbizid verwendet. Aufgrund der ubiquitären Verteilung in der Umwelt wird PCP auch über die Nahrungsmittel aufgenommen.

Lindan wurde als Schädlingsbekämpfungsmittel auch im Haushalt und in der Landwirtschaft angewendet und findet sich daher auch als Rückstand in pflanzlichen und speziell tierischen Nahrungsmitteln, in denen es sich aufgrund seiner Lipophilie anreichert.

Hexachlorcyclohexan (HCH) existiert in mehreren isomeren Strukturen. In dieser Richtlinie wird ausschließlich die Bestimmung von γ -HCH beschrieben, da die anderen stereoisomeren Verbindungen (α -, β -, δ -, und ϵ -HCH) bei den in der Bundesrepublik Deutschland verwendeten Holzschutzmitteln erfahrungsgemäß nicht vorkamen und vorkommen.

Je nach Stärke und Einwirkungsdauer der einzelnen Primärquellen kommt es durch Verdampfungs-, Diffusions-, Sorptions- oder Sedimentationsprozesse zu Kontaminationen der Oberflächen im Raum. Diese Kontaminationen wirken selbst nach dem Entfernen der Primärquellen als Sekundärquellen.

In Räumen, in denen keine Holzschutzmittel oder andere PCP-haltigen Produkte angewendet wurden, liegen die PCP-Konzentrationen meist deutlich unter $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [4; 5].

Für Messungen von PCP und Lindan an Arbeitsplätzen oder im Fall von für Innenräume [6] nicht

- public buildings, for example:
 - hospitals
 - schools
 - kindergartens
 - sport halls
 - libraries
 - restaurants and bars
 - theaters, cinemas
 - other function rooms
- cabins of vehicles and public transport

1 Scope

The occurrence of PCP and γ -HCH in fairly high concentrations in indoor air is or was often due to the use of wood preservatives. However, human beings are subjected to PCP and γ -HCH pollution not only as a result of being housed in rooms which have been treated with wood preservatives.

PCP has also been used, for example, as a fungicide in wallpapers, adhesives, paints, textiles, carpeting and leather products, or as a herbicide. Because of its ubiquitous distribution in the environment, PCP is also ingested with foodstuffs.

Lindane has also been used as a pesticide in the household and agriculture and is therefore also found as a residue in plant especially animal foods, where it accumulates due to its lipophilicity.

Hexachlorocyclohexane (HCH) exists in several isomeric structures. This standard only describes the determination of γ -HCH, since experience has shown that the other stereoisomeric compounds (α -, β -, δ -, and ϵ -HCH) are not present in the wood preservatives used in the Federal Republic of Germany.

Depending on the strength and exposure time of the individual primary source, evaporation, diffusion, sorption, or sedimentation processes can lead to contamination on surfaces in the room. These contaminations act as secondary sources even after the primary sources have been removed.

In rooms where no wood preservatives or other products containing PCP were used, the PCP concentrations are generally considerably below $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [4; 5].

The methods described in VDI 4301 Part 2 are not intended for measurements of PCP and lindane at

üblichen, sehr hohen Staubkonzentrationen sind die in der Richtlinie VDI 4301 Blatt 2 beschriebenen Verfahren nicht vorgesehen, da bei sehr hohen Staubkonzentrationen bei Anwendung der dort beschriebenen Verfahren Minderbefunde auftreten können. Daher sollten an solchen Orten Probenahme-systeme verwendet werden, wie sie u.a. in VDI 3498 Blatt 2 beschrieben sind.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass in üblichen Innenräumen [6] die Feinstaubfraktion PM 2,5 in der Raumluft überwiegend aus der Außenluft stammt [7]. Die Konzentrationen an gröberem Feinstaub (PM 10) in Innenräumen, wie Schulen, Kindertagesstätten, Wohnungen usw., sind zwar höher als die der Fraktion PM 2,5, diese höheren Konzentrationen deuten aber auf eigenständige Quellen im Innenraum bzw. auf zusätzliche Einträge in den Innenraum (z. B. Textilfasern) hin. Beide Staubfraktionen tragen daher kaum zu den PCP- und Lindan-Konzentrationen in der Luft von üblichen Innenräumen bei. Bereits auf dem Fußboden eines Innenraums kontaminierter, sedimentierter Hausstaub trägt bei einer üblichen Ansaughöhe etwa (1...1,5) m über dem Fußboden (typische Atemhöhe, DIN EN ISO 16000-1) ebenfalls nicht zu den PCP- und Lindan-Konzentrationen in der Luft von Innenräumen bei, wenn die standardisierten Bedingungen für die Probenahme [8] eingehalten werden, und eventuell vorhandener kontaminierter, sedimentierter Staub nicht unzulässiger Weise massiv aufgewirbelt wird.

workplaces or in case of very high dust concentrations which are not typical for indoor environment [6]. In presence of very high dust concentrations, the PCP and lindane concentrations might be underestimated when using the methods described here. Therefore, sampling systems such as those described in VDI 3498 Part 2 should be used at such locations.

It shall be taken into account that in typical indoor environment [6] the fine dust fraction PM 2,5 in indoor air originates predominantly from outdoor air [7]. The concentrations of coarser fine dust (PM 10) in indoor environments, such as schools, day-care centres, flats, etc., are higher than those of the fraction PM 2,5, but these higher concentrations indicate independent sources in the indoor space or additional inputs into the indoor space (e.g. textile fibres). Both dust fractions therefore hardly contribute to the PCP and lindane concentrations in the air of common indoor environments. Contaminated, sedimented house dust on the floor of a room will also not contribute to the PCP/ Lindane concentration in the air, if a normal sampling position of (1...1,5) m above the floor (typical breathing height, DIN EN ISO 16000-1) and the standardized conditions for sampling [8] are maintained and no sedimented contaminated is stirred up massively.