



Toxikologische Bewertung der Innenraumlufthbelastung am Beispiel einer ehemaligen chemischen Reinigung



Arbeitstagung Umweltmedizin/-hygiene des ÖGD NRW 2017

12.10.2017

Dr. Susanne Rudzok

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

FB 33, Umweltmedizin, Toxikologie, Epidemiologie, NIS

Bewertungssituation

Tab. 2: Analyseergebnisse der Raumlufthuntersuchungen im Sommer 2016

August 2016	Passivsammler		
	LCKW-Konz. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Tetrachlorethen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Trichlorethen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Gebäude 5			
RL1, Wohnzimmer (W3)	254	206	48
RL2, Abstellraum (W2)	442	322	120
RL3, Küche (W1)	461	363	98
Gebäude 4			
RL4, Flur	135	124	11
RL5, Wohnzimmer	107	99	8
Gebäude 8			
RL6, Schlafzimmer	10	10	-
RL7, Keller	64	64	-
Gebäude 6			
RL8, Küche	n.n.	n.n.	n.n.
RL9, Esszimmer	n.n.	n.n.	n.n.

- Hauptbelastungsschwerpunkt Gebäude 5
- Werte deutlich über $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Tetrachlorethen (PER) und deutlich über $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Trichlorethen (TRI)



Zentrale Frage:

Besteht aufgrund der LCKW-Belastung der Raumluft im Gebäude 5 (G1-3 und W1-3) eine Gesundheitsgefährdung für die Bewohner, so dass eine weitere Wohnnutzung zu versagen ist?



Gesundheitsbezogene Grenz- und Richtwerte für Innenräume



Richtwerte des AIR

Richtwert II:

- Konzentrationswert, der in einem Bereich liegt, in dem **Schäden** für die menschliche Gesundheit mit hinreichender Wahrscheinlichkeit anzunehmen sind (Gefahren)
- unverzügliches Handeln bei Erreichen bzw. Überschreiten. Denn: v.a. empfindliche Personen können gesundheitlich gefährdet sein.
- wirkungsbezogener begründeter Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt.

Richtwert I:

- gesundheitliche Beeinträchtigungen sind nicht zu erwarten, selbst wenn ein Mensch diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist (Vorsorge)
- Sanierungszielwert, aber: kein Ausschöpfen des Wertes

Ziel sollte immer eine dauerhafte Unterschreitung des Richtwertes I sein.



Richtwerte des AIR



- können kurzfristig toleriert werden, aber es besteht Handlungsbedarf.
- Die Quellen sollten wenn möglich identifiziert und beseitigt werden, oder
- Das Nutzungsverhalten in den Räumen (z.B. durch Regelmäßige Lüftung) angepasst werden.

Eine dauerhafte Überschreitung des Richtwertes I ist aus Sicht des Ausschuss für Innenraumrichtwerte nicht hinnehmbar

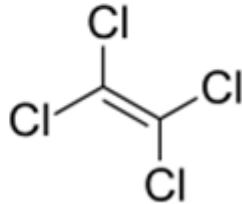


Tetrachlorethen

CLP-Index-Nr.: 602-028-00-4
EG-Nummer: 204-825-9
CAS-Nummer: 127-18-4

Summenformel: C_2Cl_4

Strukturformel:



Molekularmasse: 165,83 g/mol
Schmelzpunkt: -22°C
Siedepunkt: 121°C (1013 hPa)
Dichte: 1,62 g/cm³ bei 20°C
Dampfdruck: 19,4 hPa bei 20°C
Wasserlöslichkeit: 0,16 g/l bei 20°C

Umrechnung (bei 20°C, 1013 hPa):
1 mg/m³ = 0,14 ml/m³; 1 ml/m³ = 6,9 mg/m³

- Die umfangliche Verwendung der Substanz, ihre Flüchtigkeit, Fettlöslichkeit und Stabilität haben zu einer fast ubiquitären Verbreitung geführt, und sie ist daher in allen Medien nachweisbar (Luft, Wasser, Boden, Mensch)
- Verwendung:
 - als Textilreinigungsmittel in chemischen Reinigungen
 - als Extraktions- und Lösungsmittel für tierische und pflanzliche Fette und Öle
 - als Entfettungsmittel in der Metall- und Textilverarbeitung
 - zur Herstellung von Fluorverbindungen
 - zur azeotropen Trocknung

Tetrachlorethen - Toxikokinetik

- 64 – 100 % des inhalierten Tetrachlorethens werden resorbiert und liegen systemisch vor Die Aufnahme ist proportional zur Ventilationsrate, der Expositionsdauer und der Konzentration von Tetrachlorethen in der Luft
- Blut-Luft-Verteilungskoeffizient für Tetrachlorethen beträgt im Menschen zwischen 9 und 13 während der Exposition (7 - 480 mg/m³) und 16 bis 24 nach der Exposition → beim Erreichen eines Gleichgewichtes (steady-state) etwa 10- bis 20fach höhere Konzentrationen im Blut als in den Aveolen
- Resorbiertes Tetrachlorethen wird über den Blutkreislauf in alle Gewebe verteilt. Aufgrund der Lipophilie wurde der höchste Gewebe-Blut-Verteilungskoeffizient (*in vitro*) erwartungsgemäß für Fettgewebe (125) ermittelt im Vergleich zu Niere, Leber, Muskel (5 - 6)
- stellt die Exhalation von unverändertem Tetrachlorethen den Haupteliminationsweg dar (80 - 100 % der aufgenommenen Dosis)
- Der Hauptmetabolit im Urin, der im Menschen identifiziert wurde, ist Trichloressigsäure (TCA) mit ca. 1 - 3 % der inhalierten Dosis.
- Die Halbwertszeiten für die Elimination aus den jeweiligen Geweben liegen im Bereich von 5 – 20 Minuten bis hin zu 50 – 65 Stunden

Tetrachlorethen - Wirkungen

- Einstufung im europäischen Gefahrstoffrecht (EG Nr. 1272/2008 Annex VI) Tetrachlorethen gemäß den CLP-Kriterien als Kanzerogen der Kategorie 2
- Daten zur gesundheitlichen Wirkung der inhalativen Exposition gegenüber Tetrachlorethen im Menschen liegen hauptsächlich aus Arbeitsplatzstudien mit Beschäftigten aus chemischen Reinigungen, aber auch aus Studien mit Freiwilligen und Anwohnern vor.
- Die wichtigsten toxikologischen Endpunkte sind **Nephrotoxizität und Neurotoxizität**
- Nephrotoxizität: Hinweise darauf, dass Tetrachlorethen leichte aber signifikante Nierenfunktionsstörungen hervorrufen kann, die als physiologische Adaption oder als ein frühes Anzeichen einer Nierenerkrankung angesehen werden können. (Mutti et al. 1992)
- Neurotoxizität: eine Depression des Zentralnervensystems (Müdigkeit, Kopfschmerzen, Sprechschwierigkeiten und Schwindel, Befunde im EEG bei hohen Konzentration), bei niedrigeren Konzentrationen Störung visueller Funktionen (z.B. Wiedererkennung, Reproduktion), Beeinträchtigung des Blau-Gelb-Farbsehen

Schlüsselstudie zur Ableitung

THE LANCET

Vol 340

Saturday 25 July 1992

No 8813

ORIGINAL ARTICLES

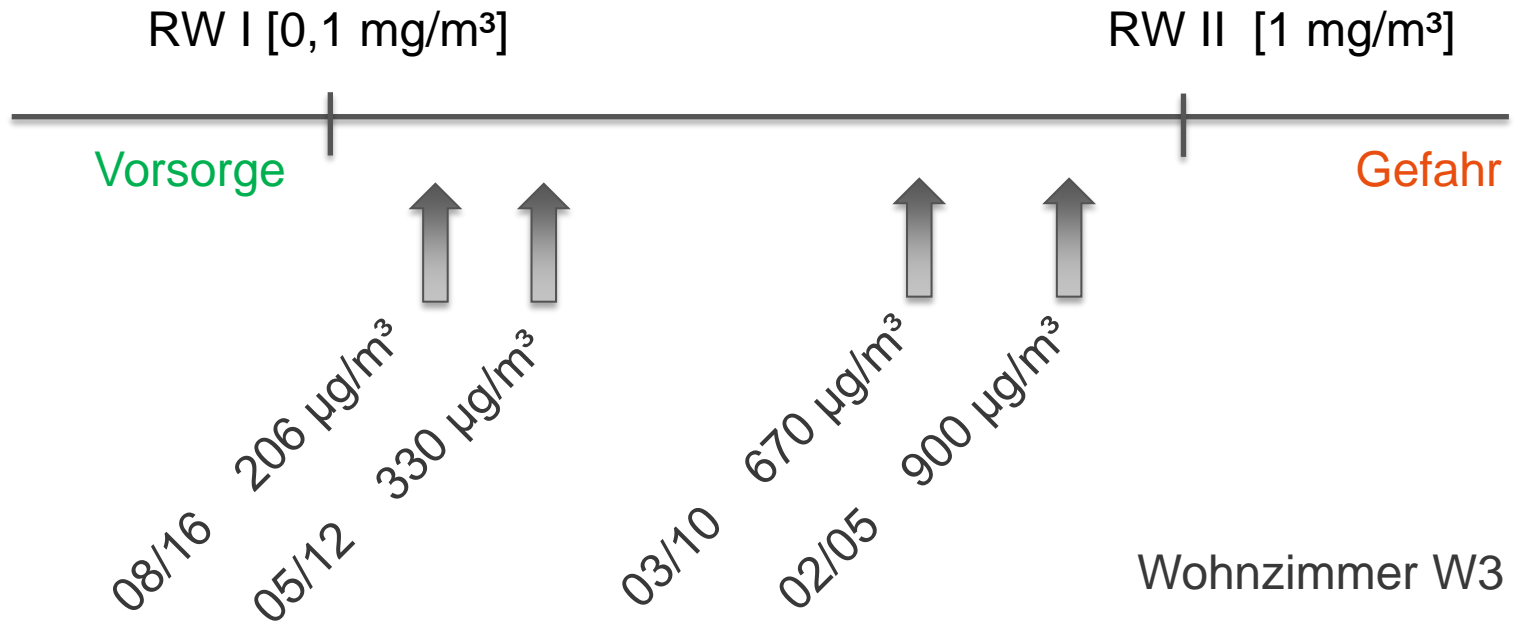
Nephropathies and exposure to perchloroethylene in dry-cleaners

A. MUTTI R. ALINOV I. BERGAMASCHI C. BIAGINI
S. CAVAZZINI I. FRANCHINI R. R. LAUWERYS A. M. BERNARD
H. ROELS E. GELPI J. ROSELLO I. RAMIS R. G. PRICE
S. A. TAYLOR M. DE BROE G. D. NUYTS H. STOLTE L. M. FELS
C. HERBORT

- Im Serum signifikant erhöhte Konzentrationen an Laminfragmenten sowie antiglomeruläre Basalmembran-Antikörper für die Arbeiter aus den chemischen Reinigungen.
- Statistisch signifikante Anstiege wurden auch für 8 von 20 Proteinen im Urin verzeichnet nach Tetrachlorethen-Exposition.

- europäischen Querschnittsstudie
- 50 Arbeitern chemischen Reinigungen (41 Frauen, 9 Männer, mittleres Alter 41 Jahre)
- im Mittel 10 Jahre Tetrachlorethen – Expo.
- Luftkonzentrationen „Spuren“ bis 590 mg/m³
- **im Mittel 102 mg/m³** (15 ml/m³).
- Blutkonzentrationen im Mittel 143 µg/l (9 – 900 µg/l).
- Kontrollgruppe (n = 50) angepasste Blutspender

Bewertung der ehemaligen chemischen Reinigung



- In allen Untersuchungsjahren:
 - Werte > der festgelegte Grenzwert der 2. BImSchV (1990) von 0,1 mg/m³ Tetrachlorethen für die Innenraumluft
 - Werte > Vorsorgerichtwert (Richtwert I)
- 2005 Werte ~ Richtwertes II

→ Es besteht dringend Handlungsbedarf

Trichlorethen

- Wahrscheinlich krebsergebend (1b)
- Zusammenhang zwischen beruflichen Trichlorethen-Exposition und Nierenkrebs nachgewiesen
- risikobasierten Leitwert: 0,02 mg Trichlorethen je m³ Innenraumluft
- = Lebenszeitrisikos 10⁻⁶
- > 95. Perzentil einer für Deutschland repräsentativen Studie zur Innenraumbelastung mit TRI

Bundesgesundheitsbl 2015 · 58:762–768 DOI 10.1007/s00103-015-2173-y
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Bekanntmachung des Umweltbundesamtes

Gesundheitliche Bewertung von Trichlorethen in der Innenraumluft. Mitteilung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluft-hygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden

Zusammenfassung

Trichlorethen ist im europäischen Gefahrestoffrecht als wahrscheinlich krebserzeugend beim Menschen und als möglicherweise mutagen eingestuft. Nach Auffassung mehrerer Ausschüsse (Ausschuss für Gefahrstoffe, europäischer Wissenschaftlicher Ausschuss für Expositionsbegrenzungen am Arbeitsplatz, Risikobewertungsausschuss der Europäischen Chemikalienbehörde (ECHA-RAC)) können Trichlorethen-Konzentrationen, die in den Tubuli der Niere zytotoxisch wirken, das Risiko der Entstehung von Nierenkrebs erhöhen. Bei nicht zytotoxischen Trichlorethen-Konzentrationen ist ein viel geringeres Krebsrisiko anzunehmen. Zur Abschätzung des Krebsrisikos der Allgemeinbevölkerung durch eingeatmetes Trichlorethen hat der ECHA-RAC deshalb eine sublineare Expositions-Wirkungsbeziehung der krebserzeugenden Wirkung von Trichlorethen angenommen und ein theoretisches

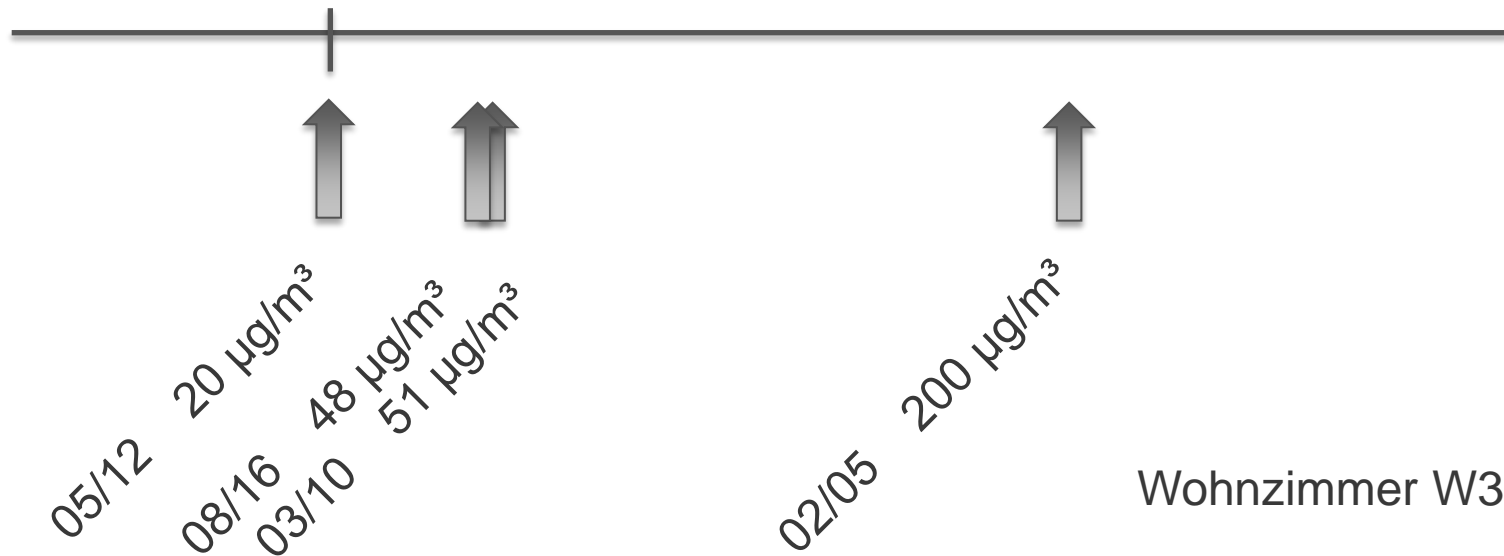
Lebenszeitrisiko, nach lebenslanger Exposition gegenüber Trichlorethen an Krebs zu erkranken, von $6,4 \times 10^{-5} (\text{mg}/\text{m}^3)^{-1}$ unterhalb der NOAEC für renale Zytotoxizität von 6 mg Trichlorethen/m³ abgeschätzt. Hieraus ergibt sich ein theoretisches Lebenszeitrisiko von 10⁻⁶ bei einer Konzentration von 0,02 mg Trichlorethen/m³. Diese Konzentration liegt oberhalb des Referenzwertes von Trichlorethen in der Innenraumluft. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte empfiehlt auf dieser Grundlage einen risikobasierten Leitwert von 0,02 mg Trichlorethen/m³ Innenraumluft. Sie betrachtet expositionsminimierende Maßnahmen unterhalb des Leitwertes als nicht angemessen.

Schlüsselwörter

Trichlorethen · Innenraumluft · Zytotoxizität · Nierenkrebs · Risikobewertung · Leitwert

Bewertung der ehemaligen chemischen Reinigung

Risikobasierter Leitwert [0,02 mg/m³]



- In allen Untersuchungsjahren Werte > risikobasierten Leitwertes
- 2016 wurden erneut Belastungen deutlich oberhalb des risikobasierten Leitwertes in Wohnräumen von Gebäude 5 gemessen (4- bis 5- fach höhere Werte).

→ Es besteht dringend Handlungsbedarf



Handlungsbedarf

- Das Nutzungsverhalten in den Räumen (z.B. durch Regelmäßige Lüftung) angepasst werden
 - Das führte zwischen 2005 und 2016 nicht zu einer dauerhaften Unterschreitung des Richtwertes I bzw. risikobasierten Leitwertes
- Die Quellen sollten wenn möglich identifiziert und beseitigt werden
 - Im Boden unterhalb der Bodenplatte des Raum W3 wurden 2016 Feststoffkonzentrationen von bis zu 50 mg/kg LHKW gemessen. Diese liegen oberflächennah vor. Die Bodenluftmessungen ergaben Werte von über 2000 mg/m³. In den Außenbereichen werden in tieferen Bodenschichten an den beiden Belastungsschwerpunkten Feststoffgehalte von über 1.000 mg/kg und Bodenluftkonzentrationen von 500 bis 1000 mg/m³ ermittelt.
 - Ohne Maßnahmen an Boden und Bodenluft würde dieses Potenzial dauerhaft als Quelle für eine Innenraumbelastung zur Verfügung stehen.



Fazit

- hohe dauerhafte Belastung der Innenraumluf der bewohnten Räume auf dem Gelände einer ehemaligen chemischen Reinigung mit den LCKW Tetrachlorethen und Trichlorethen
 - Für die Innenraumluf sollte das Ziel eine dauerhafte Unterschreitung des Richtwertes I bzw. des risikobasierten Leitwertes sein.
 - Konzentrationen oberhalb des Richtwertes I (unterhalb des Richtwertes II) können nur kurzfristig toleriert werden.
 - Die Geruchswahrnehmungsschwelle liegt jeweils oberhalb der gemessenen Innenraumbelastung und deutlich über dem Richtwerten bzw. risikobasierten Leitwert des AIR. Eine subjektive Einschätzung der Anwohner bezüglich vorhandener Belastungen und der damit verbundenen gesundheitlichen Gefährdung ist daher nicht möglich
- **Im vorliegenden Fall besteht dringender Handlungsbedarf, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass die gemessenen Belastungen der Innraumluf geeignet sind, eine gesundheitliche Gefährdung darzustellen.**



Fragen ?

Quellen

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte (2012). Richtwerte für die Innenraumluft: erste Fortschreibung des Basisschemas. Bundesgesundheitsblatt 55:279–290
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte (2015). Gesundheitliche Bewertung von Trichlorethen in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsblatt 58:762–768
- Ausschuss für Innenraumrichtwerte (2015). Gesundheitliche Bewertung krebserzeugender Verunreinigungen der Innenraumluft: erste Ergänzung zum Basisschema. Bundesgesundheitsblatt 58:769–773
- Ausschuss für Innenraumrichtwerte (2017). Gesundheitliche Bewertung von Tetrachlorethen in der Innenraumluft. (in Vorbereitung)
- Mutti A, Alinovi R, Bergamaschi E, Biagini C, Cavazzini S, Franchini I, Lauwerys RR, Bernard AM, Roels H, Gelpi E, Rosello J, Ramis I, Price RG, Taylor SA, De Broe M, Nuyts GD, Stolte H, Fels LM, Herbort C (1992). Nephropathies and exposure to perchloroethylene in dry-cleaners. Lancet, 340:189–193.
- WHO (2010) WHO Guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Tetrachloroethylene. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen: 415-454





Vielen Dank!

Dr. Susanne Rudzok

Fachbereich 33: Umweltmedizin, Toxikologie, Epidemiologie, NIS
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

Dienstort: Wallneyer Str. 6, 45133 Essen

Postanschrift: Postfach 101052, 45610 Recklinghausen

Telefon: +49 (0)201 7995-1283

E-Mail: susanne.rudzok@lanuv.nrw.de

