

Empfehlungen zur Ermittlung und Beurteilung chemischer Verunreinigungen der Luft von Innenraumarbeitsplätzen

Ergebnisse einer gemeinsamen Erarbeitung der Arbeitsgruppe Luftanalysen der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluftthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden

D. Breuer, H. Sagunski, M. Ball, R. Hebisch, N. von Hahn, T. Lahrz, G. Nitz, K.-H. Pannwitz, W. Rosenberger, R. Schwabe

Zusammenfassung Die hier vorgestellten Empfehlungen enthalten umfangreiche Hinweise zur Ermittlung möglicher Gefährdungen durch chemische Verunreinigungen in der Luft von Innenraumarbeitsplätzen und zu den Messbedingungen für alle in Innenräumen infrage kommenden Stoffe. Darüber hinaus gibt es eine detaillierte Checkliste, die speziell an die Anforderungen von Innenraumarbeitsplätzen angepasst ist. Zukünftig soll es zwei Vorgehensweisen geben. Für den Vergleich mit Richtwerten sind Messungen unter Nutzungsbedingungen durchzuführen, bei denen die Lüftungsempfehlungen der Technischen Regel für Arbeitsstätten (ASR) A3.6 berücksichtigt sind. Für ablaufbedingte Abweichungen, wie z. B. in Schulen, ist die Messstrategie entsprechend anzupassen. Für den Vergleich mit Referenzwerten ist auch weiterhin die Messung unter Ausgleichsbedingungen erforderlich. Zur Berechnung der TVOC-Konzentration sind Stoffe mit Innenraumluftfrichtwerten als Einzel-

komponenten zu kalibrieren und als solche bei der Berechnung zu berücksichtigen. Nur Stoffe ohne Innenraumluftfrichtwert können als Toluoläquivalent in die Berechnung einfließen. Die gemeinsame Mitteilung soll zukünftig in Deutschland die allgemeine Grundlage zur Bewertung chemischer Verunreinigungen in der Luft von Innenraumarbeitsplätzen bilden, an denen keine Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchgeführt werden.

Recommendations for the detection and evaluation of chemical air pollutants in indoor working areas – Results of a project conducted jointly by the „Air Analyses“ working group of the DFG's Permanent Senate Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area and the ad-hoc Indoor Guide Values working group of the Indoor Air Hygiene Commission and of the German supreme state health authorities

Abstract The recommendations presented here contain comprehensive information on the detection of possible hazards presented by chemical air pollutants in indoor working areas and on the conditions for the measurement of all relevant substances in indoor areas. A detailed checklist is also available which is specifically adapted to the requirements presented by indoor working areas. Two procedures are proposed. For the purpose of comparison with guide values, measurements are to be performed under conditions of use during which the recommendations for ventilation made in the Technical Rules for Workplaces (ASR A3.6) are observed. The measurement strategy is to be adapted as appropriate for deviations necessitated by procedures, for example in schools. For comparison with reference values, measurement under equilibrium conditions is also necessary as before. For calculation of the TVOC concentration, substances to which indoor air guide values apply must be calibrated as discrete components and considered as such during analysis. Substances may be considered in the analysis by means of their toluene equivalents only where no indoor air guide values exist for them. The joint communication is in future to form the general basis in Germany for the analysis of chemical air pollutants in indoor working areas at which tasks involving hazardous substances are not performed.

Dr. rer. nat. Dietmar Breuer,

Dr. rer. nat. Nadja von Hahn,

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin.

Dr. rer. nat. Helmut Sagunski,

Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz der Freien und Hansestadt Hamburg.

Dr. rer. nat. Michael Ball,

Rellingen.

Dr. rer. nat. Ralph Hebisch,

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund.

Dipl.-Ing. Thomas Lahrz,

Landeslabor Berlin Brandenburg, FB 31 – Landesmessstelle für Gefahrstoffrecht und Innenraumthygiene.

Dr. rer. nat. Gerda Nitz,

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt.

Dipl.-Ing. Karl-Heinz Pannwitz,

Dräger Safety, Lübeck.

Wolfgang Rosenberger,

Medizinische Hochschule Hannover.

Dr. rer. nat. Rudolf Schwabe,

Technische Universität München, Geschäftsstelle der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

1 Einleitung

Für die Ermittlung und Beurteilung chemischer Verunreinigungen der Luft an Innenraumarbeitsplätzen haben in der Vergangenheit einige Organisationen, wie zum Beispiel die Unfallversicherungsträger (UVT), Empfehlungen herausgegeben [1]. Die Empfehlungen beruhen zumeist auf den Vorgaben der Normenreihe DIN EN ISO 16000 [2] oder der

VDI-Richtlinien aus der Reihe 4300 zur Messung von Innenraumluftverunreinigungen [3] und den Veröffentlichungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte [4]. Die meisten dieser Veröffentlichungen wurden zur allgemeinen Beurteilung von Innenräumen mit dem Fokus auf Wohnräume erstellt. Bei Innenraumarbeitsplätzen sind aber einige weitere Vorgaben zu berücksichtigen und die Randbedingungen sind mit denen in Wohnräumen nicht in jedem Falle unmittelbar vergleichbar. Während in Wohnräumen z. B. Emissionen aus Küchen eine wesentliche Rolle spielen können, sind z. B. raumlufttechnische Anlagen (Klimaanlagen), wie sie häufig in Bürogebäuden anzutreffen sind, in Wohngebäuden eher die Ausnahme.

Lange Zeit sahen die zuständigen Arbeitsgruppen zur Messung von Innenraumluftverunreinigungen und zur Bewertung möglicher chemischer Faktoren von Innenräumen und Arbeitsplätzen nur eingeschränkte Überschneidungspunkte, nicht zuletzt weil Innenraumrichtlinien unter das Bau- und Umweltrecht fallen und Arbeitsplätze naturgemäß im Arbeitsschutz angesiedelt sind. Es gab zwar in der Vergangenheit Kontakte, aber ein abgestimmtes Vorgehen zur Bewertung von Innenraumarbeitsplätzen kam bisher nicht zustande. Die Arbeitsgruppe Luftanalysen der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft¹⁾ und die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte²⁾ der Kommission Innenraumlufthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden haben daraufhin eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe unter Beteiligung aller Interessengruppen einschließlich der UVT und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) gebildet, um eine gemeinsame Strategie zur Ermittlung und Beurteilung chemischer Verunreinigungen in der Luft von Innenraumarbeitsplätzen zu erarbeiten [5].

Entsprechend der Arbeitsstättenverordnung [6] sind Arbeitsräume solche Räume, in denen Arbeitsplätze innerhalb von Gebäuden dauerhaft eingerichtet sind. Solange dort keine Tätigkeiten mit Gefahrstoffen stattfinden, werden diese als Innenraumarbeitsplätze betrachtet. Hier gelten nicht die Luftgrenzwerte im Sinne der Gefahrstoffverordnung [7], wie Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) oder MAK-Werte [8; 9], sondern ein anderes Regelwerk zur Beurteilung.

Zu Innenraumarbeitsplätzen zählen neben Büros auch Verkaufsräume sowie Arbeitsplätze in öffentlichen Gebäuden (z. B. Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Sporthallen, Bibliotheken, Gaststätten, Theater und Kinos) [1], Arbeitsräume und Arbeitsplätze in Gebäuden, die nicht gefahrstoffrechtlichen Regelungen unterliegen oder auch Innenräume von Kraftfahrzeugen und öffentlichen Verkehrsmitteln. Zwischen privaten Innenräumen und Innenraumarbeitsplätzen gibt es aber auch fließende Übergänge: So kann im Rahmen von Heim- und Telearbeit ein Raum im privaten Wohnbereich sehr wohl als Innenraumarbeitsplatz angesehen werden.

Die vorgeschlagene Vorgehensweise soll zukünftig in Deutschland die allgemeine Grundlage für die Bewertung von chemischen Verunreinigungen in der Luft von Innen-

raumarbeitsplätzen bilden, an denen keine Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchgeführt werden. Andere Faktoren an Innenraumarbeitsplätzen – zum Beispiel physikalische, biologische, arbeitsphysiologische und psychologische Einflüsse – wurden nicht betrachtet.

Nachfolgend werden die wichtigsten Neuerungen zusammengestellt, die sich im Wesentlichen auf die Messung und Bewertung der flüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds, VOC) auswirken. Die Empfehlung enthält selbstverständlich auch umfangreiche Hinweise zur Ermittlung möglicher Gefährdungen oder zu den Messbedingungen für alle in Innenräumen infrage kommenden Stoffe, z. B. Aldehyde, polychlorierte Biphenyle (PCB), Pentachlorphenol (PCP), Asbest oder Radon. Darüber hinaus gibt es eine detaillierte Checkliste, die speziell an die Anforderungen von Innenraumarbeitsplätzen angepasst ist.

2 Was ist neu?

2.1 Durchführung der Messung

Grundvoraussetzung für eine gute Innenraumluftqualität ist ein übliches Maß an Hygiene und Sauberkeit. In einem geschlossenen Raum soll eine gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden sein. Um dies zu gewährleisten, gehört die Lüftung von Innenräumen grundsätzlich zur üblichen Raumnutzung und ist den Raumnutzern zuzumuten. Eine nähere Bestimmung dieses zumutbaren Rahmens liefert seit Januar 2012 die Technische Regel für Arbeitsstätten (ASR) A3.6 „Lüftung“ zur Lüftung von Arbeitsstätten [10]. Bei freier Lüftung soll in regelmäßigen Abständen nach Bedarf eine Stoßlüftung durchgeführt werden. Empfohlen wird im Winter eine dreiminütige und im Sommer bis zehnminütige Stoßlüftung alle 60 min in Büroräumen sowie alle 20 min in Besprechungsräumen. Bei Räumen mit speziellen Arbeitsabläufen und Nutzungszyklen wie zum Beispiel in Schulen sind die Intervalle entsprechend anzupassen. Beim Betrieb einer raumlufttechnischen Anlage (RLT-Anlage) wird deren regelmäßige Wartung und Pflege vorausgesetzt.

Hinsichtlich der Vorermittlungen, Messplanung und anzuwendenden Messverfahren wird in der Mitteilung im Wesentlichen auf bereits vorhandene Informationen verwiesen [1 bis 4]. Der neue Ansatz zur Durchführung von Messungen beruht auf den Vorgaben der ASR A3.6. Zukünftig sollen zwei Messstrategien eingesetzt werden (**Bild 1**).

● Messungen unter Nutzungsbedingungen

Bei Messungen unter Berücksichtigung der Lüftungsempfehlungen nach ASR A3.6 werden nach vorangegangener intensiver Lüftung (drei Minuten im Winter und bis zu zehn Minuten im Sommer) die Fenster und Türen geschlossen. Die Messung erfolgt nach einer Stunde. Bei einer Messdauer von bis zu einer Stunde soll der Raum weiterhin geschlossen bleiben. Bei Langzeitmessungen ($t > 1$ h) wird die Messung unter Einhaltung der empfohlenen Raumlüftung gemäß ASR A3.6 bei üblicher Nutzung durchgeführt. Die auf diese Weise erhaltenen Messergebnisse sind zum Vergleich mit Richt- und Leitwerten [11] geeignet. Sind ablaufbedingt, z. B. in Schulen, kürzere Nutzungszyklen die Regel, so sollte die Messstrategie entsprechend angepasst werden.

Bei der Untersuchung von Räumen, die über eine RLT-Anlage belüftet werden, ist diese vor der Probenahme mindestens drei Stunden lang unter den für den Raum üblichen Betriebsbedingungen zu betreiben.

¹⁾ Zusammensetzung der Arbeitsgruppe: www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/gremien/senat/arbeitsstoffe/organigramm_ag_leiter_de.pdf

²⁾ www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ad-hoc-arbeitsgruppe-innenraumrichtwerte

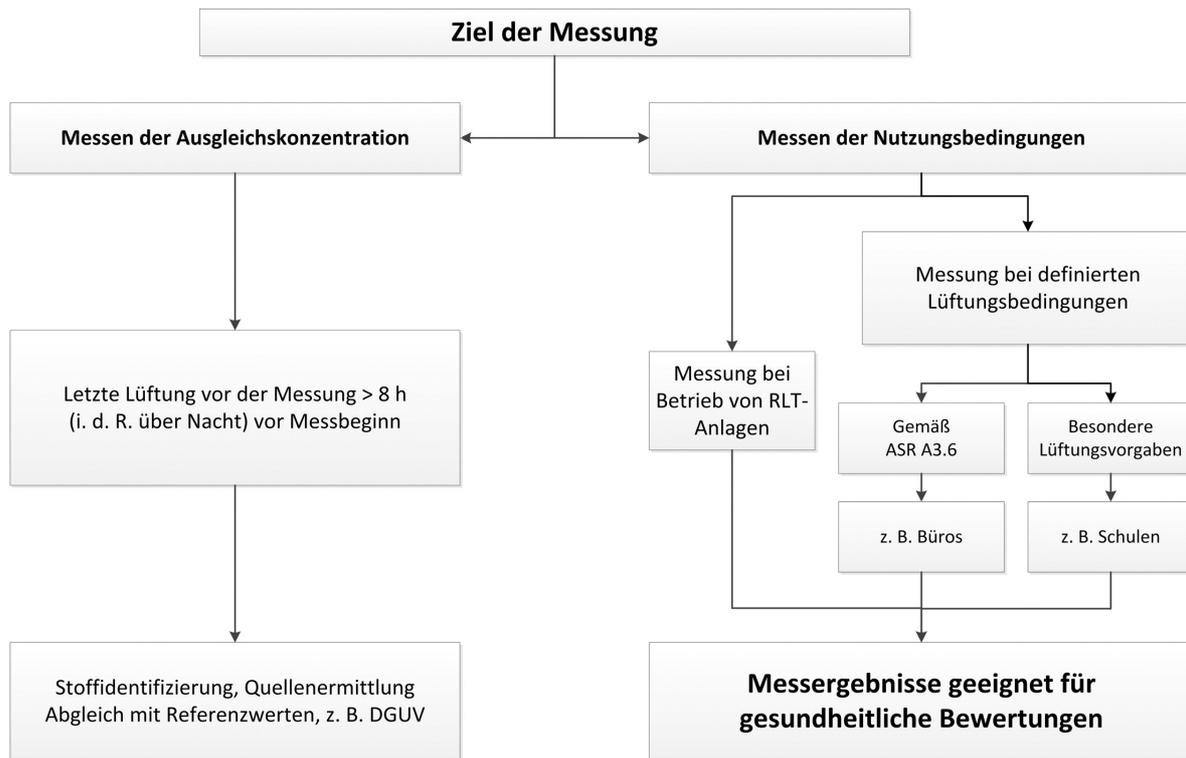


Bild 1. Messstrategien für Messungen unter Ausgleichsbedingungen und unter Nutzungsbedingungen.

● Messungen unter Ausgleichsbedingungen

Hierbei handelt es sich um die aus den Normen der Reihe DIN EN ISO 16000 und aus den Richtlinien der Reihe VDI 4500 seit vielen Jahren bekannte Vorgehensweise [2; 5]. Sie dient in erster Linie dazu, zusätzliche Informationen zu Quellen im Raum zu erhalten. Dazu ist der Raum zunächst gründlich zu lüften und anschließend mindestens acht Stunden lang (in der Regel über Nacht) verschlossen zu halten. Die Probenahme erfolgt im Anschluss im ungelüfteten Raum. Mit dieser Messstrategie wurden unter anderem die Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) [12] abgeleitet.

Für Arbeitsplätze wird empfohlen, beide Messungen in direkter Abfolge durchzuführen (Bild 2). Zunächst erfolgt dabei die Messung unter Ausgleichsbedingungen und im Anschluss daran die Messung unter Nutzungsbedingungen. Die Dauer von Langzeitmessungen darf die an den zu beurteilenden Arbeitsplätzen relevante Schichtlänge nicht überschreiten. Werden auch Messungen auf Aldehyde durchgeführt, ist zu beachten, dass diese nicht zeitgleich mit der VOC-Messung erfolgen sollten, um Querbeeinflussungen zu vermeiden. Es wird empfohlen, zunächst die VOC-Messung durchzuführen.

2.2 Anforderung an Messverfahren

Bei Messverfahren in Innenräumen, die als Arbeitsplätze genutzt werden, sind zusätzlich die Anforderungen in Anlehnung an die Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 402 [15], DIN EN 482 [14] sowie die weiterführenden Normen DIN EN 858 [15], DIN EN 1076 [16], DIN EN 13890 [17] und DIN EN 15956 [18] zu berücksichtigen.

Für Arbeitsplätze, an denen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchgeführt werden, hat ein Messverfahren gemäß DIN EN 482 zumindest einen Mindestmessbereich von einem Zehntel bis zum Zweifachen des Grenzwertes abzu-

decken. Diese Anforderung sollten auch Messverfahren erfüllen, die an Innenraumarbeitsplätzen eingesetzt werden. Zur Bewertung von Einzelstoffen in Innenräumen gibt es einen Vorsorgewert (Richtwert I) und einen Gefahrenwert (Richtwert II) (siehe Abschn. 3). Das Messverfahren sollte

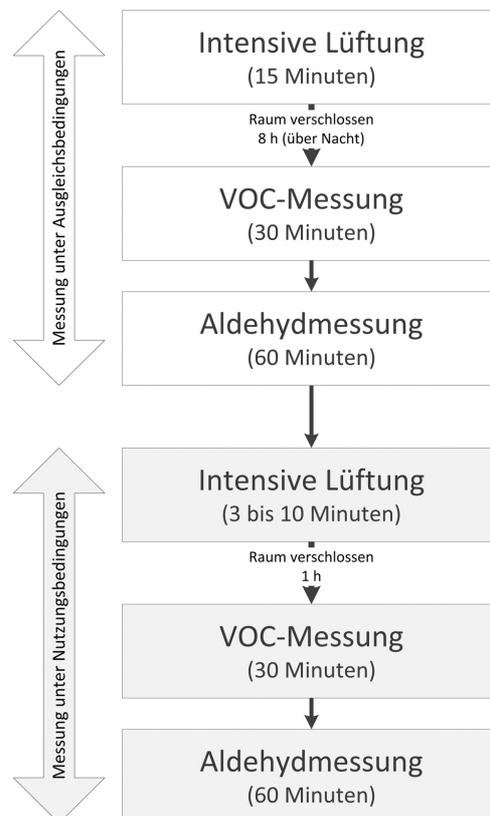


Bild 2. Empfohlener Ablaufplan für Messungen an Innenraumarbeitsplätzen.

Beispiele für die Angabe von Messergebnissen.

Messwert	Ergebnisangabe
1,22 mg/m ³	1,2 mg/m ³
0,116 mg/m ³	0,12 mg/m ³ oder 120 µg/m ³
0,0122 mg/m ³	0,012 mg/m ³ oder 12 µg/m ³

den gesamten Bereich der Beurteilungswerte abdecken. Die Anforderungen gemäß DIN EN 482 sind dann entsprechend anzupassen. Die maximal zulässige Messunsicherheit des Messverfahrens von 30 % gilt für den Bereich vom 0,5-Fachen des Richtwertes I bis zum 2-Fachen des Richtwertes II. Für den Konzentrationsbereich vom 0,1- bis zum 0,5-Fachen des Richtwertes I beträgt die maximal zulässige Messunsicherheit 50 %. Dies gilt für andere Beurteilungsmaßstäbe in analoger Weise.

Bei der Bewertung der Summe flüchtiger organischer Verbindungen (total volatile organic compounds, TVOC) sind die oben genannten Anforderungen aufgrund der Vielzahl der zu berücksichtigenden Einzelstoffe in der Regel nicht zu erfüllen, da die Messunsicherheit über die Summe aller Einzelstoffe zu ermitteln ist.

Aus Erfahrungen, die mit Messberichten auch von renommierten Messinstituten in der Vergangenheit gemacht wurden, hat die Arbeitsgruppe einen Vorschlag zur Angabe von Messergebnissen in die gemeinsame Mitteilung aufgenommen. Die Angabe des Messergebnisses sollte der Messunsicherheit der Methode angepasst sein (Tabelle). Dabei sind die Vorgaben der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte zu berücksichtigen [4]. Analysenergebnisse sollten auf zwei signifikante Stellen gerundet werden.

2.3 Messung der flüchtigen organischen Verbindungen und Berechnung der TVOC-Konzentration

Zur VOC-Bestimmung gibt es einige gut beschriebene Messverfahren [19 bis 23], die bei korrekter Anwendung die o. g. Anforderungen erfüllen und somit geeignet sind, VOC an Innenraumarbeitsplätzen zu messen. Diese Verfahren beruhen auf der Adsorption der flüchtigen Komponenten an einem Adsorbens, von dem sie anschließend thermisch oder mithilfe eines Lösemittels desorbiert werden. Zur analytischen Bestimmung kommen in der Regel gaschromatographische Verfahren mit massenspektrometrischer oder Flammenionisations-Detektion zum Einsatz.

Die Zielsetzung von Innenraumuntersuchungen an Arbeitsplätzen ist die Beurteilung von Arbeitsplatzsituationen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung. Für die Bewertung von Verunreinigungen der Luft in Innenräumen liegen zahlreiche Richt- bzw. Leitwerte vor, die einzeln zu quantifizieren sind. Dies ist nur mit einer stoffbezogenen Kalibrierung zu gewährleisten – entsprechend der Vorgehensweise bei der Erstellung der TVOC-Leitwerte auf der Basis des durch Gl. (5) (siehe unten) beschriebenen Verfahrens.

Daher wird empfohlen, zumindest diejenigen VOC als Einzelkomponenten zu kalibrieren, für die ein Innenraumluftrichtwert festgelegt ist. Bei Anwendung der Verfahren erhält man Ergebnisse für diese kalibrierten Einzelkomponenten. Für Stoffe, bei denen die Konzentration in Bezug auf Toluol berechnet wurde, erhält man das sogenannte Toluoläquivalent. Aus all diesen Einzelwerten ist die Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) zu bilden.

2.3.1 Berechnung der TVOC-Konzentration

Die hier beschriebene Verfahrensweise zur Berechnung der TVOC-Konzentration weicht von der Vorgehensweise nach DIN ISO 16000-6 ab, weil die vereinfachte TVOC-Berechnung anhand des Toluoläquivalentes für alle VOC gemäß Anmerkung 2 der Norm nur halbquantitativ ist [19]. Bei der Berechnung der TVOC-Konzentration werden nur die Signale berücksichtigt, die oberhalb der Bestimmungsgrenze liegen.

Zunächst sind die Konzentrationen sämtlicher kalibrierter Einzelkomponenten zu berechnen (Gl. (1)). Für jede kalibrierte Einzelkomponente sollte die Bestimmungsgrenze unter 5 µg/m³ liegen.

$$\rho_K = \frac{m_K}{V_{\text{Luft}}} \quad (1)$$

mit

ρ_K Massenkonzentration an kalibrierter Einzelkomponente in der Probe in µg/m³

m_K Masse an kalibrierter Einzelkomponente in der gesammelten Probe in ng

V_{Luft} Probeluftvolumen in l

Im zweiten Schritt sind alle Konzentrationen der nicht kalibrierten Einzelkomponenten mit Bezug auf Toluol zu berechnen (Gl. (2)). Diese Stoffe sind ab einem Toluoläquivalent von 1 µg/m³ bei der Berechnung zu berücksichtigen.

$$\rho_{\text{NK}} = \frac{m_{\text{NK}}}{V_{\text{Luft}}} \quad (2)$$

mit

ρ_{NK} Massenkonzentration an nicht kalibrierter Einzelkomponente in der Probe in µg/m³

m_{NK} Masse an nicht kalibrierter Einzelkomponente in der gesammelten Probe in ng bezogen auf Toluol

Der TVOC-Wert setzt sich zusammen aus der Summe der Konzentrationen von kalibrierten und nicht kalibrierten Einzelkomponenten im Retentionsbereich von n-Hexan bis n-Hexadecan (Gl. (3)).

$$\rho_{\text{TVOC}} = \sum_N^i (\rho_K > BG) + \sum_N^i (\rho_{\text{NK}} > 1 \mu\text{g}/\text{m}^3) \quad (3)$$

mit

ρ_{TVOC} Massenkonzentration an TVOC in der Probe in µg/m³

BG Bestimmungsgrenze

3 Beurteilungswerte

Zur Vorgehensweise bei der Beurteilung von chemischen Verunreinigungen der Innenraumluf liegen Übersichtsarbeiten vor [4; 24]. Die Beurteilung erfolgt üblicherweise anhand von Grenz-, Richt- und Leitwerten sowie Referenzwerten. Diese Werte unterscheiden sich in ihrer rechtlichen Verbindlichkeit und ihrer gesundheitlichen Bedeutung. Während Grenzwerte rechtlich verbindlich sind, trifft dies für Richt-, Leit- und Referenzwerte nicht zu.

Hinsichtlich ihrer Entstehung weisen Grenz-, Richt- und Leitwerte in der Regel eine toxikologische oder gesundheitlich-hygienische Begründung auf. Hingegen sind Referenzwerte nicht gesundheitlich begründet, sondern lediglich eine statistische Zustandsbeschreibung.

Die Richtlinie VDI 6022 Blatt 3 [25] differenziert Grenzwerte, Richtwerte und Leitwerte folgendermaßen:

- Ein Grenzwert ist ein gesetzlich festgelegter Beurteilungswert, der eingehalten und hinreichend sicher unterschritten werden muss.
- Ein Richtwert ist ein toxikologisch abgeleiteter Wert, basierend auf geeigneten Erkenntnissen zu den toxischen Wirkungen und Dosis-Wirkungs-Beziehungen des jeweiligen Stoffs.
- Ein Leitwert ist ein gesundheitlich-hygienisch begründeter Beurteilungswert eines Stoffes, für den der Kenntnisstand nicht ausreicht, um einen toxikologisch begründeten Richtwert abzuleiten.

Bei Referenzwerten wird der fehlende gesundheitliche Bezug deutlich [4]:

- Ein Referenzwert ist ein Wert, der aus einer Reihe von Messwerten einer Stichprobe aus einer Grundgesamtheit nach einem vorgegebenen Verfahren abgeleitet worden ist. Es handelt sich um einen rein statistisch definierten Wert, der die Verteilung dieses Stoffes im betreffenden Umweltmedium für eine definierte Grundgesamtheit zum Zeitpunkt der Durchführung der Untersuchung beschreibt. Referenzwerte bilden die derzeit allgemein vorhandene Exposition gegenüber einem Stoff („Hintergrundbelastung“) ab.

3.1 Grenzwerte

Bislang gibt es nur den Grenzwert für Tetrachlorethen in der Innenraumluft nach der 2. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) [26]. Darüber hinaus sind administrative Grenzwerte, z. B. in den Technischen Baubestimmungen für Asbest, PCP oder PCB oder in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe, zu berücksichtigen.

3.2 Richtwerte

In Deutschland werden bundeseinheitliche Richtwerte für die Luft von Innenräumen, in denen keine Tätigkeiten mit Gefahrstoffen erfolgen, im Auftrag der Gesundheitsministerkonferenz von der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluftthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden erarbeitet [27].

Festgelegt werden jeweils ein Richtwert II (Gefahrenwert), bei dessen „Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht, da diese Konzentration geeignet ist, insbesondere bei Daueraufenthalt in den Räumen die Gesundheit empfindlicher Personen ... zu gefährden“ und ein Richtwert I (Vorsorgewert), bis zu dem „im Rahmen einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Kenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition von empfindlichen Personen keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind“ [4].

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe veröffentlicht zu allen festgelegten Richtwerten für die Innenraumluft eine ausführliche Begründung im Bundesgesundheitsblatt. Die Begründungen sind auf der Internetseite der Arbeitsgruppe beim Umweltbundesamt abrufbar.

3.3 Leitwerte

Leitwerte begrenzen einen Konzentrationsbereich einer Verbindung oder Verbindungsklasse in der Innenraumluft, für den systematische praktische Erfahrungen darüber vorliegen, dass mit steigender Konzentration die Wahrscheinlichkeit für Beschwerden und nachteilige gesundheitliche Auswirkungen zunimmt.

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte hat bisher Leitwerte für TVOC, Kohlendioxid, Feinstaub (PM_{2,5}) und ausgewählte Geruchsstoffe in der Innenraumluft abgeleitet [28 bis 30].

Darüber hinaus zählen zu Leitwerten auch Beurteilungswerte von internationalen Gremien, z. B. die Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Die WHO weist ausdrücklich darauf hin, dass ihre Empfehlungen grundsätzlich unverbindlich sind und von den Staaten ihrem jeweiligen Rechtsrahmen entsprechend angepasst werden müssen. Sie hat erstmals im Jahr 2010 für sechs Stoffe oder Stoffgruppen Innenraumluftqualitätsleitwerte und für drei weitere Stoffe oder Stoffgruppen Risikokennzahlen veröffentlicht [31].

3.4 Referenzwerte

Ein Referenzwert soll „als ein Zahlenwert angegeben werden, der eindeutig durch das angewandte statistische Verfahren und die zu einem bestimmten Zeitpunkt untersuchte Grundgesamtheit definiert ist“. Als Referenzwert gilt das 95-Perzentil der Stoffkonzentration in dem für die Referenzpopulation untersuchten Umweltmedium. Die Festlegung auf das 95-Perzentil stellt eine international akzeptierte Konvention dar. Als zusätzliche wichtige Information sollte unbedingt die Größe der Stichprobe, aus der der Referenzwert abgeleitet wurde, genannt werden. Die Vertrauenswürdigkeit des statistisch ermittelten 95-Perzentils lässt sich beispielsweise anhand der Angabe des 0,95-Konfidenzintervalls des 95-Perzentils beschreiben [4].

Referenzwerte liegen u. a. für Büroräume [12] und für Klassenräume [32; 33] vor. Weitere Informationen zu privat, öffentlich und gewerblich genutzten Innenräumen finden sich in einem Forschungsbericht des Umweltbundesamtes [34].

3.5 Beurteilung von Messergebnissen

Zur Beurteilung der Innenraumluft an Arbeitsplätzen gilt: Grenz-, Richt- und Leitwerte sind grundsätzlich einzuhalten. Bei Richtwerten ist der Vorsorgewert (Richtwert I) heranzuziehen. Werden diese Werte überschritten, sind Maßnahmen entsprechend der Handreichung [4] der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte zu ergreifen. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen ist zu überprüfen.

Liegen für Stoffe oder Stoffgruppen keine Grenz-, Richt- oder Leitwerte vor, können vorhandene Referenzwerte herangezogen werden. Werden diese überschritten, ist zu prüfen, welche Ursache dafür verantwortlich sein kann. Dies kann z. B. durch Vergleich mit der Konzentration in der Außenluft erfolgen (Straßenverkehr, benachbarte Industrie, Wetterlagen). Ebenso sind kürzlich durchgeführte bauliche Maßnahmen oder Instandhaltungsarbeiten zu berücksichtigen. Auf der Grundlage dieser Informationen ist zu prüfen, ob eine dauerhafte Überschreitung der Referenzwerte oder eine Verringerung der Konzentration zu erwarten ist. Ist eine länger anhaltende Überschreitung eines Referenzwertes zu erwarten, sollte eine weitergehende fachliche Beratung, z. B. durch die zuständige Behörde oder den UVT, eingeholt werden.

4 Fazit

Ziel der gemeinsamen Arbeitsgruppe war es, für die Bewertung von Innenraum Arbeitsplätzen eine einheitliche Vorgehensweise vorzugeben. Die Empfehlungen der Arbeits-

gruppe sollten dazu führen, dass mögliche Unterschiede bei der Bewertung zukünftig vermieden werden können. Die neue Messstrategie für Arbeitsplätze mit Messungen unter Ausgleichs- und Nutzungsbedingungen muss sich nun in den nächsten Jahren bewähren. Die UVT und die Ländermessstellen werden die Umstellung möglichst zeitnah durchführen und, sobald eine ausreichende Zahl an Messungen vorliegt, über die Erfahrungen berichten.

Danksagung

Die Autoren danken den Mitgliedern der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte und der Arbeitsgruppe Luftanalysen für die zahlreichen Diskussionsbeiträge im Zuge der Erstellung der Empfehlungen.

Literatur

- [1] Innenraumarbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld. Report der gewerblichen Berufsgenossenschaften, der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand und des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2013.
- [2] DIN EN ISO 16000 Reihe: Innenraumluftverunreinigungen. Berlin: Beuth.
- [3] VDI 4300 Reihe: Messen von Innenraumluftverunreinigungen. Berlin: Beuth.
- [4] Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG: Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 50 (2007) Nr. 7, S. 990-1005.
- [5] Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Ermittlung und Beurteilung chemischer Verunreinigungen der Luft von Innenraumarbeitsplätzen (ohne Tätigkeit mit Gefahrstoffen). Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 57 (2014) Nr. 8, S. 1002-1018 und DFG-Sammlung Luftanalysen (in Vorbereitung).
- [6] Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) vom 12. August 2004. BGBl. (2004) Nr. 44, S. 2179-2189; zul. geänd. BGBl. (2010) Nr. 38, S. 960-967.
- [7] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010. BGBl. (2010) Nr. 59, S. 1643-1692; zul. geänd. BGBl. (2013) Nr. 20, S. 944-953.
- [8] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). Ausg. 1/2006. BArbBl. (2006) Nr. 1, S. 41-55; zul. geänd. GMBL. (2014) Nr. 12, S. 271-274.
- [9] MAK- und BAT-Werte-Liste 2014. Mitteilung 50. Hrsg.: Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Weinheim: Wiley-VCH 2014. <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9783527682010>
- [10] Technische Regeln für Arbeitsstätten: Lüftung (ASR A3.6). Ausg. 1/2012. GMBL. (2012) Nr. 6, S. 92-97; geänd. GMBL. (2013), S. 359.
- [11] Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte: Richtwerte für die Innenraumluf. Download: 12_gesundheit_kommission_innraumlufthygiene_empfehlungen_und_richtwerte20140617.xlsx unter www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ad-hoc-arbeitsgruppe-innenraumrichtwerte
- [12] von Hahn, N.; Van Gelder, R.; Breuer, D.; Hahn, J.-U.; Gabriel, S.; Kleine, H.: Ableitung von Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerten. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 71 (2011) Nr. 7/8, S. 314-322.
- [13] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402). Ausg. 2/2010. GMBL. (2010) Nr. 12, S. 231-253; zul. geänd. GMBL. (2014) Nr. 12, S. 254-257.
- [14] DIN EN 482: Exposition am Arbeitsplatz – Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe. Berlin: Beuth 2012.
- [15] DIN EN 838: Exposition am Arbeitsplatz – Messung von Gasen und Dämpfen mit Diffusionsamplern – Anforderungen und Prüfverfahren. Berlin: Beuth 2010.
- [16] DIN EN 1076: Exposition am Arbeitsplatz – Messung von Gasen und Dämpfen mit pumpenbetriebenen Probenahmeeinrichtungen – Anforderungen und Prüfverfahren. Berlin: Beuth 2010.
- [17] DIN EN 13890: Exposition am Arbeitsplatz – Messung von Metallen und Metalloiden in luftgetragenen Partikeln – Anforderungen und Prüfverfahren. Berlin: Beuth 2010.
- [18] DIN EN 13936: Exposition am Arbeitsplatz – Messung eines als Mischung aus luftgetragenen Partikeln und Dampf vorliegenden chemischen Arbeitsstoffes – Anforderungen und Prüfverfahren. Berlin: Beuth 2014.
- [19] DIN ISO 16000-6: Innenraumluftverunreinigungen – Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluf und in Prüfkammern, Probenahme auf Tenax TA, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS/FID. Berlin: Beuth 2012.
- [20] DIN EN ISO 16017-1: Innenraumluf, Außenluf und Luft am Arbeitsplatz – Probenahme und Analyse flüchtiger organischer Verbindungen durch Sorptionsröhrchen/thermische Desorption/Kapillar-Gaschromatographie – Teil 1: Probenahme mit einer Pumpe. Berlin: Beuth 2001.
- [21] DIN EN ISO 16017-2: Innenraumluf, Außenluf und Luft am Arbeitsplatz – Probenahme und Analyse flüchtiger organischer Verbindungen durch Sorptionsröhrchen/thermische Desorption/Kapillar-Gaschromatographie – Teil 2: Probenahme mit Passivsamplern. Berlin: Beuth 2003.
- [22] VDI 2100 Blatt 2: Messen gasförmiger Verbindungen in der Außenluf – Messen von Innenraumlufverunreinigungen – Gaschromatografische Bestimmung organischer Verbindungen – Aktive Probenahme durch Anreicherung auf Aktivkohle – Lösemittelextraktion. Berlin: Beuth 2010.
- [23] Breuer, D.; Friedrich, C.; Moritz, A.: VOC (Volatile Organic Compounds, flüchtige organische Verbindungen) (Kennzahl 8936). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 45. Lfg. X/10. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. Berlin: Erich Schmidt – Losebl.-Ausg. 1989. www.ifa-arbeitsmappedigital.de/8936
- [24] Sagunski, H.; Heinzow, B.; Müller, K.: Referenzwerte, Leitwerte, Richtwerte und Grenzwerte für die Innenraumluf –

- eine Kurzanleitung. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 73 (2013) Nr. 4, S. 169-175.
- [25] VDI 6022 Blatt 3: Raumluftechnik – Raumlufqualität – Beurteilung der Raumlufqualität. Berlin: Beuth 2011.
- [26] Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (2. BImSchV) – Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen vom 10. Dezember 1990. BGBl. I (1990) Nr. 68, S. 2694-2700; zul. geänd. BGBl. I (2013) Nr. 21, S. 1021-1075.
- [27] Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG: Richtwerte für die Innenraumluft: erste Fortschreibung des Basisschemas. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz. 55 (2012) Nr. 2, S. 279-290.
- [28] Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG (2008): Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz. 51 (2008) Nr. 11, S. 1358-1369.
- [29] Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG: Gesundheitliche Bedeutung von Feinstaub in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 51 (2008) Nr. 7, S. 1370-1378.
- [30] Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG: Gesundheitlich-hygienische Bewertung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft mit Hilfe von Geruchsleitwerten. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 57 (2014) Nr. 1, S. 148-153.
- [31] WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Hrsg.: Weltgesundheitsorganisation, Regional Office for Europe, Kopenhagen, Dänemark 2010. www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf
- [32] Ostendorp, G.; Riemer, D.; Harmel, K.; Heinzow, B.: Aktuelle Hintergrundwerte zur VOC-Belastung in Schulen und Kindergärten in Schleswig-Holstein. Umweltmed. Forsch. Prax. 14 (2009) Nr. 3, S. 135-152.
- [33] Neumann, H.-D.; Buxtrup, M.; von Hahn, N.; Koppisch, D.; Breuer, D.; Hahn, J.-U.: Vorschlag zur Ableitung von Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerten in Schulen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 72 (2012) Nr. 7/8, S. 291-297.
- [34] Hofmann, H.; Plieninger, P.: Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluft. Forschungsbericht 205 61 234. UBA-FB 001131. WaBoLu Hefte 05/08. Hrsg.: Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau 2008.