

# Beurteilung der Raumluftqualität an Büroarbeitsplätzen

N. Schlechter, K. Pohl, A. Barig, S. Kupka, H. Kleine, S. Gabriel, R. Van Gelder, N. Lichtenstein, M. Hennig

**Zusammenfassung** Von Anfang 2001 bis Ende 2003 wurden von Berufsgenossenschaften und Mitgliedern des Bundesverbandes der Unfallkassen (BUK) in 213 Betrieben insgesamt 2 107 Innenraumluftmessungen in Büroräumen durchgeführt. Dabei wurden ausgewählte flüchtige organische Verbindungen (VOC, volatile organic compounds), Aldehyde und Kohlendioxid mit einem, in Anlehnung an die VDI 4300 Blatt 6 entwickelten, vereinfachten standardisierten Messverfahren ermittelt. Die Ergebnisse liefern ein repräsentatives Bild über die heute an modernen Büroarbeitsplätzen in Deutschland vorherrschenden Raumluftkonzentrationen. Auf der Basis der statistischen Auswertungen der Messergebnisse werden Referenzwerte vorgeschlagen, die im Sinne von Richt- und Zielwerten bei der Beurteilung der Innenraumluft herangezogen werden können.

## Air quality assessment at work-places in offices

**Abstract** During the years 2001 through 2003 a total of 2 107 indoor air analyses in offices were performed by the German Berufsgenossenschaften (institutions for statutory accident insurance and prevention) and members of the Bundesverband der Unfallkassen (BUK) in 213 companies. Selected volatile organic compounds (VOC), aldehydes and carbon dioxide were determined applying a simplified and standardized measuring procedure based on VDI 4300 part 6. The results representatively depict indoor air concentrations at modern work-places in offices in Germany. On the basis of a statistical evaluation of the results reference values suitable as guidance and target values for the assessment of indoor air are proposed.

## 1 Einleitung

Das Thema „Befindlichkeitsstörungen im Büro“ beschäftigt die Träger der Unfallversicherungen seit vielen Jahren, u. a. im Zusammenhang mit der Erweiterung des Präventionsauftrags nach § 1 SGB VII zur Verhütung von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren. Der zunehmende Anteil an Büroarbeitsplätzen und die sehr starke Nachfrage nach dem im Jahr 2001 herausgegebenen und zurzeit in Überarbeitung befindlichen Report „Innenraum-Arbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld“ [1] zeugen von einer hohen Aktualität dieser Problematik im Arbeits- und Gesundheitsschutz. Im Mittelpunkt stehen dabei häufig Fragen zur Beurteilung der Raumluftqualität.

Dr. rer. nat. Nadja Schlechter, Dr.-Ing. Axel Barig, Dr.-Ing. Horst Kleine, Stefan Gabriel, Dipl.-Chem. Rainer Van Gelder, Dr. rer. nat. Norbert Lichtenstein, Dipl.-Ing. Martin Hennig,

Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin.

Dr. rer. nat. Klaus Pohl,

Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Aufsichtsdienst Mainz.

Dipl. Chem. Ing. Siegmund Kupka,

Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Aufsichtsdienst Bielefeld.

Für die Luftqualität an Büroarbeitsplätzen fehlten jedoch bisher geeignete Beurteilungswerte. So gibt es nur für wenige in der Innenraumluft vorkommende Stoffe toxikologisch begründete Richtwerte [2 bis 4]. Die übrigen oft zitierten Referenzwerte basieren auf statistischen Auswertungen großer Kollektive von Messungen, die in Innenräumen verschiedenster Nutzungsart durchgeführt wurden. Darüber hinaus wurden bei verschiedenen Untersuchungen unterschiedliche Messstrategien sowie Mess- bzw. Analysemethoden verwendet.

Auf dieser Grundlage entschlossen sich gewerbliche Berufsgenossenschaften, Mitglieder des Bundesverbandes der Unfallkassen (BUK) und das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz – BIA, eine Innenraumstudie, speziell an Büroarbeitsplätzen ohne Umgang mit Gefahrstoffen, zu erstellen.

Zunächst wurde ein vereinfachtes standardisiertes Messverfahren für flüchtige organische Stoffe in Anlehnung an die VDI 4300 Blatt 6 „Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messstrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC)“ [5] entwickelt. Dieses Messverfahren wurde anschließend für Untersuchungen einer repräsentativen Anzahl typischer Büros eingesetzt. Auf der Basis statistischer Auswertungen wurden aus den Messergebnissen Referenzwerte abgeleitet.

## 2 Methodik

Um Referenzwerte abzuleiten, sind repräsentative Untersuchungen notwendig. Zur Erfüllung dieser Forderung wurden die Untersuchungen in 213 Betrieben durchgeführt. In der Literatur gibt es nur wenige Studien mit einer größeren Anzahl an Datensätzen, in denen z. T. die Ergebnisse mehrerer Studien zusammengefasst wurden. Es erschien notwendig, die Art der Innenräume auf Büros in Verwaltungsbereichen zu begrenzen, um mögliche Variationen innerer und äußerer Schadstoffquellen sowie sonstiger Randbedingungen niedrig zu halten.

In der Vergangenheit wurden an Büroarbeitsplätzen Untersuchungen durch die Berufsgenossenschaften, die Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand und das BIA in der Regel durchgeführt, wenn von den Beschäftigten Klagen über die Innenraumluftqualität auftraten. In dieser Studie sollten nun Arbeitsplätze, zu denen keine Klagen von Beschäftigten über gesundheitliche Beschwerden vorlagen, zumindest nicht zur Innenraumluftqualität, eine stärkere Berücksichtigung finden. Dies wurde u. a. dadurch gewährleistet, dass im Falle auftretender Klagen neben der Messung im belasteten Arbeitsraum in der Regel eine Parallelmessung in einem unbelasteten aber ansonsten vergleichbaren Arbeitsraum (Referenzraum) vorgenommen wurde. Zur Beschreibung der Innenraumluftqualität werden eine Reihe von Parametern vorgeschlagen. Im Rahmen dieser Studie wurden die Konzentrationen von

- flüchtigen organischen Verbindungen (VOC, Volatile Organic Compounds),

- Aldehyde, insbesondere Formaldehyd, und
- Kohlendioxid

untersucht. Für die flüchtigen organischen Verbindungen wurden sowohl deren Summenkonzentration (TVOC, Total Volatile Organic Compounds) als auch soweit wie möglich die Konzentration bestimmter Einzelstoffe analytisch ermittelt.

Nach § 5 der Arbeitsstättenverordnung [6] und der entsprechenden Arbeitsstättenrichtlinie (ASR 5) [7] ist in Arbeitsräumen eine ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden, wenn die Luftqualität im Wesentlichen der Außenluftqualität entspricht. Zu jedem untersuchten Betrieb wurde deshalb eine Außenluftmessung durchgeführt, die im Vergleich mit den Büroluft-Konzentrationen leicht erkennen ließ, ob die Forderung der Arbeitsstättenverordnung erfüllt ist.

Im Rahmen einer verbindlichen Handlungsanleitung wurden Festlegungen zur Probenahme, Analytik und Dokumentation getroffen. Durch die Integration in das Berufsgenossenschaftliche Messsystem Gefahrstoffe (BGMG) [8] wurde eine einheitliche Erhebung und eine zentrale Auswertung wesentlicher Daten mithilfe der Dokumentation von Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz (DOK-MEGA) möglich.

### 3 Messstrategie, Messverfahren und Analytik

#### 3.1 Probenahme

Die Fenster der zu untersuchenden Räume wurden in der Regel nach intensiver Lüftung über Nacht verschlossen. Während der Probenahme am folgenden Tag waren die Fenster verschlossen und es wurde nicht geraucht.

Für die Bestimmung der Konzentration von VOC wurden Thermodesorptionsröhrchen TENAX TA über einen Zeitraum von 30 min mit einem Luftvolumenstrom von 4 l/h (66,6 ml/min) beaufschlagt.

Die Formaldehyd-/Aldehydprobenahmen erfolgten über 2 h mit einem Volumenstrom von 20 l/h (333 ml/min) mit dem Probenrührer Waters Sep-Pak.

Kohlendioxidkonzentrationen wurden mit direkt anzeigenden Messgeräten (CO<sub>2</sub>-Sonde mit Direktanzeige, Prüfröhrchen mit Handpumpe) bestimmt. Die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Konzentration erfolgte in der Regel während der Probenahme für die VOC- bzw. Aldehydbestimmung. Bei der Messung mit CO<sub>2</sub>-Sonde wurde der Momentanwert als Ergebnis angegeben. Bei einem längeren Messzeitraum wurden sowohl der Mittelwert als auch die Messzeit dokumentiert.

Die Außenluftmessungen erfolgten parallel zur Probenahme in den Büroräumen.

#### 3.2 Analytik

Zur Analyse der VOC wurden die TENAX-TA-Röhrchen erhitzt, wodurch die gesammelten Stoffe desorbieren. Die anschließende Analyse erfolgte gaschromatografisch. Für die Quantifizierung wurde ein Flammenionisationsdetektor (FID) eingesetzt. Generell wurden quantitativ die in **Tabelle 1** wiedergegebenen Stoffe basierend auf einer Einzelstoffkalibrierung bestimmt. Zur Bestimmung weiterer Einzelstoffe wurde eine Toluolkalibrierung verwendet. Die Identifizierung erfolgte in diesem Fall mithilfe eines Massenspektrometers.

Die Summe aller flüchtigen Kohlenwasserstoffe (TVOC) beinhaltet alle Stoffe, die im Gaschromatogramm zwischen den Signalen von n-Hexan und n-Hexadecan erscheinen. Zusätzlich wurden die Konzentrationen an Butanon und Ethylacetat einbezogen.

Zur Bestimmung der Aldehyde wurden die Waters-Sep-Pak-Kartuschen zunächst mit Acetonitril eluiert. Die qualitative und quantitative Bestimmung erfolgte mittels HPLC (High performance liquid chromatography). Die quantitative Auswertung wurde anhand von Kalibrierkurven vorgenommen.

### 4 Ergebnisse

#### 4.1 Statistische Auswertung

In den Jahren 2001 bis 2003 wurden unter den geschilderten Bedingungen Innenraumluftuntersuchungen in Büroräumen von 213 Betrieben durchgeführt. Dabei wurden 236 Messserien mit 2 107 Proben und 22 368 Analysen in der BIA-Expositionsdatenbank DOK-MEGA dokumentiert.

An dem Projekt waren neben dem BIA insgesamt 19 Berufsgenossenschaften und Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand beteiligt. Die sich daraus ableitende große territoriale Ausdehnung der Probenahmeorte und die breite Palette der Branchen spricht für eine diesbezüglich repräsentative Untersuchung.

Beim Vorliegen einer repräsentativen Stichprobe zu Raumluftkonzentrationen wird oft der 90-Perzentilwert der Häufigkeitsverteilung der Messergebnisse als so genannter „Richtwert“ angegeben [9; 10]. Man unterstellt dabei, dass dieser Wert die Obergrenze der Konzentration eines Stoffes in Innenräumen, bei der keine Beschwerden vorkommen, angibt. In einigen Fällen übernimmt der 95-Perzentilwert diese Rolle [11]. Um hinsichtlich einer Beurteilung auf der sicheren Seite zu sein und auch bei kleineren Kollektiven ein einheitliches Vorgehen zu ermöglichen, sollen im Folgenden die 90-Perzentilwerte betrachtet werden.

Darüber hinaus erscheinen in vielen Publikationen die 50-Perzentilwerte als so genannte „Zielwerte“ [9; 10].

|                        |                       |                            |
|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Decamethylpentasiloxan | Styrol                | 2-Butoxyethanol            |
| n-Heptan               | Ethylbenzol           | 2-(2-Butoxyethoxy)-ethanol |
| α-Pinen                | 1,3,5-Trimethylbenzol | 2-Phenoxyethanol           |
| 3-Caren                | 1,2,4-Trimethylbenzol | Essigsäureethylester       |
| R(+)-Limonen           | 1,2,3-Trimethylbenzol | 2-Butoxyethylacetat        |
| Benzol                 | 1-Butanol             | Essigsäure-n-butylester    |
| Toluol                 | 2-Ethylhexan-1-ol     |                            |
| o-, m- und p-Xylol     | Butanon               |                            |

Tabelle 1. Substanzen, die bei der VOC-Analyse generell quantitativ bestimmt wurden.

Tabelle 2. Übersicht über die 50- und 90-Perzentilwerte der Konzentrationen von Verbindungen, die in der Luft von Büroräumen ermittelt wurden.

| Verbindung                                     | Anzahl Messdaten | 50-Perzentilwert<br>in mg/m <sup>3</sup> | 90-Perzentilwert<br>in mg/m <sup>3</sup> |
|--|------------------|--|--|
| <b>Flüchtige organische Verbindungen (VOC)</b> |                  |  |  |
| TVOC   | 451              | 0,270                                    | 0,949                                    |
| Decamethylpentasiloxan                         | 252              | 0,007 <sup>1</sup>                       | 0,052                                    |
| n-Heptan                                       | 453              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,015                                    |
| α-Pinen  | 430              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,015                                    |
| 3-Caren  | 253              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,010 <sup>1</sup>                       |
| Limonen  | 458              | 0,006 <sup>1</sup>                       | 0,027                                    |
| Benzol   | 433              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,009 <sup>1</sup>                       |
| Toluol   | 457              | 0,016                                    | 0,065                                    |
| Xylol (alle Isomere)                           | 429              | 0,008                                    | 0,034                                    |
| Styrol   | 427              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,007 <sup>1</sup>                       |
| Ethylbenzol                                    | 429              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,010                                    |
| 1,3,5-Trimethylbenzol                          | 430              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,006 <sup>1</sup>                       |
| 1,2,4-Trimethylbenzol                          | 431              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,018                                    |
| 1,2,3-Trimethylbenzol                          | 430              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,005 <sup>1</sup>                       |
| Butan-1-ol                                     | 450              | 0,006 <sup>1</sup>                       | 0,030                                    |
| 2-Ethylhexan-1-ol                              | 253              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,018                                    |
| Butanon  | 457              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,013                                    |
| 4-Methylpentan-2-on                            | 205              | 0,005                                    | 0,005                                    |
| 2-Butoxyethanol                                | 413              | 0,005                                    | 0,012                                    |
| 2-(2-Butoxyethoxy)-ethanol                     | 404              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,005 <sup>1</sup>                       |
| 2-Phenoxyethanol                               | 414              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,005 <sup>1</sup>                       |
| Ethylacetat                                    | 458              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,024                                    |
| 2-Butoxyethylacetat                            | 413              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,005 <sup>1</sup>                       |
| n-Butylacetat                                  | 458              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,010 <sup>1</sup>                       |
| <b>Aldehyde</b>                                |                  |  |  |
| Formaldehyd                                    | 320              | 0,029 <sup>1</sup>                       | 0,060                                    |
| Acetaldehyd                                    | 313              | 0,018 <sup>1</sup>                       | 0,040 <sup>1</sup>                       |
| Acrylaldehyd                                   | 314              | 0,005 <sup>1</sup>                       | 0,008 <sup>1</sup>                       |
| Glutaraldehyd                                  | 314              | 0,010 <sup>1</sup>                       | 0,013 <sup>1</sup>                       |
| Propionaldehyd                                 | 314              | 0,010 <sup>1</sup>                       | 0,015 <sup>1</sup>                       |
| Butyraldehyd                                   | 314              | 0,010 <sup>1</sup>                       | 0,020 <sup>1</sup>                       |
| <b>Kohlendioxid</b>                            |                  |  |  |
| Kohlendioxid                                   | 293              | 1 430                                    | 2 532                                    |

<sup>1</sup> Dieser statistisch ermittelte Verteilungswert liegt unterhalb der höchsten quantitativen Bestimmungsgrenze der angewandten Probe- und Analyseverfahren.

#### 4.2 Messergebnisse

In **Tabelle 2** sind die 50- und 90-Perzentilwerte für die hauptsächlichsten, im Rahmen dieser Studie gefundenen Komponenten (mehr als 200 Messdaten) der Innenraumluft zusammengestellt. Für die statistische Auswertung wurden nur Messdaten betrachtet, die in Arbeitsräumen ohne maschinelle Lüftung bestimmt wurden.

## 5 Diskussion

### 5.1 Allgemeines

Die Ergebnisse des Projektes erlauben die Aufstellung von Referenzwerten für flüchtige organische Verbindungen und Aldehyde an Büroarbeitsplätzen auf der Basis repräsentativer Untersuchungen.

Da in der Regel mehr als 300 Messwerte pro Verbindung ausgewertet wurden, ist eine statistische Absicherung gewährleistet. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, die 90-Perzentilwerte als „vorläufige Referenzwerte“ für die

Beurteilung von Büroarbeitsplätzen einzuführen. Nach weiterer Differenzierung und Validierung der Untersuchungsergebnisse und durch Verbreiterung der Datenbasis insbesondere durch die Fortsetzung der Untersuchungen über den Rahmen des Projektes hinaus, könnten sich diese in der Literatur als allgemein gültige Referenzwerte etablieren. Wesentliche Veränderungen der momentanen Ergebnisse sind in der Regel allerdings nicht zu erwarten, so dass diese Werte bereits jetzt zur Beurteilung der Raumluftqualität herangezogen werden können, soweit die im Folgenden erläuterten generellen Grenzen der Anwendung von Referenzwerten Beachtung finden.

Die Referenzwerte gelten nur bei Anwendung des beschriebenen Messverfahrens, da dieses zur Bestimmung der Stoffkonzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz eine wichtige Basis für die Gewinnung der Daten darstellt.

Gerade die getroffenen Vereinfachungen des Messverfahrens machen das System ggf. auch für eine breite Anwendung durch andere Institutionen attraktiv. Dabei sollten

weitere Modifizierungen des Messsystems, soweit dies erforderlich ist, nicht ausgeschlossen werden. Die weitgehende Anlehnung an die VDI 4300 [5] und die DIN ISO 16000 [12] scheint für die Mehrzahl der VOC zu vergleichbaren Ergebnissen zu führen, wie man sie in älteren Studien [9; 13] zur Belastung der Innenraumluft findet. Bei einem Vergleich der angegebenen Werte müssen immer auch die Probenahme und das Analysenverfahren in Betracht gezogen werden, da diese einen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse ausüben können [9]. Vor diesem Hintergrund sollen die Ziel- und Richtwerte für einige wesentliche VOC sowie für Formaldehyd und Kohlendioxid näher betrachtet werden.

**5.2 Referenzwerte für flüchtige organische Verbindungen (VOC)**

In der Literatur liegen Referenzwerte sowohl für die Summenkonzentration an flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) als auch für eine Reihe von Einzelsubstanzen vor. Trotz des keineswegs immer gleichen Studiendesigns weisen die Ergebnisse der hier vorgestellten Studie eine gute Vergleichbarkeit zu Werten aus der Literatur auf. So nannte Seifert bereits 1999 [14] für VOC einen Richtwert von 1 bis 3 mg/m<sup>3</sup> und einen Zielwert von 0,2 bis 0,3 mg/m<sup>3</sup>. Basierend auf dem jeweils aufgerundeten 90- bzw. 50-Perzentilwert dieser Studie können daher nachstehende Werte als Referenzwerte für TVOC an Büroarbeitsplätzen vorgeschlagen werden:

- 90-Perzentilwert: 1,0 mg/m<sup>3</sup>,
- 50-Perzentilwert: 0,3 mg/m<sup>3</sup>.

Bei Unterschieden in den Referenzgrößen muss berücksichtigt werden, wo und wie die Probenahme erfolgte, welche Messmethode angewendet wurde und wie lange die Erhebungen zurückliegen. Unterschiede in den ermittelten Konzentrationen können zum einen auf die abweichende Ausstattung der Räume zurückgeführt werden und müssen zum anderen, wie in neueren Studien [9] diskutiert, vor dem

Hintergrund der zeitlichen Veränderungen der VOC-Spektren gesehen werden.

**5.3 Referenzwerte für Aldehyde**

Obwohl im Rahmen des Projektes verschiedene Aldehyde bestimmt wurden, soll im Folgenden nur Formaldehyd im Sinne einer Leitkomponente betrachtet werden. Zur Bewertung wird in der Regel der Richtwert des früheren Bundesgesundheitsamtes von 0,125 mg/m<sup>3</sup> herangezogen. Dieser Wert steht seit längerem in der Kritik. Schleibinger et al. [9] schlagen auf der Basis eigener Untersuchungen einen Richtwert von 0,060 mg/m<sup>3</sup> und einen Zielwert von 0,030 mg/m<sup>3</sup> vor.

Im Rahmen der hier vorgestellten Studie wurden Daten zusammengetragen, die den Vorschlag von Schleibinger et al. unterstützen. Daher können für Büroarbeitsplätze folgende Referenzwerte für Formaldehyd vorgeschlagen werden:

- 90-Perzentilwert: 0,060 mg/m<sup>3</sup>,
- 50-Perzentilwert: 0,030 mg/m<sup>3</sup>.

**5.4 Kohlendioxid**

Die Daten für Kohlendioxid bilden einen wesentlichen Indikator für die Raumluftqualität. Als Richtwert gilt allgemein, dass eine Konzentration von 0,1 Vol.-% Kohlendioxid (1 000 ppm bzw. 1 800 mg/m<sup>3</sup>) – Pettenkoferzahl – nicht überschritten werden sollte. In DIN 1946 Teil 2 [15] wird angegeben, dass der Kohlendioxidgehalt der Raumluft nicht über 1 500 ppm (= 2 700 mg/m<sup>3</sup>) liegen soll und ein Wert von 1 000 ppm (= 1 800 mg/m<sup>3</sup>) empfohlen. Die im Rahmen der hier beschriebenen Studie ermittelten Werte erfüllen diese Forderung.

**5.5 Außenluftkonzentrationen**

Die in der ASR 5 [7] formulierte Vorgabe, dass die Innenraumluftqualität dann als ausreichend gesundheitlich zuträglich angesehen werden darf, wenn sie im Wesentlichen

**Literatur**

[1] Innenraum-Arbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld. Report der gewerblichen Berufsgenossenschaften, der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand und des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitssicherheit – BIA. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2001.

[2] Air Quality Guidelines for Europe. Hrsg.: World Health Organisation, Regional Office for Europe, Kopenhagen 1987.

[3] Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundheitsbl. (1996) Nr. 11, S. 422-425.

[4] Sąganski, H.: Richtwerte für die Innenraumluft; Toluol. Bundesgesundheitsbl. (1996) Nr. 11, S. 416-421.

[5] VDI 4300 Blatt 6: Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messstrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC). Ausgabe: 12/00. Berlin: Beuth 2000.

[6] Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) vom 20. März 1975. BGBl. I (1982), S. 729, zul. geänd. BGBl. I (2002), S. 3777.

[7] Arbeitsstätten-Richtlinie Lüftung (ASR 5) vom 22. August 1979. Ausgabe: 10/79. BArbBl. (1979) Nr. 10, zul. geänd. BArbBl. (1984) Nr. 12, S. 85.

[8] www.hvbg.de/d/pages/service/daten/bgmg.html.

[9] Schleibinger, H.; Hott, U.; Marchl, D.; Plieninger, P.; Braun, P.; Rüden, H.: Ziel- und Richtwerte zur Bewertung der VOC-Konzentrationen in der Innenraumluft – ein Diskussionsbeitrag. Umweltmed. Forsch. Prax. 7 (2002) Nr. 3, S. 139-147.

[10] Scholz, H.: Vorkommen ausgewählter VOC in Innenräumen und deren Bewertung. In: Gebäudestandard 2000: Energie und Raumluftqualität. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), Springe-Eldagsen 1998.

[11] Kersten, W.; Reich, T.: Schwer flüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 63 (2003) Nr. 3, S. 85-91.

[12] DIN ISO 16000 Normenreihe: Messen von Innenraumluftverunreinigungen. Berlin: Beuth.

[13] Umweltsurvey des Bundesgesundheitsamtes 1985/86. Bundesgesundheitsbl. (1993) Nr. 3.

[14] Seifert, B.: Richtwerte für die Innenraumluft. Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert). Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 42 (1999), S. 270-278.

[15] DIN 1946: Raumlufttechnik. Teil 2: Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln). Berlin: Beuth 1994.

der Außenluftqualität entspricht, erscheint auf den ersten Blick sinnvoll. Die in allen Gebäuden vorhandenen diversen Emissionsquellen (Ausdünstungen von Menschen, Möbeln, Pflanzen etc.) führen dazu, dass die Innenraumluftkonzentrationen für VOC und Aldehyde in der Regel über den Konzentrationen in der Außenluft liegen. In diesem Fall können die Außenluftkonzentrationen als Zielwerte angesehen werden. Für den Fall, dass die Außenluftkonzentrationen höher liegen als die Konzentrationen derselben Stoffe in der Innenraumluft, darf der Außenluftwert nicht als Zielwert herangezogen werden.

Darüber hinaus sind die Werte der Außenluftkonzentrationen stark von der Lage des Probenahmeortes abhängig (Innenstadtbereich, Gewerbe- oder Industriegebiet, Wald etc.). Daher soll generell nur die jeweils parallel durchgeführte Außenluftmessung herangezogen werden, um die Außenluft als mögliche Quelle für flüchtige organische Verbindungen berücksichtigen zu können.

## 6 Zusammenfassung

Die vorliegende Studie liefert ein repräsentatives Bild über die heute an modernen Büroarbeitsplätzen in Deutschland vorherrschenden Raumlufkonzentrationen. Auf der Basis der statistischen Auswertung der Messergebnisse werden Referenzwerte vorgeschlagen, die im Sinne von Richt- und Zielwerten bei der Beurteilung der Innenraumluft herangezogen werden können. Bei der Beurteilung muss darauf geachtet werden, dass die vorgegebene Messstrategie eingehalten wird.

Im Bereich der Unfallversicherungsträger wird das vorgestellte Messverfahren als Einheitsmessverfahren angewendet. Die einheitlich erfassten Daten und deren zentrale Auswertung machen es in Zukunft möglich, Veränderungen am Standard von Büroarbeitsplätzen zu beobachten und gegebenenfalls mit entsprechenden Maßnahmen auf eine sich aus den Daten abzuleitende gesundheitliche Beeinträchtigung der Beschäftigten zu reagieren.

## Herausgebermitteilungen

### Gefahrstoffliste 2004 (BIA-Report 1/04)

Im Februar 2004 wurde die neue Gefahrstoffliste des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz – BIA mit Informationen zu über 4 000 Stoffen als BIA-Report 1/04 veröffentlicht. Dieser BIA-Report enthält die Arbeitsplatzgrenzwerte (MAK, TRK, BAT-Werte) und Einstufungen von Stoffen aus folgenden Vorschriften und Regeln:

- TRGS 900 Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz (Luftgrenzwerte),
- TRGS 903 Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte – BAT-Werte,
- TRGS 901 Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz,
- TRGS 905 Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe,
- TRGS 907 Verzeichnis sensibilisierender Stoffe,
- EG-Richtlinie 67/548/EWG (gemäß § 4 a der Gefahrstoffverordnung).

Ferner werden Hinweise auf stoffbezogene Regelungen z. B. in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), der Chemikalienverbotsverordnung (ChemVerbotsV) und in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) gegeben.

Neben den oben genannten Regeln und Vorschriften wurden folgende Quellen einbezogen:

- Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen,
- relevante Regeln bzw. Literatur (z. B. Technische Regeln, EG-Richtlinien, BG-Vorschriften, BG-Regeln, BG-Informationen, ZH 1- Schriften, BIA-Handbuch, BIA-Reports usw.),
- Sammlungen von Messverfahren (Deutsche Forschungsgemeinschaft, BGI 505, BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen, EG-Kommission, Health and Safety Executive – HSE, National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH und Occupational Safety and Health Administration – OSHA u. a.),
- die Norm IEC 335-2-69, Annex AA für den Einsatz von staubbeseitigenden Maschinen (Angabe der Staubklasse),
- MAK- und BAT-Werte-Liste der DFG-Senatskommission

### Aus der Arbeit des BIA

(Hinweise auf EKA-Werte und vorgeschlagene MAK-Werte). Zur wirksamen Unterstützung des Arbeitsschutzes in der Praxis hat das BIA diese wesentlichen Informationen über Gefahrstoffe am Arbeitsplatz in der Gefahrstoffliste zusammengeführt und in einer einheitlichen Liste dargestellt. Um zu verdeutlichen, unter welchen Randbedingungen ein Luftgrenzwert abgeleitet wurde, wird darüber hinaus auf die Quelle des Grenzwertes (DFG, AGS, EG, ARW) hingewiesen. So ist erkennbar, welche Grenzwerte auf der Basis arbeitsmedizinisch-toxikologischer Daten wissenschaftlich und welche technisch nach dem TRK-Konzept abgeleitet wurden.

Bei der neuen Auflage der Gefahrstoffliste wurden u. a. die Änderungen bei den Arbeitsplatzgrenzwerten (TRGS 900 und 903) sowie bei den Einstufungen (TRGS 905 und 907) bis einschließlich Ende 2003 berücksichtigt. Zu erwähnen sind insbesondere die neuen Grenzwerte für kohlenwasserstoffhaltige Gemische, Schwefelsäure, Schwefeldioxid und Ethanol.

Die Aufnahme weiterer Luftgrenzwerte in die TRGS 900 ist im Bundesarbeitsblatt angekündigt worden. Auf diese Empfehlungen der DFG-Senatskommission wird bereits hingewiesen, obwohl die Vorschläge zunächst durch den Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) hinsichtlich einer Übernahme in die TRGS 900 beraten werden.

Die Gefahrstoffliste des BIA kann kostenlos angefordert werden beim Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Alte Heerstr. 111, 53757 Sankt Augustin, Fax: 02241/231-1391, E-mail: bia-info@hvb.de, Internet: www.hvb.de/d/bia/pub/rep/rep04/bia0104.html.

**Dr. rer. nat. Wolfgang Pflaumbaum,**

Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin.