

## Stellenwert des Passivsammlers bei der Innenraumlufthuntersuchung



Bild 1:  
ORSA-Passiv-  
sammler

2-1172-94

Die Anzahl an Luftuntersuchungen in privaten Bereichen nimmt in den letzten Jahren ständig zu. Gründe dafür sind zum einen Energieeinsparungsmaßnahmen, die dazu führen, dass die Räume gegenüber der Außenluft in zunehmenden Umfang abgedichtet werden, und zum anderen die Verwendung von Produkten (Farben, Lacke, Klebstoffe, Spanplatten usw.) innerhalb der Gebäude, die Schadstoffe freisetzen und zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Bewohner führen können.

Die messtechnische Überwachung der Luftqualität erfolgt üblicherweise mit aktiven Probenahmeverfahren. Dabei wird mit Hilfe einer Pumpe ein definiertes Luftvolumen durch ein anreicherndes Medium (z.B. Aktivkohle) gesaugt. Die analytische Bestimmung der angereicherten Stoffe erfolgt im Labor nach gaschromatographischen Verfahren. Ein Verfahren ist in der VDI-Richtlinie 3482, Blatt 4 [1] beschrieben. Da für die Probenahme vor Ort ein entsprechender apparativer Aufwand (kalibrierte Pumpe) und geschultes Personal erforderlich ist, sind derartige Untersuchungen entsprechend teuer.

Aktive Probenahmen werden im Regelfall über Zeiträume von wenigen Minuten bis hin zu einigen Stunden ausgeführt. Bei kurzen Probenahmezeiten kann durch Zufälligkeiten der Probenahmerandbedingungen wie z. B. Schwankungen der Emissionsstärke aus einer einzigen Probe kein repräsentativer Messwert erzielt werden. Bei Langzeitprobenahmen zwischen einem Tag und mehreren Wochen werden solche Zufälligkeiten größtenteils ausgeglichen, so dass das daraus resultierende Ergebnis für die Beurteilung der Luftqualität wesentlich aussagekräftiger ist.

In vielen Fällen reichen für eine erste Einschätzung der Innenraumlufthqualität Übersichtsmessungen mit Passivsammlern (auch Diffusionssammler genannt) aus. Derartige Systeme sind in der Regel so einfach in der Handhabung, dass auch Laien, der verständlichen Gebrauchsanweisung folgend, damit umgehen und so ver-

wertbare Messergebnisse erzielen können. Neben solchen Passivsammlern, die nur eine bestimmte Luftverunreinigung wie z. B. Formaldehyd oder Stickstoffdioxid messen bzw. beproben, kommen insbesondere für die Stoffgruppe der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) universelle Passivsammlertypen wie z. B. ORSA zum Einsatz, die die organischen Verbindungen aus der Luft z. B. an Aktivkohle anreichern. Die Analyse der universellen Passivsammler wird nach den in der VDI-Richtlinienreihe 3482 [1] beschriebenen Verfahren vorgenommen.

### Wie funktionieren Passivsammler?

Passiv- bzw. Diffusionssammler bestehen aus einem Sammelmedium (z. B. Aktivkohle) und einer davor geschalteten Strecke, die an ihrem Ende über eine Öffnung mit definiertem Querschnitt mit der Umgebungsluft in Kontakt steht. Der Transport der Moleküle von der Öffnung zum Sammelmedium erfolgt in der innerhalb dieser Strecke ruhenden Luftschicht durch Diffusion.

Die Ursache der Diffusion ist die ungeordnete, thermische Molekularbewegung, die im gasförmigen Aggregatzustand besonders ausgeprägt ist. Dabei wandern innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes aus einem betrachteten Volumen höherer Stoffkonzentration mehr Moleküle heraus als hinein. Mathematisch lässt sich dieser Vorgang durch das 1. Ficksche Diffusionsgesetz beschreiben, das umgeformt in der folgenden Gleichung dargestellt ist:

$$\frac{dm}{dt} = D \cdot \frac{A}{L} \cdot dc$$

Darin ist  $dm$  die Stoffmenge, die in der Zeiteinheit  $dt$  durch die Querschnittsfläche  $A$  des Sammlers senkrecht zum Konzentrationsgefälle diffundiert.  $dc$  ist dabei die Konzentrationsdifferenz entlang der Diffusionsstrecke  $L$ . Der Diffusionskoeffizient  $D$  ist eine stoffspezifische Größe.

Bei Passiv- bzw. Diffusionssammlern diffundieren die Moleküle bedingt durch das Konzentrationsgefälle von der Eintrittsöffnung, die mit der Umgebungsatmosphäre in Kontakt steht, innerhalb der ruhenden Luftschicht entlang der Diffusionsstrecke zum Sammelmedium und werden von diesem aufgenommen. Unter der Voraussetzung, dass die Konzentration unmittelbar über dem Sammelmedium Null ist und an der Eintrittsöffnung der Konzentration in der Umgebungsluft entspricht, ist die aufgenommene Stoffmasse proportional der Expositionszeit und der Konzentration.

$$m = D \cdot \frac{A}{L} \cdot c \cdot t$$

Der Term  $D \cdot A / L$  beschreibt die Aufnahme­rate des Passivsammlers für den betrachteten Stoff und wird bevorzugt in mL/min. angegeben. Dabei ist der Quotient  $A/L$  spezifisch für den Sammlertyp bzw. für die Sammlergeometrie.

Die Kenntnis des stoffspezifischen Diffusionskoeffizienten ist für die Berechnung der Sammelrate von entscheidender Bedeutung. Für eine Vielzahl von Stoffen werden von den Herstellern Sammelraten angegeben, die entweder in Laborversuchen ermittelt oder mit Hilfe von Näherungsformeln [2, 3] berechnet worden sind.

#### Sind Passivsammler geprüfte Messverfahren?

Die Validierung von Passivsammlern für den Einsatz in Arbeitsbereichen erfolgt nach der EN 838. Danach werden u.a. die Einflüsse

- der Stoffkonzentration (0,1 bis 2-facher Grenzwert)
- der Expositionsdauer (30 Minuten bis 8 Stunden)
- der relativen Luftfeuchte (20 bis 80 %)
- der Temperatur (0 bis 40 °C)
- der Anströmgeschwindigkeit
- von Störkomponenten auf die Aufnahme­rate des Passivsammlers untersucht.

Da in Innenräumen andere Verhältnisse insbesondere im Hinblick auf die Stoffzusammensetzung, der Konzentrationen und Expositionszeiten herrschen, wird zur Zeit für diesen Anwendungsfall eine entsprechende Norm erarbeitet. Bedingt durch die vergleichsweise niedrigen Stoffkonzentrationen in der Luft von Innenräumen sind Probenahmezeiten von einem Tag bis hin zu mehreren Wochen erforderlich, um die Stoffe in dem relevanten Konzentrationsbereich ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nachzuweisen.

Bereits 1984 wurde der ORSA-Diffusionssammler für die Probenahme von VOC in Innenräumen überprüft und mit Erfolg für Messungen über Zeiträume von 3 bis 15 Tagen eingesetzt [4].

Bild 2: Funktionsprinzip von Passivsammlern

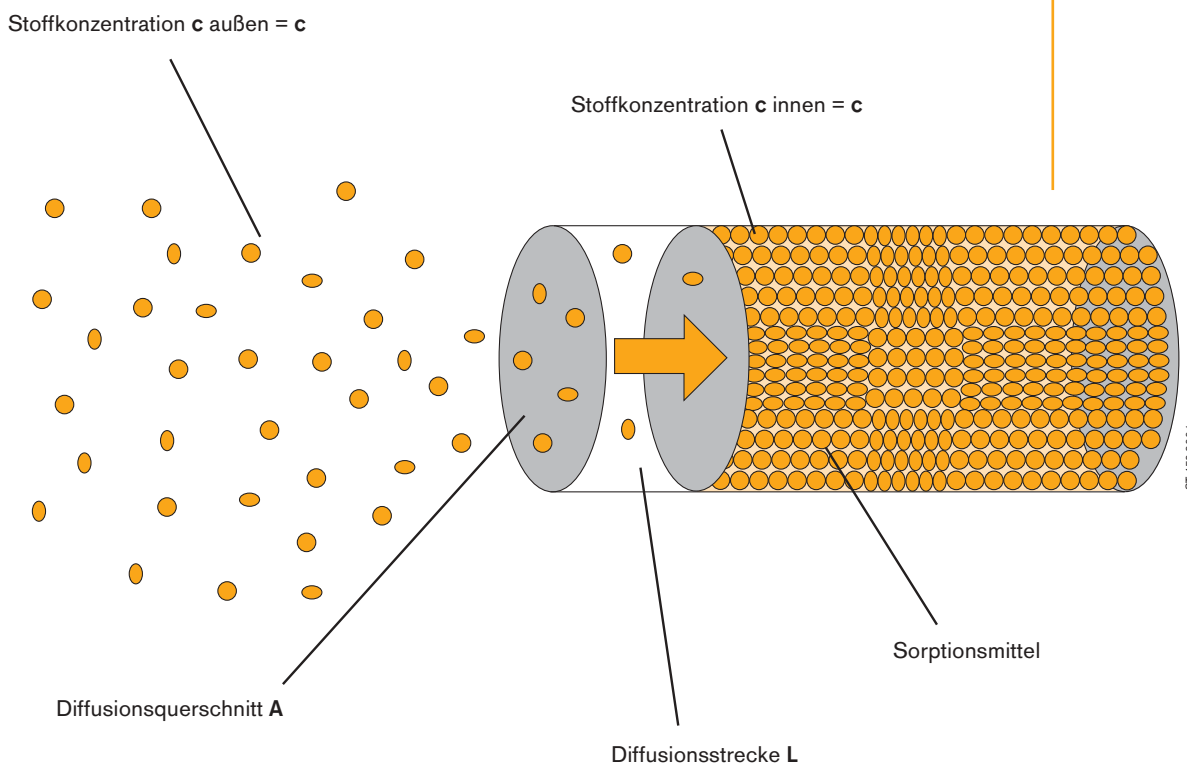


Tabelle 1: Ringversuch VOC, Vergleich ORSA und 3 aktive Probenahmeverfahren

	ORSA	Tenax (aktiv)	Tenax (aktiv)	Porapac (aktiv)
n-Decan	1395	1210,0	1134,0	1105,8
Xylol	1030	1275,0	1256,0	1173,7
1,1,2-Trichlorethan	869	1000,0	894,3	1059,0
Butylacetat	831	682,5	634,3	779,5
a-Pinen		1127,5	624,7	651,0
3-Heptanon	368	257,5	224,3	273,5
1-Octene	352	337,5	283,0	334,3
1-Butanol	352	362,0	804,0	711,5
Pentanal			302,7	256,9

1986 wurde ein Ringversuch vom Joint Research Centre, Ispra ausgerichtet [5]. Dabei wurden u. a. aktive Probenahmesysteme (Tenax-, Porapac-Röhrchen) und Passivsammler, wie z. B. ORSA, mit einem Prüfgas von 9 VOC mit einer Gesamtkonzentration von ca. 5 mg/m<sup>3</sup> bei 23 °C und 50 % relativer Luftfeuchte über einen Zeitraum von fünf Tagen beaufschlagt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Resultate der Aktiv- und Passivprobenahmen zeigen hinsichtlich der Konzentrationen von Decan, Xylol, 1,1,2-Trichlorethan, Butylacetat, 3-Heptanon und 1-Octen vergleichsweise gute Übereinstimmung. Für 1-Butanol wurden von zwei Labors, die Tenax und Porapac aktiv eingesetzt haben, deutlich höhere Werte gefunden. Pentanal und a-Pinen wurden von uns seinerzeit nicht analysiert.

Seit Inkrafttreten der 2. Bundesimmissionsschutzverordnung in 1991 werden in verstärktem Umfang Tetrachlorethen-Messungen in betriebsfremden benachbarten Räumen von Chemischreinigungen durchgeführt, um die Einhaltung des Grenzwertes

von 0,1 mg/m<sup>3</sup> zu überprüfen. Die Ergebnisse von Voruntersuchungen haben gezeigt, dass ORSA für die Probenahme von Tetrachlorethen geeignet ist (Tabelle 2). Der ORSA-Diffusions-sammler wird vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) für die messtechnische Überwachung der Tetrachlorethen-Konzentration in Innenräumen empfohlen [6].

Diese Methode wird von den Gewerbeaufsichtsämtern eingesetzt, um die Luft in Wohnräumen und Lebensmittelgeschäften, die sich in der Nachbarschaft von Chemischreinigungen befinden, zu überwachen. Die Probenahmedauer erstreckt sich über einen Zeitraum von einer Woche, um sämtliche Betriebsbedingungen der Anlage zu erfassen. In unserem Labor wurden in den vergangenen Jahren weit über 3000 Proben analysiert. In einigen Bundesländern werden zur Absicherung der Resultate Doppelbestimmungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen weisen gute Reproduzierbarkeit auf.

Der Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) schlägt für die Überwachung der Benzolbelastung an Kassenarbeitsplätzen

von Tankstellen, an denen schwangere Frauen beschäftigt sind, Messungen mit Passivsammlern (ORSA) über den Zeitraum von mindestens einer Arbeitswoche vor [7]. Dabei wird geprüft, ob der Interventionswert von 25 µg Benzol/m<sup>3</sup> eingehalten wird [8].

**Welche Messaufgaben werden von Passivsammlern abgedeckt?**

Passivsammler können im Rahmen von Innenraumluftuntersuchungen für unterschiedliche Aufgaben eingesetzt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass nicht alle Messaufgaben aufgrund der spezifischen Eigenschaften des Sammelsystems abgedeckt werden können. So kann z. B. wegen der relativ langen Probenahmezeiten keine hohe zeitliche Auflösung erzielt werden. Passivsammler liefern ein integrales Messergebnis als Mittelwert über den gewählten Probenahmezeitraum von einigen Tagen bis mehreren Wochen. Konzentrations-spitzen gehen dabei in den Mittelwert ein. Mit Passivsammlern können sowohl Einzelmessungen als auch Messungen in verschiedenen Räumen eines oder mehrerer Gebäude zeitgleich mit geringem Aufwand durchgeführt werden.

Passivsammler können für folgende Messaufgaben eingesetzt werden:

### Übersichtsmessungen („Screening-Messungen“)

Wenn keine Vorinformation über die Luftqualität vorliegt oder die Raumnutzer über schlechte Luft klagen können im ersten Schritt Passivsammler für Übersichtsmessungen eingesetzt werden. Dabei steht das Interesse über die qualitative Zusammensetzung der Luft und das Erkennen von Auffälligkeiten im Vordergrund. Der wesentliche Vorteil von VOC-Passivsammlern besteht darin, dass er neben den Verbindungen, für die er geprüft wurde auch andere Stoffe erfasst, die routinemäßig nicht bestimmt werden und daher vorab keiner Qualitätssicherung unterliegen. Für diese Stoffe liegen in der Regel keine Aufnahmeraten vor. Diese können dann durch theoretische Berechnungen oder durch Übernahme der bekannten Sammelrate einer chemisch ähnlichen Verbindung abgeschätzt werden. Daraus resultiert eine Abschätzung der Konzentrationen. Durch Vergleich der Ergebnisse mit den Werten von veröffentlichten Studien, die z. B. in unbelasteten Haushalten durchgeführt worden sind, werden Auffälligkeiten sichtbar. Für Übersichtsmessungen wird der Passivsammler frei in der Mitte des Raumes aufgehängt. Während der Probenahmedauer ist der Raum wie gewohnt zu nutzen.

### Auffinden von Quellen

Wenn eine Quelle innerhalb eines Raumes lokalisiert werden soll, sind parallel mindestens zwei Passivsammler einzusetzen. Dabei wird ein Sammler z. B. frei in der Mitte des Raumes aufgehängt während der zweite in der Nähe der vermuteten Quelle platziert wird.

### Erfolgskontrollen von Maßnahmen zur Verbesserung der Innenraumluftqualität

Kontrollmessungen nach Sanierungsmaßnahmen, Änderung der Aktivitäten der Raumnutzer oder sonstiger gezielter Maßnahmen zur Minimierung von Emissionsquellen sind zeitversetzte Messungen, die hinsichtlich des Sammlertyps, der Probenahmedauer und den klimatischen Parametern unter vergleichbaren Bedingungen durchzuführen sind. Hohe Anforderungen sind an die Reproduzierbarkeit zu stellen, da die Erfolgskontrolle auf einen kritischen Vergleich von Messergebnissen beruht. Dabei ist auch eine umfassende Dokumentation der Probenahmbedingungen (z. B. Aktivitäten der Raumnutzer, Luftwechsel, raumklimatische Parameter, gleicher Sammlertyp, gleicher Probenahmeort) von Bedeutung, um die Ergebnisse korrekt interpretieren zu können.

### Überwachung von Grenz- oder Richtwerten

Wenn Grenz- oder Richtwerte überwacht werden sollen, die an einen bestimmten Zeitraum gekoppelt sind, wie z.B. der Grenzwert von Tetrachlorethen (0,1 mg/m<sup>3</sup> über 7 Tage), kommen ausschließlich solche Passiv-

sammler infrage, die in der Lage sind, diesen Wert in dem angegebenen Zeitraum sicher zu messen. Für die Grenzwertüberwachung sind besonders hohe Ansprüche an die Genauigkeit zu stellen. Dementsprechend können nur Passivsammler eingesetzt werden, die für diese spezielle Messaufgabe umfassend geprüft worden sind. Um Verfahrensabweichungen und mögliche Manipulationen am Passivsammler zu erkennen, sollten zeitgleich am selben Probenahmeort mindestens zwei Sammler beprobt werden.

### Expositionsmessungen

Wenn die Exposition einer Person überwacht werden soll, wird der Passivsammler im Einatembereich an der Kleidung befestigt. Während der Nacht ist der Sammler so in der Nähe der schlafenden Person zu platzieren, dass eine freie Anströmung gewährleistet ist. Während der gesamten Probenahmedauer ist der Lebensabschnitt umfassend zu dokumentieren, damit das Messergebnis eingeschätzt werden kann.

### Was ist bei der Probenahme mit Passivsammlern zu beachten?

Bei dem Einsatz von Passivsammlern sind neben den bei allen Messverfahren wichtigen Kenngrößen die Konstanz der Sammelrate sowie mögliche Einflüsse durch Luftfeuchte und Luftbewegung zu beachten. Von besonderer Bedeutung ist eine gewisse minimale Luftanströmung von etwa 1 bis 10 cm/s, die vorhanden sein muß. Diese Grundvoraussetzung resultiert daraus, dass der zu messende Stoff aus der Umgebungsluft nicht

Tabelle 2: Ergebnisse der Langzeitprobenahme von Tetrachlorethen

Sollwert / Klimafaktoren	Probenahmedauer	Istwert Passivsammler ORSA
Tetrachlorethen: 120 µg/m <sup>3</sup> Temperatur 22 bis 25 °C Luftfeuchte ca. 50 % rel.	24 Stunden	kleiner Bestimmungsgrenze
	48 Stunden	119 / 123 µg/m <sup>3</sup>
	72 Stunden	118 / 110 µg/m <sup>3</sup>
	96 Stunden	115 / 112 µg/m <sup>3</sup>
	102 Stunden	122 / 113 µg/m <sup>3</sup>

wie bei aktiven Probenahmesystemen mit Hilfe einer Pumpe an das anreichernde Medium herangeführt wird, sondern durch Diffusion innerhalb des Sammlers. Wenn infolge einer zu geringen Luftbewegung eine nicht der Umgebungskonzentration entsprechende Anzahl herantransportiert wird, verarmt die Atmosphäre in der unmittelbaren Umgebung des Sammlers, was zu einer Unterschätzung der Konzentration führen würde [9]. Das Ausmaß des Effektes ist von der Geometrie des Sammlers abhängig. Sammler vom Badge-Typ benötigen in der Regel eine höhere Anströmgeschwindigkeit als Sammler vom Röhrentyp. Die Luftströmungen in nicht klimatisierten Räumen liegen deutlich unter 1 m/s, manchmal auch unter 10 cm/s. Für Passivsammler vom Röhrentyp wie ORSA reicht diese Anströmgeschwindigkeit in der Regel aus.

Für die meisten Fragestellungen wird der Passivsammler z. B. mit Hilfe eines Fadens in der Mitte des Raumes in einer Höhe von 1,5 bis 2 m und einem Abstand zur nächsten Wand von mindestens 1 m frei aufgehängt, so dass eine möglichst unbeeinflusste Anströmung gewährleistet ist. Dabei ist darauf zu achten, dass sich der Sammler nicht in unmittelbarer Nähe von Lampen, Heizkörpern oder Öfen befindet, weil sich infolge der Strahlungswärme die Aufnahme rate verändern könnte. Der ausgewählte Probenahmeort darf während der Messung nicht verändert werden.

Da Passivsammler in der Regel unbeaufsichtigt beprobt werden, ist Vorsorge zu treffen, dass vorhersehbare Manipulationen durch Kinder oder Haustiere und unbeabsichtigte Störungen durch übliche Handlungen der Raumnutzer ausgeschlossen werden. Eine gezielte Manipulation des Sammlers, um das Messergebnis zu beeinflussen, kann jedoch nie ausgeschlossen werden. Allerdings können derartige Manipulationen häufig

durch Plausibilitätsbetrachtungen wie z. B. durch Vergleich der Ergebnisse von Doppelproben oder beim Auftreten ungewöhnlich hoher Werte erkannt werden.

**Welche Aussagekraft haben die Ergebnisse von Passivsammlermessungen?**

Passivsammler sind ein wichtiges Hilfsmittel bei fehlender Vorinformation. Anhand des Analysenergebnisses kann entschieden werden, ob weiterführende Untersuchungen erforderlich sind.

Die Ergebnisse von Passivsammlern, die für Übersichtsmessungen eingesetzt worden sind, haben zunächst nur orientierenden Charakter, insbesondere dann, wenn die Sammler von Laien beprobt worden sind. Das Analysenergebnis lässt Rückschlüsse zu, ob organische Verbindungen in unauffälliger oder auffälliger Konzentration in der Innenraumluft vorliegen. Dieser Tatsache wird bei der Dräger Analysetechnik dahingehend

**Tabelle 3: Bei den Passivsammlern ORSA-Indoor und Bio Check Löse-mittel wird diese Klassifizierung für folgende Stoffe durchgeführt:**

Stoffe	arithm. Mittelwert*	95.Percentil*	Maximalwert*
Benzol	9	22	90
Toluol	78	190	1710
Ethylbenzol	10	25	160
Xylol (alle Isomere)	29	75	350
3- und 4-Ethyltoluol	9	24	230
n-Hexan	9	22	144
n-Dekan	15	52	239
a-Pinen	10	27	250
Limonen	25	103	315
Ethylacetat	10	28	204
Tetrachlorethen	12	27	807
1,1,1-Trichlorethan	8	26	260

\*Vergleichdaten der BGA-Studie

Rechnung getragen, dass in dem Analysenbericht keine konkreten Zahlenwerte für die Konzentrationen angegeben, sondern eine Klassifizierung von „unauffällig“ bis „sehr auffällig“ vorgenommen wird. Die Einteilung der Klassen kann sich z. B. an den Ergebnissen der vom Bundesgesundheitsamt in 1985/86 durchgeführten Studie „Messung und Analyse von Umweltbelastungsfaktoren in der Bundesrepublik Deutschland“ orientieren. Bei dieser Studie wurde die Innenraumluft von ca. 500 repräsentativ ausgewählten „unbelasteten“ Haushalten in Bezug auf organische Verbindungen mit Passivsammlern untersucht [10]. So bedeutet z. B. die Klasse

**„unauffällig“**

nicht nachweisbar, bzw. Messwert ist kleiner als der arithmetische Mittelwert

**„noch unauffällig“**

Messwert ist größer als der arithmetische Mittelwert aber kleiner als der Konzentrationswert des 95. Perzentils<sup>1</sup>

**„auffällig“**

Messwert ist größer als der Konzentrationswert des 95. Perzentils aber kleiner als der Maximalwert

**„sehr auffällig“**

Messwert ist größer als der Maximalwert

Werden bei der Analyse weitere Stoffe nachgewiesen, so wird dieses im Analysenbericht ohne Konzentrationsangabe aufgeführt. Bei den Ergebnissen „auffällig“ (Messwert größer 95. Perzentil) und „sehr auffällig“ (Messwert größer Maximalwert) sollten weitere Untersuchungen zur Lokalisierung der Quelle durchgeführt werden.

Wenn Passivsammler für eine spezielle Messaufgabe geprüft worden sind, wie z.B. ORSA für die Bestimmung der Tetrachlorethen- oder Benzol-Konzentration in der Luft von Innenräumen, können diese auch für

die messtechnische Überwachung von Grenz- und Richtwerten eingesetzt werden. Dabei wird geprüft, ob der Grenzwert des Tetrachlorethens von 0,1 mg/m<sup>3</sup> in der Innenraumluft von Räumen, die sich in der Nachbarschaft von Chemischreinigungen befinden, unter- oder überschritten wird. Beim Benzol wird geprüft, ob der Interventionswert in Höhe von 25 µg/m<sup>3</sup> eingehalten wird. Der Interventionswert ist zum Schutz beschäftigter Schwangerer in Kassenräumen von Tankstellen festgesetzt worden. Der Überwachungszeitraum beträgt jeweils eine Woche. Für den Fall, dass parallele Doppelmessungen durchgeführt worden sind und die Ergebnisse innerhalb der üblichen Verfahrensstreuung liegen, können diese für die Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden. Bei Messwerten im Bereich oder oberhalb des Grenzwertes sollten weitere Untersuchungen mit einem unabhängigen Messverfahren durchgeführt werden. ■

**Literatur**

- [1] VDI-Richtlinie 3482, Blatt 4, Messen gasförmiger Immissionen, Gas-chromatographische Bestimmung organischer Verbindungen mit Kapillarsäulen, Probenahme durch Anreicherung an Aktivkohle, Desorption mit Lösemittel, 11/1984.
- [2] Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, Band 5, Urban & Schwarzenberg, München-Berlin, 1954, S. 845 ff
- [3] K.-H. Pannwitz, Diffusionskoeffizienten, Drägerheft 327, 1983
- [4] K.-H. Pannwitz, Indoor air monitoring by sample taking at solid matrices, Proceedings of the 3rd International Conference on Indoor Air quality and Climate, Volume 4, page 197 – 201, 1984
- [5] M. de Bortoli, L. Molhave, M.A. Thorsen, D. Ullrich, European Interlaboratory Comparison of Passive Samplers for Organic Vapour Monitoring in Indoor Air, Commission of the European Communities, 1986

[6] Schriftenreihe des LAI, Zweifelsfragen bei der Auslegung und Anwendung der 2.BImSchV, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1994

[7] LASI-Veröffentlichungen, LV 11 Schutz schwangerer Frauen vor Benzol-exposition in Verkaufsräumen von Tankstellen und anderen Arbeitsplätzen, Juli 1997

[8] Andreas Manns, ORSA-Benzol – Passivsammler zur Prüfung der umweltbedingten Benzolbelastung, Drägerheft Special, Oktober 1999

[9] K.-H. Pannwitz, Influence of air currents on the sampling of organic solvent vapours with diffusive samplers. Proceedings of the Symposium „Diffusive Sampling“ in Luxembourg (1986), S. 157 ff.

[10] Bekanntmachung des Bundesgesundheitsamtes: Bewertung der Luftqualität in Innenräumen. Bundesgesundheitsblatt 3, S. 117-118, 1993.

*Karl-Heinz Pannwitz  
Dräger Sicherheitstechnik GmbH  
karl-heinz.pannwitz@draeger.com*

<sup>1</sup> Unter dem 95. Perzentil versteht man den Konzentrationswert, der in 95 % der Haushalte unterschritten wird.