Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 86 (1995)

Heft: 6

Artikel: Bestimmung von VOC in Büroräumen : analytischer Erfahrungsbericht über eine europäische Studie an 56 Bürogebäuden = Analysis of VOC in office environments analytical report about a European study of 56 office buildings

Autor: Mogl, Stefan / Haas, Johann / Knutti, Rudolf

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-983654

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **86**, 657–671 (1995)

Bestimmung von VOC in Büroräumen

Analytischer Erfahrungsbericht über eine europäische Studie an 56 Bürogebäuden*

Analysis of VOC in Office Environments
Analytical Report about a European Study of 56 Office Buildings

Key words: Indoor air quality, VOC analysis, Adsorbens for thermal desorption, Office environments, European study

Stefan Mogl, Johann Haas und *Rudolf Knutti*
Abteilung Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene des BIGA, Zürich

Einleitung

Das europäische Projekt *European Audit Project to optimize Indoor Air Quality and Energy Consumption in Office Buildings* hatte zum Ziel, eine optimale Energienutzung bei bleibender Qualität der Innenraumluft zu erreichen. Im Rahmen dieses Projektes wurden Kriterien und Methoden zur Beurteilung der Raumluftqualität und der Raumbelüftung entwickelt. Zu diesem Zweck wurden in neun Ländern total 56 Bürogebäude ausgewählt und untersucht (1). Dabei wurde darauf geachtet, dass die Gebäude nicht als Problemgebäude bekannt waren. Die Auswahl stellte keine statistisch repräsentative Stichprobe für das jeweilige Land dar. Ein Teil der Untersuchung bestand in der Analyse der flüchtigen organischen Substanzen (VOC) in allen Gebäuden. Die Abteilung Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene des BIGA mit ihrem Labor in Zürich übernahm dafür die Analytik.

Methode

TDS-Röhrchen (Thermodesorptionsröhrchen) gefüllt mit 250 mg Sorbens (Tenax TA 60–80 mesh) wurden mit Hilfe einer Pumpe mit einem bestimmten Volu-

* Vortrag gehalten an der 107. Jahrestagung der Schweizerischen Gesellschaft für Lebensmittel- und Umweltchemie, Löwenberg (bei Murten), 8. September 1995

men an Raumluft beladen. Die Röhrchen wurden thermodesorbiert und mit GC/FID/MS analysiert.

Probenträger

TDS-Röhrchen aus Stahl von Perkin Elmer wurden mit Swage-Lock-Verschlüssen mit Teflon Ferrules verschlossen. Zur Überprüfung der Dichtheit wurden unbeladene verschlossene Röhrchen in einem Exsikkator einer Konzentration von 1000 ppm Toluol ausgesetzt. Nach mehreren Stunden Exposition konnte auf den Röhrchen kein Toluol nachgewiesen werden (Nachweisgrenze im MS < 1 ng pro Röhrchen).

Sorbens

Die Wahl eines geeigneten Sorbens ist für die Qualität der Analyse von grosser Bedeutung (2). Voraussetzung dafür sind gute Kenntnisse der Adsorptions- und Desorptionseigenschaften des Adsorbens gegenüber den zu erfassenden Verbindungen. Für die gestellte Aufgabe wurde ein Adsorbens benötigt, das einen möglichst breiten Siedepunkts- und Polaritätsbereich abdeckt (3). Aus zeitlichen Gründen konnten vor Beginn des Projektes keine Versuche zur Bestimmung der zur Charakterisierung wichtigen Kenngrössen Durchbruchvolumen, Wiederfindungsrate und Lagerungsfähigkeit durchgeführt werden. Aufgrund der von *Wäger* (3) gemachten Erfahrungen, wurde als Sorbens Tenax TA (60–80) mesh gewählt.

Die Wahl von Tenax konnte durch die Bestimmung seiner Kenngrössen im Anschluss an das Projekt zum Teil bestätigt werden. Die Arbeiten zur Ermittlung der Kenngrössen wurden im Rahmen der europäischen Studie «Study of sorbing agents for the sampling of volatile compounds from air» durchgeführt. Diese Studie hatte zum Ziel, das beste auf dem Markt erhältliche Sorbens zur Sammlung und anschliessenden Thermodesorption von VOC zu eruieren. Zusätzlich sollte eine Norm für die einheitliche Bestimmung von VOC in der EU entworfen werden.

Studie

Aus einer Gruppe von anfänglich 16 Adsorbentien wurden nach einer ersten Voruntersuchung durch die Health and Safety Executive in England 11 ausgeschieden. Für die übrigen fünf (Tenax TA, Tenax GR, Cromosorb 106, Carbopack B, Carbotrap) wurden in einer breitangelegten Testphase die Kenndaten für 20 ausgewählte Substanzen ermittelt. In der Tabelle 1 sind die gefundenen Werte auszugsweise dargestellt (4).

Schlussfolgerungen

Keines der getesteten Sorbentien eignete sich für die Analyse aller 20 Substanzen. Chromosorb 106 erfüllte die gestellten Anforderungen für deren 16 und wurde deshalb als geeignetstes Sorbens für die Analyse von VOC empfohlen. Seine

Tabelle 1. Resultate für Durchbruchvolumen, Wiederfindungsrate und Lagerungsfähigkeit aus der Sorbensstudie (4)

Substanz	Adsorbentien														
	Tenax TA			Tenax GR			Chromosorb 106			Carbopack B			Carbotrap		
	BTV (l/g)	DR (%)	ST (± %)	BTV (l/g)	DR (%)	ST (± %)	BTV (l/g)	DR (%)	ST (± %)	BTV (l/g)	DR (%)	ST (± %)	BTV (l/g)	DR (%)	ST (± %)
Pentan	R			R			39	115		13/43			22	95	–13
Hexan	11/16	88/100	–2/1	10/22	100/108	–3/1	80/210	96/109	3/6	430/630	85/91	–17	580/1.1k	96/100	–3/1.5
Benzol	23/37	93/103	–1	9/13	110/114	–8	95	102		110	88/93	–17	120/140	100	11
Dichlormethan	2			R			12	117		<1			<1		
Trichlorethan	R			R			70	104	1	22	85/92	–29	390	100	6
Methanol	R			R			1			<1			R		
Ethanol	R			R			5	75	–4	<1	88/95		<1		–6
Butanol	17	100	–3	28	104/111	–2	225	108	1	27			6	134	–1
Methylacetat	4	100/107		R			23	112		1			1		
Methoxyethanol	10/17	80	–3/3	15	123	–8	75	116		12			17	100	–2
MEK	10	94/96	–1	7	104	–3	28	100/102	3	15	91/95	–28	24	100	1
Acetonitril	R			R			6	126		5	48/83	–39	<1		
Butylacetat	R			1	107		690	117	4	192	93/94		150	100	–10
α-Pinen	3/7	95/103	1	4/13	109/119	–3/–5	6k/16k	105/117	8	6k/16k	95/108	–26	$1x10^{10}$	83/100	–6/11
Decan	6k	97/105	3	1.2k	114	–12	100k	85	4	$>2.5x10^{9}$	90/110	–30	$>1x10^{10}$	100	6
Ethylenoxid	R			N.D.			1			<1			R		
Propylenoxid	R			R			3	71	3	<1	89/94		R		
Hexanal	107	100	–9	50/390	108/128	–11	2.8k	105	–2	N.D.			770	98	–3

Substanz	Adsorbentien														
	Tenax TA			Tenax GR			Chromosorb 106			Carbopack B			Carbotrap		
	BTV	DR	ST	BTV	DR	ST	BTV	DR	ST	BTV	DR	ST	BTV	DR	ST
	(l/g)	(%)	(± %)	(l/g)	(%)	(± %)	(l/g)	(%)	(± %)	(l/g)	(%)	(± %)	(l/g)	(%)	(± %)

BTV = Die Hälfte des chromatographischen Rückhaltevolumens, bestimmt gemäss (4)

DR = Wiederfindungsrate im Vergleich zu der als 100%ig geltenden Wiederfindung von Hexan auf Tenax TA

ST = Zunahme oder Abnahme nach 2wöchiger Lagerung bei Raumtemperatur im Vergleich zu nicht gelagerten Proben

R = Aufgrund von kleinem Durchbruchvolumen von weiteren Versuchen ausgenommen

N.D. = nicht bestimmt

k = 1000

/ = Werte zweier Laboratorien

Anwendung wurde jedoch eingeschränkt, da Chromosorb 106 einen deutlich höheren Blindwert als die anderen vier Sorbentien aufwies. Für Analysen von Raumluft mit tiefen VOC-Konzentrationen empfiehlt die Studie (4) in dieser Reihenfolge Carbotrap, Tenax GR, Tenax TA und Carbopack B. Unsere Wahl von Tenax TA wurde somit zum Teil bestätigt.

Vor dem Abfüllen in die Proberöhrchen wurde Tenax TA bei 250 °C während 16 h unter Inertgas vorkonditioniert (5). Zur Konditionierung wurden die Proberöhrchen auf dem TDS bei 280 °C 2- bis 3mal für 10 min desorbiert.

Interner Standard

Die frisch konditionierten Tenax-Röhrchen wurden mit internem Standard (IS) beladen. Als IS wurde Toluol-d_8 verwendet. Zur Beladung wurden die Röhrchen mit einer Swage-Lock-Verbindung an den Ausgang eines GC-Injektors angeschraubt, durch den ein Helium-Fluss (Qualität 5,0) von 80 ml/min strömte. In den Injektor wurden 1 µg Toluol-d_8 verdünnt in 0,5 µl Methanol (purge and trap Qualität) injiziert. Das Röhrchen wurde nach der Injektion während 2 min weiter mit Helium gespült, um das Methanol vom Tenax zu blasen (das Durchbruchvolumen von Methanol auf Tenax ist sehr tief).

Zur Kontrolle der Reproduzierbarkeit wurden 13 Proberöhrchen hintereinander beladen und mit TDS/GC/FID analysiert. Die relative Standardabweichung für das FID-Signal von Toluol-d_8 betrug 2%; die maximale Abweichung vom Mittelwert lag bei ± 2,6%.

Probenahme

Pro Gebäude wurde jeweils ein Set von 10 Proberöhrchen wie folgt eingesetzt: je eine Probe für Aussenluft, Zuluft, Abluft, Blank und sechs Gebäudeproben. Mit einer Konstant-Flow-Pumpe wurden die Röhrchen bei einer Sammelrate von 30–40 ml/min und einer Sammeldauer von 100–120 min mit maximal 5 l Luft beladen.

Gemäss den gemachten Erfahrungen in der erwähnten Adsorbensstudie sind 5 l Sammelvolumen für mit 250 mg Tenax gefüllte Proberöhrchen zu hoch und es muss vereinzelt mit Durchbruch bei leichtflüchtigen Substanzen gerechnet werden (Tabelle 1). Die Sorbensstudie empfiehlt für TDS-Röhrchen ein Probenahmevolumen von 2,5 l bei einer Sammelrate von 5–200 ml/min. Dadurch können Tagesproben von 8 h oder Kurzzeitproben von 10 min genommen werden. Das Sammelvolumen von 2,5 l bezieht sich auf eine Raumtemperatur von 20 °C und sollte pro 10 °C Temperaturanstieg um den Faktor 2 reduziert werden (4).

Thermodesorption (TDS)

Die Thermodesorption hat gegenüber der Lösungsmitteldesorption verschiedene Vorteile (3, 4), wobei für den Einsatz im Büro- oder Wohnbereich die erhöhte Empfindlichkeit das wichtigste Argument darstellt. Es kann als Nachteil gesehen werden, dass infolge der Aufgabe der gesamten Probe bei der TDS nur *eine* Bestimmung pro Proberöhrchen möglich ist. Im vorliegenden Projekt wirkte sich dies aber als Vorteil aus, da die durch 600 Proben anfallende Datenmenge nicht unnötig durch Mehrfachbestimmungen erhöht wurde. Voraussetzung dafür war eine funktionierende Qualitätssicherung zur Verhinderung von Probenverlust. Während dem ganzen Projekt mussten aufgrund von technischen Pannen oder Fehlmanipulationen nur 10 Proben verworfen werden.

Die Proberöhrchen wurden mit einem ATD 400 gemäss den Bedingungen in Abbildung 1 desorbiert.

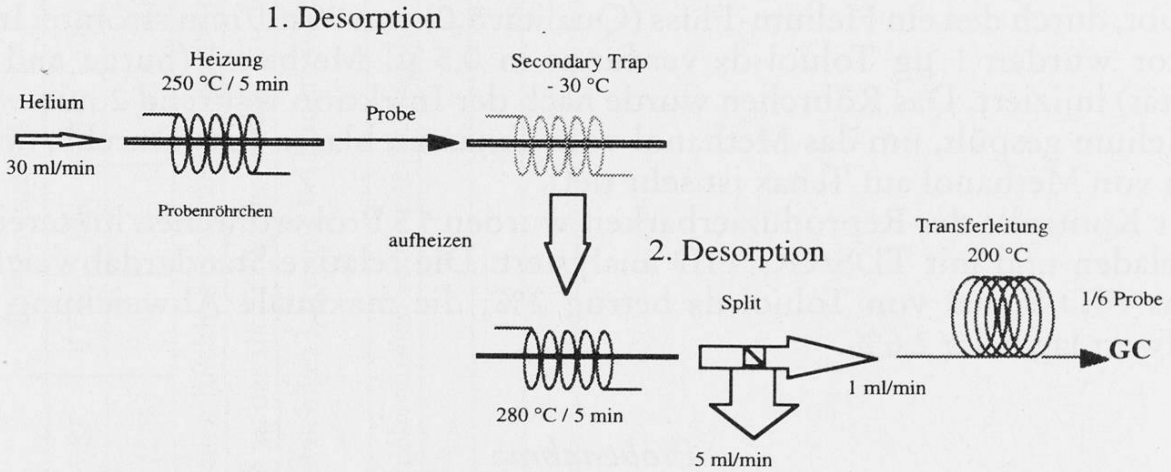

Abb. 1. Bedingungen für die Thermodesorption der Proben (PE ATD 400)

Um maximale Empfindlichkeit zu erreichen, wurde bei einem Splitverhältnis von 1:5 gearbeitet. Bei kleineren Splitverhältnissen wurden Peak-Verbreiterungen im vorderen Teil des Chromatogramms beobachtet. Zur Verbesserung der chromatographischen Auflösung erwies sich eine Erhöhung auf das vom Hersteller empfohlene Minimum von 1:10 als sinnvoll.

Chromatographie

Bei der Wahl der Chromatographiebedingungen wurde aufgrund der grossen Anzahl Proben versucht, bei akzeptabler Chromatographiedauer eine möglichst gute Auftrennung zu erhalten.

Am Ende der Säule wurde zur Splittung zwischen FID und MS ein T-Stück aus desaktiviertem Glas eingebaut. Um zwischen FID und MS (Vakuum) eine 1:1-Splittung zu erhalten, wurden als Restriktion 50 cm (0,1 mm) unbelegte Fused Silica-Säule verwendet. Die Apparatur und die GC-Bedingungen sind in Abbildung 2 dargestellt.

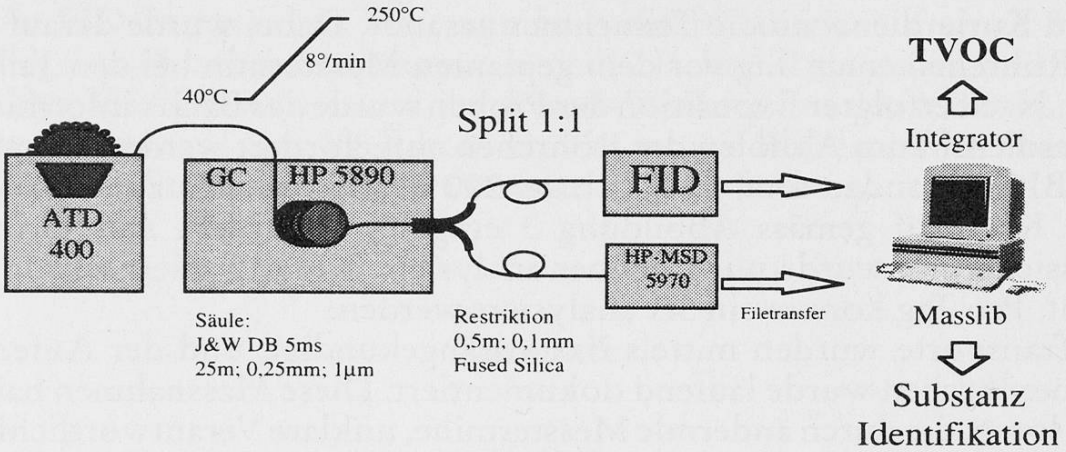

Abb. 2. Schematische Darstellung der VOC-Analyse

Datenakquisition

Das FID-Chromatogramm wurde mit einer Integrations-Software auf einem PC aufgezeichnet und abgespeichert. Es diente zur Bestimmung des TVOC (total volatile organic compounds) und zur Quantifizierung der mit dem MS identifizierten Substanzen. Das Massenspektrum wurde zur Auswertung mit der MassLib-Software (Max-Plank-Institut für Kohlenforschung, Mülheim) von der HP Pascal Workstation auf eine VAX transferiert.

Logistik

Die konditionierten und mit internem Standard beladenen Proberöhrchen wurden in Sets von 10 Stück zusammen mit einer Anleitung zur Handhabung und Probenahme und den entsprechenden Papieren für den Hin- und Rücktransport

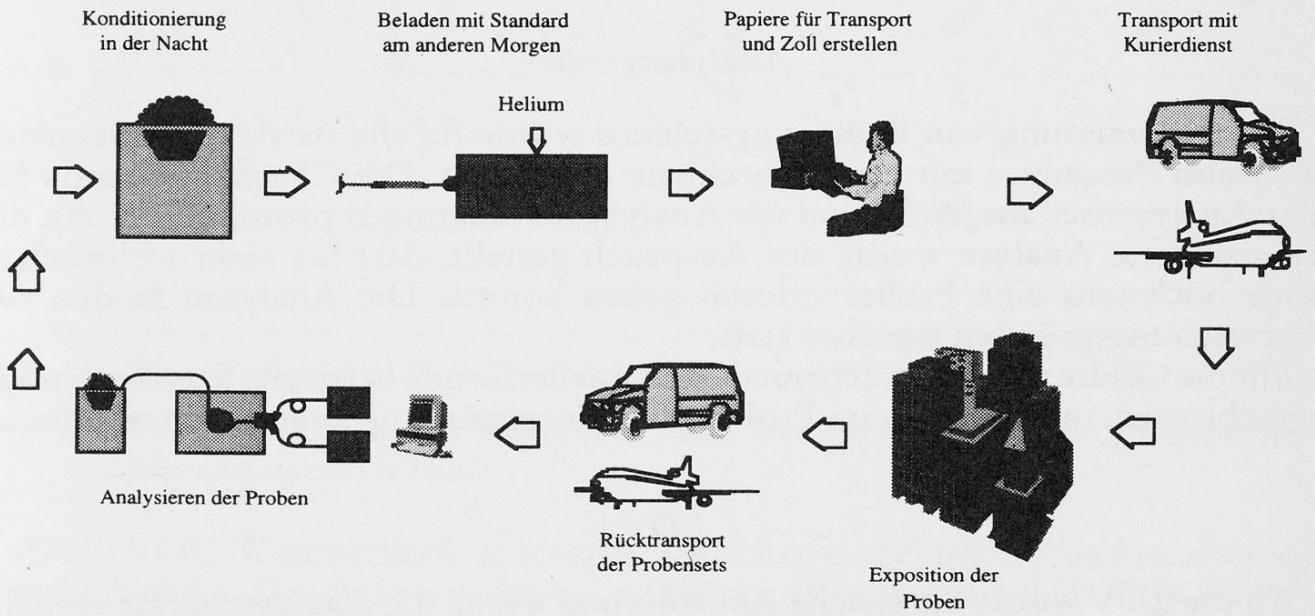

Abb. 3. Kreislauf der Probenröhrchen

mit einem Kurierdienst an die Teilnehmer gesandt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Röhrchen einen Tag vor dem geplanten Messtermin bei den Teilnehmern eintrafen. Nach erfolgter Exposition der Proben wurde das BIGA informiert, damit der Kurierdienst zum Abholen der Röhrchen aufgefordert werden konnte.

Dem BIGA standen total 20 Sets bzw. 200 Proberöhrchen zur Verfügung, die in einem Kreislauf gemäss Abbildung 3 eingesetzt wurden. Aus Gründen der Qualitätssicherung wurde nur tagsüber analysiert. Konditioniert wurde während der Nacht. Pro Tag konnte ein Set analysiert werden.

Alle Transporte wurden mittels Fax vorangekündigt, und der Aufenthaltsort aller Proberöhrchen wurde laufend dokumentiert. Diese Massnahmen halfen, Probleme zu lösen, die durch ändernde Messtermine, unklare Verantwortlichkeiten bei den Teilnehmern, falsche Lieferadressen und Zollschwierigkeiten entstanden.

Qualitätssicherung

Methode

Nach erfolgter interner Validierung der Methode wurden mit zwei Partnerinstituten in Finnland und Frankreich Vergleichsmessungen in Gebäuden durchgeführt.

Proberöhrchen

Der interne Standard und das Blank-Röhrchen mit IS dienten zur Qualitätssicherung der Proben. Zusätzlich wurden die Proberöhrchen nach dem Rücktransport manuell auf die Dichtheit ihrer Swage-Lock-Verschlüsse kontrolliert.

Analysengeräte

Zur Minimierung von Bedienungsfehlern wurde für die Analyse ein Standard Operation Procedure mit einer Checkliste entwickelt. Die Checkliste wurde für jedes Analysenset ausgefüllt und die Analysenbedingungen protokolliert. An die automatisierte Analyse wurde der Anspruch gestellt, dass bei einer technischen Panne höchstens eine Probe verloren gehen konnte. Die Analysen fanden aus Überwachungsgründen tagsüber statt.

Für die Geräte selbst wurden mit den Herstellerfirmen befristete Serviceverträge abgeschlossen, in denen uns im Problemfall Unterstützung zugesichert wurde.

EDV

An die EDV wurde die gleiche Anforderung wie an die Analysengeräte gestellt, nämlich dass bei einer Panne maximal ein Analysenfile (das aktuelle) verloren gehen

durfte. Die FID Integrations Files wurden vom PC direkt auf einen Server mit Plattenspiegelung geschrieben, von wo sie jede Nacht mit einem Streamer gesichert wurden. Das MS-File wurde von der Pascal-Workstation des MSD automatisch nach jeder Analyse auf eine VAX kopiert, von wo die Rohdatenfiles ebenfalls jede Nacht mit einem Streamer gesichert wurden.

Resultate

TVOC

In Abbildung 4 sind die gemessenen TVOC-Konzentrationen (Toluoläquivalente) für die sechs Gebäudeproben je Gebäude und der TVOC der jeweiligen Aussenluft dargestellt. Eine Kolonne entspricht den TVOC-Werten für ein Gebäude.

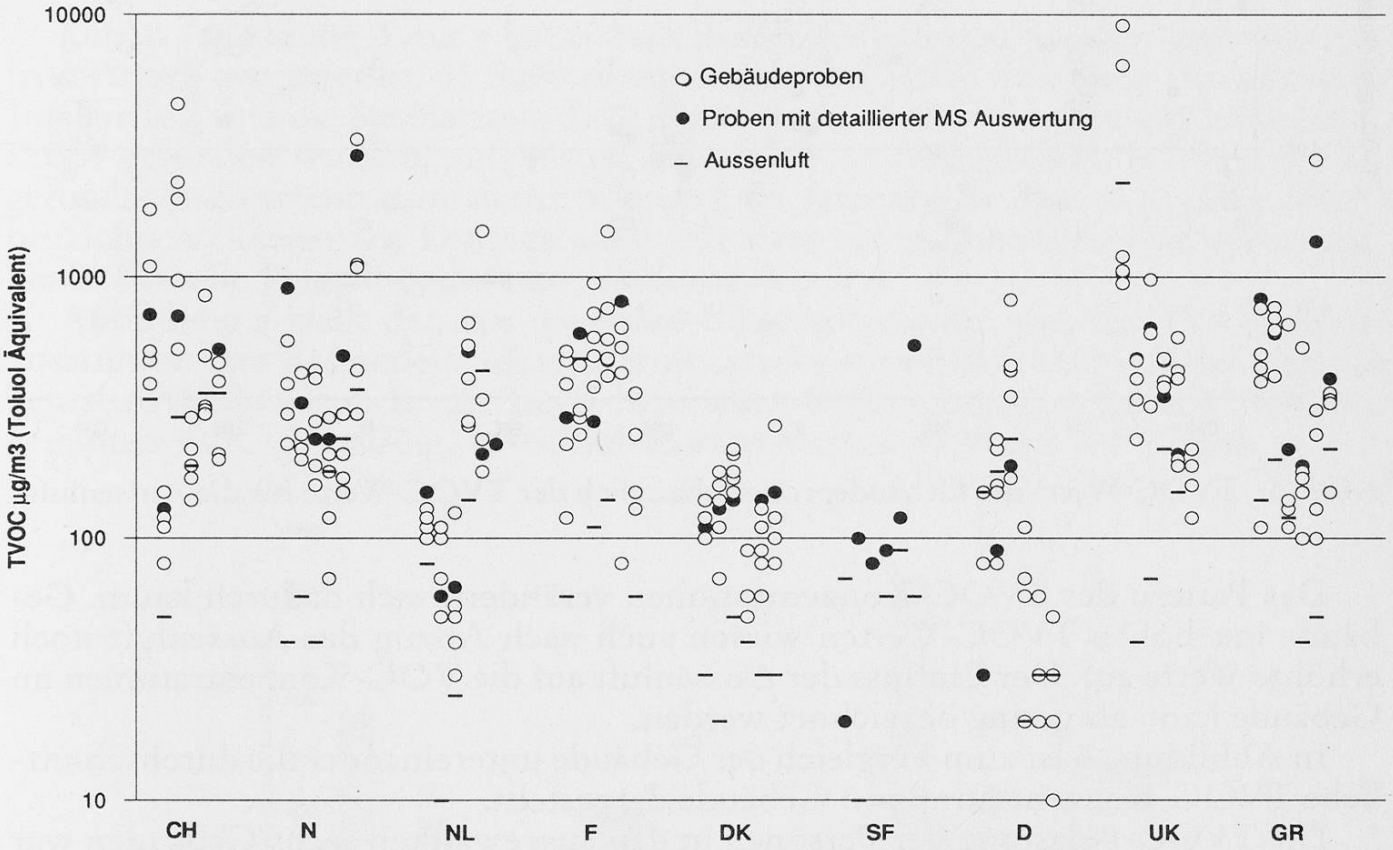

Abb. 4. TVOC-Werte der Gebäudeproben und der Aussenluft, eine Punktekolonne entspricht einem Gebäude

Der TVOC-Wert variierte sehr stark. Zwischen einzelnen Gebäuden, aber auch innerhalb einem Gebäude wurden bis zu Faktor 10 unterschiedliche TVOC-Konzentrationen gefunden. Dies ist überraschend, da nur Gebäude ausgewählt wurden,

die nicht als Problemgebäude bekannt waren. Bei den TVOC-Werten für die Aussenluft wurden ebenfalls grosse Unterschiede festgestellt. Im internationalen Schlussbericht (1) wird ein Zusammenhang zwischen hohem TVOC-Wert im Gebäude und hohem TVOC-Wert in der Aussenluft postuliert. Um den Einfluss der Aussenluft auf die VOC-Konzentrationen im Innern der Gebäude zu veranschaulichen, wurde in Abbildung 5 der TVOC-Wert für die Aussenluft von den Gebäudeproben subtrahiert.

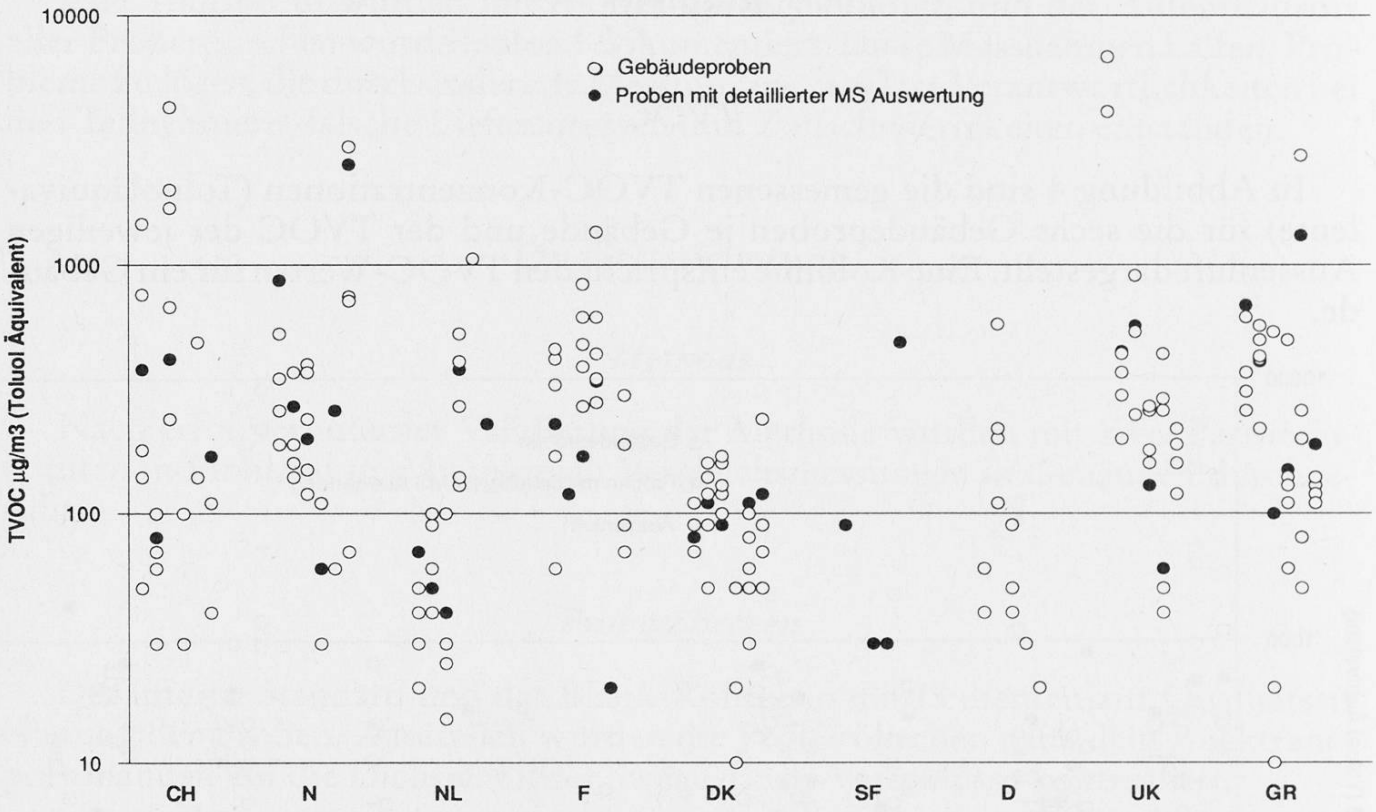

Abb. 5. TVOC-Werte der Gebäudeproben abzüglich der TVOC-Werte für die Aussenluft

Das Pattern der TVOC-Konzentrationen veränderte sich dadurch kaum. Gebäude mit hohen TVOC-Werten wiesen auch nach Abzug der Aussenluft noch erhöhte Werte auf. Der Einfluss der Aussenluft auf die VOC-Konzentrationen im Gebäude kann als gering bezeichnet werden.

In Abbildung 6 ist zum Vergleich der Gebäude untereinander die durchschnittliche TVOC-Konzentration pro Gebäude dargestellt.

Die TVOC-Belastung der Personen in den ausgewählten sechs Gebäuden war zwischen den teilnehmenden Ländern recht unterschiedlich. In Abbildung 7 sind der Mittelwert und der Median aller TVOC-Resultate eines Landes dargestellt.

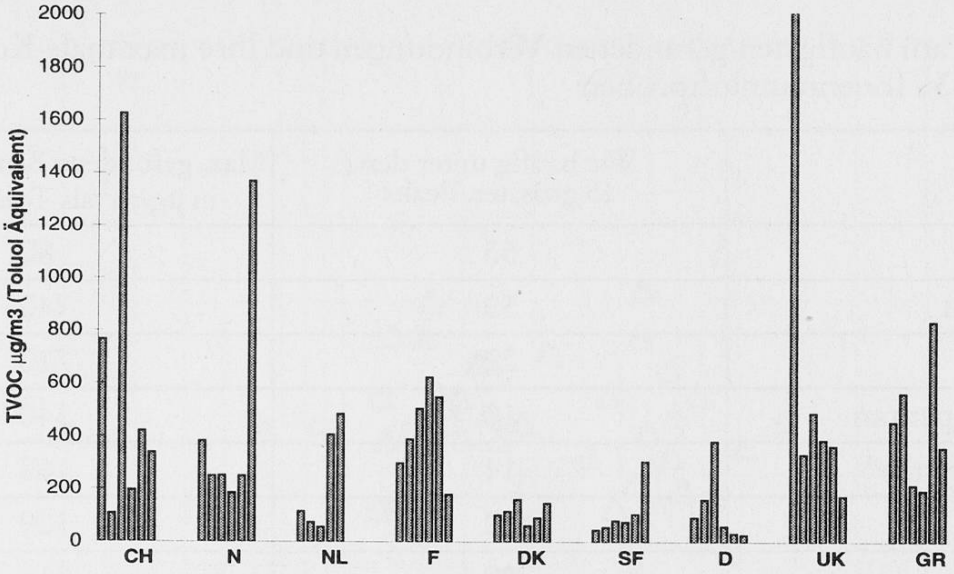

Abb. 6. Arithmetisches Mittel der TVOC-Konzentrationen pro Gebäude

Substanzidentifikation

Die in Abbildung 4 mit • bezeichneten Gebäudeproben wurden massenspektrometrisch ausgewertet. 65 Substanzen wurden teilweise oder ganz identifiziert. In Tabelle 2 sind die Substanzen, die ≥ 10mal unter den 15 intensivsten Peaks einer Probe gefunden wurden, aufgelistet. Zusätzlich ist die maximale in einer Probe gefundenen Konzentration dieser Substanz als Toluoläquivalent angegeben. Mit * bezeichnete Substanzen konnten aufgrund ihres tiefen Durchbruchvolumens auf Tenax (Tabelle 1) nicht quantitativ bestimmt werden.

Abbildung 8 stellt dar, aus wievielen Einzelsubstanzen sich der TVOC-Wert zusammensetzt. Es handelt sich wiederum um die mit • bezeichneten Gebäudeproben aus Abbildung 4. In der Regel beinhalten 8–15 Substanzen bereits 50% der gesamten VOC-Belastung. 40–60 Substanzen machen 90% des TVOC aus.

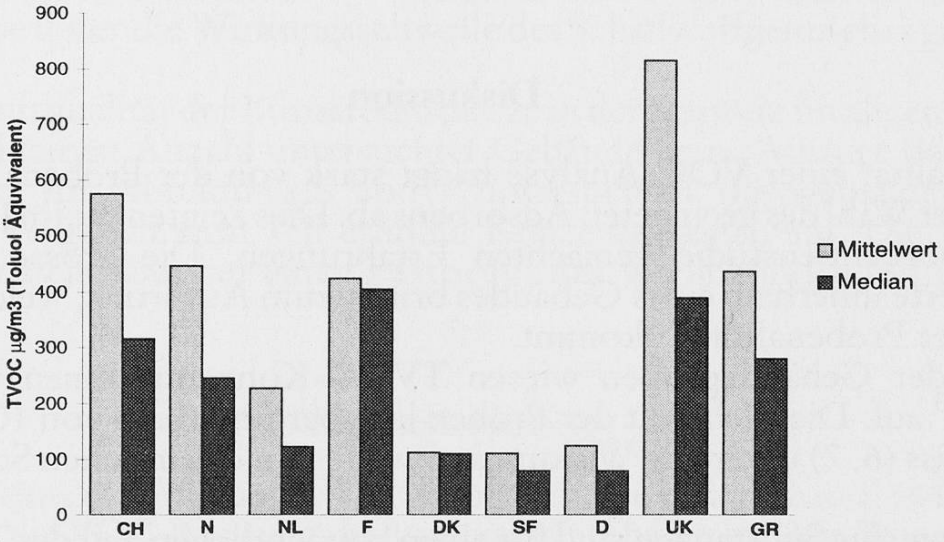

Abb. 7. Mittelwert und Median aller TVOC-Werte eines Landes

Tabelle 2. Die am häufigsten gefundenen Verbindungen und ihre maximale Konzentration in 336 Innenraumluftproben

Verbindung	Wie häufig unter den 15 grössten Peaks	Max. gefundene Konz. pro Probe in µg/m³ als Toluol-Äquv.
Aceton*	53	80
Methyl-Pentan	53	240
n-Hexan	22	710
Methyl-Cyclopentan	10	340
1.1.1-Trichlorethan*	14	68
Benzol	42	109
n-Heptan	29	314
Methyl-Cyclohexan	20	235
Toluol	55	158
o-, m-, p-Xylol	87	187
Nonan	10	78
Benzaldehyd	31	11
Decan	15	107
C3-alkyl-Benzol	38	44
Terpen	14	22
Limonen	31	387
Undecan	12	65
Nonanal	10	6

Diskussion

Die Qualität einer VOC-Analyse hängt stark von der Probenahme (Zeit und Ort) und der Wahl des geeigneten Adsorbens ab. Dies zeigten die im Joule II Projekt und der Sorbentienstudie gemachten Erfahrungen. Die grosse Streuung der TVOC-Werte innerhalb eines Gebäudes bringt zum Ausdruck, welche Bedeutung dem Ort der Probenahme zukommt.

Einige der Gebäudeproben wiesen TVOC-Konzentrationen von mehreren 1000 µg/m³ auf. Die Mehrheit der Proben lag aber unterhalb von 1000 µg/m³ und somit gemäss (6, 7) unter der Wirkungsschwelle von organischen Schadstoffgemischen.

Bereits wenige Substanzen sind für einen beträchtlichen Teil des TVOC-Wertes verantwortlich (vgl. Abb. 8). Dies stellt einen Lösungsansatz dar, wenn Gesund-

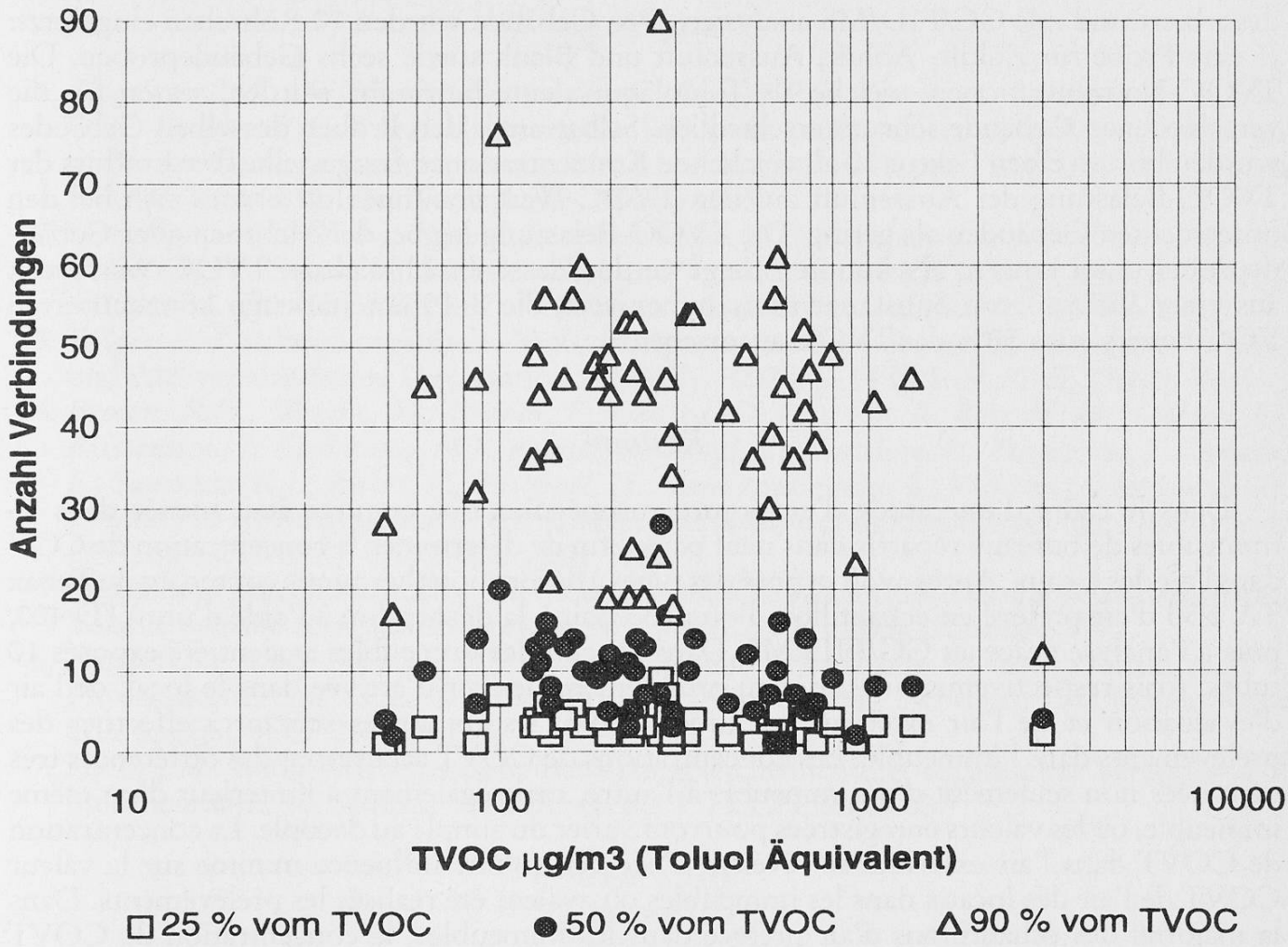

Abb. 8. Anzahl Verbindungen, die 25, 50, 90% des TVOC-Wertes ausmachen

heitsbeschwerden als Folge von hohen TVOC-Werten auftreten. Durch Identifikation und Reduktion einzelner VOC könnte der TVOC-Wert in diesen Fällen möglicherweise unter die Wirkungsschwelle des Schadstoffgemisches gesenkt werden.

Über die Luftqualität der Büroarbeitsplätze in der Schweiz im allgemeinen kann aufgrund der kleinen Anzahl untersuchter Gebäude keine Aussage gemacht werden. Die sechs für Abbildung 6 und 7 untersuchten Bürogebäude wiesen im europäischen Vergleich zum Teil erhöhte Konzentrationen auf. Die VOC-Belastung der Luft stellt aber nur einen Faktor für das Wohlbefinden in Innenräumen dar.

Zusammenfassung

Im Rahmen eines europäischen Projektes wurden in neun Ländern total 56 Bürogebäude untersucht und die VOC-Belastung der Innenraumluft bestimmt. Mit Tenax TA gefüllte Thermodesorptionsröhrchen wurden mit 5 l Luftproben beladen, mit einem ATD 400

desorbiert und mit GC/FID/MS analysiert. Pro Gebäude wurden 10 Röhrchen eingesetzt: je eine Probe für Zuluft, Abluft, Aussenluft und Blank sowie sechs Gebäudeproben. Die TVOC-Konzentrationen, welche als Toluoläquivalente bestimmt wurden, waren für die verschiedenen Gebäude sehr unterschiedlich. Selbst unter den Proben desselben Gebäudes wurden bis um einen Faktor 10 abweichende Konzentrationen festgestellt. Der Einfluss der TVOC-Belastung der Aussenluft auf den TVOC-Wert der Innenluft erwies sich bei den untersuchten Gebäuden als gering. Die TVOC-Belastung lag bei der Mehrheit aller Gebäudeproben unter 1 mg/m^3. Es konnte gezeigt werden, dass, obwohl sich der TVOC-Wert meist aus einer Vielzahl von Substanzen zusammensetzt, die 8–15 am stärksten konzentrierten VOC bereits etwa 50% des TVOC ausmachen.

Résumé

Dans le cadre d'une étude d'envergure européenne, une enquête était menée dans 56 immeubles de bureaux répartis dans neuf pays, afin de déterminer la concentration de COV dans l'air des locaux. Après avoir exposé des tubes à désorption thermique contenant du Tenax TA à 5 l d'air prélevé en échantillon, l'on procédait à la désorption à l'aide d'un ATD 400, puis à l'analyse grâce au CG/FID/MS. Dans chacun des immeubles avaient été exposés 10 tubes: trois respectivement destinés au prélèvement de l'air d'arrivée dans le local, de l'air d'évacuation et de l'air extérieur, un tube témoin, les six autres servant à effectuer des prélèvements dans l'immeuble. Les concentrations de COVT accuseront des différences très marquées non seulement d'un immeuble à l'autre, mais également à l'intérieur d'un même immeuble, où les valeurs enregistrées pourront varier du simple au décuple. La concentration de COVT dans l'air extérieur se révélera n'exercer qu'une influence minime sur la valeur COVT de l'air des locaux dans les immeubles où avaient été réalisés les prélèvements. Dans la majorité des échantillons d'air prélevé dans les immeubles, la concentration de COVT enregistrée restait inférieure à 1 mg/m^3. Démonstration fut faite que – bien que constituée en règle générale d'une multiplicité de substances – la valeur COVT se compose déjà, pour moitié environ, des 8 à 15 COV présentant le plus haut degré de concentration.

Summary

As part of a European project the concentration of VOC in indoor air has been determined in 56 office buildings in nine countries. Thermal desorption tubes filled with Tenax TA were exposed to 5 l of sampling air, desorbed with an ATD 400 and analysed with GC/FID/MS. From each building a set of 10 samples was taken: one each for inlet air, outlet air, outdoor air and blank plus six for building samples. The TVOC concentration varied strongly between the examined office buildings. Even among the samples of the same building differences in TVOC values up to a factor of 10 were observed. The influence of the TVOC concentration of outdoor air on the TVOC values of inside air was minimal. The TVOC values found were below 1 mg/m^3 in most of the building samples. It could be shown that even though the TVOC value generally consisted of numerous substances, 8–15 of the most concentrated VOC accounted for 50% of its total amount.

Literatur

1. *Bluyssen, P.M., De Oliveira Fernandes, E., Fanger, P.O., Groes, L., Clausen, G., Roulet, C.A., Bernhard, C.A.* and *Valbjorn, O.:* European audit project to optimize indoor air quality and energy consumption in office buildings, Final report, S. 3, 109. EU contract JOU2-CT92-0022, The Netherlands, March 1995.
2. *Quintana, M.J., Uribe, B.* and *Lopez Arbeloa, J.F.:* Sorbents for active sampling. In: Brown, R.H., Curtis, M., Saunders, K.J. and Vandendriessche, S. (eds.), Clean air at work, p. 123–134. The Royal Society of Chemistry, Special Publication No. 108. UK 1992.
3. *Wäger, P.:* Flüchtige organische Verbindungen in der Luft neuer und renovierter Wohn- und Aufenthaltsräume, Dissertation ETH Nr. 10074, S. 14 ff, 26 ff, 70 ff, Zürich 1993.
4. *Brown, R.H., Wright, M., Bruner, F., Cottica, D., Ciccioli, P., Bertoni, G., Goelen, E., Kristensson, J., Quintana, M.J., Knutti, R., Mogl, S., Mattinen, L., Tuominen, J., Sippola, E., Saunders, K.J., Schlitt, H., Knöppel, H., Vandendriessche, S., Venema, A.* and *Wolkoff, P.:* Study of sorbing agents for the sampling of volatile compounds from air, Final report. EC Contract MAT1-CT92-0038, July 1995.
5. Health and Safety Executive: Methods for the determination of hazardous substances, Volatile organic compounds from air, S. 2, MDHS 72. HMSO, London 1992.
6. *Neitzert, V.* und *Gülzow, M.:* Luftqualität und Schadstoffe in Innenräumen, Teil 1: Physikalische, chemische und biologische Risikofaktoren. Sicherheit und Management GIT Spezial, 4. 22–29, April 95.
7. *Fischer, M.:* Raumlufthygienische Bewertung leichtflüchtiger organischer Verbindungen im Innenraum, 16. Seminar im Rahmen der UTECH Berlin 93.

Stefan Mogl
Johann Haas
Dr. Rudolf Knutti
BIGA
Abteilung Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene
Kreuzstrasse 26
CH-8008 Zürich