

# Maßnahmen gegen Raumluchtverunreinigung durch flüchtige organische Verbindungen bei Wohnhäusern in Japan – mit Messbeispielen

Tatsuaki Tanaka, Toshiyuki Tanaka und Rei Yumoto

Seit der Ölkrise von 1973 werden auch in Japan Wohnhäuser luftdicht gebaut und gut gedämmt. Um die Kosten für den luftdichten Abschluss zu verringern, wurden häufig Gipsplaster oder Tapeten im Klebverfahren angebracht. Die dabei verwendeten Chemikalien belasteten jedoch die Raumlucht und gefährdeten die Gesundheit.

Zur Verbesserung der Raumlucht erließ das Ministerium für Gesundheit und Wohlfahrt im Jahr 1977 Grenzwerte für die Formaldehyd-Konzentration in Wohnräumen, im Juni 2000 kamen durch das heutige Ministerium für Gesundheit, Arbeit und Wohlfahrt Richtwerte für Toluol, Xylol und Paradi-chlorbenzol dazu. Bis zum Jahr 2002 lagen für insgesamt 13 Substanzen Richtwerte vor (*Tabelle 1*).

Zuständig für administrative Anweisungen ist das Ministerium für Land-, Infrastruktur und Verkehr. Den Problemen der Raumluchtverschmutzung durch flüchtige organische Verbindungen begegnet es unter anderem dadurch, dass es in Abhängigkeit von der Schadstoffemission der Bauprodukte die damit zu verkleidende Innenraumoberfläche einschränkt.

## 1. Maßnahmen des Ministeriums für Gesundheit, Arbeit und Wohlfahrt

*Tabelle 1* enthält Richtwerte für die Konzentration von Schadstoffen, deren Existenz in Gebäuden vorrangig einzuschränken ist. Beginnend mit Formaldehyd werden hier 13 Substanzen genannt, auch die erlaubte Gesamtkonzentration dieser leichtflüchtigen organischen Verbindungen ist angegeben.

**Tabelle 1.** Konzentration der vorrangig einzuschränkenden Substanzen.

Leichtflüchtige organische Verbindungen	Konzentrationsrichtwerte für Innenräume in		Datum der Festlegung
	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Formaldehyd	0.08	100	13/06/97
Toluol	0.07	260	26/06/00
Xylol	0.2	870	26/06/00
P-dichlorbenzol	0.04	240	26/06/00
Ethylbenzol	0.88	3800	15/12/00
Styrol	0.05	220	15/12/00
Chlorpyrifos	0.00007	1	15/12/00
Di-n-Butylphthalat	0.02	220	15/12/00
Tetradecane	0.04	330	05/07/01
2-ethylhexylphthalate	0.0076	120	05/07/01
Diazinon	0.02	0.29	05/07/01
Acetaldehyd	0.03	48	22/01/02
Fenobucarb	0.0038	33	22/01/02
Gesamtmenge der leichtflüchtigen organischen Verbindungen		400	15/12/00

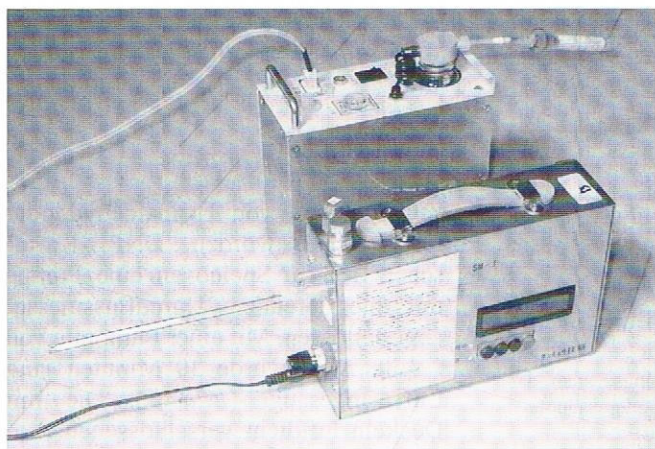
(Aus dem Zwischenbericht der Untersuchungskommission für Probleme durch „Sick-House“: Zusammenfassung des 8. und des 9. Berichts vom 8.2.2003).

**Tabelle 2.** Substanzen, die kontinuierlich untersucht werden.

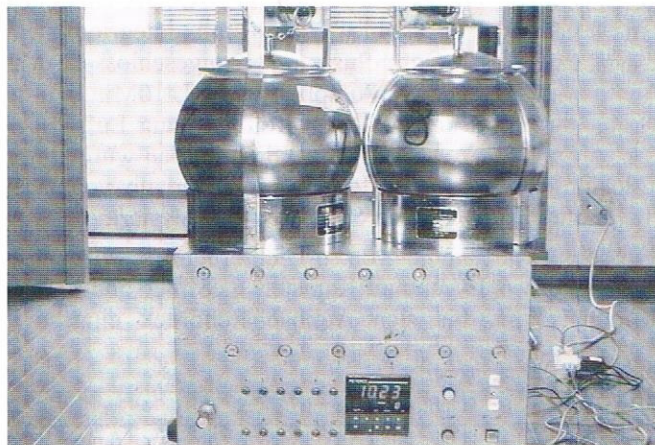
Leichtflüchtige organische Verbindungen	Toxizitätsindex	Vorschlag für Konzentrationsrichtwerte bei Innenräumen in	
		ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nonanal	Toxische Einflüsse gesättigter aliphatischer Kohlenwasserstoffgemische (C8-C12) auf Ratten bei oraler Exposition.	007	41
Gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe (C8-C16)		Untersuchung wird fortgesetzt	
Gesättigte aliphatische Aldehyde (C8-C12)		Untersuchung wird fortgesetzt	

(Aus dem Zwischenbericht der Untersuchungskommission für Probleme durch „Sick-House“: Zusammenfassung des 8. und des 9. Berichts vom 8.2.2003)

*Tabelle 2* enthält drei weitere Substanzarten, bei denen entweder schon vorläufige Richtwerte angegeben sind, die z. Z. durch Untersuchungen überprüft werden, oder bei denen Richtwerte durch laufende Untersuchungen erst noch gefunden werden müssen.



**Bild 1.** Probenahme.  
oben: Kartusche und Probenahmpumpe mit integrierendem Durchflussmesser.  
unten: TENAX-TA-Röhrchen und Probenahmpumpe mit integrierendem Durchflussmesser.



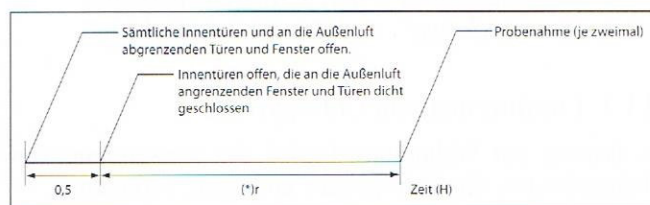
**Bild 2.** Vakuüm-Kanister (6 L).

**Tabelle 3.** Einschränkung der Formaldehyd-Emission durch JIS\* und JAS\*\*.

$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$		
Einteilung	Zeichen	Inhalt
F☆☆☆☆Klasse	F☆☆☆☆	•: Keine der folgenden Substanzen darf benutzt werden: Urea-Harz, Melamin-Harz, Phenol-Harz, Resorcinol-Harz, Korrosionsschutz mit Formaldehyd, Monomere mit Methylol-Bindungen, Katalysator mit Rongalit-Bindungen.  Substanzen mit einer Emissionsgeschwindigkeit von unter 5. Allerdings •: Bei „Tapeten“ mit Emissionsgeschwindigkeit unter 0.2 mg/L.
F☆☆Klasse	F☆☆	Mit einer Emissionsgeschwindigkeit unter $20 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ . •: keine Limitierung, keine Anzeige
F☆☆Klasse	F☆☆	Mit einer Emissionsgeschwindigkeit unter $120 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ . Bei *2 und 3 jedoch keine Limitierung, keine Anzeige

\* Japanische Industrie Norm

\*\* Japanische Landwirtschaftliche Norm



**Bild 3.** Verfahrensweise zur Probenahme ((\* r = A:6 Stunden, B und C: eine Nacht durchlaufend (12 Stunden)).

## 2. Die Reform der rechtlichen Baunormen durch das Ministerium für Landwirtschaft, Infrastruktur und Verkehr

Durch das seit dem 1.7.2003 geltende Reformgesetz, das einen Teil des Gesetzes über Baunormen vom 12.7.2002 novelliert, wird der Gebrauch von Chlorpyrifos verboten. In Abhängigkeit von der Art des Wohnraums und der Lüftungszahl wird die Verwendung von Baustoffen mit Formaldehydemission bei der Gestaltung von Innenraumoberflächen eingeschränkt und die Verwendung einer Lüftungsanlage wird zwingend vorgeschrieben.

**Tabelle 4.** Einteilung der Baustoffe.

$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$				
Formaldehyd-Emissionsgeschwindigkeit *1)	durch amtliche Mitteilung festgelegte Baustoffe *2)	Baustoffe mit Erlaubnis des Ministeriums	Limitierung der Anwendung im Innenausbau	
> 0.12	1. Art	Ehemalige Norm JIS:E2,JAS:Fo2 Klasse entfällt	Anwendung verboten	
0.02 bis 0.12	2. Art	F☆☆	Erlaubnis durch Art. 20 Nr. 5 Abs. 2 (gilt als 2. Art)	Die Größe der Innenraumoberfläche wird limitiert
0.005 bis 0.02	3. Art	F☆☆☆	Erlaubnis durch Art. 20 Nr. 5 Abs. 3 (gilt als 3. Art)	
< 0.005		F☆☆☆☆	Erlaubnis durch Art. 20 Nr. 5 Abs. 4	keine Limitierung

\*1) Bedingungen der Messung: Temperatur 28 °C, rel. Feuchtigkeit 50%, Formaldehyd-Konzentration  $0.1 \text{mg}/\text{m}^3$  (= Richtwert).

\*2) Keine Einschränkung bei Material, das sich über 5 Jahre im Gebäude befindet (Auszug aus den technischen Richtlinien für „Sick-House“-Gegenmaßnahmen (Verordnung, Mitteilung)).

**Tabelle 5.** Limittierung der Innenraumbooberfläche bei Verwendung von Baustoffen mit Formaldehyd-Emission der 2. und 3. Art.

Art des Wohnraums	Lüftung	(1)	(2)
Wohnraum im Wohngebäude o. ä. (*1)	über 0.7/h (*2)	1.20	0.20
	sonst (über 0.5/h bis 0.7/h) (*2)	2.80	0.50
Wohnraum im Gebäude außer Wohngebäude	über 0.7/h (*2)	0.88	0.15
	sonst (über 0.5/h bis 0.7/h) (*2)	1.40	0.25
	sonstige (über 0.3/h bis 0.5/h) (*2)	3.00	0.50

(\*1): Wohnraum im Wohngebäude u. ä. bedeutet: Wohnraum im Wohngebäude oder in einer Pension, Schlafzimmer eines Internats, Raum im Geschäft, in dem Möbel u. ä. verkauft werden.

(\*2): Zur Lüftung: Lüftungssystem mit der gezeigten Lüftungszahl und Lüftungssystem, das eine vom Ministerium für Land, Infrastruktur und Transport bestimmte oder erlaubte Struktur hat.

(\*3): Beim Baustoff mit einer Formaldehyd-Emission der 1. Art wird der Gebrauch im Innenausbau verboten. Der Gebrauch von Baumaterial mit einer Formaldehyd-Emission der 2. und 3. Art wird dermaßen begrenzt, dass folgende Ungleichung erfüllt ist:

$$N2 \cdot S2 + N3 \cdot S3 \leq A$$

N2: Werte unter (1) in Tabelle 5

N3: Werte unter (2) in Tabelle 5

S2: Innenausbau mit Baustoffen, die Formaldehyd nach der 2. Art emittieren.

S3: Innenausbau mit Baustoffen, die Formaldehyd nach der 3. Art emittieren.

A: Fußbodenfläche im Wohnraum

## 2.1 Chemikalien, deren Verwendung eingeschränkt wird: Chlorpyrifos und Formaldehyd

### 2.1.1 Limittierung von Chlorpyrifos

In Bauten mit Wohnräumen wird die Verwendung von Bauprodukten, die Chlorpyrifos enthalten, verboten.

### 2.1.2 Limittierung von Formaldehyd durch

#### a) Begrenzung der bebaubaren Innenraumbooberfläche

In Abhängigkeit von der Art des Innenraums und der Lüftungszahl wird die Innenraumbooberfläche begrenzt, die mit Formaldehyd emittierenden Baumaterialien gestaltet werden soll (Tabelle 3, 4 und 5).

#### b) Installation einer Lüftungsanlage

Auch wenn kein Bauprodukt Formaldehyd enthält, emittieren Einrichtungsgegenstände (Möbel) diesen Schadstoff, so dass jedes Gebäude mit einer Lüftungsanlage zu versehen ist.

#### c) Baumaßnahmen an der Decke

Bei Decken sind Grundierungen mit kleiner Formaldehydemission zu verwenden oder die Lüftungsanlage ist so zu konstruieren, dass auch die Decke entlüftet werden kann.

## 3. Die Messung leichtflüchtiger organischer Verbindungen in Neubauten

Mit diesen Messungen sollte die Konzentration an gesundheitsschädigenden Substanzen (Formaldehyd, Acetaldehyd, Toluol, Ethylbenzol, Xylol, Styrol, p-Dichlorbenzol) in der Raumluft von Neubauten ermittelt werden,

die nach den novellierten Baunormen vom Juli 2002 fertig gestellt worden sind.

### 3.1 Messmethode

Zur Messung von Formaldehyd oder Acetaldehyd wurden DNPH-Kartuschen der Fa. Spelco an eine Pumpe mit integrierendem Durchflussmesser angeschlossen. Mit einer Pumprate von 1 Liter/Min. wurde 30 Minuten lang Luft angesaugt (Bild 1). Die mit Deckeln luftdicht verschlossenen Proben wurden innerhalb von zwei Tagen durch Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) mit Standardlösung analysiert und quantifiziert.

Für Toluol, Ethylbenzol, Xylol und Styrol wurden TENAX-TA-Röhrchen an eine Pumpe mit integrierendem Durchflussmesser angeschlossen. Mit einer Pumprate von 1 L/10Min. wurde ebenfalls 30 Minuten lang Luft angesaugt (Bild 1). Die Proben wurden mit

Deckeln luftdicht verschlossen und innerhalb von zwei Tagen durch FID/GC mit Standardgas analysiert.

Für die Probenahme von p-Dichlorbenzol wurde die Klappe des 6 L-Vakuum-Kanisters geöffnet und ca. 10 Minuten lang, bis sich Atmosphärendruck eingestellt

**Tabelle 6.** Bedingungen der LC.

Probenahme	DNPH (Fa. Supelco)
LC-Säule:	Crest Pak C18S; Innendurchmesser 4.6 mm, Länge 150 mm
Thermostat	40 °C
Mobile Phase	55 % Acetonitril-Lösung
Flußrate	0.8 ml/min
Dosierung	20 µl der mit Acetonitril auf 5 ml eluierte Lösung
Detektor	UV-Detektor (360 nm)

**Tabelle 7.** FID/GC.

GC	Fa. Shimadzu GC-9A
Probenahme	TENAX TA-Röhrchen
Trennsäule	Cross-linked Methyl Silikon, Innendurchmesser 0.32 mm, Länge 50 mm
Trägergas	He
Ofentemperatur	-40 °C ≈ 200 °C (mit Temperatursteigerung)
Detektor	FID

**Tabelle 8.** GC • MS.

GC	Agilent 6890 (GC) + 5973 (MSD)
Probenahme	Kanister 6 L
Säule	nichtpolare Säule HP-1, Innendurchmesser 0.25 mm, Länge 60 mm
Injektion	200 ml
Ofentemperatur	40 °C ≈ 200 °C (mit Temperatursteigerung)



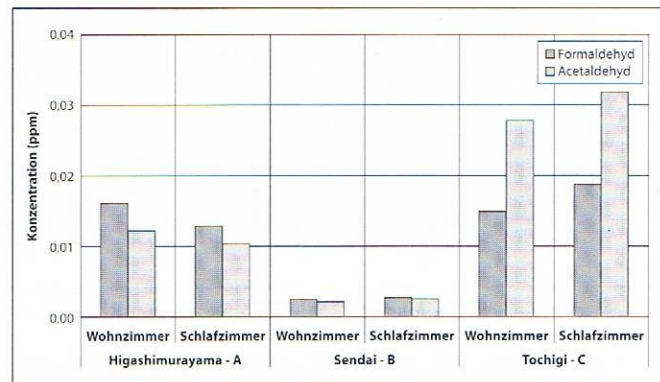
**Bild 4.** Fassaden der Untersuchungsobjekte.  
oben: Haus A – Higashimurayama  
Mitte: Haus B – Sendai  
unten: Haus C – Tochigi

hatte, offen gelassen (Bild 2). Die Bestimmung des Wertes erfolgte innerhalb von zwei Tagen durch GC-MS (Gas Chromatograph/Mass Spectrometer) mit Standardgas.

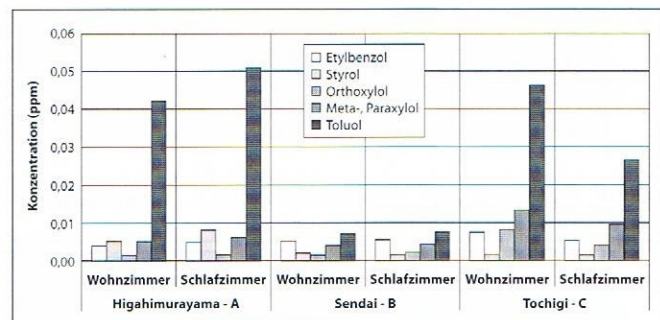
Nähere Angaben zu HPLC, FID/GC (Flame-Ionization Detector/Gas Chromatograph) und GC-MC werden in den Tabellen 6, 7 und 8 gemacht.

### 3.2 Probenahme

Die Probenahme erfolgte nach der vom Ministerium für Gesundheit, Arbeit und Wohlfahrt angegebenen „Verfah-

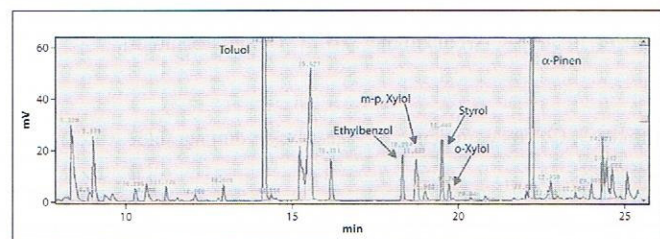


**Bild 5.** Formaldehyd- und Acetaldehyd-Konzentration.

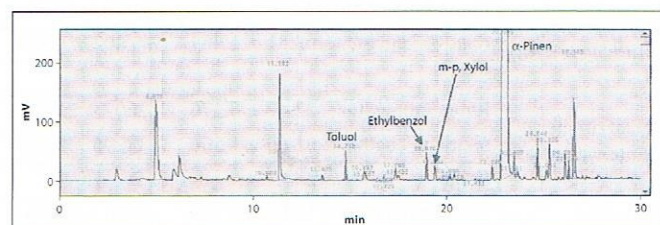


**Bild 6.** Ethylbenzol-, Styrol-, Xylol- und Toluol-Konzentration.

rensweise zur Probenahme und Messung chemischer Substanzen in Raumluft“. Danach sind vor der Messung sämtliche an die Außenluft grenzenden Türen und Fenster sowie die Innentüren 30 Minuten lang zu öffnen, um den Innenraum des Hauses mit den eingebauten Einrichtungsgegenständen gut zu lüften. Die an die Außenluft grenzenden Türen und Fenster sind anschließend länger als 5 Stunden geschlossen zu halten (die Innentüren blieben offen). Erst dann erfolgte im Wohnzimmer, Schlafzimmer sowie an der Außenluft die Probenahme (Bild 3). Zusätzlich wurden am jeweiligen Messort alle 10 Minuten mit einem Thermo-Rekorder Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufgezeichnet.



**Bild 7.** Higashimurayama-A-Wohnzimmer (FID/GC Chromatogramm).



**Bild 8.** Sendai-B-Wohnzimmer (FID/GC Chromatogramm).

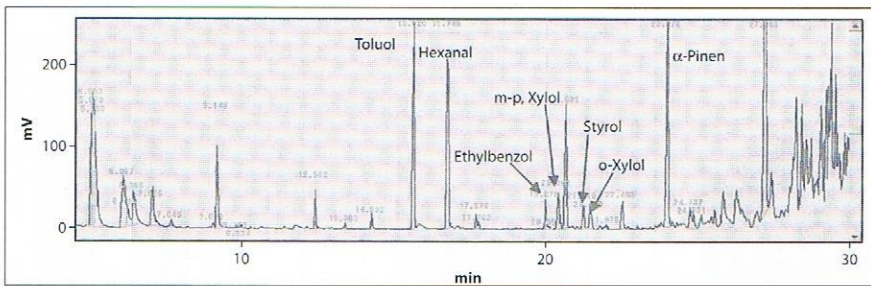


Bild 9. Tochigi-C-Wohnzimmer (FID/GC Chromatogramm).

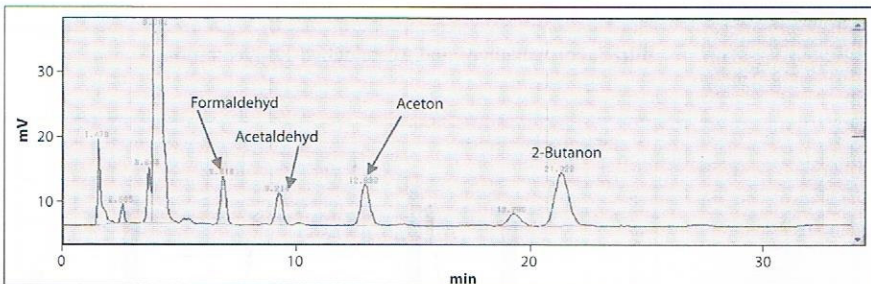


Bild 10. Higashimurayama-A-Wohnzimmer 8HPLC Chromatogramm).

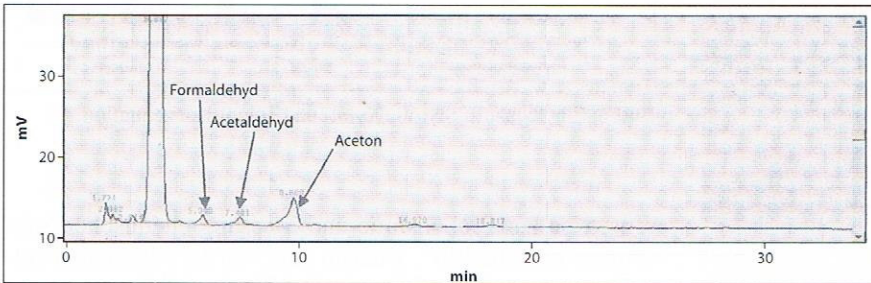


Bild 11. Sendai-B-Wohnzimmer (HPLC Chromatogramm).

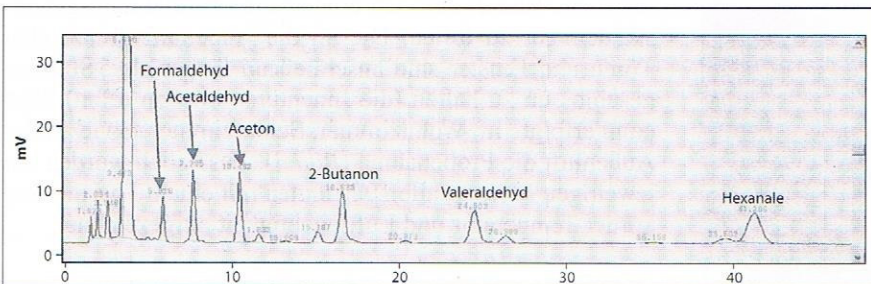


Bild 12. Tochigi-C-Wohnzimmer (HPLC Chromatogramm).

Tabelle 9. Gebäude, in denen die Messungen durchgeführt wurden.

Gebäude	A	B	C	
Datum	27.9.02	13.12.02	20.3.03	
Ort	Higashi-murayama Tokyo	Sendai Miyagi- Präfektur	Tochigi, Tochigi- Präfektur	
Wohnzimmer (Mittelwert ± sd)	Raumtemperatur	22.34 ± 0.281	4.29 ± 1.556	9.6 ± 1.72
	relative Feuchte	62.31 ± 1.489	63.62 ± 4.329	57 ± 6.0
	Etage	1	1	1
Schlafzimmer (Mittelwert ± sd)	Raumtemperatur	22.49 ± 0.276	4.07 ± 2.641	–
	relative Feuchte	61.66 ± 1.506	66.96 ± 7.767	–
	Etage	2	2	2
Außenluft (Mittelwert ± sd)	Raumtemperatur	18.63 ± 0.159	0.50 ± 2.406	5.4 ± 3.74
	relative Feuchte	73.08 ± 3.260	91.2 ± 12.816	66 ± 19.7

### 3.3 Untersuchungsobjekte

Die Messungen wurden in drei Neubauten zwischen deren Fertigstellung und Übergabe durchgeführt (Tabelle 9, Bilder 4 bis 6).

Der Innenausbau der Neubauten wird in den Tabellen 11, 12, 13 beschrieben.

### 3.4 Messergebnisse

In Bild 5 sind die Formaldehyd- und Acetaldehyd-Konzentrationen in den Häusern dargestellt, in Bild 6 die Ethylbenzol-, Styrol-, Xylol- und Toluol-Konzentrationen.

P-Dichlorbenzol wurde nicht gefunden.

In Tabelle 10 werden Richtwerte und Konzentrationen der gemessenen Schadstoffe gegenüber gestellt. Ein Vergleich von Richtwerten und gemessenen Konzentrationen ergibt:

Im Gebäude Tochigi C erreicht die Acetaldehyd-Konzentration den Richtwert, sonst sind die Konzentrationen der Schadstoffe in den Gebäuden deutlich kleiner als die Richtwerte.

Im selben Gebäude ergibt sich bei der Schadstoffkonzentration zwischen den einzelnen Räumen selten ein größerer Unterschied, was möglicherweise auf die offenen Innentüren zurückzuführen ist.

Die Bilder 7, 8, 9 sind FID(Flame-Ionization Detector)/GC-Chromatogramme der gesammelten Raumluft aus den Wohnzimmern der Gebäude A, B und C und die Bilder 10, 11, 12 die jeweiligen HPLC-Chromatogramme. Hieraus lassen sich als weitere Eigenheiten der Gebäude ablesen:

Im Gebäude Sendai B ist die Konzentration von Formaldehyd, Acetaldehyd, Toluol und 2-Butanon im Vergleich zu den anderen Gebäuden sehr niedrig.

Im Gebäude Tochigi C wurde eine sehr hohe Konzentration an Hexaldehyd gemessen.

Hexaldehyd, Valeraldehyd und Hexanal wurden nur im Gebäude Tochigi C nachgewiesen.

In allen Gebäuden wurden Formaldehyd, Acetaldehyd, Toluol, alpha-Pinen und 2-Butanon gefunden.

**Tabelle 10.** Konzentration der Testsubstanzen in ppm. Gerastert sind Werte, die die Richtwerte überschreiten.

Richtwerte des Ministeriums für Gesundheit, Arbeit und Wohlfahrt		Ethylbenzol	Styrol	Ortho-Xylol	Meta,Para-Xylol	Toluol	Formaldehyd	Acetaldehyd
		0.88	0.05	0.2		0.07	0.08	0.03
Higashimurayama •A	Wohnzimmer	0.004	0.005	0.001	0.005	0.042	0.016	0.012
	Schlafzimmer	0.005	0.008	0.001	0.006	0.051	0.013	0.011
Sendai •B	Wohnzimmer	0.005	0.002	0.001	0.004	0.007	0.003	0.002
	Schlafzimmer	0.005	0.001	0.002	0.004	0.007	0.003	0.003
Tochigi •A	Wohnzimmer	0.007	0.001	0.008	0.001	0.046	0.015	0.028
	Schlafzimmer	0.005	0.001	0.004	0.009	0.026	0.019	0.032

**Tabelle 11.** Objekt Higashimurayama-A.

Raumbezeichnung		Fußboden	Sockelplatten	Wand	Decke	Anmerkung
Eingang	1. Etage	Porzellan-Kachel (100 mm × 100 mm)		Vinyl (Kunststoff)-Tapeten Grundierung, Gipsplatten T:12.5		Wandschrank für Eingang L = 1630
Vorraum		Parkettfußboden	vorfabrizierte Sockelplatten H:60	Vinyl (Kunststoff)-Tapeten Grundierung, Gipsplatten T:12.6		Nische (O.P)
Wohn- und EBzimmer mit Küche		Parkettfußboden	vorfabrizierte Sockelplatten H:60	Vinyl (Kunststoff)-Tapeten Grundierung, Gipsplatten T:12.6 Küchenpaneele		Einbauküche L = 2.550, Dunstabzugshaube, Hängeschrank, Abstellkammer unter dem Fußboden, eingebaute Anrichte, Gardinenstange, eingebautes Erkerfenster
WC		Parkettfußboden	vorfabrizierte Sockelplatten H:60	Vinyl (Kunststoff)-Tapeten Grundierung, Gipsplatten T:12.6		WC-Anlage mit Bidet-Toilettensitz, Einbauregal, Ventilator, Papierhalter, ringförmiger Handtuchhalter
Waschraum		Parkettfußboden	vorfabrizierte Sockelplatten H:60	Vinyl (Kunststoff)-Tapeten Grundierung, Gipsplatten T:12.6		Waschtisch w = 750, Nische zum Einstellen der Waschmaschine
Badezimmer		vorfabriziertes Badezimmer				
Tatami-Zimmer (5 Tatamis)"		Tatami		Shin Kyo-Kabe (Wand mit japan. Rauhputz)		Bildnische (Alkoven), darunter ein Einbauschränk mit Schiebetüren
Vorraum	2. Etage	Tatami	vorfabrizierte Sockelplatten H:60	Vinyl (Kunststoff)-Tapeten Grundierung, Gipsplatten T:12.5		
Arbeitszimmer		Parkettfußboden	vorfabrizierte Sockelplatten H:60	Vinyl (Kunststoff)-Tapeten		kleine Küche l:900 D:500 (O.P)
WC		Parkettfußboden	vorfabrizierte Sockelplatten H:60	Vinyl (Kunststoff)-Tapeten Grundierung, Gipsplatten T:12.5		WC-Anlage mit Bidet-Toilettensitz, Ventilator, Papierhalter, ringförmiger Handtuchhalter"
Zimmer westlichen Stils (A)		Parkettfußboden	vorfabrizierte Sockelplatten H:60	Vinyl (Kunststoff)-Tapeten Grundierung, Gipsplatten T:12.5		Wandschrank (ohne Regalböden oder Stangen), Gardinenstange, eingebautes Erkerfenster
Zimmer westlichen Stils (B)		Parkettfußboden	vorfabrizierte Sockelplatten H:60	Vinyl (Kunststoff)-Tapeten Grundierung, Gipsplatten T:12.5		Wandschrank, Abstellraum, bis zur Dachhöhe reichender offener Raum, Gardinenstange (O.P)
Dachboden		Parkettfußboden	vorfabrizierte Sockelplatten H:60	Vinyl (Kunststoff)-Tapeten Grundierung, Gipsplatten T:12.5		Wandschrank, Abstellraum
Treppe		Treppe (Fertigbau)	vorfabrizierte Sockelplatten H:60	Vinyl (Kunststoff)-Tapeten Grundierung, Gipsplatten T:12.5		

Tabelle 12. Objekt Ssendai-B.

	Fußboden	Sockelplatten	Wand	Decke	Anmerkung
Eingang	Porzellan-Kachel	Porzellan-Kachel	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica) Putz	Zenderplatte	Wandschrank für Eingang, Hausteleskop, Eingangstür (FD-66)
Vorraum	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica) Putz	Zenderplatte	
Ankleideraum	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica)	Zenderplatte	
Treppe	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica) Putz	Zenderplatte	Treppe Handlauf
Abstellraum	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica)	Zenderplatte	mit einem oberen Einbauschrack mit Schiebetüren
WC (1Etage)	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Zypressenholzplatte	Zenderplatte	WC-Anlage mit Bidet-Toilettensitz
Waschraum	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica)	Zenderplatte	Waschtisch (W = 750)
Badezimmer	vorfabriziertes Badezimmer				Kessel (GT2022SARX) UB (RUNB1616RB) Ventilator
Küche	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica) Putz	PB12M/M Grundierung Vinyl (Kunststoff)-Tapeten	Spüle (LS2001, W = 2700)
Esszimmer	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica) Putz	Zenderplatte	
Wohnzimmer	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica) Putz	Zenderplatte	
Tatami-Zimmer (8 Tatamis)	Tatami	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica) Putz	Zenderplatte	Tokonoma, Shoji-Schiebetüren
1 Stock Vorraum	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica) Putz	Zenderplatte	Shoji-Schiebetüren
Schlafzimmer	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica) Putz	Zenderplatte	
Zimmer westlichen Stil	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica) Putz	Zenderplatte	
WC (1Etage)	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Innenholzwand aus Sugi (Cryptomenia japonica)	Zenderplatte	
bis zur Dachhöhe reichender offener Raum		Holz	Putz	Zenderplatte	
Dachboden Abstellraum	reiner Hinoki (japanische Zypresse)	Holz	Spanplatten für Innenbeschichtungen	Spanplatten für Innenbeschichtungen	

Tabelle 13. Objekt Tochigi-C.

Raumbezeichnung	Fußboden	Sockelplatten	Wand-Innenholzwand	Decke	Deckenleiste	eingebaute Möbel u.ä.
Eingang	Mörtel-Grundierung Terrakotta-Kachel (300 × 300mm)	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	Wandschrank für Eingang
Vorraum	Grundierung: zweifach belegte T-12 Spanplatten T-16 Parkett-Fußboden (reines Weißholz)	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	Fertigbauweise
Ess- u. Wohnzimmer	T-16 Parkett- Fußboden (reines Weißholz)	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	Schrank mit Flügeltür
Küche	T-16 Parkett- Fußboden (reines Weißholz)	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	Einbauküche, Dunstabzugshaube mit gleichzeitiger Be- und Entlüftung
Wäsch- und Umkleieraum	Grundierung: zweifach belegte T-12 Spanplatten CF	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	–	Wäschtsische: WH7501
WC	Grundierung: zweifach belegte T-12 Spanplatten CF	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	–	WC-Anlage mit Handwasch-Einrichtung
Gardrobe	T-12 Parkettfußboden				–	Regalböden aus hochwertiger Tischlerplatte
Badezimmer	vorfabriziertes Badezimmer					YAMAHA NUJS
Treppe	Fertigbau				–	Handlauf
Tatami-Zimmer	Tatami		T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	–	
städtlicher Raum westlichen Stils	T-12 Parkettfußboden	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	–	
nördlicher Raum westlichen Stils	T-12 Parkettfußboden	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	–	
begehbarer Schrank	T-12 Parkettfußboden	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	–	zwei Regalböden mit Stangen
Wandschrank	T-12 Parkettfußboden		T-12 5PB Grundierung	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	–	zwei Regalböden mit Stangen
WC	T-12 Parkettfußboden	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	–	WC-Anlage mit Handwasch-Einrichtung
Vorraum	T-12 Parkettfußboden	Holz Lackierung mit Osmo-Farben	T-12 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	T-9 5PB Grundierung Vinyl (Kunststoff)- Tapeten	–	



#### 4. Zusammenfassung

1. Abgesehen von einem Wert im Gebäude C waren sämtliche gemessenen Konzentrationswerte niedriger als die vom Ministerium für Gesundheit, Arbeit und Wohlfahrt vorgegebenen Richtwerte.

Im Gebäude C erreichte die Acetaldehyd-Konzentration den Richtwert.

2. Formaldehyd, Acetaldehyd, Toluol,  $\alpha$ -Pinen und 2-Butanon wurde in allen Gebäuden gefunden.  
P-Dichlorbenzol wurde nicht gefunden.
3. Varelaldehyd und Hexanal sind spezifisch für das Gebäude C.
4. Die Formaldehyd-, Acetaldehyd-, 2-Butanon- und Toluol-Konzentration ist im Gebäude B im Vergleich zu den beiden anderen Gebäuden sehr niedrig.
5. Die Konzentrationsunterschiede zwischen einzelnen Räumen im selben Gebäude sind im allgemeinen klein.

##### Weiterführung der Untersuchungen

An einer größeren Anzahl von Objekten ist zu prüfen, ob sich die in der Zusammenfassung angegebenen Eigenheiten einerseits wiederholen und andererseits näher begründen lassen.

### Neue Schriften

#### Umsetzung der Energieeinsparverordnung

Der BHKS – Bundesindustrieverband Heizungs-, Klima-, Sanitärtechnik/Technische Gebäudesysteme e.V. hat eine Übersicht zur Umsetzung der Energieeinsparverordnung (EnEV) in den Bundesländern herausgegeben. Der neue BHKS-Therm-Report 29 enthält sämtliche Länderregelungen auf der Grundlage der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) zu § 13 der EnEV und ist damit ein wertvolles Hilfsmittel bei der Anwendung der EnEV in der täglichen Praxis.

Mit der Einführung eines Rechenverfahrens zur energetischen Bewertung der Anlagentechnik werden Bauphysik und Anlagentechnik erstmals eng miteinander in einer Verordnung verknüpft und der Vergleich sowohl von Energieträgern als auch verschiedenen Gebäuden ermöglicht. § 13 der EnEV schreibt die Erstellung eines Energie- bzw. Wärmebedarfsausweises vor, in dem die wesentlichen energetischen Merkmale eines Gebäudes für den Nutzer dokumentiert sind. Dieser Energie- bzw. Wärmebedarfsausweis ist nach den Mustervorlagen der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) zu § 13 der EnEV zu erstellen.

#### Danksagung

An dieser Stelle danken wir Herrn Dr. *Toshihiro Nakai* für seine große Unterstützung und Mitarbeit.

Ebenso sprechen wir der Stiftung TOSTEM-Foundation for Construction materials Industry Promotion für die Förderung dieser Arbeit unseren herzlichen Dank aus.

#### Literatur

- [1] *Bischoff/Dompke/Schmidt*: Sick Building Syndrome. Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1993.
- [2] Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz – Tagungsbericht - Tb 63 „Europäische Chemikaliengesetzgebung und Überwachung“. Wirtschaftsverlag NW.
- [3] Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz – Tagungsbericht - Tb 60 „Erkennen und Beurteilen von Gefährdungen bei der Arbeit“. Wirtschaftsverlag NW.
- [4] Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz – Tagungsbericht - Tb 58 „Gefahrstoffe Saubere Luft am Arbeitsplatz“. Wirtschaftsverlag NW.
- [5] Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Regelwerk Rw 5 „Verzeichnis von Luftgrenzwerten und krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Stoffen“. Wirtschaftsverlag NW.
- [6] *Roskamp, E.*: Gesundheitliche Bewertung von Innenraumluftverunreinigungen. VDI-Berichte 1778 „Luftverunreinigungen im Innenraum“.
- [7] *Rösiger, F.*: Aspekte zur Beurteilung von VOC-Emissionen im Innenraum – eine Betrachtung aus Sicht des Herstellers. VDI-Berichte 1778 „Luftverunreinigungen im Innenraum“.
- [8] *Bremer, J.*: Sanierung VOC-belasteter Innenräume. VDI-Berichte 1778 „Luftverunreinigungen im Innenraum“.

Die Umsetzung der AVV zur EnEV erfolgt auf Länderebene. Die Bundesländer haben hier bestimmte Freiheiten bezüglich der Ausführung und Kontrolle der Verordnung wie z.B. individuelle Festlegungen über den Personenkreis, der den Energiebedarfsausweis erstellen darf; die Form, zusätzliche Inhalte des Energiebedarfsausweises und den Zeitpunkt der Vorlage; die Notwendigkeit einer Fachunternehmererklärung für die Anlagentechnik sowie Maßnahmen zur Überprüfung der Einhaltung der EnEV. Die meisten Bundesländer regeln ihre länderspezifischen Festlegungen in Durchführungsverordnungen zur EnEV oder in den Landesbauordnungen, einige wenige haben noch keine Regelungen zur Durchführung getroffen.

Der BHKS-Therm-Report 29 stellt die jeweiligen Landesregelungen zur EnEV und die dabei zu berücksichtigenden Besonderheiten in übersichtlicher Form dar. Die Broschüre enthält außerdem die landesspezifischen Formblätter zu den Fachunternehmererklärungen und weitere Bestätigungsformulare sowohl in gedruckter Form als auch digital auf einer beiliegenden CD. Zusätzlich sind die Adressen der für die Durchführung der EnEV zuständigen Landesministerien aufgelistet.

Bezug der Publikation inklusive CD gegen eine Schutzgebühr von € 7,- (inkl. MwSt., zuzügl. Versandkosten) bei der TGC – Technische Gebäudeausrüstung Consulting GmbH, Bonner Talweg 42, 53113 Bonn.