

Formaldehydbelastung von Wohnräumen durch Harnstoff-Formaldehyd-Isolationsschäume = Contamination of indoor-air by formaldehyde released from urea-formaldehyde insulation foams

Autor(en): **Rothweiler, H. / Knutti, R. / Schlatter, Ch.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **74 (1983)**

Heft 1

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-982997>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

H. Rothweiler, R. Knutti und Ch. Schlatter, Institut für Toxikologie der ETH und der Universität Zürich, Schwerzenbach

Formaldehydbelastung von Wohnräumen durch Harnstoff-Formaldehyd-Isolationsschäume*

Contamination of Indoor-Air by Formaldehyde Released from Urea-Formaldehyde Insulation Foams

Einleitung

Spätestens seit der Energiekrise von 1973/74 hat sich die Einsicht durchgesetzt, daß es sinnvoll ist, durch bessere Wärmeisolation von Gebäuden den Energiebedarf für die Raumheizung zu reduzieren. Zur Nachisolation bestehender Wohnhäuser werden Harnstoff-Formaldehyd-Isolationsschäume als besonders geeignet empfohlen, da diese mit relativ geringen Kosten an Ort und Stelle hergestellt und direkt in vorhandene Hohlräume eingespritzt werden können. Der thermisch gut isolierende, offenporige Schaum mit einer Dichte von 10 bis 14 kg/m³ ist zudem wasserdampfdurchlässig und verhindert deshalb die Bildung von Kondensationswasser. Für die Bewohner kann diese Isolationsmethode allerdings recht unangenehme Folgen haben. Bei unsachgemäßer Verarbeitung kann nämlich Formaldehyd, das eine der Hauptkomponenten des Schaumes bildet, in der Luft der betreffenden Wohn- und Arbeitsräume in Konzentration auftreten, die weit über der Wahrnehmungsschwelle liegen. In der Presse sind denn auch entsprechende Berichte erschienen. Beunruhigung haben aber vor allem neuere toxikologische Untersuchungen ausgelöst, die zeigten, daß bei Ratten und Mäusen nach jahrelangem Einatmen hoher Formaldehydkonzentrationen Nasenkarzinome auftreten. Nach anfänglich starker Unterstützung dieser Isolationsmethode durch die Behörden (1) wurden die UF-Schäume in Kanada und in einigen Staaten der USA gar mit einem Verbot belegt (2). In diesem Zusammenhang muß aber auch erwähnt werden, daß Spanplatten, die bei der Möbelherstellung und für Inneneinrichtungen verwendet werden, UF-Harze enthalten und somit eine weitere gewichtige Quelle für Formaldehyd in Wohnräumen darstellen können. Während in der Schweiz noch keine Immissionsgrenzwerte für Innenräume festgelegt sind, gibt es in der Bundesrepublik Deutschland einen Richtwert von 0,1 ppm (3).

* Kurzbezeichnung: UF-Schäume

Nach einer kurzen Zusammenfassung der heutigen toxikologischen Kenntnisse über Formaldehyd und einer Beschreibung der Herstellung und Anwendung von UF-Isolationsschäumen soll im folgenden über unsere eigenen Messungen der Formaldehydkonzentrationen in mit UF-Schäumen isolierten Gebäuden in der Schweiz berichtet werden. Im weiteren werden mögliche Testmethoden zur Charakterisierung der kurz- und langfristigen Formaldehydabgabe aus UF-Schaum diskutiert.

Toxikologie von Formaldehyd

Formaldehyd (4, 5) ist ein farbloses Gas, etwas schwerer als Luft, das bereits bei geringen Konzentrationen Augen und Nasenschleimhäute stark reizt. Die Wahrnehmungsschwelle variiert individuell und liegt bei empfindlichen Personen bei etwa 0,05 ppm. Etwa die Hälfte der Bevölkerung empfindet bereits 0,2 bis 0,3 ppm als stark belästigend. Der MAK-Wert, d. h. die Konzentration, der ein Arbeiter aus arbeitsmedizinischer Sicht täglich während 8 Stunden ausgesetzt sein darf, liegt in der Schweiz und anderen europäischen Staaten bei 1 ppm. Abgesehen von allergischen Hautreaktionen, die durch wässrige Lösungen von Formaldehyd ausgelöst werden können, haben epidemiologische Untersuchungen bei beruflich exponierten Personen bisher keine Hinweise auf eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit oder gar eine krebserzeugende Wirkung von Formaldehyd beim Menschen gegeben (6).

Im Gegensatz zu dieser relativ harmlosen Beurteilung stehen nun allerdings die Resultate einer ganzen Reihe von experimentellen toxikologischen Untersuchungen. Seit langem ist z. B. bekannt, daß sich Formaldehyd in verschiedenen Testsystemen als mutagen erweist (7). Inhalationsstudien an Ratten und Mäusen mit Konzentrationen bis zu 15 ppm haben zudem gezeigt, daß Formaldehyd zumindest im Tierversuch krebserzeugend wirkt (6, 8, 9, 10). Wenn auch heute schon feststeht, daß der Mensch zumindest viel weniger empfindlich reagiert als die untersuchten Versuchstiere, sollte die menschliche Exposition doch so gering wie möglich gehalten werden. Es sollte aber auch nicht vergessen werden, daß Formaldehyd in geringen Konzentrationen auch natürlicherweise in unserem Körper vorkommt und daß wir neben den UF-Schäumen noch vielen anderen Formaldehydquellen ausgesetzt sind.

Herstellung und Anwendung von UF-Isolationsschäumen

Formaldehyd wird seit bald 100 Jahren großtechnisch eingesetzt. Der jährliche Verbrauch beträgt heute ca. 3 Millionen Tonnen in den USA (10) und 500 000 Tonnen in der Bundesrepublik Deutschland (11). Etwa die Hälfte wird als Kunststoffmonomer für Harze eingesetzt, wobei Harnstoff-Formaldehyd (UF) und Phenol-Formaldehyd (PF) die wichtigsten Harztypen sind.

Ausgangsmaterial für den UF-Isolationsschaum ist Dimethylolharnstoff (Abb. 1), der als Granulat oder in wässriger Lösung großtechnisch hergestellt wird. Für die Schäumung wird an Ort und Stelle ein Tensid sowie Säure als Katalysator für die Polykondensation zugesetzt. Diese Mischung wird mit Hilfe von Druckluft in die zu füllenden Hohlräume eingespritzt. Unter optimalen Bedingungen sollte sich der Schaum innert 2 bis 3 Minuten verfestigen. Während des anschließenden Aushärtens wird der größte Teil des noch vorhandenen freien Formaldehyds chemisch gebunden oder es verflüchtigt sich zusammen mit dem restlichen Wasser. Durch unsachgemäße Anwendung können aber auch noch lange Zeit nach der Schäumung beträchtliche Formaldehydkonzentrationen in den betroffenen Räumen auftreten. Wichtige Faktoren zur Erreichung der gewünschten Schaumqualität sind neben der Qualität des verwendeten Rohmaterials u. a. die Temperatur während des Schäumens, die freie Formaldehydkonzentration des Harzes, die Säurekonzentration sowie Alter und Zustand der Harzlösung (5, 12).

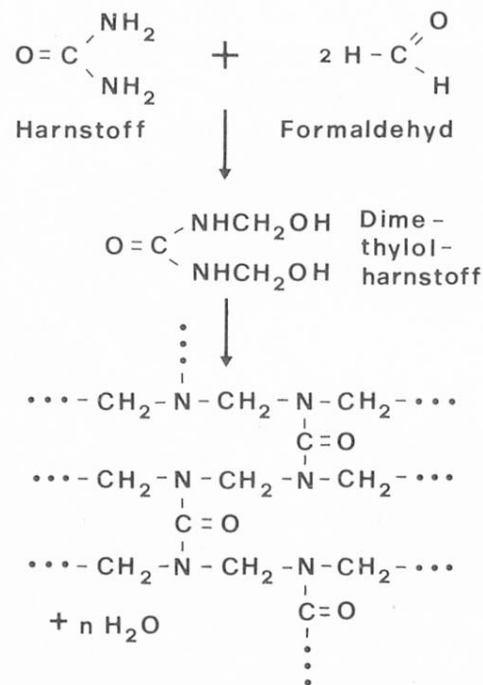


Abb. 1. Reaktionsschema zur Bildung des UF-Schaumes aus Harnstoff und Formaldehyd. Die als Ausgangsprodukt für die Schäumung verwendete Harzlösung besteht im wesentlichen aus dem Zwischenprodukt Dimethylolharnstoff.

Formaldehydmessungen in Gebäuden mit UF-Schaumisolation

Um einen Überblick über die Formaldehydbelastung von Innenräumen durch UF-Schäume in der Schweiz zu gewinnen, wurde im Zeitraum vom November 1980 bis September 1982 die Formaldehydkonzentration in der Innenraumluft von 43 verschiedenen Objekten gemessen. Es handelte sich dabei sowohl um Gebäude, in denen frisch geschäumt wurde, als auch um Objekte, die lange Zeit

nach der Schäumung immer noch zu Beanstandungen wegen zu hoher Formaldehydimmissionen Anlaß gaben.

Meßmethode

Zur Probensammlung wurde die Raumluft während 30–60 Minuten mit einer Rate von 0,5 Liter pro Minute durch zwei in Serie geschaltete, mit 0,05%iger wässriger MBTH-Lösung (13) (2-Hydrazono-2,3-dihydro-3-methyl-benzthiazolhydrochlorid, Merck Nr. 4527) gefüllte Impinger gesaugt. Die quantitative Bestimmung der absorbierten Menge Formaldehyd erfolgte darauf innert 12 bis 24 Stunden im Labor. Dabei werden zuerst 5 ml der Impingerlösung mit 1 ml Oxidationsreagenz [1,6 g Amidoschwefelsäure (Merck Nr. 103) und 1,0 g Eisen-III-chlorid (Merck Nr. 3943) gelöst in 100 ml Wasser] versetzt und nach mindestens 20minütigem Stehenlassen im Dunkeln, unterbrochen durch mehrmaliges Schütteln, im Spektralfotometer bei 622 nm gegen den Reagenzienblindwert gemessen.

Resultate

Einzelmessungen

Abbildung 2 zeigt die Verteilung der gemessenen Formaldehydkonzentrationen in 43 verschiedenen Objekten. Da uns vor allem die langfristige Belastung der betroffenen Räume durch Formaldehyd interessierte, sind in Abbildung 2 nur Messungen aufgeführt, die frühestens vier Wochen nach der Schäumung durchgeführt worden waren. Bei Mehrfachbestimmungen im gleichen Raum ist jeweils nur die erste Messung eingezeichnet, die auf diese vierwöchige Wartefrist folgte. Die mit einem Kreis markierten Objekte wurden durch die beteiligten Schäumungsfirmen ausgewählt. Bei den mit einem Kreuz markierten Messungen han-

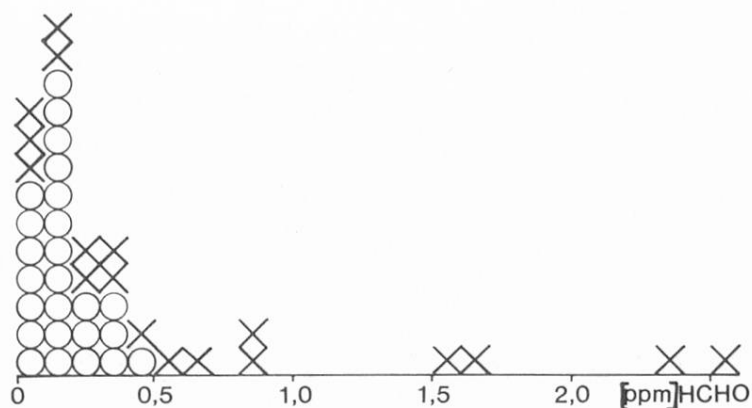


Abb. 2. Formaldehydkonzentration in der Raumluft in 43 mit UF-Schaumisolierten Gebäuden in der Schweiz

○ gemessen im Auftrag von Isolationsfirmen

× gemessen nach Reklamation der Bewohner wegen Belästigung durch Formaldehyd

BRD-Immissionsgrenzwert 0,1 ppm

delt es sich um Fälle, bei denen sich die Bewohner durch die Formaldehydabgabe belästigt fühlten und nach Abhilfe verlangten. Nur 23% der Werte liegen unter dem in der BRD empfohlenen Richtwert von 0,1 ppm. Der Mittelwert liegt deutlich höher, nämlich bei 0,4 ppm. Dies bedeutet, daß sich die Situation in der Schweiz weder positiv noch negativ von den bekannten Werten im Ausland unterscheidet (Tabelle 1).

Tabelle 1. Formaldehydkonzentrationen in Häusern mit UF-Schaumisolation

Land	Mittelwert ppm	Bereich ppm	Anzahl Messungen
Dänemark	0,5	0,06–1,8	25
Schweden	0,6	12% über 1	309
Connecticut (USA)		<0,4–8,2	86
USA (Mobilhomes)	0,5	<0,1–3,6	65
USA (Einfamilienhäuser)		<0,1–1,1	14
Schweiz	0,4	0,04–2,3 9% > 1 ppm	43

Mit Ausnahme der Werte für die Schweiz, die in dieser Untersuchung ermittelt wurden, stammen die Daten aus der Übersicht von *Dally et al.* (15).

Abnahme der Formaldehydkonzentrationen nach dem Schäumen

In vier Gebäuden wurde die Formaldehydkonzentration über einen längeren Zeitabschnitt gemessen. In den Gebäuden A, B und C (Abb. 3a) lag die Formaldehydkonzentration noch während mehrerer Monate nach der Schäumung über dem Ausgangswert. Im Gebäude C (Abb. 3b) führte das heiße Sommerwetter 1½ Jahre nach der Schäumung wieder zu einem deutlichen Anstieg der Immission. Während der kalten Jahreszeit können wegen des reduzierten Luftwechsels auch andere Quellen zu einem Anstieg der Formaldehydkonzentration führen. Dieser Effekt wurde durch Messungen in der von der Schäumung nicht betroffenen Holzwerkstatt im Gebäude D bestätigt.

Charakterisierung der Formaldehydstabilität des UF-Schaumes

Die Qualität des UF-Schaumes hängt, wie bereits im Abschnitt über die Herstellung angetönt wurde, von vielen Faktoren ab. Zur Vermeidung lästiger Formaldehydimmissionen ist neben der Qualität des Rohmaterials vor allem die Einhaltung der optimalen Bedingungen während der Schäumung erforderlich. Voraussetzung für die Beständigkeit des Schaumes ist, daß mögliche Zersetzungsreaktionen nur sehr langsam ablaufen. Da der Schaum offenporig und damit der

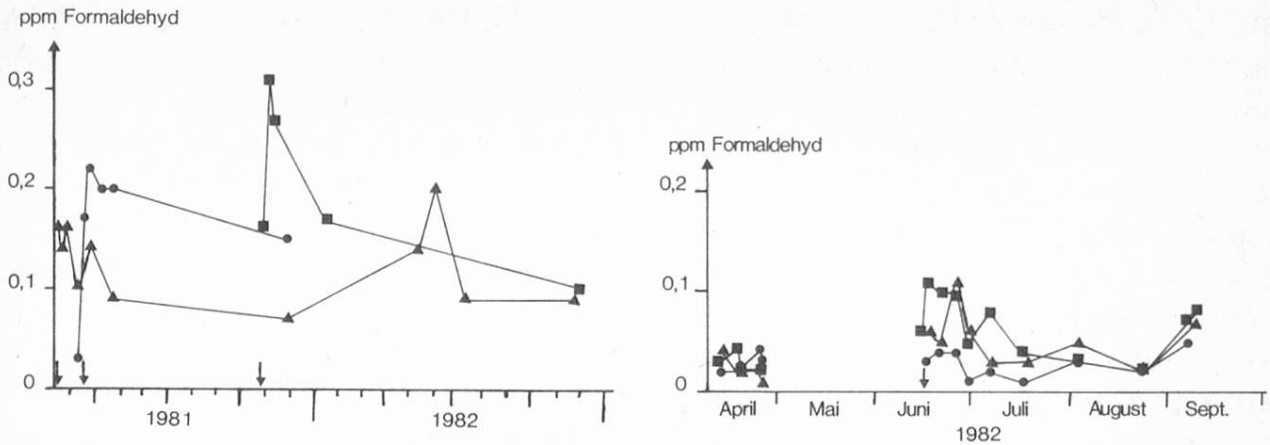


Abb. 3. Zeitlicher Verlauf der Formaldehydkonzentration in der Raumluft
Schäumungstermine sind durch Pfeile markiert

- a) ■ Gebäude A: Einfamilienhaus, Wohnzimmer im 1. Stock, Schäumung über Gipsdecke, Bewohner sind Nichtraucher
 ▲ Gebäude B: Mehrfamilienhaus, Wohnzimmer in Dachwohnung, Schäumung über Gipsdecke und hinter Wand, Bewohner sind Nichtraucher
 ● Gebäude C: Mehrfamilienhaus, Wohnzimmer im obersten Stockwerk, Schäumung über Gipsdecke, Bewohner sind Nichtraucher

- b) Gebäude D: Ländliches Mehrzweckgebäude mit Wohnungen, Büros und Werkstätten, Schäumung über Holzdecke
 ■ Büro (gelegentlich mit Pfeifenrauch belastet)
 ▲ Wohnzimmer (Nichtraucher)
 ● Holzwerkstatt (Kontrollmessungen, keine UF-Schäumung, Rauchverbot)

Luftfeuchtigkeit ausgesetzt ist, muß vor allem in der heißen und feuchten Sommerzeit mit einer verstärkten Rückreaktion gerechnet werden. Dadurch können auch die oben erwähnten, noch lange nach der Schäumung aufgetretenen Formaldehydbelastungen erklärt werden.

Meßmethoden

Zur Charakterisierung der langfristigen Qualität einer Schäumung wäre es wünschbar, wenn diese aufgrund eines einfachen Testes an frischem Schaum abgeschätzt werden könnte. Um die Aussagekraft möglicher Testmethoden etwas besser beurteilen zu können, wurde eine Serie von 8 Schaumproben während 10 Tagen drei verschiedenen Testmethoden unterworfen, die sich vor allem durch die Stärke des hydrolytischen Angriffs auf den Schaum unterscheiden.

Mit der Methode «Luft passiv»* wird die passive Formaldehydabgabe in die umgebende Luft gemessen. Dazu wird ein Stück UF-Schaum (4 x 4 x 5cm) wäh-

* Entspricht dem Entwurf September 1981 zur Änderung der DIN-Norm 18 159 «Harnstoff-Formaldehydharz-Ortschaum für die Wärmedämmung», Abschnitt 8.13.2, wobei die Messungen nicht nur am 1. Tag, sondern während 10 Tagen nach der Schäumung durchgeführt werden.

rend 10 Tagen bei 40 °C in einem geschlossenen Gefäß mit 0,4 l Inhalt über 50 ml Wasser aufgestellt. Das Wasser wird täglich gewechselt und das darin gelöste Formaldehyd bestimmt: Je nach erwartetem Formaldehydgehalt werden 0,1 bis 5 ml der Absorptionslösung mit Wasser auf 5 ml aufgefüllt. Darauf werden 5 ml 0,1% MBTH-Lösung und 2 ml Oxidationsreagenz zugesetzt. Die fotometrische Messung erfolgt gleich wie bei der Bestimmung von Formaldehyd in der Raumluft.

Bei der Methode «*Luft aktiv*» werden 0,5 g Schaum von Hand zerkleinert und in einem auf 30 °C thermostatisierten Gefäß während 10 Tagen mit 500 ml Luft pro Minute durchströmt. Das Formaldehyd wird wie bei den Raumluftmessungen in zwei in Serie geschalteten, aber mit Wasser gefüllten Impingern aufgefangen. Da mit dieser Methode viel mehr Formaldehyd ausgetrieben wird als mit der Methode «*Luft passiv*», wird die Bestimmung des Formaldehyds mit der weniger empfindlichen Chromotropsäuremethode durchgeführt (14). Zu 4 ml (bei hoher Konzentration ein aliquoter Teil, verdünnt auf 4 ml) der wässrigen Absorptionslösung werden 6 ml konzentrierte Schwefelsäure (Merck Nr. 731) und 100 µl 1%ige Chromotropsäure (Merck Nr. 2498) gegeben. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wird die Extinktion im Spektralfotometer bei 580 nm gegen den Reagenzienleerwert gemessen.

Bei der Methode «*Wasser*» schließlich wird während der ersten 10 Tage nach der Schäumung die Formaldehydabgabe direkt in Wasser bestimmt. Dazu werden zuerst 2–3 g Schaum während 1 Minute in einem Mixer in 200 ml Wasser zerkleinert und darauf bei Raumtemperatur stehen gelassen. Nach 24 Stunden wird abfiltriert, der Schaum mit ca. 200 ml Wasser gewaschen und das Formaldehyd im Filtrat nach Verdünnen mit Wasser auf 500 ml wie bei der Methode «*Luft passiv*» mit der MBTH-Methode bestimmt. Das Schaummaterial wird darauf wieder in 200 ml frischem Wasser aufgeschlämmt und während der nächsten 24 Stunden stehen gelassen.

Um den Einfluß des Rohmaterials auf die Qualität des Schaumes abschätzen zu können, wurde schließlich auch die freie Formaldehydkonzentration in der Harzlösung gemessen. Eine genau abgewogene Menge von 2–3 g Harzlösung wird in 200 ml Wasser gegeben und durch Zugabe von 20 g Eis gekühlt. Nach 5 Minuten wird zuerst durch ein Faltenfilter und anschließend durch einen 2 µm Membranfilter filtriert. Nach Verdünnen des Filtrates auf 1000 ml wird wie bei der Methode «*Luft passiv*» weitergearbeitet.

Resultate

Die freie Formaldehydkonzentration der Harzlösungen sowie die Testwerte für den 1. und den 8. Tag nach der Schäumung sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Bei allen drei Methoden nimmt die Formaldehydabgabe rasch ab und erreicht nach 6–8 Tagen einen mehr oder weniger konstanten Wert. Die Abbildung 4 zeigt diesen Abfall am Beispiel von 4 der 8 untersuchten Schaumproben. Auffällig ist das Verhalten des Schaumes Nr. 7, der aus einer Harzlösung mit einem sehr geringen Anteil an freiem Formaldehyd von nur 0,18% hergestellt wur-

de. Während mit der Methode «Luft passiv» die tiefsten Formaldehydwerte erreicht werden, liegt dieser Schaum bei der Methode «Luft aktiv», bei der schon stärker mit Luftfeuchtigkeit belastet wird, im Mittelfeld der 8 Schaumproben. Für die Methode «Wasser» erreicht der gleiche Schaum sogar den Spitzenwert. Der Schaum Nr. 6 des gleichen Produzenten, dessen freie Formaldehydkonzentration im Harz im gleichen Bereich wie die restlichen Proben lagen, erreicht im «Wasser»-Test den zweithöchsten Wert. Dazu ist noch beizufügen, daß mit dem Schaummaterial Nr. 7 das im vorangehenden Abschnitt (Abb. 3b) beschriebene Gebäude D isoliert wurde.

Vergleicht man die mit den drei Testmethoden gemessenen Formaldehydwerte mit dem freien Formaldehyd Gehalt der Harzlösungen, so findet man nur gerade für die Methode «Luft passiv» einen deutlichen Zusammenhang. Am 8. Tag nach der Schäumung ergibt sich ein Korrelationskoeffizient $r = 0,91$ (Abb. 5). Allerdings hängt auch bei dieser Testmethode die Formaldehydabgabe des frischen Schaumes noch stark von anderen, unbekanntem Faktoren ab (1. Tag: Korrelationskoeffizient $r = 0,35$). Die gesamte mit der Methode «Luft passiv» während der 10tägigen Meßzeit aufgefangene Formaldehydmenge liegt um einen Faktor 1,3 bis 2,7 über dem Wert, der aufgrund der freien Formaldehydkonzentration im Harz zu erwarten wäre.

Diskussion

Die Auswahl der von uns untersuchten Gebäude mit UF-Schäumung bildet keine repräsentative Stichprobe der in der Schweiz mit diesem Material isolierten Objekte. Trotzdem zeigen unsere Resultate deutlich, daß der in der Bundesrepu-

Tabelle 2. Abgabe von Formaldehyd aus dem Harz und aus dem frischen Schaum

Nr.	Produzent	Harz	Schaum					
			Luft p.	Luft a.	Wasser	Luft p.	Luft a.	Wasser
			Tag 1			Tag 8		
1	I	0,99	0,35	0,34	0,36	0,078	0,027	0,002
2	I	0,74	0,44	0,20	0,17	0,077	0,057	0,001
3	I	0,62	0,21	0,28	0,13	0,062	0,046	0,0005
4	II	0,97	0,39	0,41	0,33	0,110	0,025	0,001
5	II	0,64	0,56	0,40	0,33	0,071	0,020	0,003
6	III	0,75	0,31	0,58	0,61	0,076	0,045	0,011
7	III	0,18	0,15	0,29	0,70	0,016	0,036	0,015
8	IV	0,77	0,93	0,69	0,68	0,064	0,032	0,001

Harz: Gewichtsprozent Formaldehyd

Schaum: Gewichtsprozent Formaldehyd pro 24 Stunden

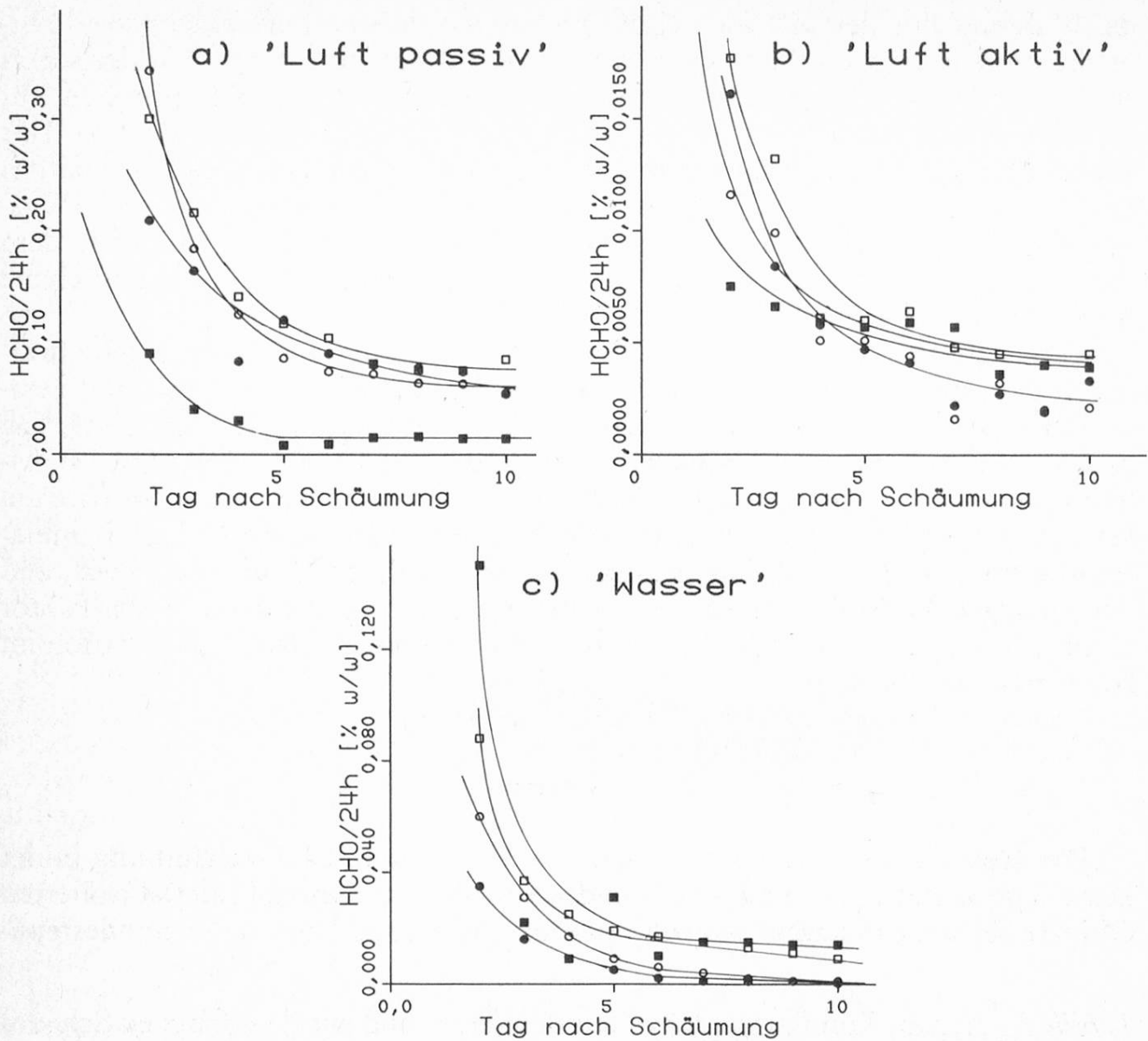


Abb. 4. Zeitlicher Verlauf der Formaldehydabgabe (2. bis 10. Tag nach der Schäumung) für 4 der in Tabelle 2 beschriebenen Schaumproben für die drei untersuchten Testmethoden a) «Luft passiv», b) «Luft aktiv» und c) «Wasser»

○ Schaum Nr. 1, □ Schaum Nr. 6, ■ Schaum Nr. 7 und ● Schaum Nr. 8
BRD-Immissionsgrenzwert 0,1 ppm

blik Deutschland angestrebte Immissionsgrenzwert von 0,1 ppm in Innenräumen nicht ohne weiteres erreicht wird. Die über einen längeren Zeitraum durchgeführten Messungen an einigen ausgewählten Objekten zeigen überdies, daß nach einer Schäumung, die nicht unter optimalen Bedingungen durchgeführt wurde, noch während Jahren starke Formaldehydimmissionen auftreten können. Da wir den Immissionen im Wohnbereich nicht einfach ausweichen können, muß bei der Festsetzung einer maximal noch tolerierbaren Schadstoffkonzentration auch auf besonders empfindliche Personen Rücksicht genommen werden. Denn bei einer schlechten Schäumung besteht praktisch die einzige Selbsthilfe darin, den betroffenen Raum möglichst zu meiden oder ihn permanent zu lüften, was dem

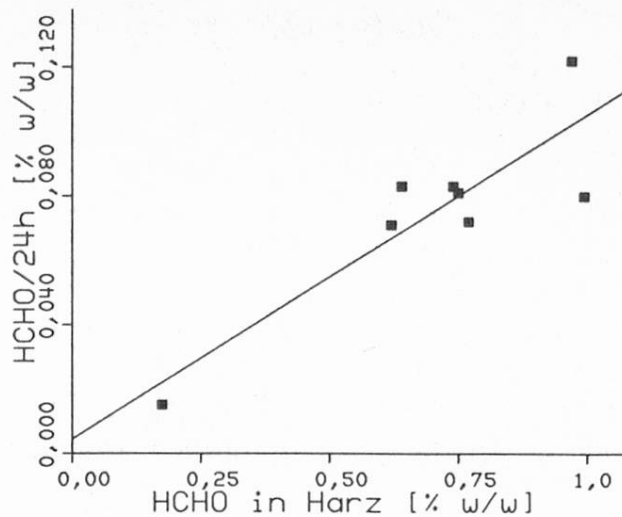


Abb. 5. Formaldehydabgabe nach der Methode «Luft passiv» am 8. Tag nach der Schäumung vs. freier Formaldehydkonzentration in den entsprechenden Harzlösungen
Korrelationskoeffizient $r = 0,91$

Zweck der vorgenommenen Wärmeisolation direkt widerspricht. Das Entfernen eines schlechten Schaumes ist mit beträchtlichem Aufwand verbunden. Es muß deshalb verlangt werden, daß die Bedingungen für eine bezüglich Formaldehydimmission akzeptable Schäumung bekannt sind und auch in der Praxis eingehalten werden können. Nur so kann diese sonst recht ideale Methode zur Nachisolation bestehender Gebäude auch zur Zufriedenheit der Bewohner eingesetzt werden. Wie in der Einleitung bereits betont wurde, bilden aber UF-Schäume nicht die einzige Formaldehydquelle im Wohnbereich, der wir mehr oder weniger zwangsläufig ausgesetzt sind. Dies wird bestätigt durch eine neuere Untersuchung über die Verunreinigung der Raumluft in Neubauten durch Spanplatten (16), bei der nur wenige Werte unterhalb der 0,1 ppm Limite gefunden wurden.

Unsere ersten Versuche mit den drei Testmethoden an frischen Schaumproben deuten darauf hin, daß die langfristige Formaldehydimmission stark von der effektiven Belastung durch Hitze und Wasserdampf abhängt. Die hohen Werte bei der Methode «Wasser» für den Schaum Nr. 7 könnten dahingehend gedeutet werden, daß ein allzu geringer Gehalt an freiem Formaldehyd im Harz zu einer geringen Vernetzung während der Schäumung und damit zu einer größeren Hydrolyseanfälligkeit führt. Untersuchungen haben gezeigt, daß selbst bei einem freien Formaldehyd Gehalt von weniger als 0,1% in der Harzlösung noch 16 Monate nach der Schäumung eine meßbare Formaldehydabgabe erfolgte (17). Diese Interpretation wird allerdings in unserem Fall (noch) nicht gestützt durch die bisher gemessenen, eher tiefen Formaldehydkonzentrationen in dem mit diesem Schaum isolierten Gebäude D.

Weitere Versuche sind notwendig, um das unterschiedliche Verhalten der drei vorgeschlagenen Testmethoden beurteilen zu können. Zum Vergleich mit den Resultaten der Labortests sollen auch die Formaldehydkonzentrationen in den Gebäuden weiter verfolgt werden, die mit den untersuchten Schäumen isoliert wurden.

Zusammenfassung

Erhöhte Schadstoffkonzentrationen in der Luft von Innenräumen bilden häufig eine unerwünschte Nebenerscheinung einer verbesserten Wärmeisolation von Gebäuden. Der zur Nachisolation bestehender Bauten empfohlene Harnstoff-Formaldehyd-Isolationsschaum kann bei unsachgemäßer Verarbeitung zu einer jahrelangen, starken Belästigung der Bewohner durch Formaldehyd führen. Messungen in 43 Objekten in der Schweiz haben gezeigt, daß der in der Bundesrepublik Deutschland empfohlene Richtwert von 0,1 ppm häufig überschritten wird. Zusätzlich wurden erste Versuche durchgeführt, um die langfristige Qualität des Isolationsschaumes, die außer von den verwendeten Ausgangsprodukten vor allem von den Bedingungen während der Schäumung abhängt, mit Hilfe einer einfachen Testmethode an frischen Schaumproben abschätzen zu können.

Résumé

Des concentrations relativement élevées de substances nuisibles sont souvent constatées à l'intérieur des bâtiments suite à des transformations entreprises pour améliorer l'isolation thermique des immeubles. Un traitement inadéquat de la mousse isolante à base d'urée et d'aldéhyde formique, telle qu'elle est recommandée pour les isolations supplémentaires de bâtiments déjà existants, peut pendant des années être la cause d'une forte et désagréable exposition à l'aldéhyde formique des habitants d'un immeuble. Des contrôles effectués dans 43 immeubles en Suisse ont montré que la teneur de l'air en aldéhyde formique excède souvent la valeur admissible de 0,1 ppm, telle qu'elle est recommandée par exemple en RFA. En plus, des expériences préliminaires ont été entreprises afin d'obtenir une méthode simple et efficace pour évaluer les propriétés qualitatives à long terme de la mousse isolante, vu que la qualité dépend des matériaux primaires employés, mais principalement des conditions présidant à la préparation de la mousse en question.

Summary

Thermal insulation of buildings often results in raised indoor-air levels of contaminants. Urea-formaldehyde foam is recommended as a convenient and cheap material for insulating existing buildings. If the foam is not prepared carefully, it may lead to unacceptably high levels of formaldehyde which can persist for months or even years. Measurements of formaldehyde in 43 houses in Switzerland showed that the immission limit of 0.1 ppm, which has been proposed by the Federal Republic of Germany, is often exceeded. Further, the paper discusses different methods of characterizing the quality of UF-foams with respect to the emission of formaldehyde, which depends not only on the raw material but at large on the actual conditions during the on-site foaming and polycondensation reactions.

Literatur

1. US Department of Energy, Office of Conservation and Solar Energy: Residential conservation service program. Fed. Reg. 44, No. 247, 75956–75981 (1979).
2. US Consumer Product Safety Commission: Ban of urea-formaldehyde foam insulation. Fed. Reg. 47, No. 64, 14366–14419 (1982).

3. Bundesgesundheitsamt, Berlin: Grenzwertbestimmung für Formaldehyd in der Innenraumluft, Abschn. 16.2 p. 160 in: BGA Tätigkeitsbericht 1977.
4. *Henschler, D.*: (Ed.): Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe — Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten. Verlag Chemie, Weinheim 1979.
5. *Meyer, B.*: Urea-formaldehyde resins. Addison-Wesley Pub. Co., Reading, Mass. USA 1979.
6. Report of the Federal Panel on Formaldehyde. *Environ. Health Perspect.* **43**, 139–168 (1982).
7. *Auerbach, C., Moutschen-Dahmen, M. and Moutschen, J.*: Genetic and cytogenical effect of formaldehyde and related compounds. *Mutat. Res.* **39**, 317–362 (1977).
8. *Svenberg, J. A., Kerns, W. D., Mitchell, R. I., Gralla, E. J. and Pavkov, K. L.*: Induction of squamous cell carcinomas of the rat nasal cavity by inhalation exposure to formaldehyde vapor. *Cancer Res.* **40**, 3398–3402 (1980).
9. *Perera, F. and Petito, C.*: Formaldehyde: A question of cancer policy? *Science* **216**, 1285–1291 (1982).
10. NIOSH: Formaldehyde: Evidence of carcinogenicity. *Current Intelligence Bulletin* **34**, April 15, 1981. US Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, National Institute for Occupational Safety and Health.
11. Römpps Chemie Lexikon, 8. Aufl. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1981.
12. *Allan, G. G., Dutkiewicz, J. and Gilmartin, E. J.*: Long term stability of urea-formaldehyde foam insulation. *Environ. Sci. Tech.* **14**, 1235–1240 (1980).
13. Tentative method of analysis for formaldehyde content of the atmosphere (MBTH-Method). In: *Katz, M.* (Ed.), *Methods of air sampling and analysis* (APHA Intersociety Committee). 2nd ed., p. 308 American Public Health Association, Washington, D. C. 1977.
14. *ibid.* p. 303.
15. *Dally, K. A., Hanrahan, L. P., Woodbury, M. A. and Kanarek, M. S.*: Formaldehyde exposure in nonoccupational environments. *Arch. Environ Health* **36**, 277–284 (1981).
16. *Kuhn, M. und Wanner, H. U.*: Verunreinigung der Raumluft durch Materialien. *Soz. Präv. Med.* **27**, 260–261 (1982).
17. US Consumer Product Safety Commission: Ban of urea-formaldehyde foam insulation. *Fed. Reg.* **47**, No. 64, 14403 (1982).

H. Rothweiler
 Dr. R. Knutti
 Prof. Ch. Schlatter
 Institut für Toxikologie
 der Eidg. Technischen Hochschule
 und der Universität Zürich
 Schorenstraße 16
 CH-8603 Schwerzenbach