



## **Untersuchung der bauphysikalischen und ökologischen Auswirkungen von Dichtmaterialien in Bauanschlußfugen**

Antragsteller: Adolf Würth GmbH & Co. KG  
Reinhold-Würth-Str. 12  
D-74653 Künzelsau

### **1. Aufgabenstellung**

Im Auftrag des Antragstellers wurde im Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, die Luftdurchlässigkeit in Anlehnung an DIN 18 055/DIN EN 42 von unterschiedlich abgedichteten Fugen zwischen einer simulierten Wand und einem Kunststoff-Fensterrahmen gemessen (siehe Prüfberichte P13-32/1996 bis P13-34/1996 vom 24. Jan. 1996). Im Jahr 2003 wurden zusätzlich Messungen (P6-263/2003) durchgeführt. Da die gemessenen Luftdurchlässigkeiten geringer als bei den Untersuchungen in 1996 waren, wurden die Werte in den Tabellen 1 und 2 beibehalten. In einem weiteren Schritt sollen nun die bauphysikalischen Eigenschaften dieser Fugen bezüglich des Lüftungsheizwärmebedarfs am Beispiel eines Mehrfamilienhauses untersucht werden. Desweiteren sind aus den Meßwerten die Lüftungswärmeverluste für unterschiedliche Klimasituationen (ganzjähriger Mittelwert der Windgeschwindigkeit, frische Brise, starker Wind) zu berechnen. Für den Fall einer mittleren Windgeschwindigkeit - dies entspricht einer mittleren Druckdifferenz von 10 Pa am Fenster - wird außerdem der auf den Luftdurchgang durch die Fugen beruhende Anteil des Heizenergiebedarfs während einer Heizperiode ermittelt. Außerdem soll eine ökologische Beurteilung durch die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente durchgeführt werden. Zu bilanzieren ist zum einen die CO<sub>2</sub>-Emission infolge des Lüftungswärmeverlustes

durch die unterschiedlich ausgebildeten Fugen, zum anderen das CO<sub>2</sub>-Äquivalent durch die einmalige Verwendung des Treibmittels R 134a (7,6 Gew.-%) beim Füllen der Fuge mit 1K-PUR-Montage- und Füllschaum.

## 2. Angaben zum Gebäude und zur Fugenausbildung

### 2.1 Gebäude

Das untersuchte Gebäude ist ein vierstöckiges, unterkellertes Mehrfamilienhaus mit Flachdach und je 3 Wohneinheiten pro Etage. Die Außenwände bestehen aus einer Ziegelkonstruktion (Wärmeleitfähigkeit 0,21 W/(m·K)). Die Fenster sind mit Holzrahmen und Zweischeiben-Isolierverglasung versehen und vergleichsweise dicht schließend (Fugendurchlaßkoeffizient 0,033 m<sup>3</sup>/h·m·daPa<sup>2/3</sup>). Die Gesamtlänge der Fugen im Laibungsbereich aller Fenster und Balkontüren beträgt 366 m, die Fugenbreite ist variabel.

### 2.2 Fugenausbildung

Es wurden folgende Fugenausbildungen angenommen:

- 1 mm breite offene Fuge,
- 25 mm breite mit Mineralfaserzopf ausgefüllte Fuge mit und ohne Rahmenbefestigung,
- 25 mm breite mit einem Compriband ausgefüllte Fuge mit und ohne Rahmenbefestigung,
- 25 mm breite mit 1K-PUR Montage- und Füllschaum „PURlogicEASY“ gefüllte Fuge.

## 3. Durchführung der Berechnungen

### 3.1 Methode

Lüftungswärmeverluste entstehen durch den Austausch warmer Innenluft durch kältere Außenluft in einem Gebäude. Die Luftwechselzahl in der kalten Jah-

reszeit beträgt je nach Dichtheit des Gebäudes und dem Lüftungsverhalten der Bewohner zwischen  $0,2 \text{ h}^{-1}$  und  $1,0 \text{ h}^{-1}$ . Der aus bauphysikalischen und hygienischen Gründen notwendige Luftwechsel wird zu  $0,5 \text{ h}^{-1}$  angenommen, dem ein entsprechender Mindestwärmeverlust zuzuordnen ist. Eine Überschreitung dieser Luftwechselzahl ist bei normaler Raumnutzung nicht notwendig und bedeutet erhöhte Energieverluste. Rauchen oder andere interne Schadstoffemissionen würden natürlich einen höheren Luftwechsel erfordern. Die gesamten Lüftungswärmeverluste setzen sich im allgemeinen aus den folgenden Anteilen zusammen:

$$Q_{L,ges} = Q_{L,Lü} + Q_{L,Fe} + Q_{L,Fu}$$

Dabei bedeuten:

$Q_{L,ges}$	= Lüftungswärmeverluste (gesamt)	[kW]
$Q_{L,Lü}$	= Lüftungswärmeverlust infolge Zusatzlüftung	[kW]
$Q_{L,Fe}$	= Lüftungswärmeverlust infolge Undichtheiten im Fensterrahmen/Flügelbereich	[kW]
$Q_{L,Fu}$	= Lüftungswärmeverlust infolge Undichtheiten der Fugen im Fensterlaibungsbereich	[kW]

### 3.2 Randbedingungen

Für die Berechnungen der Lüftungswärmeverluste wurden eine Raumlufthtemperatur von  $20 \text{ °C}$  und eine Außenlufttemperatur von  $0 \text{ °C}$  zugrunde gelegt. Die ganzjährige mittlere Windgeschwindigkeit erzeugt einen Überdruck von  $10 \text{ Pa}$  auf der angeströmten Fassade oder einen Unterdruck von  $10 \text{ Pa}$  auf der windabgewandten Seite [1]. Bei einer frischen Brise beträgt diese Druckdifferenz  $50 \text{ Pa}$ , bei starkem Wind  $100 \text{ Pa}$  [2]. Bei der Bestimmung des Lüftungswärmebedarfs wurde von der gleichen Raumlufthtemperatur, jedoch von einer mittleren Außenlufttemperatur von  $6 \text{ °C}$  während einer Heizperiode (1. Sept. bis 31. Mai) ausgegangen. Der Jahresheizwärmebedarf wird mit einer Ölheizung (mittlerer Jahresnutzungsgrad  $0,81$ ) erzeugt. Durch eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Wirkungsgrad  $0,6$ ) wird die nötige Zuluft zugeführt.

### 3.3 Ökologische Beurteilung

Zur ökologischen Beurteilung wird der Einfluß der Emissionen auf den Treibhauseffekt herangezogen. Dabei wird angenommen, daß zur Erzeugung von 1 kWh Wärmeenergie unter Berücksichtigung des Energieträgers Erdöl 290 g CO<sub>2</sub> freigesetzt werden [3]. Kenngröße des Treibhauseffektes ist die ermittelte Menge CO<sub>2</sub>. Der unterschiedlich starke Einfluß anderer Gase auf den Treibhauseffekt wird mit dem GWP-Wert berücksichtigt. Damit läßt sich der Treibhauseffekt nach folgender Formel berechnen:

$$\text{Treibhauseffekt} = \sum_i \text{GWP}_i \cdot \text{Gesamtemissionen des Gases [kg]}$$

Es bedeutet:

GWP = global warming Potential des emittierten Gases, bezogen auf 20 Jahre  
(CO<sub>2</sub>: GWP = 1)

Die Bilanzierung der Emissionen berücksichtigt den Einbau der Dichtstoffe und eine 20-jährige Nutzungsphase einschließlich der energetischen Bilanzierung.

## 4. Ergebnisse der Berechnungen

Die Tabelle 1 zeigt die Luftwechselzahlen und die daraus resultierenden Lüftungswärmeverluste in Abhängigkeit von der Druckdifferenz innen/außen für die gesamte Fugenlänge. Die Fugen mit Rahmenbefestigung verursachen gegenüber den Fugen ohne Rahmenbefestigung einen höheren Luftwechsel. Der geringste Luftwechsel wird durch die mit 1K-PUR-Montage- und Füllschaum gefüllte Fuge verursacht. Der durch die Fugen bedingte Luftwechsel ist generell kleiner als der notwendige Mindestluftwechsel. Somit entspricht der Lüftungswärmebedarf bei Lüftungssystemen ohne Wärmerückgewinnung dem des Mindestluftwechsels. In Tabelle 2 ist der Lüftungswärmebedarf bei Lüftungssystemen mit und ohne Wärmerückgewinnungsanlage dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Wärmerückgewinnung aus den Wärmeverlusten durch Zusatzlüftung nur 60 % beträgt. Der Wert des Netto-Heizwärmebedarfs für die Zusatzlüftung ergibt sich aus der Differenz zwischen Mindestluftwechsel und Luftwechsel durch Fenster und Fugen. Tabelle 3 zeigt die äquivalente CO<sub>2</sub>-

Emission pro Jahr und nach 20 Jahren Nutzungsdauer sowie die äquivalente CO<sub>2</sub>-Emission des Treibmittels, bezogen auf den Fall der Fugenausbildung mit expandierendem Dämmstoff, wobei sich hier die günstigsten Werte ergeben, trotz des Treibmittels R 134a. Der Minderverbrauch an CO<sub>2</sub> wirkt sich wegen der größeren Luftdichtheit stärker aus als die einmalige Verwendung des Treibmittels. Durch die weniger durchlässige Fuge und die damit gesenkte CO<sub>2</sub>-Emission wird die Belastung der Atmosphäre durch das Treibmittel bei o. g. Randbedingungen hinsichtlich Bilanzierungsgrenzen bereits nach einem Jahr Nutzung kompensiert.

## 5. Literatur

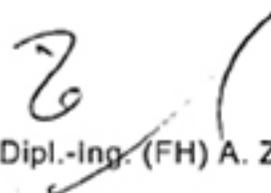
- [1] DIN 1946, Teil 6: Raumluftechnik. Lüftung von Wohnungen. Anforderungen, Ausführung, Prüfung. Ausgabe Sept. 1991 (Entwurf). Beuth-Verlag, Berlin.
- [2] Handbuch für den Wärme- und Kälteschutz. 12. Auflage (Nov. 1991). Rheinhold und Mahla AG, Stuttgart.
- [3] Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages 3. erweiterte Auflage. S. 498. Verlag C.F. Müller (1990).
- [4] Becker, Braun: Kunststoffhandbuch, Polyurethan. Carl Hanser Verlag, München, Wien (1993).

Prüfbericht 5 Seiten und 3 Tabellen: Erstprüfung 1996, Bearbeiter: Dr. D. Oswald.  
Umschreibung/Überarbeitung, Produktname: PURlogicEASY.

Stuttgart, den 16. Oktober 2003/WD

Auszugsweise Veröffentlichung nur mit  
schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik gestattet.

Bearbeiter

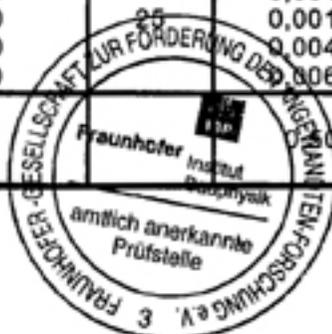
  
Dipl.-Ing. (FH) A. Zegowitz

Leiter der PÜZ-Stelle

  
Dipl.-Phys. N. König  


**Tabelle 1:** Luftwechselzahlen, Lüftungswärmeverluste und Lüftungswärmebedarf während einer Heizperiode (1. Sept. bis 31. Mai) in einem Mehrfamilienhaus, verursacht durch die Fenster oder durch Fugen unterschiedlicher Ausführung im Fensterlaibungsbereich.

Ausführung	Druckdifferenz Innen/außen	Fugen- breite	Luftwechsel- zahl	Lüftungs- wärmever- lust	Lüftungs- wärmee- bedarf
	Pa	mm	h <sup>-1</sup>	kW	MWh/a
Fenster	10	-	0,01	0,14	0,65
	50		0,02	0,28	1,30
	100		0,03	0,43	1,95
Fugen: offen	5	1	1,32	18,7	85,7
	10		2,03	28,9	132
	50		5,55	78,7	361
	100		8,60	122	559
mit Mineralfaserzopf ohne Rahmenbefestigung	5	25	0,01	0,18	0,82
	10		0,02	0,31	1,44
	50		0,08	1,18	5,41
	100		0,15	2,07	9,50
mit Mineralfaserzopf mit Rahmenbefestigung	5	25	0,02	0,27	1,23
	10		0,03	0,47	2,17
	50		0,12	1,73	7,94
	100		0,21	3,04	14,0
mit Compriband ohne Rahmenbefestigung	5	25	0,01	0,20	0,91
	10		0,02	0,31	1,44
	50		0,06	0,92	4,21
	100		0,10	1,44	6,62
mit Compriband mit Rahmenbefestigung	5	25	0,02	0,22	1,01
	10		0,02	0,35	1,62
	50		0,07	1,02	4,69
	100		0,11	1,63	7,46
1K-PUR-Montage- und Füllschaum	5		0,001	0,010	0,05
	10		0,001	0,016	0,07
	50		0,004	0,052	0,24
	100		0,006	0,079	0,36
Mindestluftwechsel	-			7,10	32,8



**Tabelle 2:** Anteiliger Netto-Heizwärmebedarf durch Lüftung in einem Mehrfamilienhaus bei unterschiedlich ausgeführten Fugen im Fensterlaibungsbereich während einer Heizperiode (1. Sept. bis 31. Mai) ohne und mit Wärmerückgewinnung. Die Prozentzahlen sind bezogen auf den Wärmebedarf bei Mindestluftwechsel und einer Druckdifferenz innen/außen von 10 Pa.

Ausführung der Fugen	Anteiliger Netto-Heizwärmebedarf						Resultierender Lüftungswärmebedarf mit Wärmerückgewinnung	
	Mindest-Luftwechsel 0,5 h <sup>-1</sup>	Fenster	Fugen	Zusatzlüftung		MWh/a	MWh/a	% *)
				ohne Wärmerück-gewinnung	MWh/a			
offen	32,8	0,65	132	-	-	-	-	-
mit Mineralfaserzopf ohne Rahmenbefestigung	32,8	0,65	1,44	30,7	12,3	14,4	44	44
mit Mineralfaserzopf mit Rahmenbefestigung	32,8	0,65	2,17	30	12,0	14,8	45	45
mit Comcriband ohne Rahmenbefestigung	32,8	0,65	1,44	30,7	12,3	14,4	44	44
mit Comcriband mit Rahmenbefestigung	32,8	0,65	1,62	30,5	12,2	14,5	44	44
1K-PUR-Montage- und Füllschaum	32,8	0,65	0,07	32,1	12,8	13,5		

\*) bezogen auf Mindestluftwechsel.



**Tabelle 3:** Äquivalente CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Dichtstoffe ab dem Einbau und bei 20-jähriger Nutzungsdauer sowie äquivalente Mehremissionen von CO<sub>2</sub> bezüglich der Fugendichtung mit expandierendem Dämmstoff.

Ausführung der Fugen	CO <sub>2</sub> -Emissionen durch Ölheizung		Äquivalente CO <sub>2</sub> -Emission durch Treibmittel (R 134a)	Gesamte CO <sub>2</sub> -Emissionen	Differenz der CO <sub>2</sub> -Emissionen
	pro Jahr	in 20 Jahren			
	t	t			
offen	47	940	-	940	841
mit Mineralfaserzopf ohne Rahmenbefestigung	5,3	106	-	106	7
mit Mineralfaserzopf mit Rahmenbefestigung	5,3	106	-	106	7
mit Compriband ohne Rahmenbefestigung	5,2	104	-	104	5
mit Compriband mit Rahmenbefestigung	5,2	104	-	104	5
1K-PUR-Montage- und Füllschaum	4,8	96	3 <sup>1)</sup>	99	0

<sup>1)</sup> nach [4], Tab. 14.2 mit Umrechnung R 152a:R 134a = 1:10

