

E-79/21

## Fugen im Holzskelettbau

von

o. Prof. Dr. Erich Cziesielski

Dipl.-Ing. Bernd Raabe

Dipl.-Ing. Renate Szabunia

Forschungsbericht im Auftrag der  
Entwicklungsgemeinschaft Holzbau

Az. E-79/21

- Kurzbericht -

Berlin, Mai 1981

1 Zweck und Ziel der Untersuchung

Bei der konstruktiven Ausbildung von Fugen müssen bauphysikalische, statische und ausführungstechnische Belange Berücksichtigung finden. Zur Sicherstellung der Anforderungen dieser drei Bereiche ist es erforderlich, die Planung der Fugenausbildung nicht für Einzelbereiche bzw. Einzelaspekte, sondern komplexer, d.h. bereichsübergreifend durchzuführen.

In statischer Hinsicht richtet sich die Ausbildung der Fugen nach der Größe der zu übertragenden Kräfte; die Bemessung und Konstruktion geschieht nach DIN 1052 [1].

In bauphysikalischer Hinsicht muß der Einfluß der Fugen auf das Verhalten der Gesamtkonstruktion für folgende Bereiche berücksichtigt werden:

- Wärmedurchlaßwiderstand und Transmissionswärmebedarf
- Fugendurchlaßkoeffizient und Lüftungwärmebedarf
- Gesamtwärmebedarf
- Gesamtschalldämmmaß

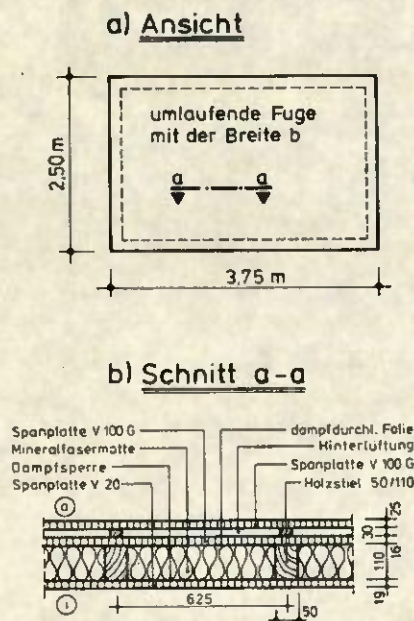


Bild 2-1  
Holzaußenwandkonstruktion für die Berechnung des Wärmebedarfs

- Witterungsschutz.

Die vorliegende Untersuchung wurde im Auftrage der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau durchgeführt und von der Stiftung für Forschungen im Wohnungs- und Siedlungsbau (Berlin), der Centralen Marketing Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH (Bonn), dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (München) sowie verschiedenen Wirtschaftsverbänden gefördert. Die Arbeit entstand am Institut für Baukonstruktionen und Festigkeit der Technischen Universität Berlin [2].

2 Wärmedurchlaßwiderstand und Transmissionswärmebedarf

Der Einfluß von Fugen auf den mittleren Wärmedurchlaßwiderstand einer Außenwandkonstruktion soll beispielhaft anhand der im Bild 2-1 dargestellten Holzaußenwandkonstruktion aufgezeigt werden.

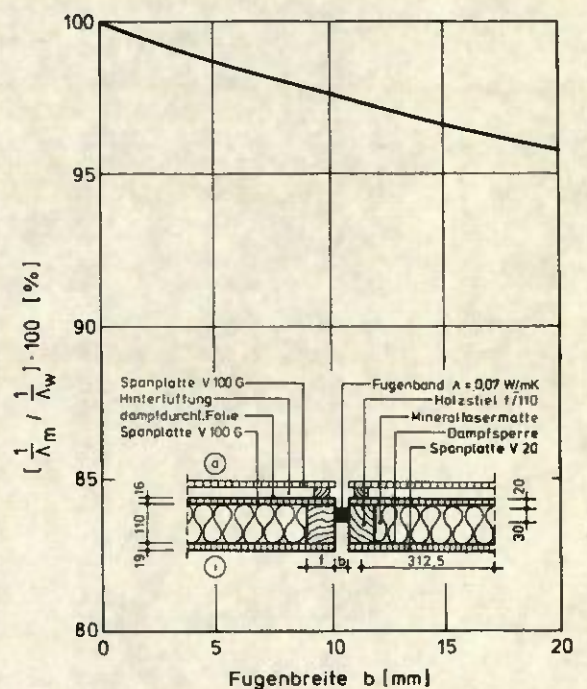


Bild 2-2

Einfluß der Fugenbreite b auf den mittleren Wärmedurchlaßwiderstand einer Wand mit Fuge

$\frac{1}{\lambda_m}$  Wärmedurchlaßwiderstand m. Fuge  
 $\frac{1}{\lambda_w}$  Wärmedurchlaßwiderstand o. Fuge



Das Bild 2-2 zeigt den Einfluß der Fuge auf den mittleren Wärmedurchlaßwiderstand  $\frac{1}{\Lambda_m}$  in Abhängigkeit von der Fugentreite.

Durch eine 5 mm breite Fuge wird der Wärmedurchlaßwiderstand der Wandkonstruktion nur um ca. 1% gemindert; für eine 20 mm breite Fuge beträgt die Verringerung ca. 4%.

Durch die Minderung des Wärmedurchlaßwiderstandes durch die Fugen wird der Transmissionswärmebedarf der Außenwandkonstruktion geringfügig erhöht. Das Bild 2-3 stellt den Einfluß der Fuge auf den Transmissionswärmebedarf in Abhängigkeit von der Fugenbreite dar.

Der Temperaturverlauf über der Wandoberfläche wird durch die Fugen nahezu nicht beeinflusst und kann vernachlässigt werden.

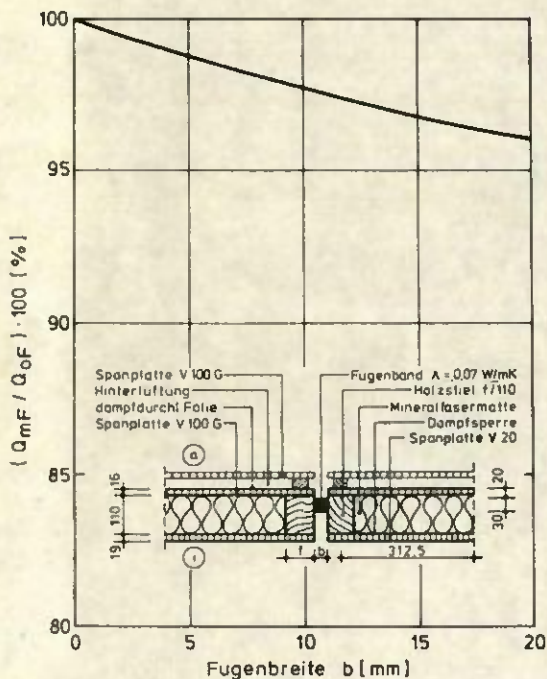


Bild 2-3

Einfluß der Fugenbreite b auf den Transmissionswärmebedarf einer Wand mit Fuge

$Q_{oF}$  Transmissionswärmebedarf o. Fuge

$Q_{mF}$  Transmissionswärmebedarf m. Fuge

### 3 Fugendurchlaßkoeffizient und Lüftungswärmebedarf

Der Lüftungswärmebedarf wird im wesentlichen von dem Fugendurchlaßkoeffizienten  $a$  bestimmt. Das Bild 3-1 stellt den Lüftungswärmebedarf in Abhängigkeit von dem Fugendurchlaßkoeffizienten und den angegebenen Randbedingungen dar. Es ergibt sich ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen Lüftungswärmebedarf und Fugendurchlaßkoeffizienten.

Bild 3-2 zeigt die Abhängigkeit des  $a$ -Wertes von der Fugenbreite und der Kompression für die untersuchten Abdichtungsmaterialien, sofern die Materialien nicht luftdicht waren (z.B. Vinylschaumstoffe).

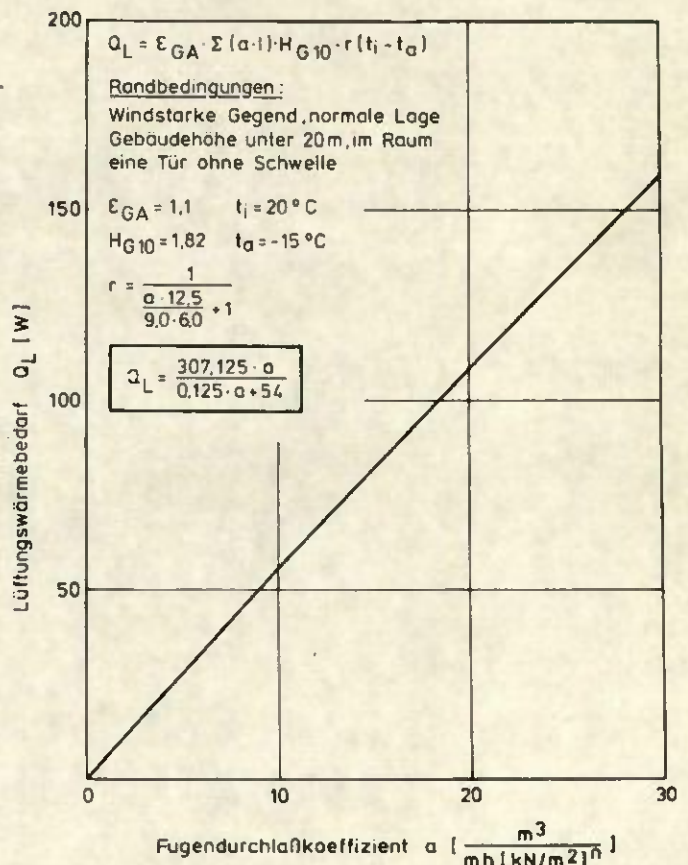


Bild 3-1

Zusammenhang zwischen dem Fugendurchlaßkoeffizienten und dem Lüftungswärmebedarf



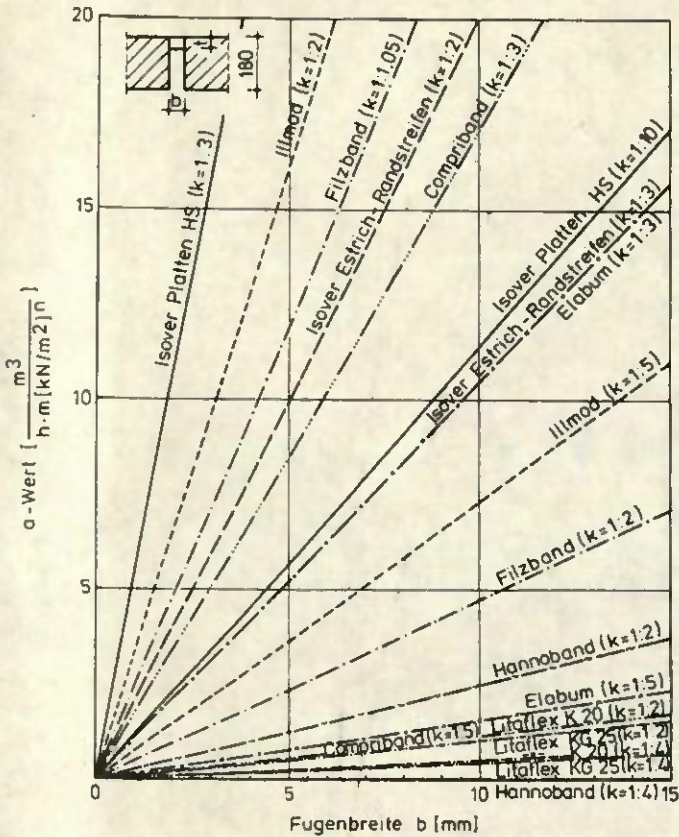


Bild 3-2

a-Wert einer Fuge mit einem Dichtstreifen (Bandtiefe: Filz: t=50mm, ansonsten t=30mm) unterschiedlicher Kompression in Abhängigkeit von der Fugenbreite

4 Gesamtwärmebedarf

Der Gesamtwärmebedarf eines Gebäudes setzt sich aus dem Transmissions- und dem Lüftungswärmebedarf zusammen. Aus Bild 2-3 ist ersichtlich, daß der Einfluß der Fuge auf den Transmissionswärmebedarf der betrachteten Holzaußenwandkonstruktion nahezu unabhängig von der Fugenbreite ist. Für die weiteren Betrachtungen wird deshalb von einer Fugenbreite b= 10 mm ausgegangen. Bei dieser Fugenbreite ergibt sich ein Transmissionswärmebedarf  $Q_0 = 111 \text{ W}$ .

Der Lüftungswärmebedarf  $Q_L$  ist in Bild 3-1 dargestellt.

Um die starke Abhängigkeit des Gesamtwärmebedarfes einer Außenwandkonstruktion von dem Fugendurchlaßkoeffizienten der Fugen aufzuzeigen, ist in Bild

4-1 der prozentuale Anteil des Lüftungswärmebedarfes der Fugen am Gesamtwärmebedarf einer Außenwandkonstruktion in Abhängigkeit vom Fugendurchlaßkoeffizienten dargestellt. Bereits bei einem Fugendurchlaßkoeffizienten

$$a = 5 \frac{m^3}{h \cdot m \cdot (kN/m^2)^{2/3}}$$

$$(\hat{=} 0,23 \cdot 100^{2/3} \frac{m^3}{h \cdot m \cdot (kN/m^2)^{2/3}})$$

beträgt der Anteil des Lüftungswärmebedarfes am Gesamtwärmebedarf der Außenwandkonstruktion rund 20%, für

$$a = 10 \cdot \frac{m^3}{h \cdot m \cdot (kN/m^2)^{2/3}}$$

$$(\hat{=} 0,46 \cdot 100^{2/3} \frac{m^3}{h \cdot m \cdot (kN/m^2)^{2/3}})$$

steigt der Anteil auf ca. 35% und für einen Fugendurchlaßkoeffizienten

$$a = 20 \frac{m^3}{h \cdot m \cdot (kN/m^2)^{2/3}}$$

$$(\hat{=} 0,93 \cdot 100^{2/3} \frac{m^3}{h \cdot m \cdot (kN/m^2)^{2/3}})$$

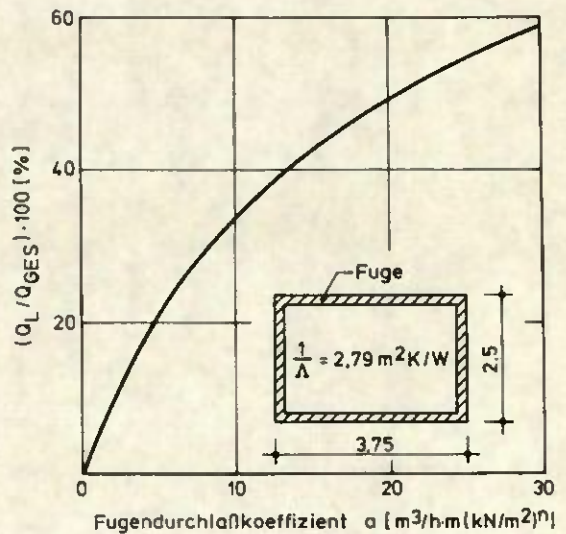


Bild 4-1

Abhängigkeit des Lüftungswärmebedarfes  $Q_L$  vom Fugendurchlaßkoeffizienten



sind Lüftungwärmebedarf und Transmissionswärmebedarf der gesamten Wandkonstruktion gleich groß. Aus diesen Werten folgt, daß der Winddichtigkeit der Fugen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden muß, wenn der Gesamtwärmebedarf einer Außenwandkonstruktion sinnvoll begrenzt werden soll. Es sollte ein Fugendurchlaßkoeffizient

$$a < 5 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m} \cdot (\text{kN}/\text{m}^2)^{2/3}}$$

$$(a < 0,23 \cdot 100^{2/3} \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m} \cdot (\text{kN}/\text{m}^2)^{2/3}})$$

angestrebt werden.

5 Gesamtschalldämmmaß

Das Gesamtschalldämmmaß einer Außenwandkonstruktion setzt sich aus den Schalldämmmaßen der Wand  $R_{w,ST}$  und dem Schalldämmmaß der Fugen  $R_{w,ges}$  zusammen.

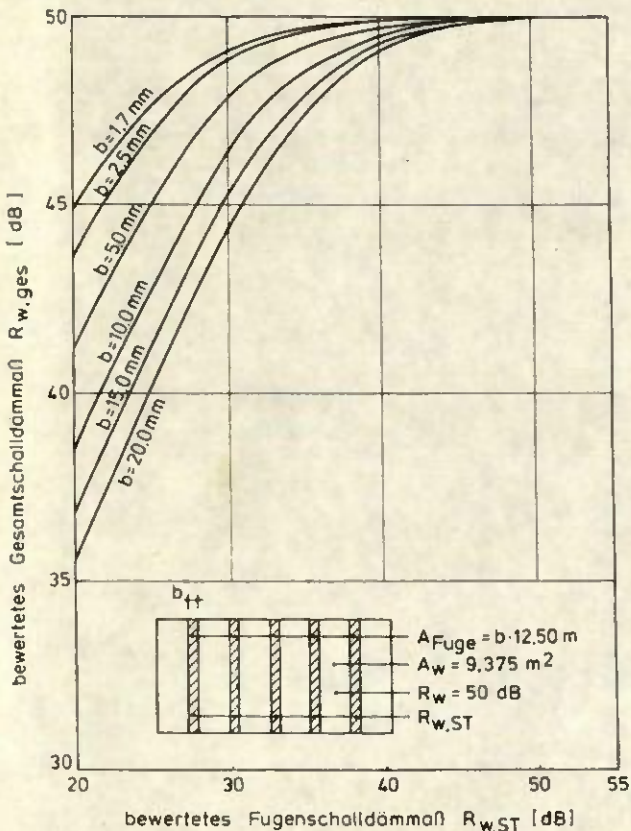


Bild 5-1  
Gesamtschalldämmmaß einer Wandkonstruktion unter Berücksichtigung des Schalldämmmaßes unterschiedlich breiter Fugen

Der Einfluß der Teilflächen wird näherungsweise nach DIN 4109 [3] ermittelt.

In Abhängigkeit von dem Fugenschalldämmmaß  $R_{w,ST}$  und der Fugenbreite kann das Gesamtschalldämmmaß einer Wandkonstruktion ( $R_w = 50$  dB) dem Bild 5-1 entnommen werden. Liegen die Fugen im Kantenbereich einer Wand, so wird dadurch das Gesamtschalldämmmaß der Wandkonstruktion weiter abgemindert. Es ist beabsichtigt, in einer weiterführenden Arbeit den Einfluß von "Schallbrücken" im Kantenbereich näher zu untersuchen.

Da Fugen mit einem bewerteten Schalldämmmaß  $R_{w,ST} = 45$  dB das Gesamtschalldämmmaß einer Wandkonstruktion mit einem bewerteten Schalldämmmaß  $R_w = 50$  dB nur unwesentlich abmindern (s. Bild 5-1), sollten die Fugen in Außenwandkonstruktion deswegen mindestens ein  $R_{w,ST} = 45$  dB aufweisen.

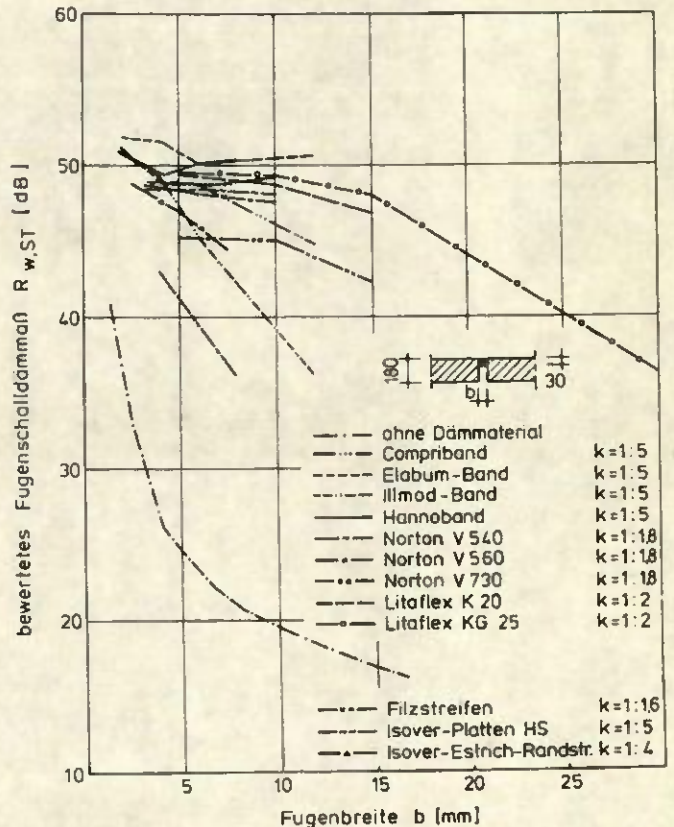


Bild 5-2  
Bewertete Schalldämmmaße  $R_{w,ST}$  von Fugen mit einem Dämmstreifen



Im Rahmen der Untersuchung sind mit einem Nahmeßverfahren [4] für Fugen mit kompressiblen Abdichtungsmaterialien Schalldämmmaße ermittelt worden. In dem Bild 5-2 ist für die einfache und im Bild 5-3 für die doppelte Bandanordnung das bewertete Fugenschalldämmmaß  $R_{w,ST}$  in Abhängigkeit von der Fugenbreite dargestellt.

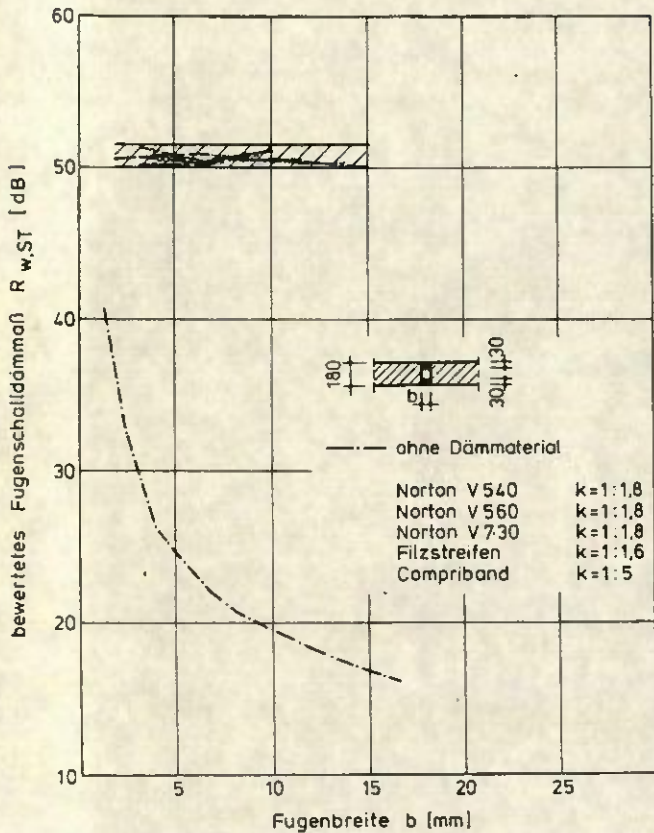


Bild 5-3

Bewertete Schalldämmmaße  $R_{w,ST}$  von Fugen mit zwei Dämmstreifen

#### 6 Witterungsschutz

Zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes und des witterungsbedingten Feuchteschutzes sollen leichte Holzaußenwandkonstruktionen eine hinterlüftete Vorsatzschale aufweisen. Sofern die Vorsatzschale feuchtigkeitsunempfindlich ist, muß lediglich das im Fugenbereich der Vorsatzschale eindringende Niederschlagswasser durch das Anordnen von Kunststoffprofilen oder Thiokol-Fugenbändern am Ein-

dringen in den inneren Fugenbereich gehindert werden (vergleiche Bild 6-1).

Besteht die Vorsatzschale aus feuchtigkeitsempfindlichen Materialien (z.B. Randbereich von Holzwerkstoffplatten), so muß der Kantenbereich durch Profile geschützt werden; es kann auch ein Abdichten der Fuge mit Thiokol-Bändern erfolgen [5].

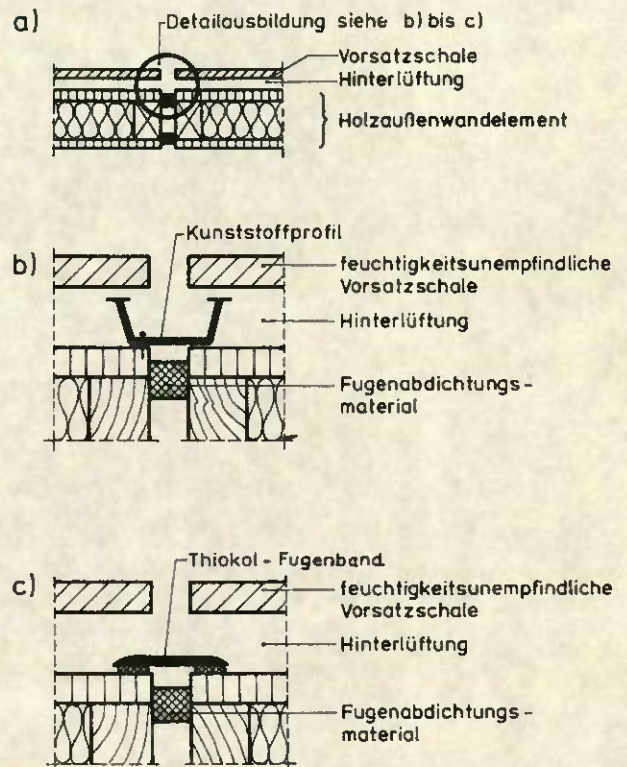


Bild 6-1

Maßnahmen zur Abdichtung gegen Niederschlagswasser im Fugenbereich der Vorsatzschale

#### 7 Fugengeometrie

Die Geometrie der Fuge (glatte Fugenränder, Verfaltungen oder ähnliche Profilierungen) sind im Hinblick auf die bauphysikalischen Eigenschaften der Fuge ohne wesentlichen Einfluß.



## 8 Materialien

Die zum Erreichen einer Kompressionsstufe erforderliche Normalspannung ist sehr stark materialabhängig.

Die Spannungs-Dehnungs-Diagramme sämtlicher untersuchten Materialien sind in Bild 8-1 dargestellt. Das Materialverhalten ist bei den meisten Stoffen im bauinteressierenden Bereich nicht oder nur unwesentlich temperaturabhängig.

Die Tabelle 1 erlaubt einen orientierenden Überblick über die Eigenschaften einzelner Fugendichtstoffe.

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse kann eine allgemeine Empfehlung einer Materialgruppe oder eines Materials als "idealer" Werkstoff zur Dämmung von Fugen nicht gegeben werden; die Auswahl des Fugendichtstoffes wird im Einzelfall von den konstruktiven Gegebenheiten bestimmt.

## 9 Zusammenfassung

Die Qualität der Fugeneigenschaften ist nicht nur von den gewählten Fugendichtstoffen, sondern auch von der Fugenausbildung und insbesondere den Ausführungsbedingungen abhängig. Da einzelne Eigenschaften der Fugen empfindlich gegenüber den Ausführungsungenauigkeiten und der Änderung der Kompression der Fugendichtstoffe sind (Bild 9-1), sind bereits bei der Planung die möglichen Änderungen der Fugenbreite infolge Herstellungs- und Montagetoleranzen sowie von Längenänderungen der Bauteile zu berücksichtigen. Da Fehlstellen (Materialstöße) im Fugendämmmaterial zu bauphysikalischen Verschlechterungen führen, sollte die Lage des Dämmmaterials leicht kontrollierbar und korrigierbar sein.

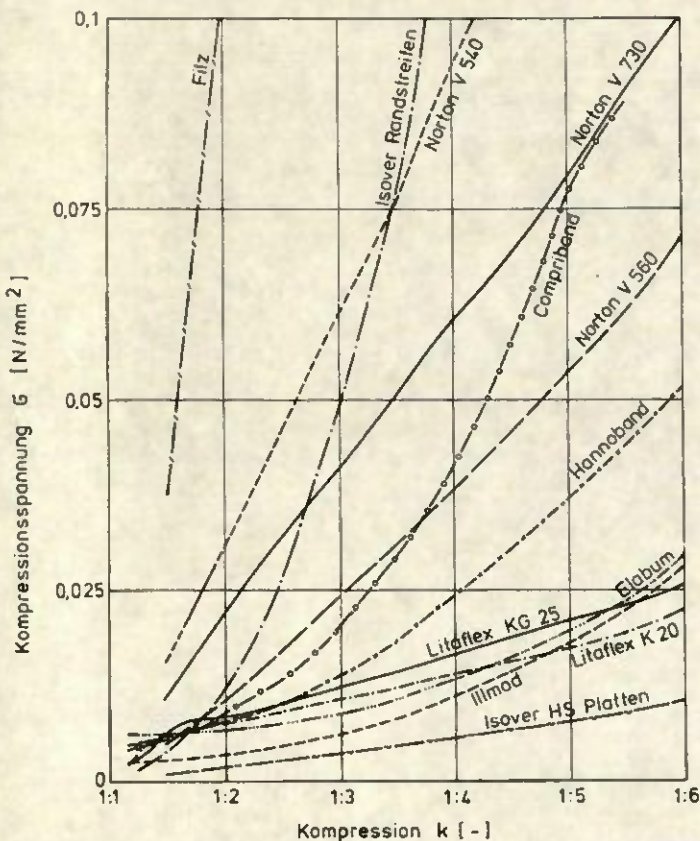


Bild 8-1  
Spannungsdehnungsdiagramm der verwendeten Dichtungsmaterialien ( $T = 20^\circ\text{C}$ )

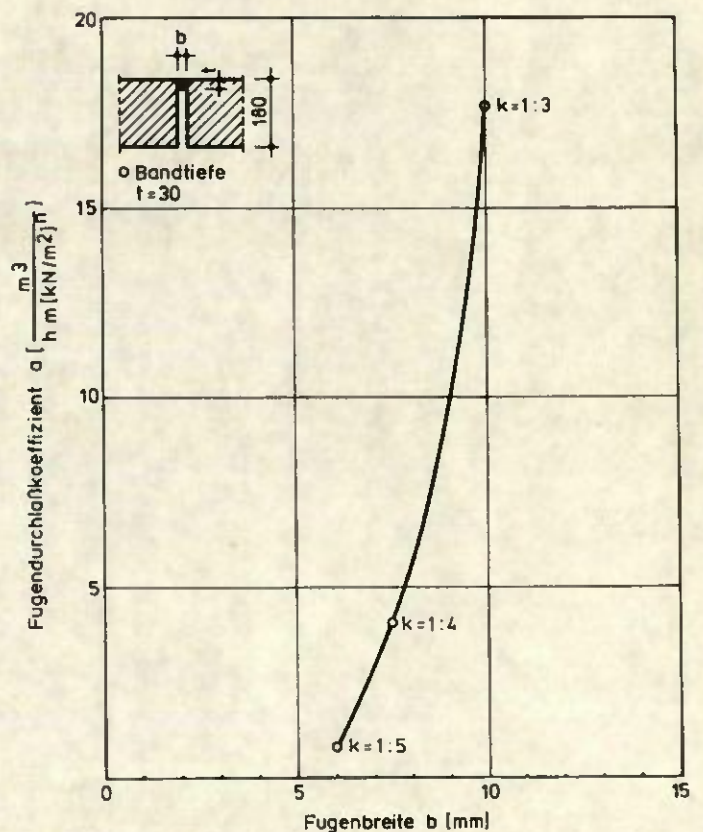


Bild 9-1  
Einfluß der Kompression des Dichtungsmaterials auf das Verhalten einer Fuge:  
 $a$ -Wert einer Fuge mit einem Compriband ( $d=30 \text{ mm}$ )

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, daß es durch die Wahl geeigneter Dämmaterialien und eine konstruktiv richtige Fugenausbildung möglich ist, Fugenausbildungen zu erzielen, die die an sie gestellten bauphysikalischen, statischen und ausführungstechnischen Anforderungen erfüllen.

Literatur:

- [1] DIN 1052, Oktober 1969  
"Holzbauwerke"
  
- [2] Cziesielski, E./ Raabe, B./ Szabunia, R.  
"Fugen im Holzskelettbau", Forschungsbericht 1981  
Informationsverbundzentrum Raum und Bau der Fraunhofer Gesellschaft
  
- [3] DIN 4109 E, Februar 1979  
"Schallschutz im Hochbau"
  
- [4] Gösele, K./Decker, U.  
Messung der Fugendämmung (Nahfeld)  
Institut für Bauphysik der Fraunhofer Gesellschaft, Stuttgart
  
- [5] Cziesielski, E./Raabe, B.  
"Die Eignung von Thiokol-Dichtungsbändern für die Abdichtung von Fugen im Holzbau"  
Untersuchung am Institut für Baukonstruktionen und Festigkeit, Technische Universität Berlin,  
nicht veröffentlicht



Tabelle 1

Eignung der Materialien in  
Abhängigkeit von der Fu-  
genausbildung und der  
Fugenherstellung

		COMPRIBAND	ELABUM	HANNOBAND	ILLMOD	NORTON V 540	NORTON V 560	NORTON V 730	LITAFLEX K 20	LITAFLEX KG 25	ISOVER PLATTEN HS	ISOVER RANDSTREIFEN	FILZ
Fertigungstechnische Eignung	Mechanische Beschädigungsgefahr	+	+	+	+	+	+	+	-	-	○	○	+
	Zuschnitt	○ <sup>1)</sup>	○ <sup>1)</sup>	○ <sup>1)</sup>	○ <sup>1)</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+
	Einbau bei niedrigen Temperaturen	○ <sup>2)</sup>	○ <sup>2)</sup>	○ <sup>2)</sup>	○ <sup>2)</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+
	Einbau in vorhandene schmale Fugen	+	+	+	+	- <sup>3)</sup>	- <sup>3)</sup>	- <sup>3)</sup>	+	+	+	○ <sup>3)</sup>	- <sup>3)</sup>
	Einbau in vorhandene breite Fugen	+	+	+	+	○ <sup>3)</sup>	○ <sup>3)</sup>	○ <sup>3)</sup>	+	+	+	+	- <sup>3)</sup>
	Einbau während der Fertigung der Bauteile	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bauphysikalische Eignung	Breite Fugen	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	+	+	+	+	+	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>
	Schmale Fugen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	+
	Ebene Fugenflanken	+	+	+	+	+	+	+	+	+	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	+
	Gering unebene Fugenflanken	+	+	+	+	○ <sup>3)</sup>	○ <sup>3)</sup>	○ <sup>3)</sup>	+	+	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>3)</sup>
	Stark unebene Fugenflanken	○ <sup>6)</sup>	○ <sup>6)</sup>	○ <sup>6)</sup>	○ <sup>6)</sup>	- <sup>3)</sup>	- <sup>3)</sup>	- <sup>3)</sup>	+	+	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	- <sup>3)</sup>
	Geringe Fugenbewegungen	+	+	+	+	○ <sup>3)</sup>	○ <sup>3)</sup>	○ <sup>3)</sup>	+	+	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>3)</sup>
	Große Fugenbewegungen	○ <sup>6)</sup>	○ <sup>6)</sup>	○ <sup>6)</sup>	○ <sup>6)</sup>	- <sup>3)</sup>	- <sup>3)</sup>	- <sup>3)</sup>	+	+	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	- <sup>3)</sup>

- + geeignet  
○ bedingt geeignet  
- nicht geeignet

- 1) Verkleben des Schneidwerkzeuges  
2) Rückstellgeschwindigkeit und Kompressionskräfte temperaturabhängig  
3) Geringe Kompressionsmöglichkeit  
4) Geringe  $R_{w,ST}$   
5) Hohe  $\alpha$ -Werte  
6)  $\alpha$ -Wert und  $R_{w,ST}$  stark kompressionsabhängig