

26 (1999) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

J. Sprung, A. Zegowitz

## Berechnungsverfahren zur Bestimmung der äquivalenten Schichtdicke von Wärmedämmmaterialien für Einzelfeuerstätten

### Aufgabenstellung

Bisher wurden vorwiegend mineralische Faserdämmstoffe als Wärmedämmungen von häuslichen Feuerstätten gegenüber zu schützenden Baukonstruktionen (Wand, Decke, Boden) eingesetzt. Die für den Brandschutz erforderliche Festlegung der Dämmschichtdicken erfolgte entweder für genormte Produkte, wie dem Kamineinsatz nach [1], durch die Typprüfung oder im Bereich des Kachelofenbaus empirisch nach den Regeln des Kachelofen- und Luftheizungsbauerhandwerks [2]. Zu den bekannten Mineralfaserprodukten kommen in jüngster Zeit andere mineralische Produkte, die sowohl die Eigenschaft der bisherigen Wärmedämmung als auch die Eigenschaften der Vormauerung mit Wärmedämmung aufweisen sollen. Für den Einsatz dieser Substitutionswärmedämmstoffe ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich. Eines der Zulassungskriterien ist die Bestimmung der äquivalenten Schichtdicke für diese Substitutionswärmedämmstoffe auf der Vergleichsbasis mit Mineralfaserprodukten. Bezüglich der Verwendung von Substitutionswärmedämmstoffen für den Bau von offenen Kaminen bzw. Kamineinsätzen wurde vom DIBt in Zusammenarbeit mit dem IBP ein Prüfverfahren zur Bestimmung der äquivalenten Schichtdicke entwickelt. Dieses Verfahren ist aufwendig und über einen größeren Schichtdickenbereich nicht exakt. Für den Einsatz von Substitutionswärmedämmstoffen in anderen Feuerstätten gibt es keine Prüfverfahren.

Zielsetzung dieser Arbeit war es, über grundsätzliche Untersuchungen zur thermischen Belastung von Aufstellflächen durch Feuerstätten (sowohl Kamine als auch Dauerbrand-Heizeinsätze ein mathematisch-physikalisches Modell zur äquivalenten Schichtdickenbestimmung zu entwickeln. Während bei dem oben genannten Prüfverfahren und in [2] die wärmetechnischen Eigenschaften der tatsächlichen Aufstellwand als fiktive Wand bzw. überhaupt nicht berücksichtigt werden, sollen im Berechnungsverfahren die thermodynamischen Verhältnisse der realen Wand miteingehen. Nach Validierung der numerischen Ergebnisse soll das Berechnungsverfahren für eine bauaufsichtliche Bestimmung in Form einer Richtlinienvorlage aufbereitet werden.

### Problemanalyse

Wesentlich für die wärmetechnischen Berechnungen sind die Betriebszeiten der Feuerstätten, weil diese die zeitliche Randbedingung charakterisieren und damit die Frage nach der Notwendigkeit einer stationären oder instationären Beschreibung des Systems lösen sollen. Während offene Kamine der Bauart A nur gelegentlich betrieben werden dürfen, unterliegen Kamineinsätze der Bauart A 1, d. h. Geräte, die bestimmungsgemäß nur geschlossen betrieben werden können, nach der Bundes-Immissionsschutz-Verordnung nicht mehr dieser Beschränkung. Es ergibt sich die Frage, ob damit für die Bauart A und A1 unterschiedliche Wärmedämmsysteme zu realisieren wären. Bei der Bauart A würde aufgrund des "nur" gelegentlichen Betriebes die zeitliche thermische Belastung auf die zu schützende Wand geringer ausfallen als bei der Bauart A1, weil bei letzterer auch davon ausgegangen werden muß, daß die Feuerstätte als Grundheizung für einen Raum bei entsprechenden Außentemperaturen auch über mehrere Tage (eventuell mit nächtlicher Unterbrechung) betrieben werden kann. Während der "gelegentliche" Belastungsfall bei der Sicherheitsprüfung der Kamineinsätze berücksichtigt wird, findet die Möglichkeit einer quasikontinuierlichen Belastung keine Beachtung. In der Regel ist eine quasikontinuierliche Belastung beim Betrieb von Dauerbrand-Heizeinsätzen zu erwarten. Um das Betriebsregime solcher Feuerstätten zu analysieren, wurden in der Heizperiode 1997/1998 Messungen an zwei ausgeführten Anlagen vorgenommen.

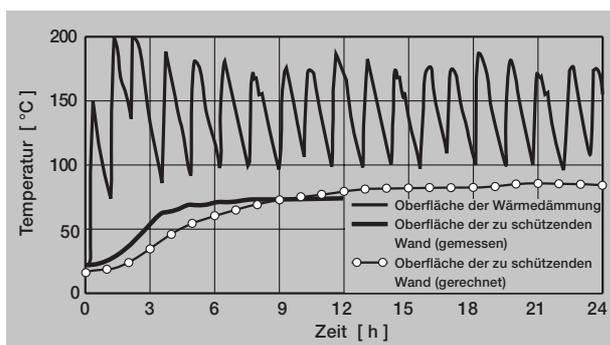


Bild 1: Meßtechnisch und rechnerisch (Finite-Elemente) ermittelte Temperaturverläufe an der Oberfläche einer zu schützenden Aufstellwand unter Berücksichtigung der zeitabhängigen Temperaturschwankungen der der Feuerstätte zugewandten Oberfläche der Wärmedämmung

Trotz des milden Winters wurden beide Anlagen über Zeiträume von 21 und 62 Stunden bei verschiedenen Bela-

 <b>Iterative Berechnung der Schichtdicke eines Wärmedämmstoffes für Feuerstätten</b> <small>Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart, Tel. 0711-970-3330            Vers. 1.0 Apr.1999</small>					
<b>Eingaben:</b>					
Innenoberfläche	Koeffizienten zur Berechnung von t				Bemerkung: Innenoberflächentemperatur $t = A+B'R+C'R^2+D'R^3$
	A	B	C	D	
	120	9,1591	-0,471	0,0055	
Wärmedämmung	Koeffizienten zur Berechnung von $\lambda$				Wärmeleitfähigkeit $\lambda = A+B't+C't^2+D't^3$
	A	B	C	D	
	0,034	6,00E-05	4,00E-07	-3,00E-21	
Aufstellwand (bitte wählen!) im Gebäude? als Außenw.? im Gebäude R = 0,13 m <sup>2</sup> /KW	$\lambda_{10}$				Wärmeleitfähigkeit $\lambda = \text{konst bei } t = 10^\circ\text{C}$
	A				
	0,04				
	0,034	T_Außen Aufstellwand [°C]			22
<b>Ausgaben:</b>					
	s	$\lambda$	R	Temp.	
	[m]	[W/m <sup>2</sup> K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[°C]	
Innen					157,1
Innenoberfläche					157,1
erforderliche Wärmedämmung	0,142	0,047	3,01		
Oberfl. d. zu schützenden Wand					84,9
Aufstellwand	0,100	0,040	2,50		
Außenoberfläche					25,1
Außen					22,0
	$\Sigma R + R_{\text{Übergang}} =$		5,64		
	$\Sigma R =$		5,51		
	q =		23,94		

Bild 2: Berechnungsbeispiel für eine Feuerstätte, die mit einem Prüfaufbau nach DIN 18 895 untersucht wurde (Bildschirmoberfläche)

stungsgraden in Abhängigkeit der mittleren Außentemperaturen kontinuierlich beheizt. Aus Erfahrungen über die bisherigen Prüfungen kann abgeleitet werden, daß bei solchen Betriebszeiten die Feuerstätten annähernd in thermischer Beharrung sind. Diese Tatsache vereinfacht den Berechnungsalgorithmus erheblich, weil von stationären Verhältnissen ausgegangen werden kann. Eine solche Betrachtungsweise liefert auch Sicherheit, denn sie nutzt den maximalen Belastungsfall.

In Bild 1 wird das Untersuchungsergebnis wiedergegeben, bei dem ein gemessener Temperaturverlauf an der Oberfläche einer zu schützenden Wand mit dem rechnerisch bestimmten Temperaturverlauf gegenübergestellt wird. Die Berechnung erfolgt instationär mit einem Finite-Elemente-Berechnungsprogramm. Die innere Randbedingung, d. h. die Temperatur der der Feuerstätte zugewandten Dämmstoffoberfläche, geht zeitabhängig entsprechend des im Diagramm dargestellten Kurvenverlaufs ein. Der Vergleich zeigt, daß bei einer ca. 12 Stunden langen Befuerung dieser Feuerstätte quasistationäre Verhältnisse vorliegen.

Tabelle 1: Vergleich der Berechnung von äquivalenter Schichtdicke der Wärmedämmung vor Aufstellwänden bei unterschiedlichem Aufbau.

Parameter	Einheit	Fall 1	Fall 2
<b>Aufstellwand:</b>			
- Material	-	Dämmstoff	Mauerwerk
- Dicke	m	0,10	0,24
- Wärmedurchlaßwiderstand	m <sup>2</sup> K/W	2,50	0,35
Maximale Oberflächentemperatur	°C	85	85
Material der Wärmedämmschicht	-	Calzium-Silikat	Calzium-Silikat
Errechnete Materialtemperatur	°C	84,9	84,6
Erforderliche Schichtdicke	m	0,260	0,027

## Berechnungsmethode der Schichtdicken von Wärmedämmungen

Als Basis für die Berechnung der erforderlichen Schichtdicken von Wärmedämmstoffen für eine spezielle Feuerstätte ist es notwendig, daß die maximale Oberflächentemperatur und die maximale Temperatur an der zu schützenden Wand bei der Normprüfung für zwei unterschiedliche Mineralfaser-Dämmschichtdicken ermittelt werden. Aus den Ergebnissen dieser beiden Tests läßt sich zunächst rechnerisch die erforderliche Mineralfaserdämmung für die Einhaltung der Grenztemperatur von 85 °C an der zu schützenden Wand bestimmen.

Die Berechnung der erforderlichen Schichtdicke eines beliebigen Dämmstoffes, dessen temperaturabhängiger Wärmeleitkoeffizient bekannt sein muß, erfolgt unter Berücksichtigung der oben genannten Prüfergebnisse und der geplanten bzw. später auf der Baustelle vorhandenen Aufstellwand, von der der tatsächliche Wärmeleitwiderstand bekannt sein soll. In Bild 2 wird die Bildschirmoberfläche des Programms für diese Berechnung wiedergegeben. Es sind die Verhältnisse bei der Normprüfung nach [1] dargestellt mit ca. 12 cm Wärmedämmung, bestehend aus 10 cm der vorhandenen Aufstellwand und 2 cm Mineralfaserdämmung für die simulierte Vormauerung. Tabelle 1 zeigt einen Vergleich der Rechenergebnisse für die Feuerstätte bei einer anderen Aufstellwand mit einem Wärmeleitwiderstand von 2,5 m<sup>2</sup>/KW, mit einer gemauerten Aufstellwand bei einem Wärmeleitwiderstand von 0,35 m<sup>2</sup>/KW und den jeweiligen maximal auftretenden Oberflächentemperaturen im Lastfall.

## Schlußfolgerungen

Mit Hilfe der Berechnungsmethode für die erforderliche Wärmedämmschichtdicke von Einzelfeuerstätten an zu schützenden Wänden ist der Fachhandwerker in der Lage, die auf der Baustelle herrschenden realen Verhältnisse für Feuerstätte und Wandaufbau vor der Installation zu berücksichtigen. Wegen der zugrunde gelegten stationären Betrachtungsweise ist die Berechnung unabhängig von den Beheizungsgeohnheiten des Bauherrn und bietet dadurch eine relativ große Sicherheit. Berechnungsergebnisse im Zusammenhang mit hochgedämmten jedoch brennbare Bauteile enthaltende Aufstellwände veranschaulichen, daß es sich für diese Fälle lohnt, nichtbrennbare Konstruktionen einzusetzen.

## Literatur

- [1] DIN 18 895: Feuerstätten für feste Brennstoffe zum Betrieb mit offenem Feuerraum (Offene Kamine). Beuth-Verlag, Berlin, August 1990.
- [2] Fachregeln des Kachelofen- und Luftheizungsbauer-Handwerks, ZVSHK, St. Augustin, April 1996.

## Danksagung

Dem Deutschen Institut für Bautechnik sei für die Förderung des Vorhabens vielmals gedankt.

 <b>Fraunhofer</b> Institut Bauphysik	<b>FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)</b> Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00 D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0
	Herstellung und Druck: Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Satz- und Druckcenter Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik