

F O R S C H U N G S I N S T I T U T
MITTEILUNGEN
F Ü R W Ä R M E S C H U T Z
E . V . M Ü N C H E N

Reihe II: Wärmeschutz in der Industrie

Nummer 19

**Wärmedämmstoffe für hohe Temperaturen-
Anforderungen an Wärmeleitfähigkeit und
Temperaturbeständigkeit**

Dipl.-Ing. Horst Zehendner

Sonderdruck aus wksb 25/1988

Wärmedämmstoffe für hohe Temperaturen- Anforderungen an Wärmeleitfähigkeit und Temperaturbeständigkeit

Dipl.-Ing. Horst Zehendner

Einleitung

Zunehmende Normungsarbeiten auf internationaler Ebene mit umfangreichen Diskussionen über Anforderungen und Prüfungen haben dazu geführt, daß unsere Normen und Richtlinien aufmerksamer überprüft und kritischer bewertet werden. Seit Jahrzehnten ist unser Stand von Wissenschaft und Technik für Wärmedämmstoffe in zahlreichen Normen, Richtlinien und Arbeitsblättern festgeschrieben und der Entwicklung folgend auch fortgeführt worden, wobei die Erwartungen und Ansprüche an Qualität gewachsen sind.

Wärmedämmarbeiten an haus- und betriebstechnischen Anlagen fordern im Zuge der technischen Gewährleistungen Wärmedämmstoffe mit bestimmten Eigenschaften, für die oft Mindestwerte je nach Anwendung über Klassifizierungen festgelegt werden und die entsprechend gütegesichert werden sollen. Die Richtlinie VDI 2055 als Standardwerk des Wärme- und Kälteschutzes enthält deshalb in der letzten Ausgabe März 1982 erstmals einen Abschnitt «Gütesicherung», um dem ausführenden Montageunternehmen mehr Sicherheit durch Wärmedämmstoffe mit Qualitätsmerkmalen zur Verfügung zu stellen [1]. Die VDI-Gütesicherung stellt aber eine freiwillige Maßnahme dar im Gegensatz zur bauaufsichtlich geforderten Überwachung der Baustoffe im Bauwesen, die auf der Grundlage bauaufsichtlich eingeführter Normen und Zulassungs- oder Prüfbescheiden beruht [2, 3].

Je nach Anwendungsbereich müssen die Dämmstoffe je nach Stoffart eine Vielzahl von Eigenschaftswerten aufweisen, wobei für das Gebiet des Wärmeschutzes zu hohen Temperaturen hin besondere Anforderungen an die Wärmeleitfähigkeit und die Temperaturbeständigkeit gestellt werden. Diese beiden wichtigen Eigenschaften sollen deshalb entsprechend dem heutigen Stand etwas eingehender betrachtet werden im Hinblick auf gelieferte Produkte und deren Anwendung im Wärmeschutz.

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit als wichtigste Eigenschaft für den Wärmeschutz ist eine temperaturabhängige Größe und setzt sich aus Anteilen der Leitung, der Konvektion und der Strahlung für den trockenen Zustand zusammen [4]. Sie wird experimentell nach verschiedenen Verfahren im Labor bestimmt und für den geprüften Dämmstoff in Abhängigkeit von der Mitteltemperatur angegeben [5].

In der Richtlinie VDI 2055 wird im Abschnitt 3.2.3 «Gewährleistungsfähige wärmeschutztechnische Größen» unterschieden zwischen der Laboratoriums-Wärmeleitfähigkeit und der Betriebs-Wärmeleitfähigkeit, d.h. es wird darauf hingewiesen, daß mit den Meßwerten des Labors in der Praxis nicht gerechnet werden kann und daß Laborwerte für ausgeführte Dämmschichten nicht gewährleistungsfähig sein können. Um dem Benutzer der Richtlinie eine Hilfe über Größenordnungen an die Hand zu geben, wurden die Tafeln 8 und 9 mit Anhaltswerten über die Betriebs-Wärmeleitfähigkeit von verschiedenen Wärmedämmstoffen erstellt und angefügt. In den AGI-Arbeitsblättern wurden für Dämmstoffe, wie Mineralfasern (Q 132), Harte Schaumstoffe (Q 133), Halbharte Schaumstoffe (Q 134), Schaumglas (Q 137), PUR-Ortschaum (Q 138) und Perlite (Q 141), Grenzkurven der Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt, deren Definition und

Gültigkeit sich im Laufe der Zeit geändert haben. Das Ziel der Grenzkurven sollte im Sinne des Wortes sein, daß der jeweilige Dämmstoff diese Wärmeleitfähigkeitskurven nicht überschreitet, um für die Praxis gesicherte Werte zu haben. Diese Forderungen sind bei uns im Bauwesen nach DIN 4108 schon seit längerem Stand der Technik, wo die Rechenwerte und zugehörigen Wärmeleitfähigkeitsgruppen bei 10 °C Mitteltemperatur nicht überschritten werden dürfen. Die möglichen Meßunsicherheiten werden dabei nicht berücksichtigt, allerdings ist der Einfluß des praktischen Feuchtegehalts im Bauwesen und möglicher Alterungseinflüsse durch Zuschlagswerte nach DIN 52612 Teil 2 zu berücksichtigen und ist somit im Rechenwert enthalten.

Im industriellen Wärmeschutz setzte parallel mit der Fortentwicklung der Meßeinrichtungen mit höherer Meßgenauigkeit auch ein olympisches Streben nach den letzten Dezimalen der Wärmeleitfähigkeitswerte ein, und im Zuge der wirtschaftlichen Fertigung von Dämmstoffen wurden die Grenzkurven in den AGI-Blättern feiner abgestuft und von den Herstellern unter der Kennziffer 99 mit weniger Sicherheit beaufschlagt. Die Frage der Genauigkeit und allgemeinen Gültigkeit experimentell bestimmter Wärmeleitfähigkeitswerte, die W. F. Cammerer bereits 1953 in einer Veröffentlichung eingehend behandelt hat [6], wurde für den Bereich der hohen Temperaturen neu gestellt und zur mittleren Wärmeleitfähigkeit kamen weitere Begriffe wie äquivalent, effektiv, wahr oder wirksam hinzu auf dem Wege zum Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit für die Praxis.

Über die Wärmeleitfähigkeit als Funktion der Temperatur bei stark gekrümmten Wärmeleitfähigkeitskurven und mögliche Unterschiede bei Bezug auf die Mitteltemperatur als arithmetische Mittel von Warm- und Kaltseitentemperatur braucht hier nicht mehr eingegangen werden, da dieses Thema eingehend in letzter Zeit aufgezeigt wurde [5, 7].

Vielmehr soll für Dämmstoffe auf dem Wege vom Herstellwerk über die Prüfstelle zum ausführenden Unternehmen das Thema Wärmeleitfähigkeit mit der Begriffsregelung Laboratoriums-Wärmeleitfähigkeit, praktische Wärmeleitfähigkeit und Betriebswärmeleitfähigkeit dargestellt werden.

Der Hersteller liefert ein Produkt in einem bestimmten Dickenbereich mit einer bestimmten Nennrohddichte und gibt für den Anwendungsbereich eine Wärmeleitfähigkeitskurve an oder ordnet das Produkt einer Grenzkurve nach einem AGI-Arbeitsblatt zu. Dabei berücksichtigt der Hersteller seine herstellungsbedingten Qualitätsschwankungen und sichert die Wärmeleitfähigkeitskurve nach Möglichkeit statistisch so ab, daß bei der Prüfung nach einem genormten Meßverfahren die angegebenen Wärmeleitfähigkeitswerte nicht überschritten werden. Die im Labor ermittelte Wärmeleitfähigkeit von ebenen Erzeugnissen nach DIN 52612 oder Rohrdämmstoffen nach DIN 52613 wird als Laboratoriums-Wärmeleitfähig $\lambda_{L,ab}$ bezeichnet.

Die Laboratoriums-Wärmeleitfähigkeit wird nach dem Plattenverfahren an ebenen, unverarbeiteten Proben im trockenen Zustand bestimmt und gilt i.a. nur für kleine Temperaturdiffe-

renzen. Sie wird also vom Hersteller des Dämmstoffs unter Berücksichtigung der herstellungsbedingten Qualitätsschwankungen gewährleistet und wird als Funktion der Temperatur für den in Frage kommenden Temperaturbereich in Stufen von 20, 50, oder 100 K angegeben. Die Laboratoriums-Wärmeleitfähigkeit für ebene Produkte wird mit $\lambda_{\text{Lab, P}}$ bezeichnet.

Die Laboratoriums-Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen in Form von Schalen, Halbschalen oder Schläuchen mit unterschiedlichem Rohrdurchmesser und unterschiedlicher Dämmschichtdicke kann mit dem Prüfrohr im trockenen Zustand bestimmt werden, soweit Prüfrohre mit entsprechendem Außendurchmesser zur Verfügung stehen. Sie enthält versuchsbedingte Einflüsse wie Längs- und Stoßfugen bei ein- oder mehrlagiger Ausführung sowie der Temperaturdifferenz und damit bereits auch Ausführungseinflüsse. Sie wird vom Hersteller des Rohr-Dämmstoffs gewährleistet und für den in Frage kommenden Temperaturbereich in Abhängigkeit von der Mitteltemperatur angegeben und als $\lambda_{\text{Lab, R}}$ bezeichnet.

Die angegebene und gewährleistungsfähige Laboratoriums-Wärmeleitfähigkeit ist dann für die praktische Verwendung zu untersuchen, ob sie entsprechend der wirksamen Temperaturdifferenz für die Dämmschicht noch umgerechnet werden muß [5].

Je nach Art und Ausführung der Dämmung als ebene oder gekrümmte Wand sind Einflüsse von Rohdichteänderungen, Schichtungen oder konstruktiv bedingten Stößen durch Zuschlagswerte zu berücksichtigen, falls diese nicht bereits bei der Messung ausreichend erfaßt worden sind; dies ist bei Rohrdämmstoffen durch Messung mit dem Prüfrohr nach DIN 52613 der Fall oder auch bei Wandkörpern durch Messung mit dem Heizkastenverfahren in Anlehnung an DIN 52611. Entsprechend der Wirksamkeit als Dämmung im Industriebau sollte unter dem gegebenen Temperaturgefälle diese Größe als «praktische Wärmeleitfähigkeit» bezeichnet und gegebenenfalls dem ausführenden Montageunternehmen als λ_{Pr} neben den λ_{Lab} -Werten zur Verfügung gestellt werden.

Für die Funktionstüchtigkeit und Wirksamkeit der Dämmung sind nun neben der Qualität der Dämmstoffe die Güte und Gleichmäßigkeit der Dämmarbeiten ausschlaggebend, für die das Montageunternehmen verantwortlich ist. Einflüsse der Baustelle und Schwierigkeiten am Objekt sind ebenso zu berücksichtigen wie mögliche Fugen, Quetschfalten oder Hohlräume und notwendige Trennschichten, Abstandshalter, Stirnscheiben und gegebenenfalls Trag- und Stützkonstruktionen.

Der wärmeschutztechnischen Berechnung zugrundegelegt und vom Montageunternehmen anzugeben und zu gewährleisten ist die Wärmeleitfähigkeit der ausgeführten Dämmung, auch als «Betriebswärmeleitfähigkeit» λ_{B} bezeichnet.

Zur Ermittlung der Betriebswärmeleitfähigkeit geht das Montageunternehmen von der Laboratoriums-Wärmeleitfähigkeit λ_{Lab} oder besser natürlich von λ_{Pr} aus, wobei alle die verarbeitungstechnischen Einflüsse durch Zuschlagswerte überschlägig zu berechnen sind. Nach VDI 2055 Abschnitt 5.1.2.2. sind λ_{B} -Werte unter Berücksichtigung einiger Randbedingungen meßtechnisch nachprüfbar und damit eine gewährleistungsfähige Größe für den aufgetragenen und verarbeiteten Wärmedämmstoff.

Sind weitere Einflüsse von «Wärmebrücken» gegeben, die zum Aufgabenbereich des Montageunternehmens gehören, wie z.B. Abstandhalter oder Trag- und Stützkonstruktionen, sind diese durch weitere Zuschlagswerte zu erfassen.

Die so erhaltene Betriebs-Wärmeleitfähigkeit ist jedoch nur dann gewährleistungsfähig, wenn die Zuschlagswerte für Wärmebrücken genügend genau bekannt sind. Für Abstands-

halter von Blechummantelungen können je nach Ausführungsart folgende Werte nach VDI 2055 als abgesichert angenommen werden:

Stahlstützen $\Delta\lambda = 0,010 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

keramische Stützen $\Delta\lambda = 0,003 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Für andere konstruktive Bauteile sind die Zuschlagswerte entweder experimentell oder rechnerisch zu ermitteln. Alle verwendeten Zuschlagswerte sollen bei Gewährleistung der Betriebs-Wärmeleitfähigkeit gesondert angegeben werden.

Die Einbeziehung der Wärmebrücken in die Gewährleistung war schon immer ein Anliegen der Verbraucher, was aber verantwortlich mit dem bisherigen Wissensstand nicht zu vertreten war. Im FIW München werden derzeit in einem AIF-Forschungsvorhaben Untersuchungen durchgeführt, um Wärmebrücken im betriebstechnischen Bereich besser zu erfassen und der Praxis abgesicherte Zuschlagswerte in differenzierter Form zu ermöglichen.

Gelingt dies nicht mit ausreichender Sicherheit und Genauigkeit für verschiedene Wärmebrücken, müssen diese vom Gewährleistungsbereich ausgeschlossen werden.

Betrachtet man nun die Anforderungen an die Wärmeleitfähigkeit bei der aufgezeigten Unterteilung in λ_{Lab} , λ_{Pr} und λ_{B} , so gilt für die Überprüfung nach heutigem Stand folgende Regelung in Richtlinien, VDI-Merkblättern oder auch neu erstellter ISC Normen: Bei der Prüfung von λ_{Lab} einer Probe (d.h. zwei Probekörpern im Plattengerät oder einem oder mehreren Probekörpern am Prüfrohr je nach Rohrlänge) müssen die Meßwerte auf oder unterhalb der vom Hersteller angegebenen λ, δ -Kurve oder einer AGI-Grenzkurve liegen. Wird diese Bedingung nicht erfüllt, müssen mindestens zwei weitere Proben geprüft werden.

Erfüllt werden die Anforderungen dann, wenn

- der Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit aller Proben die angegebene λ, δ -Kurve oder Grenzkurve nicht überschreitet und dabei
- die Einzelwerte die angegebene Grenzkurve um nicht mehr als 10% überschreiten.

Überschreitet bereits die erste Probe mehr als 10%, ist im Rahmen der Überwachung eine neue Sammelprobe zu prüfen und der Hersteller hat die entsprechenden Maßnahmen zu treffen. Diese Regelung gilt auch im Rahmen der Heiz Anl V für die Überwachung von festgesetzten $\lambda_{40^\circ\text{C}}$ -Werten oder auch für die VDI-Überwachung nach stoffspezifischen Merkblättern unter möglicher Einbeziehung von AGI-Arbeitsblättern, wobei aber beim PUR-Ortschaum die strengeren Anforderungen des Bauwesens an die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit gültig sind.

Bei dieser Regelung gilt angesichts des Prüfaufwandes für die Messung der Wärmeleitfähigkeit zu hohen Temperaturen hin der Ausgangswert λ_{Lab} als ausreichend bestätigt, denn man erwartet, daß der Hersteller nicht bewußt im Bereich der Einzelabweichungen fertigt.

Je nach Produkt und Schwankungsbreite bedarf es eventuell der weiteren Absicherung vom Hersteller zum Wert λ_{Pr} hin, auf deren Grundlage die Betriebswärmeleitfähigkeit λ_{B} festgelegt wird.

Bei der Überprüfung von λ_{B} einer ausgeführten Dämmung im Rahmen der technischen Gewährleistung gelten die Bedingungen der vertraglichen Vereinbarungen und üblicherweise der VDI 2055, nach der dann ein Gewährleistungsvergleich der gemessenen Größen mit den vom Montageunternehmen gewährleisteten Größen durchzuführen ist. Dabei ist das Meßspiel für die jeweiligen Betriebsbedingungen zu ermitteln und in die Bewertung einzubeziehen.

Eine Nachprüfung der Wärmeleitfähigkeit im Labor bei

Tabelle 1: Wärmedämmstoffe nach ASTM-Standards mit Angabe der Rohdichte und der höchsten Anwendungstemperatur.

ASTM	Thermal Insulating Material	Density kg/m ³	Class or Type	For use at temperatures up to °C
C 533	Calcium Silicate Block and Pipe Thermal Insulation	≤ 240	I II	650 °C 870 °C
C 547	Mineral Fiber Preformed Pipe Insulation	160 192 288	1 2 3	230 °C 345 °C 650 °C
C 552	Cellular Glass Block and Pipe Thermal Insulation	112–152	1 + 2	427 °C
C 592	Mineral Fiber Blanket Insulation and Blanket Type Pipe Insulation	128 192	I II	455 °C 650 °C
C 612	Mineral Fiber Block and Board Thermal Insulation	160 192 192 192 320	1 2 3 4 5	204 °C 204 °C 454 °C 538 °C 982 °C
C 892	High-Temperature Alumina-Silicate Fiber Blanket Thermal Insulation	48 – 192	Grade 3–12	≤ 1260 °C

Gewährleistungsüberschreitung mit den Prüfgeräten hoher Genauigkeit an entnommenen Proben aus dem beanstandeten Dämmungsbereich ist nur dann sinnvoll, wenn bei der Verlegung und den betrieblichen Beanspruchungen keine Stoff- oder Strukturveränderungen erfolgt sind; nur in solchen Fällen ist ein Gewährleistungsvergleich der nachgeprüften λ -Werte mit den angegebenen λ_{lab} -Werten des Herstellers eindeutig möglich. Diese Situation zeigt deutlich, wie notwendig eine ausreichende Güteüberwachung der Dämmstoffe ist, bestehend aus der Eigenüberwachung des Herstellers und der Fremdüberwachung einer qualifizierten Prüfstelle, um zu gewährleistungsfähigen Werten der Betriebsleitfähigkeit zu kommen.

Temperaturbeständigkeit

Eine wesentliche Eigenschaft von Dämmstoffen für die Verwendung zu hohen Temperaturen hin ist neben der Wärmeleitfähigkeit die Temperaturbeständigkeit. Dämmstoffe müssen unter den Betriebsbedingungen funktionstüchtig bleiben, d.h. form- und dimensionsbeständig sein; die wesentlichen wärmeschutztechnischen Eigenschaften müssen erhalten bleiben und weitergehende Gefahren oder Risiken dürfen nicht entstehen.

Im FIW sind in der Vergangenheit zahlreiche Untersuchungen zur Ermittlung der oberen Anwendungsgrenztemperatur oder der höchsten Anwendungstemperatur unter besonderen Betriebsbedingungen im Rahmen von AIF-Forschungsvorhaben durchgeführt worden [8, 9]. Untersucht wurden dabei Mineralfaser-Dämmstoffe in Form von Matten, Platten oder Halbschalen sowie harte Dämmstoff-Platten aus Kalzium-Silikat, Schaumglas oder Vermiculite.

Mit der Weiterentwicklung der Meß- und Prüftechnik ist es möglich geworden, anwendungsbezogene Prüfungen mit ausreichend großen Proben durchzuführen und entsprechende Beurteilungskriterien für Richtlinien oder Normen vorzuschlagen [10]. Parallel zu unseren Untersuchungen liefen Normungsarbeiten im TC 163, wo man für die Angabe der «Maximum Service Temperature» für Mineralfaser-Rohrscha-

len (DIS 8142), Mineralfaser-Dämmplatten oder -Filze (DP 9145) und Kalzium-Silikat-Platten oder Formstücke (DIS 8143) Prüfverfahren und entsprechende Anforderungen vereinheitlichen möchte. Da bei Dämmstoffen mit höheren Anteilen von organischen Bindemitteln ein «internal selfheating effect» durch exotherme Reaktionen mit der Möglichkeit weitergehender Gefahren nicht auszuschließen ist, wurde dieses Verhalten in das Thema Temperaturbeständigkeit einbezogen.

Während man in ASTM-Standards durch Typenbildung und Klassifizierung über Rohdichten die höchsten Anwendungstemperaturen angibt (Tabelle 1), ist man im Rahmen unserer Richtlinienarbeit oder der ISO-Normung bestrebt, die Temperaturbeständigkeit für Wärmedämmstoffe durch entsprechende Prüfverfahren und Beurteilungskriterien detaillierter zu ermitteln; dabei wird aber unterschieden zwischen weicher, elastischer und harter oder zäh-harter Materialstruktur, und die Belastbarkeit wird als weitere Eigenschaft zur Beurteilung mit herangezogen.

Mineralfaser-Dämmstoffe können nur bis zu einer Temperatur eingesetzt werden, bei der sich keine Hohlräume in der Dämmschicht durch Zusammensinken der Fasern bilden und keine stofflichen Änderungen auftreten, die die Wärmedämmwirkung wesentlich beeinträchtigen. Aufgrund dieser Anforderungen wurden Prüfverfahren entwickelt zur Ermittlung der Dickenverminderung unter verschiedenen Randbedingungen wie ein- oder allseitige Temperatureinwirkung, 1–7 Tagen Prüfdauer, Prüfdrücken von 0,1–1 kN/m² usw. [9, 10]. Ebene Mineralfaser-Produkte für hohe Temperaturen sind in Deutschland hinsichtlich Dicke und Rohdichte auf eine Prüflast von 1 kN/m² festgelegt und diese Bezugsgrößen sind auch Grundlage für die durchgeführten Untersuchungen in unseren Forschungsarbeiten. Die Auswirkungen unterschiedlicher Prüflasten und Prüfzeiten auf die Dickenverminderungen bei ebenen Produkten wurden eingehender untersucht und führten abschließend zu mehreren Beurteilungskriterien, die von W. Albrecht dargestellt und veröffentlicht worden sind [10].

Rohrschalen aus Mineralfasern können praxisgerecht an

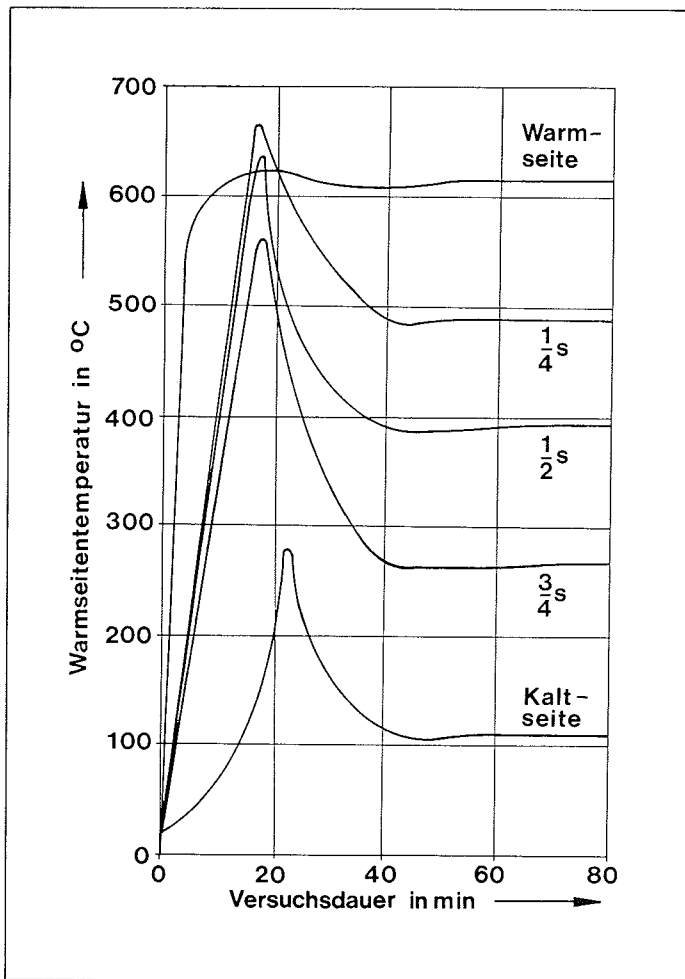


Bild 1: Temperaturanstieg in verschiedenen Schichten einer Rohrschale aus gebundenen Steinfasern bei schnellem Aufbau auf ein Rohr mit einer Temperatur von ca. 620 °C; Innendurchmesser 159 mm, Dämmschichtdicke 50 mm, Rohrdichte 109 kg/m³.

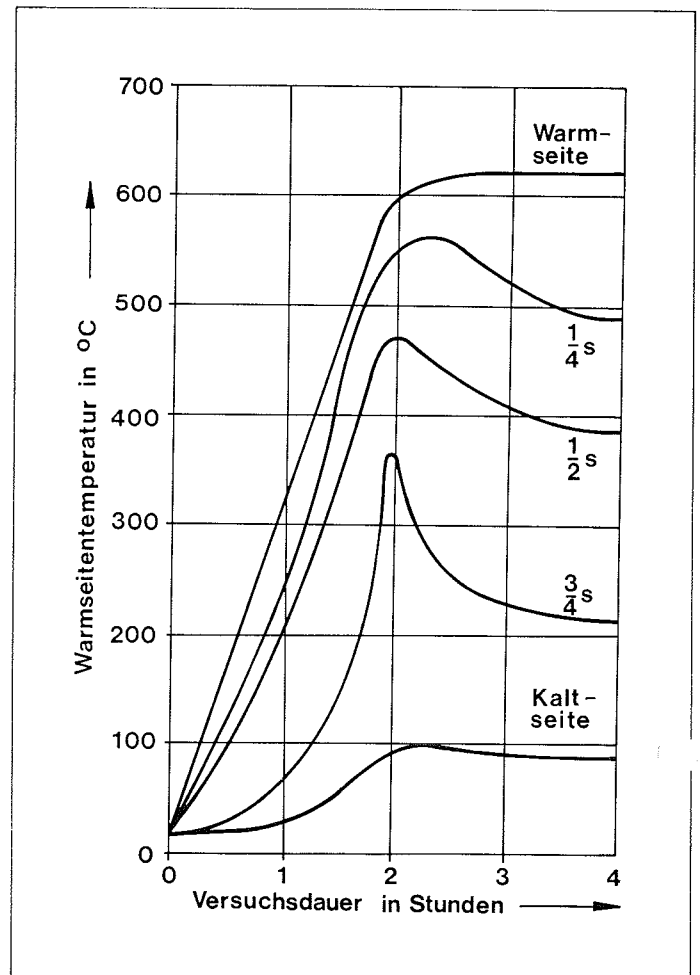


Bild 2: Temperaturanstieg in verschiedenen Schichten einer Rohrschale aus gebundenen Steinfasern bei 5 K/min Temperatursteigerung; Innendurchmesser 219 mm, Dämmschichtdicke 85 mm, Rohrdichte 110 kg/m³.

Prüfrohren mit verschiedenen Durchmessern nach dem ISO 8142-Verfahren untersucht werden und aus dem Verhalten bei längerer Temperatureinwirkung und den auftretenden zeitlichen Dickenänderungen lassen sich die Kriterien für die obere Anwendungsgrenztemperatur ableiten. Mögliche exotherme Reaktionen sind ebenso wie bei ebenen Dämmstoffen in die Beurteilung einzubeziehen und falls das «internal selfheating» im Dämmstoff zu höheren Temperaturen als auf der Warmseite führt, wird diese Temperatur für die Verwendung als zu hoch bewertet.

In den Abbildungen 1 und 2 sind Beispiele aus einer FIW-Veröffentlichung wiedergegeben, die den Temperaturverlauf im Dämmstoff in verschiedenen Dicken bei einer Rohrtemperatur von ca. 600 °C aufzeigen [10].

Bei anderen Dämmstoffen für hohe Temperaturen werden für die Temperaturbeständigkeit ausreichende Dimensions- und Materialbeständigkeit gefordert, d.h. keine unzulässigen Masseverluste sowie Mindestwerte der Festigkeit, wobei als Kriterien zulässige Änderungen für die praktische Verwendung festzulegen sind.

Nichtelastische Dämmstoffe wie Kalziumsilikat, Schaumglas oder Vermiculiteplatten weisen durch ihre mechanische Belastbarkeit eine Reihe von Festigkeitswerten auf, wobei vorzugsweise die Werte der Druckfestigkeit bei Raumtemperatur angegeben werden. Für feuerfeste Steine und Werkstoffe gibt es Prüfnormen für die Temperaturbeständigkeit DIN 51053, DIN 51064 oder DIN 51067, nach denen Druckerweichung, Druckfeuerbeständigkeit und Druckfestigkeit bestimmt werden und die obere Anwendungsgrenze ermittelt wird [11].

Für nichtelastische Dämmstoffe für hohe Temperaturen sind bisher Untersuchungen auf Schwindverhalten, stoffliche Änderungen wie Rißbildungen oder Verwölbungen und auftre-

tende Masseverluste üblich, wobei die Verminderung von Festigkeitswerten wie Druck- oder Biegefestigkeit nach Temperatureinwirkung als Kriterium gelten. Dabei werden die Ausgangswerte gegenübergestellt den Werten nach 1–3 Tagen allseitiger Temperatureinwirkung bei der angegebenen Grenztemperatur mit anschließender Abkühlung und zulässige Grenzwerte vereinbart.

Untersuchungen der Dimensionsstabilität bis zur genannten Grenztemperatur an Kalziumsilikat mit 200 kg/m³ Rohdichte, Schaumglas mit 150 kg/m³ Rohdichte und Vermiculiteplatten mit 300 kg/m³ Rohdichte ergaben unterschiedliches Verhalten. Während beim Kalziumsilikat ab 600 °C Schwinden einsetzte und bei 800 °C ein Wert von 1% erreicht wurde, führte die allseitige Temperatureinwirkung beim Schaumglas ab 400 °C zur geringen Dimensionsvergrößerung. Beim Vermiculite setzte zunächst eine Ausdehnung ein, die sich aber über 800 °C dann in Schwindung umkehrte.

In Abbildung 3 ist die Verminderung der Druckfestigkeitswerte von Kalziumsilikat mit 1,5 N/mm² und Vermiculiteplatten mit 1,1 N/mm² in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt, wobei die Werte jeweils bei Raumtemperatur bestimmt wurden. In Verbindung mit der Verminderung der Druckfestigkeit können dann Kriterien für die Anwendungsgrenztemperatur festgelegt werden, wie dies z.B. für Kalziumsilikat in ISO DIS 8143 vorgeschlagen wird:

- Länge, Breite oder Dicke dürfen bei der höchsten Anwendungsgrenztemperatur nicht mehr als 2,5% schwinden und
- die Druckfestigkeitswerte nach 16 Stunden allseitiger Temperatureinwirkung dürfen nicht mehr als 20% vermindert werden; dabei wird vom trockenen Zustand nach 105 °C Trocknung ausgegangen.

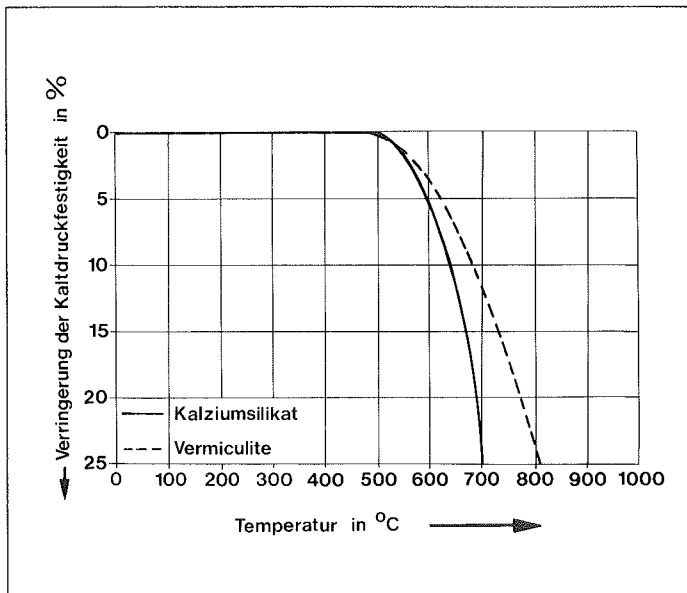


Bild 3: Verringerung der Kaltdruckfestigkeit von Kalziumsilikat- und Vermiculite-Platten in Abhängigkeit von der Temperatur nach jeweils 24-stündiger allseitiger Temperatureinwirkung.

Dieser ISO-Vorschlag wurde bei uns kritisch beleuchtet und es wird gewünscht, die zulässigen Schwindmaße mit maximal 2% oder weniger festzusetzen. Ferner sollte für die Druckfestigkeit ein Mindestwert gefordert werden, wie z.B. 1 oder 1,5 N/mm² und in Verbindung damit je nach Mindestwert und Anwendung gegebenenfalls eine größere Verminderung von 25 oder 30% zugelassen werden.

Die Arbeitsgruppe im TC 163 SC 4 hat über die Einsprüche zu diesem Entwurf noch nicht abschließend beraten, wobei zusätzlich eine Klassifizierung über Wärmeleitfähigkeitskurven erfolgen soll.

Zur Ermittlung der Temperaturbeständigkeit und der Anwendungsgrenztemperatur werden für nichtelastische Dämmstoffe mit einer Rohdichte von 100 bis etwa 400 kg/m³ folgende Prüfungen vorgeschlagen:

- Prüfung von quadratischen Probekörpern von 100 oder 200 mm Kantenlänge in Lieferdicke bei allseitiger Temperatureinwirkung über 1 oder 3 Tage mit Ermittlung der Dimensionsänderungen nach Abkühlen sowie stofflicher Änderungen wie Masseverlust, Verwölbungen oder eventuelle Rißbildungen.

Prüfung der Druckfestigkeit oder eventuell der Biegefestigkeit bei Raumtemperatur im Lieferzustand und nach allseitiger Temperatureinwirkung von 1 oder 3 Tagen und Ermittlung der Änderung der Festigkeitseigenschaften. Für diese Untersuchungen können evtl. die Probekörper aus der Prüfung der Dimensionsstabilität verwendet werden.

- Prüfung der Dickenänderung von quadratischen Probekörpern von 300 mm Kantenlänge in Lieferdicke bei einseitiger Temperatureinwirkung unter einem Prüfdruck von 1 kN/m² oder höher und Ermittlung des Verhaltens unter dieser Beanspruchung.

Die Ausführungen zum Thema Temperaturbeständigkeit haben gezeigt, daß je nach Stoffart, Materialstruktur und Lieferform unterschiedliche Prüfverfahren erforderlich sind, um eine Aussage über die Anwendungsgrenztemperatur für die Praxis mit verschiedenen Anwendungsfällen und Anforderungen zu machen.

Zusammenfassung

Wärmeleitfähigkeit und Temperaturbeständigkeit sind die wichtigsten Eigenschaften von Dämmstoffen für den funktionstüchtigen und energiesparenden Wärmeschutz bei betriebstechnischen Anlagen mit hohen Temperaturen.

Diese Eigenschaften wurden im Hinblick auf Anforderungen und Regelungen in Normen, Richtlinien und Arbeitsblättern einmal eingehender betrachtet.

Die Wärmeleitfähigkeit muß vom Hersteller für den Wärmedämmstoff in Abhängigkeit von der Temperatur unter Beachtung der Temperaturbeständigkeit in Form einer λ, δ -Kurve oder als mathematische Funktion für den möglichen Verwendungsbereich angegeben und entsprechend gewährleistet werden.

Diese Angaben basieren auf den Prüfungen mit genormten und bewährten Prüfverfahren wie DIN 52612 oder DIN 52613 und sind damit jederzeit entsprechend nachprüfbar.

Die aufgezeigten Prüfmethode mit den stoffspezifisch abhängigen Randbedingungen ermöglichen es, die Temperaturbeständigkeit der Dämmstoffe zu untersuchen und zu beurteilen und bilden damit die Grundlage für praxismgerechte Temperaturangaben, bis zu denen das Montageunternehmen die Produkte bedenkenlos einsetzen kann.

Bei Beachtung dieser Grundsätze können Wärmeschutzmaßnahmen zu hohen Temperaturen hin auch wirtschaftlich und energiesparend geplant und ausgeführt werden und vom ausführenden Montageunternehmen entsprechend dem Stand von Technik und Wissenschaft in ihrer Qualität auch gewährleistet werden.

Unsere gemeinsame Aufgabe in Europa muß es sein, diese beiden Qualitätsmerkmale Wärmeleitfähigkeit und Temperaturbeständigkeit in die Normen der Zukunft aufzunehmen, über die aufgezeigten Prüfungen und Anforderungen abzusichern und auf dem Etikett für den Verbraucher entsprechend darzustellen.

Literaturhinweise

- [1] Ruppelt, F.: «Gütesicherung für Wärme- und Kälteschutz gemäß VDI 2055»; Z. BWK 37 (1985), Nr. 11.
- [2] «Überwachung und Herstellung von Baustoffen und Bauteilen, Einheitliche Überwachungszeichen»; Ministerialamtsblatt NW 1980, Nummer 87, 33. Jahrgang.
- [3] Zehendner, H.: «Gütesicherung von Wärmedämmstoffen für betriebstechnische Anlagen»; Z. «Dämm-Technik», Heft 4/1986.
- [4] Cammerer, J.S.: «Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie», 4. Auflage (1980), Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- [5] Zeitler, M.: «Die Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen bei höheren Temperaturen»; Z. «Dämm-Technik», Heft 2/1986.
- [6] Cammerer, W.F.: «Genauigkeit und allgemeine Gültigkeit experimentell bestimmter Wärmeleitzahlen»; Z. Allgemeine Wärmetechnik, Jahrgang 4 (1953), Heft 10.
- [7] Zeitler, M.: «Festlegung von Grenzwerten für die VDI 2055-Gütesicherung von Dämmstoffen»; Z. wksb 21/1986.
- [8] Zehendner, H.: «Verhalten von Mineralfaser-Dämmstoffen bei höheren Temperaturen»; Z., «Isolierung», Heft 2/1980.
- [9] Zehendner, H.: «Verhalten von Wärmedämmstoffen bei höheren Temperaturen und Ermittlung der oberen Anwendungsgrenztemperatur»; Z. wksb Sonderausgabe 1985.
- [10] Albrecht, W.: «Die Anwendungsgrenztemperatur von Mineralfaserdämmstoffen bei hohen Temperaturen»; Z. «Dämm-Technik», Heft 4/1988.
- [11] VGB-Richtlinien für die Einmauerung und Wärmedämmung von Dampferzeugern, Ausgabe 1978.

