

Schaumstoffe auf dem Prüfstand

Die Bestimmungen der neuen Heizungsanlagen-Verordnung schreiben nicht nur die Dämmdicken für die einzelnen Einsatzbereiche vor, sondern weisen eindeutig auf den Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit nach DIN 4108 oder gemäß Veröffentlichung im Bundesanzeiger.

Nach Beschluß des Sachverständigenausschusses im Auftrag des Bundesministeriums ist zur Bestimmung des Rechenwertes das Meßergebnis nach DIN 52 613 bei 40° C Probenmitteltemperatur zugrunde zu legen.

Damit sind aber leider keineswegs alle anstehenden Fragen gelöst, denn die Forschungsabteilungen der Rohstoffhersteller, die Labors der Verarbeiter bzw. Schaumrohrhersteller und die verschiedenen amtlich anerkannten Prüfinstitute bedienen sich im Rahmen ihrer jeweiligen Ausrüstungen und Erfahrungen teilweise unterschiedlicher Meßmethoden und selbst bei gleichen Prüfungsverfahren unterscheiden sich die näheren Prüfbedingungen erheblich und nehmen dadurch einen größeren Einfluß auf die Prüfergebnisse als gemeinhin bekannt.

Proben Nr.	Eichwert O λ	- 0,5° C λ	+ 2,0° C	ϕ Wanddicke in mm	RG kg/m ³
A	0,0391	0,0388	0,0503	12,3	32,0
B	0,0401	0,0395	0,0512	20,1	37,9
C	0,0404	0,0389	0,0533	43,3	31,5
D	0,0398	0,0385	0,0515	29,6	39,3

Tabelle 1

Meßfehler bei vergleichbaren Mitteltemperaturen, jedoch unterschiedlichen Wärmeübergangsbedingungen vom Prüfrohr zur Außenluft.

Proben Nr.	ϕ Wanddicke in mm	λ	ϕ Wanddicke in mm	λ
A	8,6	0,0406	8,2	0,0397
B	13,0	0,0408	12,0	0,0395
C	12,3	0,0399	11,3	0,0385
D	29,6	0,0407	28,0	0,0400
E	43,3	0,0404	40,5	0,0397

Tabelle 2

Meßfehler bei vergleichbaren Mitteltemperaturen und vergleichbaren Wärmeübergangsbedingungen vom Prüfrohr zur Außenluft, jedoch ungenaue Bestimmung der durchschnittlichen Wanddicke.

Schnelle und sehr genaue Temperaturmessungen

Ein Sekundenthermometer soll in wenigen Sekunden die Temperatur richtig anzeigen. Maßgebend dafür ist die Fähigkeit des Temperaturfühlers, sich einer Temperaturänderung rasch anzupassen.

Widerstandsfühler messen langsamer, Thermoelementfühler sind eindeutig schneller.

Es wurden deshalb mit verschiedenen Temperaturmeßgeräten und Meßfühlern Vergleichsmessungen durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, daß alle handelsüblichen Meßfühler keine ausreichend genauen Meßergebnisse besonders bei Oberflächenmessung erbrachten, weil der Wärmeverlust zwischen Meßspitze bzw. Meßfläche und Meßobjekt zu groß war.

Die üblichen Korrekturfaktoren sind zu ungenau. Deshalb mußten hierfür ganz spezielle, neu entwickelte Thermolementfühler verwendet werden, welche die stichwortartig bereits skizzierten Nachteile nicht aufweisen, um die Voraussetzungen für eine absolut reproduzierbare Meßtechnik zu schaffen.

Bei der Ermittlung der Innen- und Außentemperatur müssen sehr viele Parameter exakt berücksichtigt werden, sonst sind trotz genauer Meßeinrichtungen Fehlmessungen nicht auszuschließen und die Endergebnisse werden verfälscht.

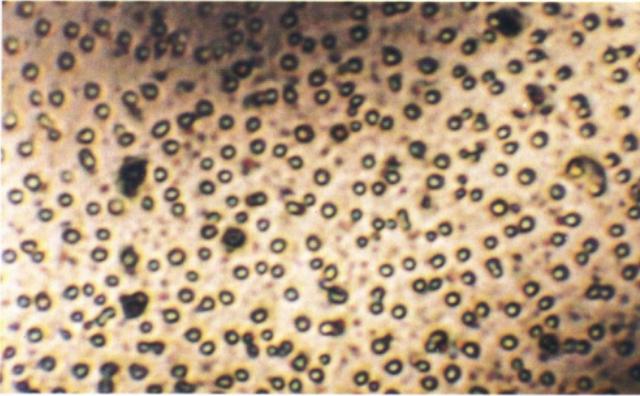


Abbildung 1 Maßstab 1 000 : 1

Auf dem **Foto Nr. 1** sind die Zellenwände mit optimalster Wanddicke, bester Verteilung der Nukleierungsmittel und schwerentflammbaren Zusätzen, glatter und dichter Oberfläche, dargestellt.



Abbildung 2 Maßstab 1 000 : 1

Ein weiteres **Foto Nr. 2** zeigt das Extrem von den handelsüblichen Materialien, bei dem eine sehr starke Zusammenklumpung von schwerentflammbaren Zusätzen sichtbar ist.

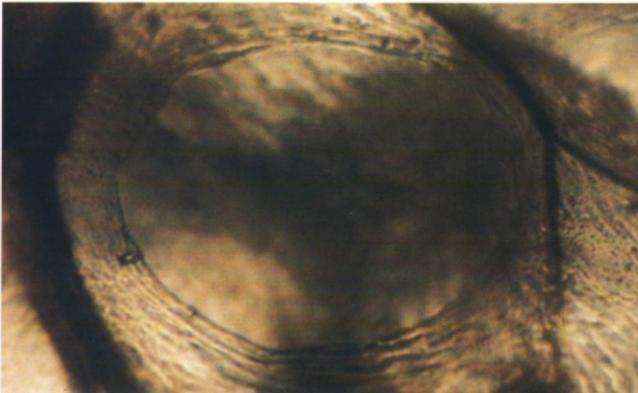


Abbildung 3 Maßstab 150 : 1

Auf dem anderen **Foto Nr. 3** sieht man zerstörte Zellenwände in Längsrichtung des Isolierschaumrohres.



Abbildung 4a Maßstab 150 : 1



Abbildung 4b Maßstab 150 : 1

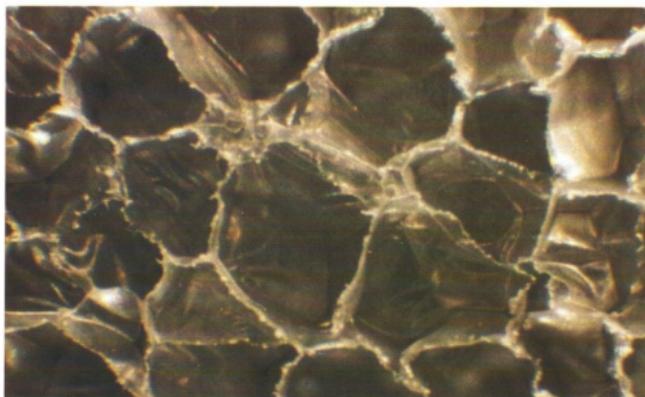


Abbildung 5 Maßstab 60 : 1



Abbildung 6 Maßstab 1 000 : 1

Es ist bekannt, daß Zellenwände von guten PUR-Schaummaterialien, unter $0,30 \mu$ dick, absolut plan sowie transparent sind, so daß man unter dem Mikroskop durch mehrere Zellenwände hindurchsehen und -fotografieren kann und trotzdem das Treibgas über längere Zeit eingeschlossen bleibt. Um derartige feinzellige, gleichmäßige Schaumstrukturen sowohl bei dünnwandigen als auch bei dickwandigen PE-Schaumrohrisolierungen herstellen zu können, war die Entwicklung einer neuen Fertigungstechnologie erforderlich, welche auch in der Serienfertigung eine gleichmäßige Qualität gewährleistet.

Auf den Fotos Nr. 4a + 4b sind solche Schaumzellen aus Polyäthylen mit der fast gleichen, hauchdünnen Wanddicke, Dichtigkeit und Durchsichtigkeit abgebildet.

Foto Nr. 4b wurde durch die Zellenwand von der Abbildung 4a aufgenommen.

Foto Nr. 5: PE-Schaumzellen wie Foto Nr. 4a + 4b.

Foto Nr. 6: PE-Schaumzellenwand wie Foto Nr. 4a + 4b. Man beachte den Unterschied zu den Schaumqualitäten in Foto Nr. 1 und Foto Nr. 2.

Erst nachdem diese Voraussetzungen geschaffen waren, wurden sehr umfangreiche Vergleichsmessungen bei den verschiedensten Proben von Schaumrohrisolationen durchgeführt. Bei der Berechnung des Lambdawertes konnte dann festgestellt werden, daß die Umlufttemperatur (die äußeren Wärmeübergangsbedingungen) eine wichtige Einflußgröße für die Ermittlung des Lambdawertes darstellt.

Es wurde deshalb bei den folgenden Vergleichsmessungen ein Fixpunkt festgelegt, an welchem immer die Umlufttemperatur mitgemessen wurde. Geringfügige Abweichungen von dem festgelegten Fixpunkt ergaben bereits Umlufttemperaturunterschiede von einigen $1/10^{\circ}$ C.

Nachdem alle diese Einflußgrößen meß- und kontrollierbar gemacht worden waren, wurde es möglich, einwandfrei reproduzierbare Lambdawerte zu erhalten.

Zur Kontrolle wurden Meßwerte herangezogen, welche im Bundesanzeiger veröffentlicht sind sowie Vergleichsproben, welche bei bestimmten Instituten gemessen wurden.

Es wurden alle einschlägigen im Handel erhältlichen Schaumrohrisolationen eingehend geprüft. Dabei konnte festgestellt werden, daß bei einem Großteil der Produkte, auch über einen längeren Prüfzeitraum von 40 bis 60 Std., sich nur eine geringere Verschlechterung des Lambdawertes zeigte, während bei einigen Produkten bereits nach kurzer Zeit ein erheblicher Abfall der Isoliereigenschaften auftrat. Die Vergleiche waren sehr interessant.

Mikroskopische Untersuchungen bezüglich der Lambdawertverbesserung

Mit einem speziellen, neu entwickelten Mikroskop mit einem sehr großen Tiefenschärfenbereich wurden diese Schaumproben sowohl im Anlieferungszustand als auch nach den Prüfungen untersucht und fotografiert.

Bei dieser neuen Mikroskopietechnik werden die Proben ohne spezielle Vorbehandlung (z. B. Aufdampfen usw.) verwendet. Somit ist absolut gewährleistet, daß eine Verfälschung durch nachträgliche Behandlung ausgeschlossen und das Material im Ursprungszustand beobachtet und fotografiert werden kann.

Dabei wurde festgestellt, daß durch die Zellengröße, Zellenwanddicke und Dichtigkeit der Zellenwände die Konvektion einerseits und das Absorbieren der Infrarot-Strahlen durch besondere Zusätze in LDPE andererseits, die Wärmeleitfähigkeit erheblich gemindert und somit eine Verbesserung des Lambdawertes erreicht werden konnte.

Weitere Untersuchungen ergaben, daß nur bei Zellenwänden über $0,8 \mu$ die Gerüstleitfähigkeit eine anteilige Einflußgröße wird.

Bei Zellenwanddicken unter $0,4 \mu$ sinkt die Einflußgröße der Gerüstleitfähigkeit unter 15 % des Gesamtanteils von Konvektion und Infrarot-Strahlung ab.

Die Konvektion ist eine nicht zu unterschätzende Einflußgröße, weil bei vielen Zellenstrukturen festgestellt werden konnte, daß durch eingeschlossene Fremdkörper in den Zellenwänden sehr nachteilige Effekte auftreten.

Hier konnte festgestellt werden, daß bei längerer Einwirkung der Prüftemperatur (Mitteltemperatur 40° C) die Zellenwände an den Übergangszonen platzen und dadurch eine Konvektion eingeleitet wird, welche dann den Lambdawert erheblich verschlechtert. Dies wurde durch die parallel zu der mikroskopischen Untersuchung festgestellten Meßergebnisse bestätigt.

Ferner konnte festgestellt werden, daß bei einer Anzahl von auf dem Markt handelsüblichen Schäumen im Querschnitt die Zellenstruktur mittel bis groß ist, die Zellen nicht kugelförmig sondern in Längsrichtung ellipsenförmig und häufig in der Längsachse bis zur dritten und vierten Zelle aufgeplatzt sind. Bei diesen Schaummaterialien wurden sehr schlechte Lambdawerte gemessen, weil hier Dämmeigenschaften durch eine sehr starke Konvektion erheblich gemindert werden.

Aufgrund all dieser Erkenntnisse war es möglich, wesentlich verbesserte Isoliereigenschaften (siehe Foto 4a bis 6) zu entwickeln.

Anmerkungen zu den Prüfmethode

Die hier verwendeten Prüfmethode haben den Vorteil, daß mehrere Produkte gleichzeitig geprüft werden, wobei immer speziell ausgesuchte Proben als sogenannte Eichproben mitgeprüft werden. Dadurch ist ein exakter Vergleich möglich.

Diese Prüfmethode hat auch den Vorteil, daß sie bei der laufenden Qualitätskontrolle eingesetzt werden kann, um einfach und schnell evtl. Abweichungen von der Betriebsnorm feststellen zu können.

Die Auswertung wurde sehr vereinfacht. Aus entsprechenden Diagrammen wird der Energieverbrauch abgelesen und der Multiplikationsfaktor "a" ermittelt.

Mit Hilfe eines weiteren Diagramms erfolgt die Korrektur der Umlufttemperatur (die äußeren Wärmeübergangsbedingungen). Die exakte Bestimmung der Wanddicke ist für die Berechnung des Lambdawertes unabdingbar und nicht immer einfach zu ermitteln, weil nicht alle Schaumrohrisolationen gleichmäßige Wanddicken aufweisen und auch nicht kreisrund sind.

Um die Meßfehler auf ein Minimum zu reduzieren, wurde jeweils der Außenumfang gemessen, der Durchmesser errechnet und der Außendurchmesser des Prüfrohres als Innendurchmesser (unabhängig davon wie groß der tatsächliche Innendurchmesser des Schaumrohrisolation war) für die Wanddicke zugrunde gelegt.

Gleichzeitig wurde bei diesen Vergleichsprüfungen der Lambdawert der effektiven Wanddicke im Bereich der Meßstelle ermittelt. Dadurch war es möglich, noch weitere Aufschlüsse über die Isoliereigenschaften der Schaumqualität zu erhalten. Diese Prüfergebnisse boten wiederum eine sehr gute Hilfestellung bei der Weiterentwicklung und wesentlichen Verbesserung der Schaumrohrisolation.

Anschrift des Verfassers:

Kurt Olbrich, Unternehmensberatung
Vereidigter Sachverständiger
Postfach 1305
D-6120 Erbach
Telefon 060 62 / 3282

Kurt Olbrich

Unternehmens- und
Industrieberatung
Telefon 0 60 62 / 32 82
Hardtstraße 11

6121 Mossautal-Hiltersklingen