

**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 16

**Festlegung von Grenzwerten für die  
VDI-2055-Gütesicherung von Dämmstoffen**

Dipl.-Ing. (FH) Martin Zeitler

Sonderdruck aus wksb 21/1986

# Festlegung von Grenzwerten für die VDI-2055-Gütesicherung von Dämmstoffen

Dipl.-Ing. (FH) Martin Zeitler

## Zusammenfassung

Durch die anstehende VDI-2055 Gütesicherung und der damit notwendigen Festlegung von Grenzwerten werden Verfahren angeregt, wie dies unter Berücksichtigung der erforderlichen Sicherheiten für die Berechnung des Wärmeschutzes geschehen kann und dabei auch wirtschaftliche Faktoren berücksichtigt werden können.

Da in der Regel ausreichend Meßwerte durch bisherige Messungen gegeben sein dürften, bedarf es lediglich der vorgeschlagenen statistischen Auswertungen, um Werte unter diesen Voraussetzungen festlegen zu können. Unterschieden wird dabei, ob es sich je nach Lieferform um Stoffkennwerte handelt oder ob bereits Werte der Betriebswärmeleitfähigkeit abgesichert werden sollen, wobei der Weg vom Meßwert zum abgesicherten Wert der Betriebswärmeleitfähigkeit aufgezeigt wird.

## 1. Einleitung

Die Güteüberwachung von Dämmstoffen hat im Bereich des Bauwesens schon längst ihre Bewährungsprobe bestanden. Zwingend vorgeschriebene Anforderungen an die Stoffe und den damit verbundenen Prüfungen der Fremd- und Eigenüberwachung als Forderung der Bauaufsicht hatten neben den eigentlich vordergründigen Auflagen auch innovativen Charakter, was sich heute u.a. in dem hohen Qualitätsniveau der güteüberwachten Dämmstoffe widerspiegelt. Nicht zuletzt auch aus diesem Grund sollten alle Vertragspartner an einer Durchführung der neu ins Leben gerufenen Gütesicherung nach VDI-2055 höchstes Interesse zeigen. Von der «VDI-AG Gütesicherung» – das ist eine vom VDI-Ausschuß 2055 eingesetzte Arbeitsgruppe, die Einzelheiten, wie z. B. Art und Umfang der zu überwachenden Produkte sowie die Verfahren, regelt – wurden hierzu Merkblätter erarbeitet, worin die Durchführungsbestimmungen für die Gütesicherung festgelegt sind [1], [2].

Außerdem sind aus diesen Merkblättern die Normen oder Richtlinien, in welchen die Anforderungen an die Dämmstoffe geregelt sind, ersichtlich. Solche Merkblätter sind bisher für

Polystyrol – Hartschaum  
Mineralfaserdämmstoffe  
Schaumglasdämmstoffe  
Polyurethan – Ortschaum und  
Polyurethan – Hartschaum

fertiggestellt und über die VDI-Dienstleistungen GmbH erhältlich. Die Grundlagen für die VDI-Gütesicherung sind damit festgeschrieben worden.

Unsicherheiten, welche sich insbesondere für die Dämmstoffhersteller ergeben, sind die Aufwendungen für die Prüfungen und für Erstprüfungen zur Festlegung z. B. der Grenzwerte für die verschiedenen Qualitätsmerkmale, wie Wärmeleitfähigkeit, Anwendungsgrenztemperatur und weitere Sondereigenschaften. Unbekannt ist jedoch auch die Reaktion des Marktes auf die gegebenenfalls neu festgesetzten Werte.

Die eigentliche und wichtige Aufgabe der VDI-Gütesicherung ist es ja, Einflußnahme auf die Zuverlässigkeit der vom Hersteller angegebenen Werte ausüben zu können [1].

## 2. Einstufung der Dämmstoffe in Qualitäts-Grenzen und Produktgruppen

Bei Mineralfaser- und Hartschaumdämmstoffen sind aufgrund der vielfältigen und unterschiedlichen Produkte – wie sie zur Wärmedämmung von industriellen oder betriebstechnischen Anlagen je nach Anwendungsbereich angeboten werden – für die Einstufung in Qualitäts-Grenzen besondere Anforderungen zu stellen. Dies gilt ganz besonders dann, wenn Qualitäten der verschiedenen Produkte, z. B. nur durch unterschiedliche Rohdichten, zum Tragen kommen sollen. Diesen Gegebenheiten wird dadurch Rechnung getragen, daß es den Herstellern überlassen bleibt, die Werte in Eigenverantwortung festzulegen. Nicht vorgeschrieben dabei ist das Verfahren, um einerseits den Prüfumfang auf einem vernünftigen und wirtschaftlichen Niveau zu halten und andererseits aber auch noch genügend Spielraum bei einer Überprüfung durch die nun anlaufende Gütesicherung zu haben.

Außerdem stellt sich die Frage, welche Vorteile sich aus der nun unumgänglichen Gütesicherung für die Unternehmen ergeben.

Zur Aufstellung eines wirtschaftlichen Prüfplanes und zur Abschätzung der gegebenen Verhältnisse sind deshalb folgende Punkte zu beachten:

- Kosten zur Festlegung der Werte.
- Folgen bei Rückweisungen und die eventuellen Schadensfolgen bei ungefiltertem Produktionsangebot.
- Kosten für Eigenüberwachung zur Absicherung und gegebenenfalls zur Filterung der Produktion.
- Einfluß einer einheitlichen Gütesicherung auf den Wettbewerb.
- Kosten für die Gütesicherung und den gegebenenfalls erforderlichen Wiederholungsprüfungen.

Dieser sicherlich nur schwer kalkulierbaren Punkten sollte, insbesondere bei der Festlegung der Kennwerte, entsprechende Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Für Hersteller, welche mit eigenen Grenzwerten für das wichtigste Qualitätsmerkmal, die Wärmeleitfähigkeit, sich nicht dem Wettbewerb stellen wollen oder können, besteht die Möglichkeit, ihre Stoffe den vereinbarten Grenzkurven der AGI-Arbeitsblätter zuzuordnen. Diese Grenzkurven für die Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur sind so bemessen, daß sie im Prinzip von fast allen Produkten ohne Schwierigkeit erreicht werden. Die Folge ist eine quasi Vereinheitlichung der Qualität – wie dies teilweise in verschiedenen Bereichen des Dämmstoffmarktes bereits geschehen ist – auch bei den Dämmstoffen für den industriellen Bereich.

Für alle Bereiche der Dämmtechnik muß jedoch gesichert sein, daß von dem Anwender d.h. letztendlich von dem Verbraucher die in den Leistungsverzeichnissen ausgeschrieben und geforderten Qualitäten eingehalten werden.

Dies ist eine berechnete Forderung, wobei der Nachweis für die Einhaltung der Qualitäts-Grenzen durch die VDI-Gütesicherung geführt werden soll.

In den nachstehenden Kapiteln soll nun am Beispiel\*) von Mineralfaser-Produkten gezeigt werden, wie eine Festlegung solcher Qualitäts-Grenzwerte unter Berücksichtigung der vorangegangenen Überlegungen erfolgen kann.

\*) Hinweis: Die angegebenen Werte und Kurven in den Diagrammen sind nur Beispiele, aber nicht repräsentativ für alle Mineralfaser-Produkte. Je nach Herstellungsverfahren, Rohstoff und Liefertyp ergeben sich quantitative Abweichungen.

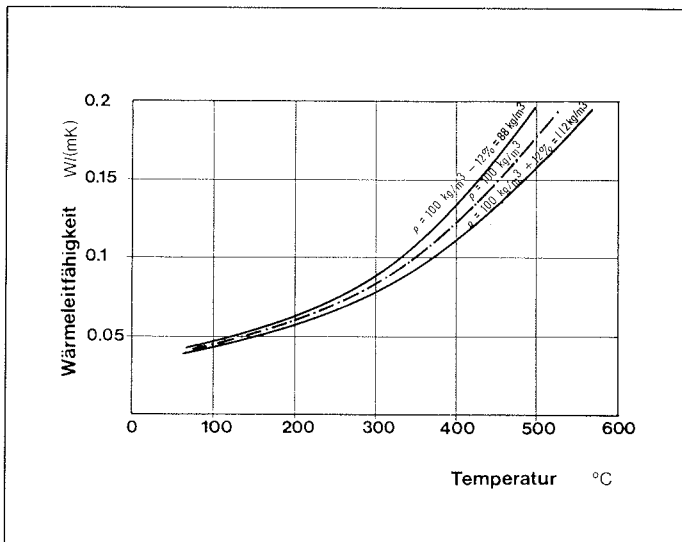


Bild 3: Unterschiede der Wärmeleitfähigkeit an dem Beispiel einer Mineralfasermatte mit Nennrohddichte 100 kg/m<sup>3</sup> unter Ausnutzung der gegebenen Toleranzen für die Rohddichte (gemäß Q 132, Tabelle 6).

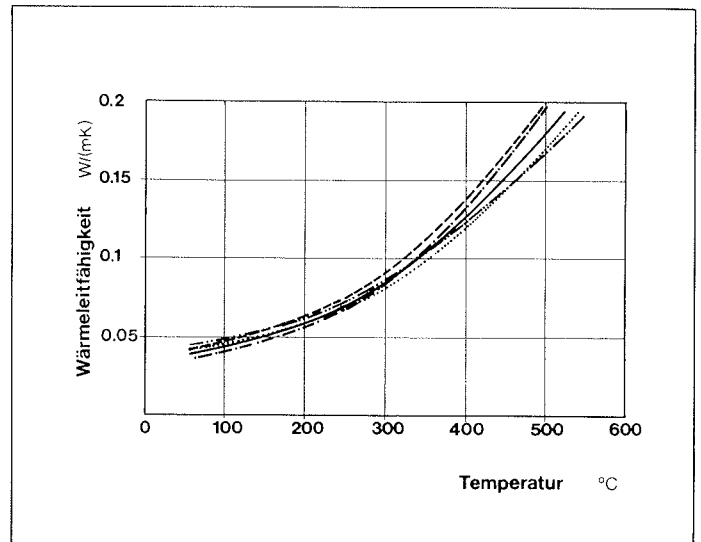


Bild 5: Verschiedene  $\lambda, \vartheta$ -Kurven einer Mineralfaser bei annähernd gleichem Schmelzperleengehalt (Strömungswiderstand) und ohne den Einfluß der Rohddichte.

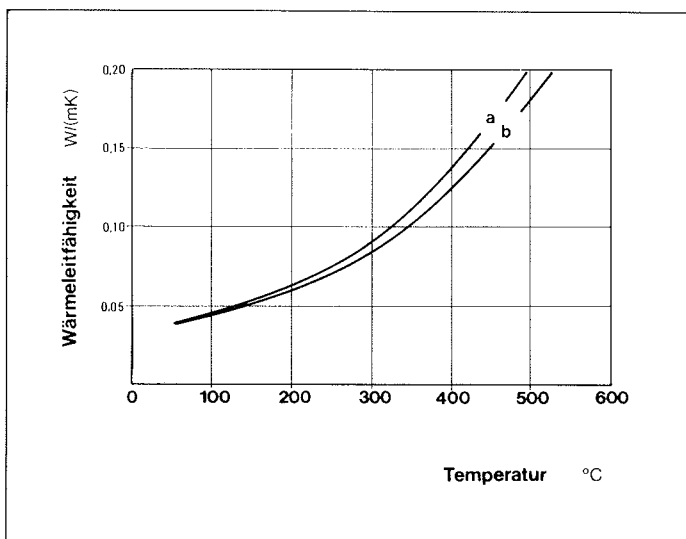


Bild 4: Wärmeleitfähigkeit eines Mineralfaserproduktes mit Rohddichte 100 kg/m<sup>3</sup> bei unterschiedlichem Schmelzperleengehalt und der daraus resultierenden stark unterschiedlichen Strömungswiderstände  $\Xi$  in Ns/m<sup>4</sup>  
 a) hoher Schmelzperleengehalt,  $\Xi = 35.000$   
 b) niedriger Schmelzperleengehalt  $\Xi = 55.000$ .

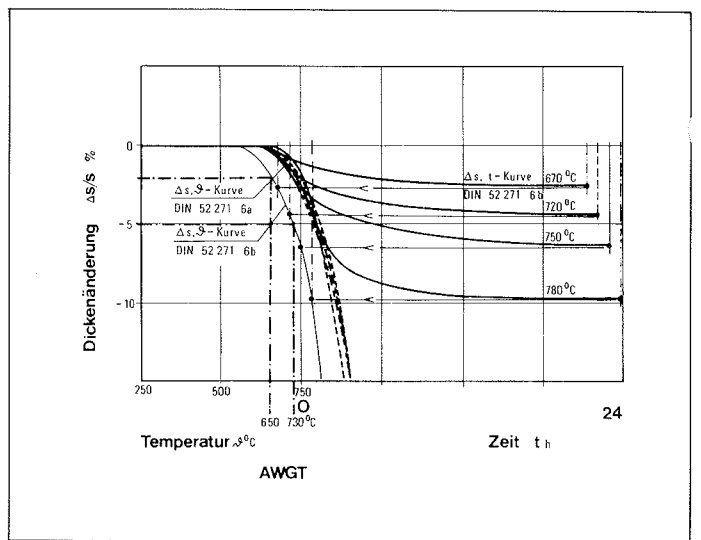


Bild 6: Verhalten eines Mineralfaserdämmstoffes ( $\rho = 100 \text{ kg/m}^3$ ) bei höheren Temperaturen mit dem Einfluß der «langzeitigen» einseitigen Temperatureinwirkung unter 1 kN/m<sup>2</sup> flächenbezogener Belastung mit einer Anwendungsgrenztemperatur AWGT bei  
 2% Dickenänderung 650 °C  
 5% Dickenänderung 730 °C.

tion abhängig ist, kann der längenbezogene Strömungswiderstand als physikalisch begründbare korrelierende Größe für die Wärmeleitfähigkeit angesehen werden (siehe Bild 4). Bei einer Überprüfung des Strömungswiderstandes in Verbindung mit der Rohddichte ergeben sich deshalb ersatzweise Maßstäbe für die Qualität des Mineralfaser-Produktes bezüglich des Dämmverhaltens (Indirekte Prüfung).

Anstelle der aufwendigen Überprüfung der Anwendungsgrenztemperatur (Bild 6), d.h. das Verhalten des Dämmstoffes bei höheren Temperaturen unter Berücksichtigung der zeitlichen Einflußgröße und den möglichen flächenbezogenen Belastungen, bietet sich als vereinfachtes Verfahren das Verhalten bei höheren Temperaturen nach dem Kurzzeitverfahren gemäß DIN 52271 Abschnitt 6a zu bestimmen an. Hierbei ist die Dickenverminderung unter 1 kN/m<sup>2</sup> flächenbezogener Belastung (gegebenenfalls auch andere Belastungen z.B. 0,5 kN/m<sup>2</sup>) bei einer einseitigen Temperatureinwirkung und 5K/min Temperatursteigerung zu ermitteln ( $\Delta s, \vartheta$ -Kurve).

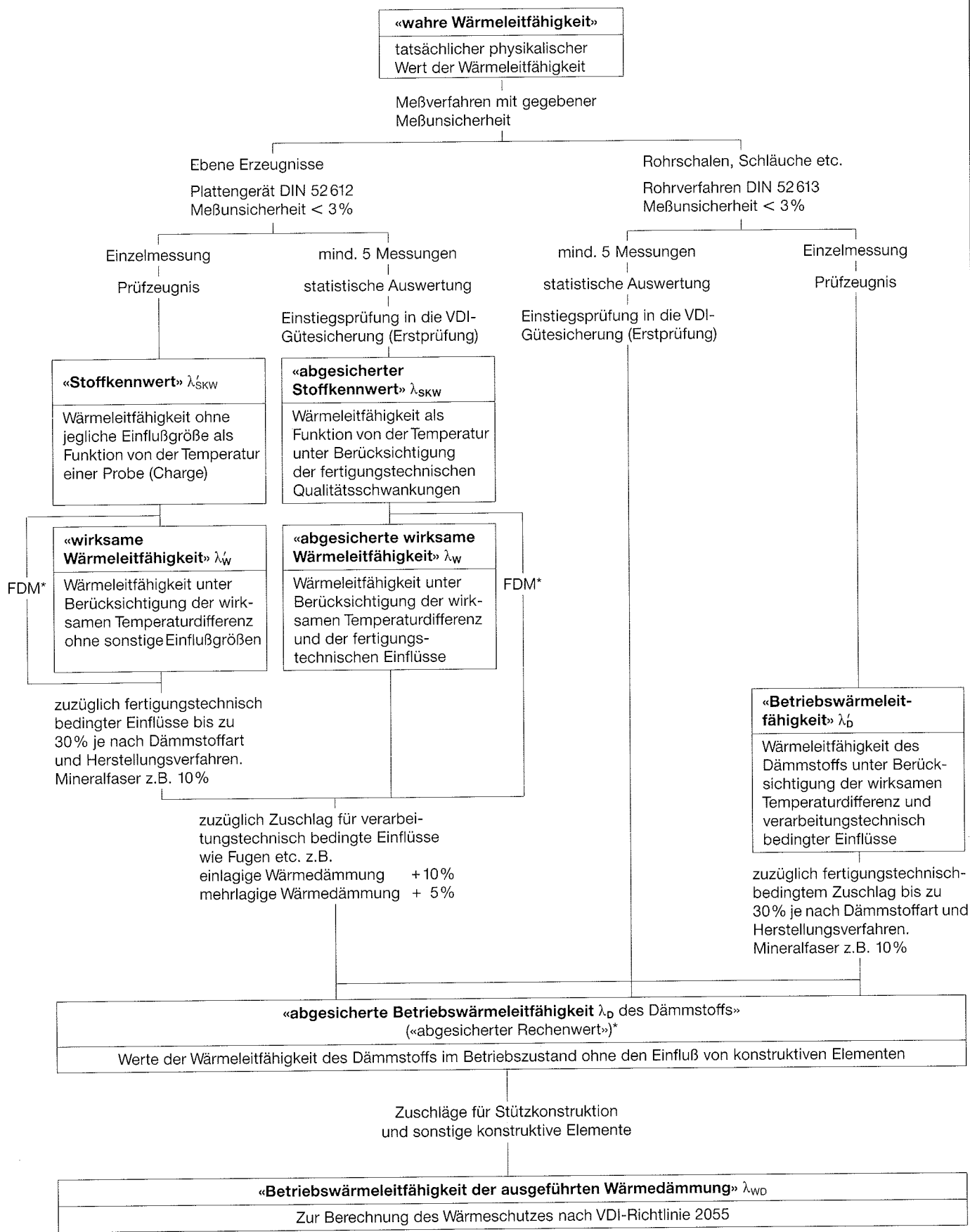
Da für die Bestimmung der Anwendungsgrenztemperatur bei einer «Erstprüfung» die  $\Delta s, \vartheta$ -Kurve ermittelt werden muß, besteht eine direkte Vergleichsmöglichkeit bei den laufenden Überprüfungen. Als Qualitäts-Merkmal kann dabei nicht nur der Temperaturwert bei 5% Dickenverminderung herangezogen werden, sondern der gesamte Kurvenverlauf, d.h. die Dickenänderung als Funktion von der Temperatur.

## Verfahren zur Festlegung von Grenzkurven und «abgesicherten Rechenwerten» am Beispiel der Wärmeleitfähigkeit

### 5. Begriffsbestimmung für die verschiedenen Wärmeleitfähigkeitswerte

Bevor auf das eigentliche Verfahren zur Festlegung von Grenzwert-Kurven oder Rechenwerte eingegangen werden kann, ist es zum besseren Verständnis angebracht, zunächst bezüglich der «verschiedenen möglichen Werte» der Wärmeleitfähigkeit eine entsprechende Begriffsbestimmung durchzuführen. Der wesentliche und bedeutungsvollste Unterschied für eine Festlegung der Wärmeleitfähigkeitswerte ist bedingt durch die unterschiedlichen Lieferformen, wie einerseits den Platten, Matten etc. und andererseits den Schalen und Schläuchen. Zu beachten ist dabei, daß aufgrund der Meßverfahren die Wärmeleitfähigkeit der «ebenen» Erzeugnisse Stoffkennwerte darstellen und es sich bei den anderen Lieferformen bereits um die Betriebswärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes handelt [4]. Nachstehendes Flußdiagramm soll zeigen, wie ausgehend von der «wahren Wärmeleitfähigkeit», sich «abgesicherte Rechenwerte» ableiten lassen. Der Vollständigkeit halber sind alle «Stationen» von der «wahren Wärmeleitfähigkeit» bis zur «Betriebswärmeleitfähigkeit der ausgeführten Wärmedämmung» zur Berechnung des Wärmeschutzes nach der VDI-Richtlinie 2055 dargestellt.

**Flußdiagramm**  
 Von der «wahren Wärmeleitfähigkeit» zum «abgesicherten Rechenwert»



\*Für die Berechnung des Wärmeschutzes mit numerischen Rechenmethoden, z.B. nach der Finiten-Differenzen-Methode (FDM), sind nur «Stoffkennwerte» zuzüglich verarbeitungstechnisch und fertigungstechnisch bedingter Zuschläge oder die «abgesicherten Stoffkennwerte» zuzüglich der verarbeitungstechnischen Zuschläge zu verwenden; der

Einfluß der wirksamen Temperaturdifferenz wird bei diesen Berechnungsmethoden durch eine Unterteilung der Dämmschichtdicke in mehrere Schichten von selbst berücksichtigt.

### 3. Besondere Gegebenheiten bei von der Rohdichte abhängigen Qualitäten

Bei allen Dämmstoffen ergeben sich qualitative Unterschiede in Abhängigkeit von der Rohdichte. Besonders gilt dies für Mineralfaserprodukte, welche zur Wärmedämmung industrieller Anlagen angeboten werden. Aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten nimmt die Wärmeleitfähigkeit von Mineralfaserprodukten mit zunehmender Dichte bei hohen wirksamen Temperaturen ab. Dies liegt daran, daß der dominierende Anteil der Wärmeübertragung durch Strahlung in diesen Temperaturbereichen durch die höhere Dichte stark vermindert wird [3].

In Bild 1 ist dieser Effekt verdeutlicht. Wird die Wärmeleitfähigkeit von Mineralfaserdämmstoffen über der Temperatur für verschiedene Rohdichten dargestellt, ergeben sich Kurven mit unterschiedlichen Krümmungen.

Um den Einfluß der Rohdichte noch stärker zu veranschaulichen, läßt sich die Wärmeleitfähigkeit auch als Funktion von der Rohdichte angeben, wobei die Temperatur in 50 Kelvin-Schritten als Parameter eingezeichnet wird (Bild 2).

Für jede Kurve der Wärmeleitfähigkeit der gezeigten Kurvenschar von Bild 2 läßt sich die 1. Ableitung bilden; die Änderung der Wärmeleitfähigkeit durch Rohdichte-Unterschiede läßt sich somit quantifizieren. Werden bei einer Gütesicherung über Mineralfaserprodukte für die zulässigen Toleranzen bezüglich der Rohdichte die Anforderungen des AGI-Arbeitsblattes Q 132 zugrunde gelegt, ergeben sich alleine schon aufgrund dieser zulässigen Toleranzen erhebliche Unterschiede bis zu  $\pm 6\%$  in der Wärmeleitfähigkeit zu höheren Temperaturen, z.B. bei  $300^\circ\text{C}$  (Bild 3) für den Stoffkennwert.

Für die wirksame Wärmeleitfähigkeit ergibt sich bei einer Temperaturdifferenz von 500 K (bei  $550^\circ\text{C}$  Warmseite und  $50^\circ\text{C}$  Kaltseite) ein Unterschied von immerhin  $\pm 10\%$ . Dabei sind etwaige Qualitätsschwankungen z.B. durch unterschiedlichen Schmelzperlengehalt noch nicht einbezogen. Ein hoher Schmelzperlengehalt wird eine erhöhte Wärmeleitfähigkeit zur Folge haben, trotz gleicher Rohdichte des Mineralfaser-Produktes (Bild 4). Hierzu kommen noch mögliche Qualitätsschwankungen durch die Einflüsse von Rohstoffen, Faserlängen, Faserdicken und Faserlängen.

Bild 5 zeigt die Unterschiede der Wärmeleitfähigkeitskurven, bedingt durch die oben genannten Einflüsse, wobei von weitgehend gleichem Schmelzperlengehalt ausgegangen werden kann.

Bei bekanntem Einfluß der Rohdichte (Bild 2) lassen sich dann die zufälligen fertigungstechnisch bedingten Qualitätsschwankungen ermitteln.

Aus den vorangegangenen Ausführungen ist leicht zu erkennen, daß zum einen die Rohdichte allein keine signifikante Merkmalsausprägung bei Mineralfaser-Produkten darstellt (siehe Bild 4 – Einfluß des Schmelzperlengehaltes) und zum anderen eine gesicherte Grundlage zur Festlegung von Grenzwerten nur durch ausreichende Kenntnis des Einflusses von weiteren fertigungstechnisch bedingten Schwankungen gegeben ist.

Für andere Merkmalsausprägungen, z.B. die Werte des Strömungswiderstandes, der Anwendungsgrenztemperatur (Bild 6), eines Kraft-Verformungs-Diagramms und des Chloridgehaltes etc., sind ebenfalls fertigungstechnische Qualitätsschwankungen zu erwarten.

Für das gezeigte Beispiel ergibt sich für das Mineralfaserprodukt eine Anwendungsgrenztemperatur von  $650^\circ\text{C}$  für 2% zulässiger Dickenverminderung und  $730^\circ\text{C}$ , wenn 5% Dickenverminderung als noch zulässig angesehen werden. Ermittelt können die Werte aus dem Verfahren nach DIN 52271 Abschnitt 6a und 6b werden.

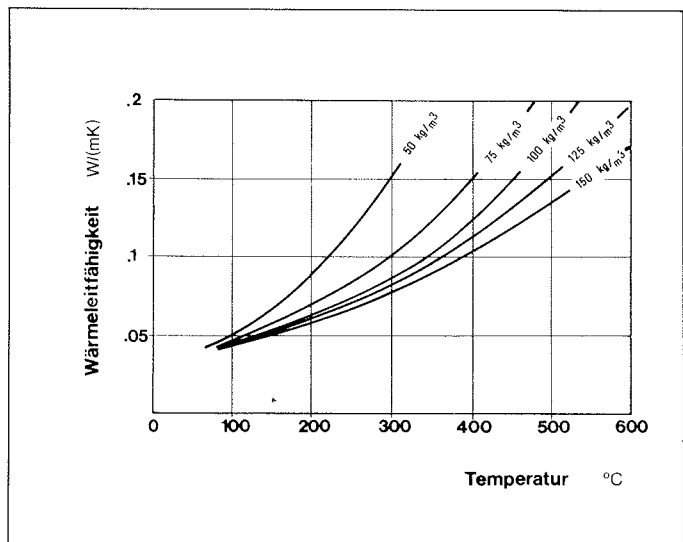


Bild 1: Wärmeleitfähigkeit eines Mineralfaserdämmstoffes in Abhängigkeit von der Temperatur für verschiedene Rohdichten des Mineralfaser-Produktes.

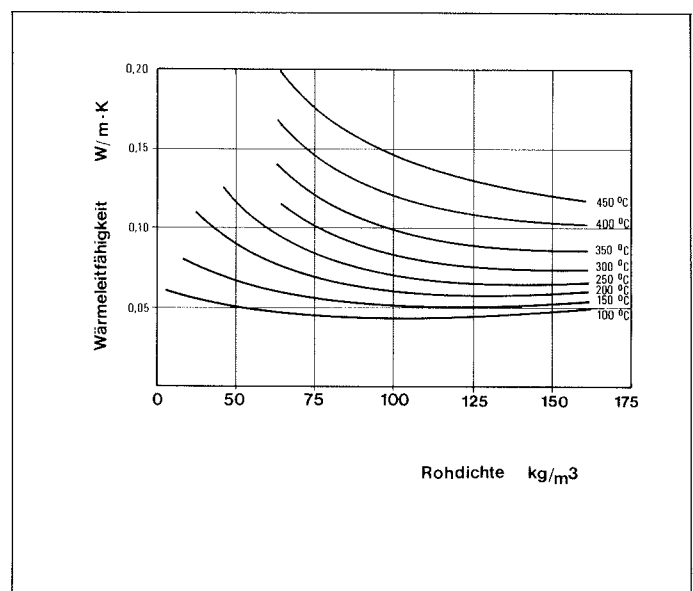


Bild 2: Wärmeleitfähigkeit eines Mineralfaserdämmstoffes in Abhängigkeit von der Rohdichte für verschiedene Temperaturen.

Auf keinen Fall ist es empfehlenswert, entsprechende Merkmalsausprägungen, basierend auf einer einzigen Messung, womöglich noch von besonders ausgewählten Proben, festzulegen und in technischen Datenblättern anzugeben.

Für eine laufende Gütesicherung ist es sicherlich aus Kostengründen sinnvoll, die wichtigsten wärmeschutztechnischen Größen wie

- die Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur und
- die Anwendungsgrenztemperatur unter Berücksichtigung der langzeitigen Temperatureinwirkung

entweder über eine korrelierende Eigenschaft oder nach einem vereinfachten Verfahren z. B. auch im Herstellwerk zu überprüfen. Dies erscheint insofern für dringend erforderlich, zumal nach dem Merkblatt für Mineralfaserdämmstoffe der VDI-AG Gütesicherung die Überprüfung der Wärmeleitfähigkeit nur mindestens alle 3 Jahre und die Anwendungsgrenztemperatur gar nur alle 6 Jahre gefordert ist.

### 4. Indirekte und vereinfachte Prüfungen

Da die Werte des längsspezifischen Strömungswiderstandes ebenfalls wie die Wärmeleitfähigkeit von Rohdichte, Schmelzperlengehalt, Faserlänge und Faserdichte sowie Faserrich-

Bezüglich der Höhe von verarbeitungstechnisch bedingten Zuschlägen gibt es leider relativ wenig Erfahrungen. Hierzu können gegebenenfalls die jeweiligen Dämmstoffhersteller, welche oftmals auch gleichzeitig Anbieter von Dämmstoffsystemen sind, entsprechende Nachweise führen.

Bei der Angabe von statistisch abgesicherten Stoffkennwerten oder Betriebswärmeleitfähigkeiten durch den Hersteller erübrigt es sich also, für die Berechnung des Wärmeschutzes einen Zuschlag für etwaige Qualitätsschwankungen einzubeziehen.

Die Bestimmung der Betriebswärmeleitfähigkeit unter Berücksichtigung der «wirksamen Wärmeleitfähigkeit» ist nur für Berechnungen mit den üblichen Berechnungsgleichungen nach VDI 2055 für ebene Erzeugnisse mit dem Zuschlag für etwaige Fugen notwendig. Bei den Berechnungen mit numerischen Rechenmethoden wird bei entsprechender Unterteilung der Dämmschichtdicke dieser Einfluß berücksichtigt.

Wird eine abgesicherte Wärmeleitfähigkeit von Formteilen z.B. Rohrschalen – bestimmt über das Rohrverfahren nach DIN 52613 – angegeben, kann dann gegebenenfalls auf weitere Zuschläge verzichtet werden. In diesem Wert sind alle Unsicherheiten und Einflußgrößen (Einfluß von Längs- und Stoßfugen, wirksame Temperaturdifferenz) bereits berücksichtigt und stellt somit die Betriebswärmeleitfähigkeit im Sinne der VDI-2055 dar. Sie eignet sich jedoch nicht zur Berechnung des Wärmeschutzes mit numerischer Rechenmethode, da der Einfluß der wirksamen Temperaturdifferenz bereits in den Meßwerten berücksichtigt ist. Nicht abgesicherte Stoffkennwerte oder nicht abgesicherte Betriebswärmeleitfähigkeitswerte gelten nur für die spezielle Probe oder gegebenenfalls noch für eine Charge und sind im allgemeinen noch mit dem Zuschlag für qualitative Schwankungen von +10 bis +30% zu versehen, je nach Grundmaterial und Herstellungsart des Dämmstoffes.

## 6. Statistische Verfahren

Dem Verfahren zur Festlegung der Grenzwerte kommt eine wesentliche Bedeutung zu, damit einerseits für die Akquisition optimale Werte aufgewiesen werden können und andererseits noch genügend Sicherheit für die fertigungstechnisch bedingten Schwankungen bei der laufenden Gütesicherung bleibt, ohne daß dabei unnötiger Spielraum – wie dies bei der Eingruppierung in Wärmeleitfähigkeitsgruppen möglich ist – verschenkt wird.

Für die Stoffkennwerte der Dämmstoffe für den industriellen Einsatz ist es deshalb angebracht, die tatsächlich bestimmten Werte der oberen oder unteren Toleranzgrenze anzusetzen und in technischen Prospekten, als solche gekennzeichnet, anzugeben. Eine entsprechende Untermauerung der Werte kann dann noch durch den Nachweis der Gütesicherung erfolgen, wobei bei einer Überprüfung, z.B. entsprechend dem Merkblatt für Mineralfaserdämmstoffe, Einzelwerte um nicht mehr als 10% überschritten werden dürfen.

Für eine statistische Sicherheit, 90%/90%, sind innerhalb der Toleranzgrenzen OT und UT (obere und untere) mit 90%-iger Sicherheit 90% aller Werte zu erwarten. Die Toleranzgrenzen ergeben sich für Werte ohne weiteren Freiheitsgrad

$$OT = \bar{x} + s \cdot k_{\uparrow} \quad (1)$$

$$UT = \bar{x} - s \cdot k_{\uparrow}, \quad (2)$$

wobei

$\bar{x}$  = Mittelwert

s = Standardabweichung der Stichprobe

$k_{\uparrow}$  = Faktor zur Berücksichtigung der endlichen Anzahl der Stichprobe bei den gewünschten statistischen Sicherheiten

bedeuten.

Sollen die von einer Variablen X abhängigen Werte abgesichert werden, errechnet sich die Toleranzgrenze wie folgt:

$$OT = \hat{y} + s \cdot k_{\uparrow} \quad (3)$$

$$UT = \hat{y} - s \cdot k_{\uparrow}, \quad (4)$$

wobei

$\hat{y}$  = Funktion von der Variablen X

s = Standardabweichung der Stichprobe

$k_{\uparrow}$  = Faktor zur Berücksichtigung der endlichen Anzahl der Stichprobe bei der gewünschten statistischen Sicherheit bedeuten.

Diese Verfahren eignen sich z.B. zur Absicherung von Wärmeleitfähigkeits-Werten in Abhängigkeit von der Temperatur oder zur Absicherung der Dickenverminderung als Funktion von der Temperatur oder zur Absicherung der Dickenverminderung als Funktion von der Temperatur bei der Ermittlung des Verhaltens der Dämmstoffe bei höheren Temperaturen. Der Vertrauensbereich sichert dabei mit 90% Sicherheit die mittleren Funktionswerte ab.

Die Formeln zur Berechnung der Standardabweichung der Stichprobe und zur Bestimmung der  $k_{\uparrow}$  Faktoren sind der einschlägigen Literatur zu entnehmen [5].

Für alle anderen Werte ohne vorgegebene Anforderung an die Toleranz durch die Merkblätter der VDI AG «Gütesicherung» sind die Toleranzgrenzen anzugeben, um unter anderem die Ergebnisse der Prüfungen bewerten zu können, d.h. die Werte bei laufenden Überprüfungen müssen innerhalb der festgelegten Toleranzgrenzen liegen.

UT > Werte bei laufender Überprüfung < OT

In allen Fällen sind die gegebenen Toleranzen zusammen mit den jeweiligen Eigenschaftswerten anzugeben.

## 7. Schlußbetrachtung

Können zu Beginn der VDI-Gütesicherung die vorgeschlagenen Verfahren aufgrund bereits ausreichend vorhandener Meßwerte oder auch noch durchzuführender Messungen angewandt werden, ergeben sich einerseits Grenzwerte mit ausreichender Sicherheit und der notwendigen Zuverlässigkeit für die Berechnung des Wärmeschutzes und andererseits optimale Werte mit der Gewähr, unter Ausnützung der gegebenen Qualitätsschwankungen auch die wirtschaftlichen Faktoren ausgereizt zu haben.

Zusammen mit dem Nachweis der Gütesicherung kann der Eigenschaftswerten des Herstellers somit auch durch Anwender und Verarbeiter das notwendige Vertrauen entgegengebracht werden, so daß sich gegebenenfalls projektspezifische Qualitätssicherungen auf ein Mindestmaß reduzieren lassen.

## Literaturhinweise

- [1] Ruppelt, F.: «Gütesicherung für Wärme- und Kälteschutz gemäß VDI 2055»; BWK 37 (1985) Nr. 11.
- [2] Zehendner, H.: «Gütesicherung von Wärmedämmstoffen für betriebstechnische Anlagen»; Dämmtechnik-Isolierung 4-86, S. 16/24.
- [3] Zeitler, M.: «Die Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen bei höheren Temperaturen»; Dämmtechnik-Isolierung, 2-86, S. 33/41.
- [4] Zeitler, M.: «Betriebswärmeleitfähigkeit von Wärmedämmungen industrieller und betriebstechnischer Anlagen»; FIW-Sonderheft Mai 1985.
- [5] Graf/Henning/Stange: Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1966.