

Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten
Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes
nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem
Wärmestrommessplatten-Gerät
Trockene und feuchte Produkte mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlasswiderstand
Deutsche Fassung EN 12664:2001

DIN
EN 12664

ICS 91.100.01; 91.120.10

Teilweise Ersatz für
DIN 52612-1:1979-09
DIN 52616:1977-11

Thermal performance of building materials and products –
Determination of thermal resistance by means of guarded hot
plate and heat flow meter methods – Dry and moist products of
medium and low thermal resistance;
German version EN 12664:2001

Performance thermique des matériaux et produits pour le bâtiment –
Détermination de la résistance thermique par la méthode de la
plaque chaude gardée et la méthode fluxmétrique – Produits secs
et humides de moyenne et basse résistance thermique;
Version allemande EN 12664:2001

Die Europäische Norm EN 12664:2001 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ (Sekretariat: Schweden) unter deutscher Mitwirkung erarbeitet.

Der für die deutsche Mitarbeit zuständige Arbeitsausschuss im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. ist der als Spiegelausschuss zu CEN/TC 89 eingesetzte Arbeitsausschuss 00.89.00 „Wärmeschutz“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau).

Für die im Abschnitt 2 zitierten Internationalen und Europäischen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

- EN 1946-2 siehe DIN EN 1946-2
- EN 1946-3 siehe DIN EN 1946-3
- EN 12667 siehe DIN EN 12667
- EN ISO 7345 siehe DIN EN ISO 7345
- EN ISO 9346 siehe DIN EN ISO 9346

Fortsetzung Seite 2
und 62 Seiten EN

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Änderungen

Gegenüber DIN 52612-1:1979-09 und DIN 52616:1977-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einschränkung des Anwendungsbereichs auf mittlere und niedrige Wärmedurchlasswiderstände zur besseren Beschreibung des Vorgehens, z. B. für Mauerwerksprodukte.
- b) Mitgeltende Normen beschreiben die personellen und gerätemäßigen Voraussetzungen.
- c) Begriffsbestimmungen detaillierter und umfassender.
- d) Gerätebeschreibung für das Plattengerät und das Wärmestrommessplatten-Gerät, einschließlich Kalbrierhinweisen.
- e) Messverfahren mit ausführlicher Sensitivitäts- und Messabweichungsanalyse.
- f) Probenentnahme und -vorbehandlung, einschließlich Hinweisen für das Vorgehen bei feuchten und unebenen Proben.
- g) Auswertung der Messergebnisse mit Hinweisen zur Weiterbehandlung.

Frühere Ausgaben

DIN 52612-1: 1959-07; 1963-02; 1966-01; 1972-08; 1979-09
DIN 52616: 1977-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 1946-2, *Wärmetechnisches Verhalten von Bauprodukten und Bauteilen – Technische Kriterien zur Begutachtung von Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften – Teil 2: Messung nach Verfahren mit dem Plattengerät; Deutsche Fassung EN 1946-2:1999.*

DIN EN 1946-3, *Wärmetechnisches Verhalten von Bauprodukten und Bauteilen – Technische Kriterien zur Begutachtung von Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften – Teil 3: Messung nach dem Verfahren mit dem Wärmestrommessplatten-Gerät; Deutsche Fassung EN 1946-3:1999.*

DIN EN 12667, *Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät – Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand; Deutsche Fassung EN 12667:2001.*

DIN EN ISO 7345, *Wärmeschutz – Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345:1987); Deutsche Fassung EN ISO 7345:1995.*

DIN EN ISO 9346, *Wärmeschutz – Stofftransport – Physikalische Größen und Definitionen (ISO 9346:1987); Deutsche Fassung EN ISO 9346:1996.*

Deutsche Fassung

Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten
Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes
nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem
Wärmestrommessplatten-Gerät
Trockene und feuchte Produkte mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlasswiderstand

Thermal performance of building materials and products –
Determination of thermal resistance by means of guarded
hot plate and heat flow meter methods – Dry and moist
products of medium and low thermal resistance

Performance thermique des matériaux et produits pour le
bâtiment – Détermination de la résistance thermique par la
méthode de la plaque chaude gardée et la méthode flux-
métrique – Produits secs et humides de moyenne et basse
résistance thermique

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 25. Juni 2000 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe, Zeichen und Einheiten	5
4 Grundlagen	7
5 Prüfeinrichtungen	7
6 Probekörper	12
7 Prüfverfahren	15
8 Berechnungen	22
9 Prüfbericht	24
Anhang A (normativ) Einschränkungen hinsichtlich der Durchführung des Messprinzips und der messbaren Eigenschaften	26
Anhang B (normativ) Grenzwerte für Gerätefunktion und Prüfbedingungen – Plattengerät	38
Anhang C (normativ) Grenzwerte für Gerätefunktion und Prüfbedingungen – Wärmestrommessplatten-Gerät	44
Anhang D (normativ) Konstruktion der Prüfeinrichtungen	50
Anhang E (normativ) Verfahren, die mit der Messung im Gleichgewichtszustand des Feuchtegehaltes in Verbindung stehen	58
Anhang F (informativ) Einstellung auf einen festgelegten Feuchtegehalt in einem festgelegten Klima	60
Anhang G (informativ) Schätzung des Einflusses von Tauwasserbildung	62
Literaturhinweise	62

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SIS gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juli 2001, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2001 zurückgezogen werden.

Diese Norm ist Bestandteil einer Reihe von Normen zur Bewertung des wärmeschutztechnischen Verhaltens von Baustoffen und -produkten.

Das vorliegende Dokument ist Teil einer Reihe von Normen zur Bewertung des wärmeschutztechnischen Verhaltens von Baustoffen und -produkten

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Die Anhänge A, B, C, D und E sind normativ. Die Anhänge F und G sind informativ.

Einleitung

Stationäre Wärmeübertragungseigenschaften können durch zahlreiche genormte Prüfverfahren gemessen werden: Die Auswahl des zutreffenden Verfahrens hängt von den Kennwerten des Probekörpers ab. Diese Norm behandelt nur das Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät.

Für Routinemessungen nach diesen beiden Verfahren benötigt der durchführende Prüfer nur diese Norm und die jeweilige Produktnorm, welche zusätzliche Anforderungen in Bezug auf Probenherstellung oder Prüfbedingungen auferlegen kann.

Detaillierte Festlegungen für Messungen des Wärmedurchlasswiderstandes vergleichbarer ebener Probekörper in einem beliebigen Prüfzustand sind

- in ISO 8302:1991 und EN 1946-2:1999 – für das Verfahren mit dem Plattengerät – und
- in ISO 8301:1991 und EN 1946-3:1999 – für das Verfahren mit dem Wärmestrommessplatten-Gerät angegeben.

Diese Norm enthält allgemein gültige Angaben über die Geräte, alle vorgeschriebenen Einschränkungen der Konstruktion und Funktion der Geräte sowie die Festlegung des Prüfverfahrens für trockene und feuchte Probekörper mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlasswiderstand. In technischer Hinsicht entsprechen die Angaben für beide Prüfverfahren ISO 8301:1991 und ISO 8302:1991. Die Norm gilt nur für die routinemäßige Prüfung von Probekörpern (mit den Einschränkungen hinsichtlich Dicke und Inhomogenität usw. nach Anhang A) mit Geräten, die nach 5.1 konstruiert wurden und die bereits EN 1946-3:1999 oder EN 1946-2:1999 erfüllen.

Diese Norm enthält auch Beispiele für die Konstruktion von Geräten, die die Anforderungen von 5.1 erfüllen. Dadurch wird zur Beurteilung der Genauigkeit der Gerätekonstruktion keine Messabweichungsanalyse, sondern lediglich die Funktionsprüfung benötigt.

Obwohl dieses Verfahren zur Prüfung von trockenen Probekörpern mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand angewendet werden kann, z. B. für Produkte mit einem Wärmedurchlasswiderstand von weniger als $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, werden für derartige Probekörper die einfacheren Verfahren nach EN 12667 empfohlen. Messungen an dicken Produkten mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand werden in EN 12939 behandelt, siehe Literaturhinweise.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm spezifiziert die Grundlagen und Prüfverfahren zur Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes von Probekörpern, die entweder in trockenem Zustand sind oder auf einen Gleichgewichtszustand zu feuchter Luft eingestellt wurden und einen Wärmedurchlasswiderstand von mindestens $0,02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ und eine (feuchtebezogene) spezifische Wärmedurchlässigkeit oder eine Wärmeleitfähigkeit bis zu $2,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ besitzen. Der Wärmedurchlasswiderstand der meisten Probekörper aus Mauerwerk wird voraussichtlich weniger als $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ betragen.

ANMERKUNG 1 Der untere Grenzwert des messbaren Wärmedurchlasswiderstandes hängt vom Effekt des Kontaktwiderstandes ab, welcher spezielle Messtechniken erfordert, die in dieser Norm beschrieben sind. Wenn auch diese Norm für die Prüfung trockener Proben mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand, z. B. mit Produkten von nicht weniger als $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, angewendet werden kann, so wird für solche Proben das einfachere Verfahren nach EN 12667:2001 empfohlen.

Sie gilt im Prinzip für alle mittleren Prüftemperaturen. Der Betrieb der Geräte, die nach Anhang D konstruiert wurden, sollte jedoch im Wesentlichen zwischen einer Mindesttemperatur der Kühlplatte von -100°C und einer Höchsttemperatur der Heizplatte von $+100^\circ\text{C}$ erfolgen.

ANMERKUNG 2 Einschränkungen der mittleren Prüftemperatur ergeben sich nur durch die Werkstoffe, die für die Konstruktion der Geräte verwendet wurden, und durch die Zusatzgeräte.

Sie liefert zusätzliche Einschränkungen in Bezug auf Gerätefunktion und Prüfbedingungen.

Sie liefert keine Angaben zu Gerätefunktion, Gerätemessabweichungsanalyse, Gerätefunktionstest und zur Überprüfung der Gerätegenauigkeit.

Sie liefert Beispiele für Gerätefunktionen, die die Anforderungen nach dieser Norm erfüllen.

Diese Norm enthält keine allgemeinen Hinweise und Hintergrundinformationen (z. B. über die anzugebende Wärmeübertragungseigenschaft, die produktabhängige Vorbereitung von Probekörpern, empfohlene Stoffe zur Herstellung wasserdampfdichter Hüllen bei der Prüfung von feuchten Stoffen, Verfahren, die Mehrfachmessungen erfordern wie z. B. Verfahren zur Beurteilung des Einflusses von Inhomogenitäten von Probekörpern, Prüfverfahren für Probekörper, deren Dicke die Leistung der Geräte übersteigt, und Prüfverfahren zur Beurteilung des Einflusses der Dicke). Aufgrund dieser Einschränkungen ist diese Norm nur in Verbindung mit der Produktnorm, die für das zu prüfende Produkt gilt, anzuwenden.

Die Norm gilt in erster Linie für Baustoffe; sie darf jedoch auch auf Probekörper aus jedem beliebigen Material, das die festgelegten Bedingungen erfüllt, angewendet werden.

Sie darf auch auf Probekörper aus dem Material, aus dem der Kern von Hohlsteinen besteht, angewendet werden; der Probekörper darf jedoch keine geformten Hohlräume enthalten.

Diese Norm behandelt nicht Messungen an dicken Produkten mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

ANMERKUNG Hinweise auf ISO 8301:1991 und ISO 8302:1991 enthalten nicht die vollständigen Prüfverfahren, sondern sind auf solche Themen beschränkt wie Gerätefunktion und Leistungsüberprüfung, die nicht durch Europäische Normen oder Teile davon abgedeckt sind; Hinweise auf ISO 8301:1991 oder ISO 8302:1991 werden nicht benötigt für Routineprüfungen in Bezug auf diese Norm.

EN 1946-2:1999, *Wärmetechnisches Verhalten von Bauprodukten und Bauteilen – Technische Kriterien zur Begutachtung von Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften – Teil 2: Messung nach Verfahren mit dem Plattengerät.*

EN 1946-3:1999, *Wärmetechnisches Verhalten von Bauprodukten und Bauteilen – Technische Kriterien zur Begutachtung von Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften – Teil 3: Messung nach dem Verfahren mit dem Wärmestrommessplatten-Gerät.*

EN 12667:2001, *Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät – Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand.*

EN ISO 7345, *Wärmeschutz – Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345:1987).*

EN ISO 9288, *Wärmeschutz – Wärmeübertragung durch Strahlung – Physikalische Größen und Definitionen (ISO 9288:1989).*

EN ISO 9346, *Wärmeschutz – Stofftransport – Physikalische Größen und Definitionen (ISO 9346:1987).*

ISO 8301:1991, *Thermal insulation – Determination of steady-state thermal resistance and related properties – Heat flow meter apparatus (Wärmeschutz – Bestimmung des stationären Wärmedurchlasswiderstandes und zugehöriger Eigenschaften – Wärmestrommessplatten-Gerät).*

ISO 8302:1991, *Thermal insulation – Determination of steady-state thermal resistance and related properties – Guarded hot plate apparatus (Wärmeschutz – Bestimmung des stationären Wärmedurchlasswiderstandes und zugehöriger Eigenschaften – Plattengerät).*

3 Begriffe, Zeichen und Einheiten

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in EN ISO 7345, EN ISO 9288 und EN ISO 9346 festgelegten Begriffe. A.2 enthält die meisten der Begriffe, die für die Messung der Wärmeübertragungseigenschaften von Produkten mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlasswiderstand relevant sind, sowie die Begriffe der feuchtebezogenen spezifischen Wärmedurchlässigkeit.

3.2 Zeichen und Einheiten

Zeichen	Größe	Einheit
A	Messfläche, gemessen an einer abgegrenzten isothermen Oberfläche	m^2
A_d	Oberflächenmessabweichung	m^2
A_m	Fläche des Messausschnittes	m^2
D_w	Feuchteausbreitungsvermögen	m^2/s
E	Messabweichung der Temperaturdifferenz in nichtebenen Probekörpern	–
Fo	Fourier-Zahl	–
R	Wärmedurchlasswiderstand	$m^2 \cdot K/W$
$\mathcal{T}$	Übertragungsfaktor	$W/(m \cdot K)$
T_1	Temperatur der Warmseite des Probekörpers	K
T_2	Temperatur der Kaltseite des Probekörpers	K
T_m	mittlere Prüftemperatur (gewöhnlich $(T_1 + T_2)/2$)	K
V	Volumen	m^3
Z_v	Feuchtedurchlasswiderstand	s/m
a	Feuchtefaktor	$W \cdot m^2/(kg \cdot K)$

Zeichen	Größe	Einheit
c	spezifische Wärmekapazität	J/(kg · K)
d	Dicke; durchschnittliche Dicke eines Probekörpers	m
e	Verhältnis der Randtemperaturen zueinander	—
e_h	Ausgangsspannung des Wärmestrommessplatten-Gerätes	mV
er_p	Prozentuale Messabweichung infolge von Phasenwechseln	—
er_d	Prozentuale Messabweichung infolge ungleichmäßiger Feuchteverteilung	—
f	Kalibrierfaktor des Wärmestrommessplatten-Gerätes	W/(mV · m ²)
f_r	Multiplikationsfaktor für den gemessenen Wärmedurchlasswiderstand	—
g	Feuchtestromdichte	kg/(m ² · s)
h_e	spezifische latente Verdampfungsenthalpie	J/kg
m	Masse des Probekörpers	kg
q	Wärmestromdichte	W/m ²
p	Abweichung der Oberfläche des Probekörpers von einer wahren Ebene	mm
r	spezifischer Wärmewiderstand	K · m/W
t	Zeit	s
v	volumenbezogene Luftfeuchte	kg/m ³
v_{sat}	volumenbezogene Luftfeuchte bei Sättigung	kg/m ³
w	volumenbezogene Masse des Feuchtegehaltes	kg/m ³
w_m	mittlere volumenbezogene Masse des Feuchtegehaltes	kg/m ³
ΔR	Zunahme des Wärmedurchlasswiderstandes	m ² · K/W
ΔT	Temperaturdifferenz (gewöhnlich $T_1 - T_2$)	K
Δd	Dickenzunahme	m
Δm	relative Massenänderung	—
Δt	Zeitintervall	s
Δw	Änderung des Feuchtegehaltes (volumenbezogene Masse)	kg/m ³
Φ	Wärmestrom	W
γ	Faktor für die Dauer der Vorbehandlung	s/m ² (oder h/cm ²)
δ_v	Feuchteleitkoeffizient, bezogen auf die volumenbezogene Luftfeuchte	m ² /s
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/(m · K)
λ_t	spezifische Wärmedurchlässigkeit	W/(m · K)
λ^*	feuchtebezogene spezifische Wärmedurchlässigkeit	W/(m · K)
λ_0	Wärmeleitfähigkeit eines trockenen Stoffes	W/(m · K)
ξ_d	differentielle Feuchtekapazität, dw/dz	kg/m ³
ξ	Porosität	—
ξ_p	lokale Porosität	—
ρ	Dichte	kg/m ³
φ	relative Luftfeuchte	—

ANMERKUNG Die Bedeutung einiger zusätzlicher Indizes wird im Text erläutert.

4 Grundlagen

4.1 Prüfeinrichtungen

Sowohl im Plattengerät als auch im Wärmestrommessplatten-Gerät wird bei homogenen Probekörpern in Form von Platten mit ebenen, planparallelen Flächen eine in eine Richtung wirkende konstante und gleichmäßige Wärmestromdichte hergestellt. Dies findet mit einer annehmbaren Messgenauigkeit in der Mitte des Gerätes statt. Die Prüfeinrichtung besteht daher aus einem zentralen Messausschnitt, in dem die Messungen erfolgen, und einem umliegenden Schutzring.

4.2 Messung der Wärmestromdichte

Nach Einstellung des stationären Zustandes im Messausschnitt wird die Wärmestromdichte q aus der Messung des Wärmestromes Φ und der vom Wärmestrom durchströmten Messfläche A bestimmt.

4.3 Messung der Temperaturdifferenz

Die Temperaturdifferenz ΔT zwischen den Oberflächen der Probekörper wird mit Temperaturmessführlern gemessen, die an den Oberflächen der Prüfeinrichtung, die den Probekörper berühren, und/oder, sofern zweckmäßig, an denen der Probekörper selbst befestigt ist.

4.4 Herleitung des Wärmedurchlasswiderstandes oder des Übertragungsfaktors

Der Wärmedurchlasswiderstand R wird aus den bekannten Größen q , A und ΔT berechnet, wenn die in A.3.2 angegebenen entsprechenden Bedingungen eingehalten werden. Wenn die Dicke d des Probekörpers bekannt ist, kann auch der Übertragungsfaktor $\mathcal{T}$ berechnet werden.

4.5 Berechnung der Wärmeleitfähigkeit, der spezifischen Wärmedurchlässigkeit oder der feuchtebezogenen spezifischen Wärmedurchlässigkeit

Die mittlere Wärmeleitfähigkeit λ , die spezifische Wärmedurchlässigkeit λ_t oder die feuchtebezogene spezifische Wärmedurchlässigkeit λ^* des Probekörpers können ebenfalls berechnet werden, wenn die Bedingungen, die zu ihrer Feststellung erforderlich sind, und die in A.4.3 angegebenen Bedingungen vorliegen.

4.6 Prüfeinrichtungsbedingte Einschränkungen

Die Anwendung des Verfahrens ist durch die Fähigkeit der Prüfeinrichtung zur Aufrechterhaltung einer gerichteten, gleichmäßigen und konstanten Wärmestromdichte im Probekörper sowie zur Messung von Leistung, Temperatur und Abmessungen mit der festgelegten Messgenauigkeitsgrenze begrenzt. Siehe Anhang A.

4.7 Probekörperbedingte Einschränkungen

Die Anwendung des Verfahrens ist ferner sowohl durch die Form des (der) Probekörper(s) als auch dadurch begrenzt, wie weit diese (beim Zweiplattengerät) in Dicke und Gleichmäßigkeit des Aufbaus übereinstimmen und ob ihre Oberflächen eben oder planparallel sind. Siehe Anhang A.

5 Prüfeinrichtungen

5.1 Allgemeines

Ein Plattengerät oder ein Wärmestrommessplatten-Gerät, mit dem Messungen nach dieser Norm durchgeführt werden, muss den in Anhang B oder Anhang C dieser Norm angegebenen Einschränkungen der Gerätefunktion und der Prüfbedingungen entsprechen und die in EN 1946-2:1999 oder EN 1946-3:1999 angegebenen Bedingungen hinsichtlich der Beurteilung der Gerätegenauigkeit erfüllen. Gerätekonstruktion, Messabweichungsanalyse und Funktionsprüfung müssen nach ISO 8302:1991, Abschnitt 2, bzw. ISO 8301:1991 vorgenommen werden.

In Anhang D sind Gerätekonstruktionen für das Plattengerät angegeben, die diese Bedingungen erfüllen. Angaben zum Wärmestrommessplatten-Gerät sind in Anhang D von EN 12667:2001 enthalten. Sofern die Prüfeinrichtung einer dieser Konstruktionsweisen genau entspricht, kann auf eine Messabweichungsanalyse verzichtet werden. In allen Fällen jedoch ist eine Funktionsprüfung nach EN 1946-2:1999 oder EN 1946-3:1999 zur anfänglichen Beurteilung der Prüfeinrichtung durchzuführen.

Sofern an anderer Stelle nicht ausdrücklich festgelegt, ist davon auszugehen, dass die Anforderungen an das Plattengerät auch für das Wärmestrommessplatten-Gerät gelten.

Die Messfläche des Gerätes muss auf die Größe des Zuschlages oder der Poren abgestimmt sein, siehe A.3.2.1.

ANMERKUNG Die in B.3 angegebenen bevorzugten Werte für die Gesamtbreite bzw. den Gesamtdurchmesser des Gerätes sind 0,3 m oder 0,5 m.

5.2 Plattengerät

5.2.1 Allgemeines

Im Plattengerät wird der Wärmestrom durch Messung der Leistungsaufnahme der Heizplatte im Messausschnitt erhalten. Die allgemeinen Merkmale der Prüfeinrichtung mit eingebauten Probekörpern sind in Bild 1 dargestellt.

Es gibt zwei Ausführungen des Plattengerätes, die dem in Abschnitt 4 beschriebenen Prinzip entsprechen:

- a) mit zwei Probekörpern (und einer zentralen Heizplatte) („Zweiplattengerät“);
- b) mit einem Probekörper („Einplattengerät“).

5.2.2 Zweiplattengerät

Beim Zweiplattengerät [siehe Bild 1a)] wird eine zentrale, kreisförmige oder quadratische, ebene Platteneinheit, die aus einer Heizvorrichtung und Deckplatten aus Metall besteht und als Heizplatte bezeichnet wird, zwischen zwei nahezu identische Probekörper gebracht. Der Wärmestrom wird durch die Probekörper zu getrennten kreisförmigen oder quadratischen isothermen ebenen Einheiten, Kühlplatten genannt, übertragen.

5.2.3 Einplattengerät

Im Einplattengerät [siehe Bild 1b)] wird der zweite Probekörper durch eine Kombination aus einem Dämmstoff und einer Schutzplatte ersetzt. Über diese Kombination wird dann eine Temperaturdifferenz von Null eingestellt. Unter der Annahme, dass alle anderen zutreffenden Anforderungen dieser Norm erfüllt sind, können genaue Messungen und ein Prüfbericht nach dieser Norm mit dieser Geräteart ausgeführt werden, jedoch sollte in dem Bericht besonders auf die Modifizierung des üblichen Zweiplattengerätes verwiesen werden.

5.2.4 Heizplatte

Die Heizplatte besteht aus einer gesonderten Messfläche, in der die gerichtete, gleichmäßige und konstante Wärmestromdichte erzeugt werden kann und die von einem durch einen schmalen Spalt getrennten Schutzring umgeben ist.

5.2.5 Messfläche

Die Messfläche ist der zentrale Bereich des Probekörpers, der durch die Mittellinie des Heizplattenspaltes begrenzt ist.

Diese Definition, die im Prinzip nur für dicke Probekörper gilt, wird für alle nach dieser Norm zu prüfenden Probekörper beibehalten; aufgrund dieser Näherung muss die Dicke des Probekörpers mindestens das Zehnfache der Spaltbreite betragen.

5.2.6 Randdämmung und zusätzliche Schutzringe

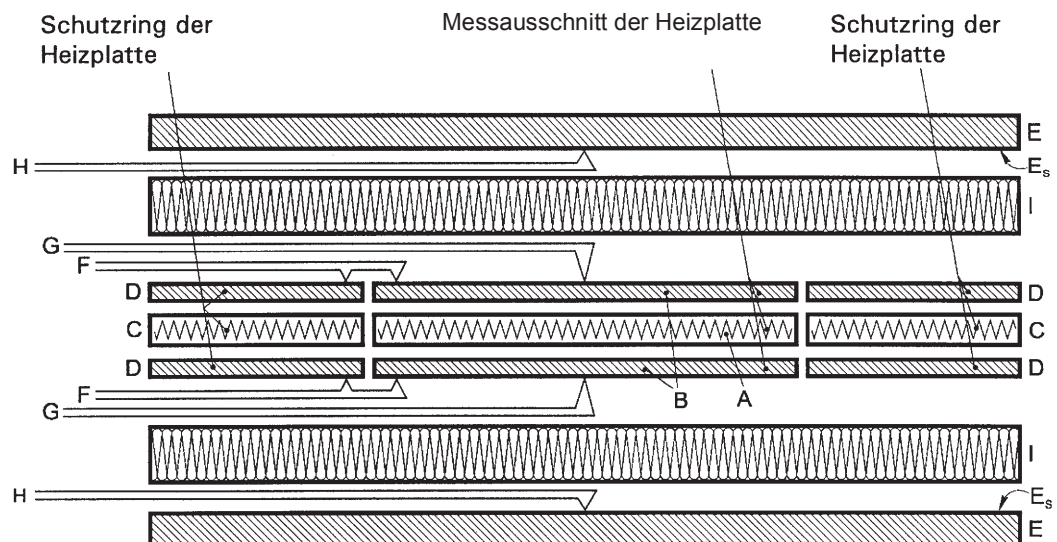
Es sind eine zusätzliche Randdämmung und/oder zusätzliche Schutzringausschnitte speziell bei Betrieb oberhalb oder unterhalb der Raumtemperatur erforderlich, siehe EN 1946-2:1999, Anhang B.

5.2.7 Kühlplatten

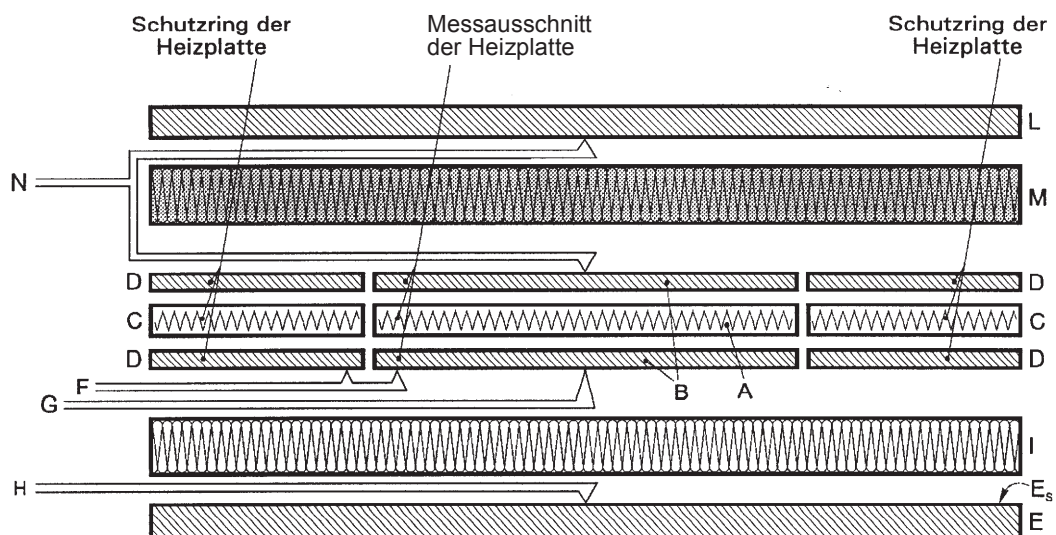
Die Abmessungen der Kühlplatten müssen mindestens denen der Heizplatte einschließlich der Schutzringheizung(en) entsprechen. Die Kühlplatten müssen aus Metallplatten bestehen, deren Temperatur konstant und gleichmäßig bleiben muss.

5.2.8 Messgenauigkeit und Wiederholpräzision

Messgenauigkeit und Wiederholpräzision hängen sowohl vom Gerät als auch von den Prüfbedingungen ab. Die Berechnung der Gesamt-Messabweichung beim Plattengerät für bestimmte Prüfbedingungen muss nach EN 1946-2:1999 erfolgen. Die nachfolgende Information gilt für korrekt durchgeführte Prüfungen bei einer mittleren Prüftemperatur, die im Bereich der Raumtemperatur liegt.



a) Zweiplattengerät



b) Einplattengerät

Legende

- | | | | |
|----------------|--|---|--|
| A | Heizeinrichtung des Messausschnittes | G | Thermoelemente der Heizplattenoberfläche |
| B | Deckplatten des Messausschnittes | H | Thermoelemente der Kühlplattenoberfläche |
| C | Heizeinrichtung des Schutzringausschnittes | I | Probekörper |
| D | Deckplatten des Schutzringausschnittes | L | Schutzplatte |
| E | Kühlplatte | M | Schutzplattendämmung |
| E _s | Deckplatte der Kühlplatte | N | Differenzthermoelemente der Schutzplatte |
| F | Differenzthermoelemente | | |

Der Spalt ist der Abstand zwischen dem Messausschnitt (siehe A und B) und dem Schutzring (siehe C und D).

Bild 1 – Allgemeine charakteristische Merkmale des Zweiplattengerätes und des Einplattengerätes

Prüfeinrichtungen, die nach dieser Norm (siehe auch Anhang B) aufgebaut und betrieben werden, sind in der Lage, die Wärmeübertragungseigenschaften von Produkten mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlasswiderstand mit einer Messgenauigkeit von $\pm 2\%$ zu messen, wenn die mittlere Prüftemperatur im Bereich der Raumtemperatur liegt.

Die Wiederholpräzision aufeinander folgender Messungen mit der Prüfeinrichtung an einem eingebauten Probekörper ohne Änderung der Prüfbedingungen ist gewöhnlich besser als $\pm 0,5\%$.

Werden die Messungen an demselben Bezugsprobekörper vorgenommen, der dem Gerät entnommen und anschließend wieder eingebaut wurde, ist die Wiederholpräzision der Messungen im Allgemeinen besser als $\pm 1\%$. Dieser höhere Wert beruht auf geringfügigen Änderungen der Prüfbedingungen, wie z. B. dem Druck der Platten auf den Probekörper (der die Kontaktwiderstände beeinflusst) und der relativen Luftfeuchte um den Probekörper (die seinen Feuchtegehalt beeinflusst) usw.

Die Wiederholpräzision von Messungen an einem feuchten Probekörper setzt sich aus der Wiederholpräzision des Gerätes, die besser als 1% sein sollte, und der Wiederholpräzision der Prüfbedingungen, insbesondere des Feuchtegehaltes zusammen, siehe Anhang F.

5.2.9 Genauigkeit und Wiederholpräzision bei Prüfung von Probekörpern mit niedrigem Wärmedurchlasswiderstand

Wie in 5.2.8 angegeben, sollte beim Plattengerät die Genauigkeit der Messungen an trockenen Probekörpern guter Qualität mit einem Wärmedurchlasswiderstand $\geq 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ besser als 2% sein. Probekörper mit einem Wärmedurchlasswiderstand zwischen $0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ und $0,02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ dürfen nur nach ISO 8302:1991 geprüft werden. Die entsprechende Genauigkeit wird nach und nach auf 5% verringert, siehe A.3.6.2. Bei Prüfung von feuchten Probekörpern können zusätzlich erhebliche Messabweichungen auftreten, siehe 7.2.3.4.

5.3 Wärmestrommessplatten-Gerät

5.3.1 Allgemeines

Im Wärmestrommessplatten-Gerät wird die Wärmestromdichte mit einem oder zwei am Probekörper (bzw. an den Probekörpern) angeordneten Wärmestrommessplatten-Gerät(en) gemessen.

Die allgemeinen Konstruktionsmerkmale des Wärmestrommessplatten-Gerätes sind in Bild 2 dargestellt. Das Gerät besteht aus einer Heizplatte, einem oder zwei Wärmestrommessplatten-Geräten, einem oder zwei Probekörper(n) und einer Kühlplatte. Die Anordnung a) wird „Asymmetrische Anordnung mit einem Probekörper“ genannt; dabei kann sich das Wärmestrommessplatten-Gerät an einer der beiden Platten befinden. Die Anordnung b) wird „Symmetrische Anordnung mit einem Probekörper“ genannt. In Anordnung c), die als „Symmetrische Anordnung mit zwei Probekörpern“ bezeichnet wird, sollten die Probekörper im Wesentlichen identisch sein. Jede Anordnung führt zu äquivalenten Ergebnissen, wenn die in dieser Norm angegebenen Einschränkungen beachtet werden.

ANMERKUNG Jedes Verfahren hat in der Praxis seine ihm eigenen Vorzüge. Anhang B von ISO 8301:1991 enthält eine kurze Erläuterung.

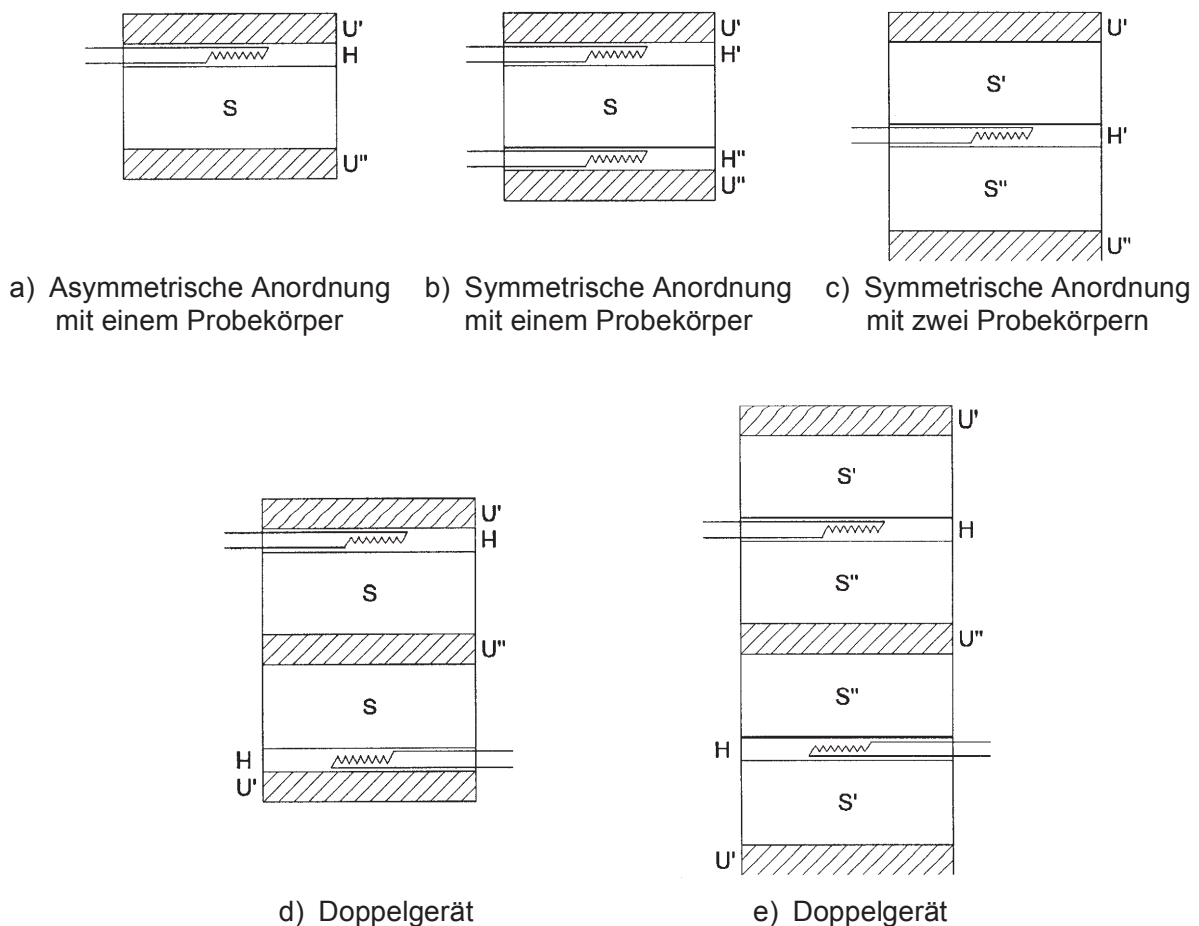
5.3.2 Wärmestrommessplatten-Gerät

Das Wärmestrommessplatten-Gerät ist ein Gerät, das die Wärmestromdichte durch den (die) Probekörper mittels einer Temperaturdifferenz misst, die durch diese Dichte des Wärmestroms, der den (die) Probekörper und das Wärmestrommessplatten-Gerät durchströmt, selbst erzeugt wird. Gewöhnlich besteht das Wärmestrommessplatten-Gerät aus einem homogenen Träger, einem Messfühler zur Messung der Oberflächen-Temperaturdifferenz (Thermokette mit Mehrfachlötstellen) und einem (mehreren) Messfühler(n) zur Messung der Oberflächentemperatur. Der von dem Träger eingenommene Bereich des Wärmestrommessplatten-Gerätes, in dem die Messfühler für die Messung der Temperaturdifferenz angeordnet sind, wird Messfläche genannt.

Die Wärmestromdichte q durch den Träger des Wärmestrommessplatten-Gerätes ergibt die Ausgangsspannung e_h :

$$q = f e_h$$

Der Kalibrierfaktor f , der e_h und q korreliert, ist nicht in allen Fällen konstant, sondern hängt von der Temperatur und in geringem Maße von der Wärmestromdichte ab.



Legende

U', U'' Kühl- und Heizplatten
H, H', H'' Wärmestrommesser
S, S', S'' Probekörper

Bild 2 – Typische Darstellung der Anordnungen des Wärmestrommessplatten-Gerätes

5.3.3 Kalibrierprinzip

Dies ist ein sekundäres oder relatives Verfahren, da das Verhältnis zwischen dem Wärmedurchlasswiderstand des (der) Probekörper(s) und einem (von) Normalprobekörper(n) gemessen wird. Aus der Messung des Wärmestromes Φ_s bei einem (den) Normalprobekörper(n) und Φ_u bei einem (den) zu messenden unbekannten Probekörper(n) führen die Annahme einer konstanten Wärmestromdichte im Messbereich und die Annahme der Stabilität der Temperaturdifferenz ΔT und der mittleren Temperatur T_m zu folgendem Verhältnis zwischen dem Wärmedurchlasswiderstand R_s des (der) Normalprobekörper(s) und R_u des (der) unbekannten Probekörper(s):

$$R_u/R_s = \Phi_s/\Phi_u$$

Die Kalibrierverfahren sind in ISO 8301:1991 angegeben.

5.3.4 Kalibrierungsbedingte Einschränkungen

Der Kalibrierfaktor f ist eine Funktion der mittleren Temperatur des Wärmestrommessplatten-Gerätes. Wurde die Kalibrierkurve für einen Temperaturbereich ermittelt, ist eine Extrapolation nicht zulässig.

Der Kalibrierfaktor bei einer gegebenen mittleren Temperatur des Wärmestrommessplatten-Gerätes kann auch eine Funktion der Wärmestromdichte sein. Das Gerät darf nur für Wärmestromdichten in dem von der Kalibrierung abgedeckten Bereich verwendet werden.

5.3.5 Messgenauigkeit und Wiederholpräzision

Messgenauigkeit und Wiederholpräzision hängen sowohl vom Gerät als auch von den Prüfbedingungen ab. Die Berechnung der Gesamt-Messabweichung beim Wärmestrommessplatten-Gerät für bestimmte Prüfbedingungen muss nach EN 1946-3:1999 erfolgen. Die nachfolgende Information gilt für korrekt durchgeführte Prüfungen bei einer mittleren Prüftemperatur, die im Bereich der Raumtemperatur liegt.

Die Wiederholpräzision aufeinander folgender Messungen mit der Prüfeinrichtung an einem eingebauten Probekörper ohne Änderung der Prüfbedingungen ist gewöhnlich besser als $\pm 0,5\%$.

Wenn die Messungen an demselben Bezugsprobekörper vorgenommen werden, dessen Entfernen und Wiedereinbau in das Gerät nach längeren Zeitintervallen erfolgt, ist die Wiederholpräzision der Messungen im Allgemeinen besser als $\pm 1\%$. Dieser höhere Wert beruht auf geringfügigen Änderungen der Prüfbedingungen, wie z. B. dem Druck der Platten und des Wärmestrommessplatten-Gerätes auf den Probekörper (der die Kontaktwiderstände beeinflusst) und der relativen Luftfeuchte um den Probekörper (die seinen Feuchtegehalt beeinflusst) usw.

Die Wiederholpräzision von Messungen an einem feuchten Probekörper setzt sich aus der Wiederholpräzision des Gerätes, die besser als 1% sein sollte, und der Wiederholpräzision der Prüfbedingungen, insbesondere des Feuchtegehaltes zusammen, siehe Anhang F.

Die Messgenauigkeit der Kalibrierung des Wärmestrommessplatten-Gerätes hängt von der Genauigkeit des Referenzmaterials ab und beträgt gewöhnlich $\pm 2\%$.

ANMERKUNG Die Genauigkeit der Kalibrierung ist hauptsächlich auf die Genauigkeit des Verfahrens mit dem Plattengerät bei der Messung der Eigenschaften von Bezugsprobekörpern zurückzuführen.

Wenn die in Anhang C festgelegten Grenzwerte eingehalten werden, können mit dem Verfahren mit dem Wärmestrommessplatten-Gerät die Wärmeübertragungseigenschaften innerhalb von $\pm 3\%$ bestimmt werden, sofern die mittlere Prüftemperatur um die Raumtemperatur liegt.

5.4 Messabweichungsanalyse und Geräte-Funktionsprüfung

Die Messabweichungsanalyse (nicht erforderlich, falls Gerätekonfiguration nach Anhang D), die Geräte-Funktionsprüfung und die darauf folgende Beurteilung der Genauigkeit der Geräte im Bereich der für die entsprechenden Produktnormen gültigen Prüfbedingungen sind nach 5.1 durchzuführen.

6 Probekörper

6.1 Allgemeines

Die Prüfung kann in die Vorbereitung der Probekörper, siehe unten, und das eigentliche Prüfverfahren, siehe Abschnitt 7, aufgeteilt werden. Einige Entscheidungen hinsichtlich der messbaren Wärmeübertragungseigenschaften, der Vorbereitung und Vorbehandlung der Probekörper und der Prüfbedingungen sind zu Beginn der Prüfung zu treffen, siehe A.5. Entscheidungshilfen sind nur in dieser Norm und/oder in der Produktnorm, die für den zu prüfenden Probekörper gilt, zu suchen.

6.2 Auswahl und Maße

Je nach Art des Gerätes (siehe 5.2.2 oder 5.2.3 für das Plattengerät und 5.3.1 für das Wärmestrommessplatten-Gerät) sind (aus jeder Probe) ein oder zwei Probekörper auszuwählen. Der oder die Probekörper müssen die in A.3 und A.4 beschriebenen allgemeinen Anforderungen erfüllen. Wenn zwei Probekörper erforderlich sind, müssen sie so ähnlich wie möglich sein, wobei die Dicken um weniger als 2% voneinander abweichen dürfen. Der (Die) Probekörper muss (müssen) so groß sein, dass er (sie) die gesamte Oberfläche der Heizplatte (einschließlich des Schutzringausschnittes) bedeckt (bedecken), ohne das gesamte Längenmaß der Heizplatte oder des Wärmestrommessers um mehr als 3% zu übersteigen. Die Dicke der Probekörper muss der einschlägigen Produktnorm entsprechen. Zusätzlich ist das Verhältnis zwischen der Dicke des verwendeten Probekörpers und den Maßen der Heizplatte so zu beschränken, dass die Summe der Messabweichungen durch Verstimmung (nur beim Plattengerät) und der Wärmeverluste an den Rändern auf $0,5\%$ begrenzt ist, siehe die in Tabelle A.1 angegebene Begrenzung der Dicke. Siehe A.3.4 und die Tabellen A.1 und A.2 für die Mindestdicke der Probekörper.

6.3 Vorbereitung der Probekörper und Messgeräteausrüstung

6.3.1 Übereinstimmung mit den Produktnormen

Die Vorbereitung der Probekörper ist nach der entsprechenden Produktnorm durchzuführen; sofern nicht in Produktnormen spezifiziert, sollten die unter 6.3.2 und 6.3.3 aufgeführten allgemeinen Kriterien eingehalten werden.

6.3.2 Alle Probekörper ausgenommen lose Füllstoffe

6.3.2.1 Vorbereitung

Da Baustoffe, insbesondere Baustoffe für Mauerwerk, in vielen Formen existieren, z. B. Mauersteine und Ortbetonplatten, ist das Verfahren anzuwenden, das für die jeweils vorliegende Form geeignet ist. Es können z. B. kleine Stücke ähnlicher Dichte Rand an Rand zusammengeklebt werden (wobei die Fugenoberflächen jedoch nie parallel zu den Oberflächen des Probekörpers verlaufen dürfen), oder die Probekörper können aus größeren Stücken durch maschinelles Bearbeiten direkt hergestellt oder direkt aus einer Mischung gegossen werden. In jedem Fall ist sicherzustellen, dass die Probekörper weitestgehend eben sind und dass alle anderen Maße innerhalb der festgelegten Toleranzen liegen.

Falls es erforderlich ist, die Probekörper Rand an Rand zusammenzufügen oder die Fugen zu kleben, müssen die Fugen zwischen maschinell bearbeiteten Flächen senkrecht zu den Hauptflächen des Probekörpers verlaufen und vorzugsweise symmetrisch in Bezug auf die Mittellinie des Probekörpers sowie senkrecht zu den Hauptflächen sein. Die Anzahl der verwendeten Stücke, insbesondere im Messausschnitt, ist auf das Mindestmaß zu beschränken; dies ist durch die Modulgröße des Produktes vorgegeben. Es ist sicherzustellen, dass der Gesamtquerschnitt der Fuge innerhalb des Messausschnittes 0,1 % des Messausschnittes nicht überschreitet. Zum Kleben ist ein kalt abbindender Klebstoff, z. B. Epoxidharz oder Polyesterharz, zu verwenden. Klebstoffe mit einer Wärmeleitfähigkeit, die im Bereich der des Probekörpers liegt, werden bevorzugt. Der Klebstoff ist auf die Berührungsflächen so aufzutragen, dass ein Tränken des Probekörpers so weit wie möglich vermieden wird. Nach dem Verbinden sind die Flächen jedes Probekörpers entweder mit einer Flächenschleifmaschine oder einer Fräsmaschine zu bearbeiten, bis sie eben sind, oder von Hand durch Reiben mit Schleifpapier, das auf eine Richtplatte aufgebracht wurde, zu bearbeiten.

Zement und Mauerwerksbaustoffe, aus denen die Probekörper hergestellt werden sollen, sind 28 Tage vor der Prüfung zu lagern; ferner ist das Datum der Herstellung aufzuzeichnen. Die Probekörper dürfen am Anfang einen großen Anteil an Wasser infolge der Herstellung und Vorbereitung enthalten. Bei der Wahl der Prüfbedingungen ist in Bezug auf den Feuchtegehalt besondere Sorgfalt zu üben, um eine Massenübertragung während der Prüfung auszuschließen bzw. um Bedingungen zu schaffen, bei denen der Einfluss der Massenübertragung wiederholbar und gut verständlich ist, siehe 7.2.2 und 7.2.3.

Die Oberflächen der Probekörper sind mit geeigneten Mitteln zu ebenen (dies erfolgt oft mit Schleifpapier oder durch Abdrehen in einer Drehbank oder durch Schleifen), so dass ein enger Kontakt zwischen den Probekörpern und dem Gerät oder den zwischengelegten dünnen Platten erzielt werden kann.

Bei starren Stoffen sind die Oberflächen der Probekörper so zu bearbeiten, dass sie genauso eben sind wie die Geräteoberflächen (siehe A.3.6.2); ferner müssen sie über ihre gesamte Fläche innerhalb von 2 % der Probekörperdicke parallel sein.

Die Ebenheit der Oberflächen kann z. B. mit einem Stahllineal guter Qualität geprüft werden, das gegen die Oberfläche gehalten, von hinten beleuchtet und bei streifendem Einfall betrachtet wird. Bereits Abweichungen von 25 µm sind sofort sichtbar. Größere Abweichungen können mit Hilfe von Fühllehren und mit dem Stahllineal wie folgt gemessen werden: Das Stahllineal sollte auf einem Endmaß bekannter Dicke, z. B. 1 mm, an jedem Ende der zu prüfenden Oberfläche gestützt werden. Positive und negative Abweichungen können mit Hilfe von Temperaturmessfühlern, die entlang einer Geraden angeordnet sind, gemessen werden. Es sollten acht Geraden wie folgt geprüft werden: die vier Kanten der Oberfläche, die beiden Diagonalen und ein Mittelkreuz (zwei parallel zu den Kanten der Oberfläche verlaufende Linien). Wird dieses Verfahren – das für die Oberflächen sowohl der Prüfeinrichtung als auch der Probekörper gilt – auf die Prüfung der Probekörper angewandt, sollte es für jede Oberfläche des Probekörpers wiederholt werden.

In den fertigen Oberflächen von Schaumstoffen oder Baustoffen mit Zuschlägen befindliche Kratzer, beschädigte Stellen oder ähnliche Mängel über die natürlich vorkommenden Unebenheiten der Ober-

fläche hinaus sind zulässig, vorausgesetzt, dass die Summe ihrer Flächen einen zulässigen Anteil der Messfläche und ihre größte Tiefe einen zulässigen Anteil der Probekörperdicke nicht übersteigt, damit der zusätzliche Wärmedurchlasswiderstand infolge der damit verbundenen Luftlöcher gering bleibt. Für die Anwendung dieser Norm gilt:

- wenn $(A_d/A_m)(R_a/R) < 0,000\,5$, muss der Einfluss nicht beachtet werden;
- wenn $0,000\,5 \leq (A_d/A_m)(R_a/R) \leq 0,005$, darf die Prüfung durchgeführt werden; das Vorhandensein von Mängeln ist jedoch im Prüfbericht zu erwähnen.

Dabei ist

A_d die Querschnittsfläche der Mängel;

A_m die Fläche des Messausschnittes;

R_a der Wärmedurchlasswiderstand einer Luftschicht, deren Dicke der größten Tiefe eines beliebigen Mangels entspricht;

R der Wärmedurchlasswiderstand des Probekörpers.

6.3.2.2 Wahl und Einbau der Kontaktplatten

Geräte, die nicht einwandfrei sind, und/oder Probekörper, die nicht völlig eben sind, erzeugen Kontaktwiderstände, siehe die in A.3.6.2 zulässige obere Grenze bei der Prüfung von starren Probekörpern ohne Kontaktplatten.

Sofern der Wärmedurchlasswiderstand der Probekörper weniger als $0,3\text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ beträgt oder die Probekörper die in A.3.6.2 angegebenen Anforderungen bezüglich der Ebenheit nicht erfüllen, sind dünne Platten eines ausreichend zusammendrückbaren Materials zwischen der Probenoberfläche und den Platten des Gerätes anzuordnen, damit dazwischen ein guter wärmetechnischer Kontakt entsteht. Die dünnen Platten müssen auch die Thermoelemente, die zur Bestimmung der Temperaturdifferenz zwischen den Oberflächen des Probekörpers an den Oberflächen des Probekörpers anzubringen sind, elektrisch isolieren (siehe 6.3.2.3).

Sofern alle anderen Anforderungen (Homogenität, Zusammendrückpräzision usw.) erfüllt werden, sollten Platten aus einem Material mit der höchsten verfügbaren Wärmeleitfähigkeit gewählt werden. Bei Verwendung von Kontaktplatten sollte der kleinste Wärmedurchlasswiderstand der Platten gewählt werden, der mit der Beseitigung von Lufthohlräumen vereinbar ist.

ANMERKUNG 1 Es hat sich erwiesen, dass geschäumter Silikonkautschuk mit einer Dichte von etwa 600 kg/m^3 und einer Dicke von etwa 0,5 % bis 1 % der Gesamtmaße des Gerätes (bei einem mittelgroßen Gerät normalerweise 2 mm bis 3 mm) diese Anforderungen zufrieden stellend erfüllt.

Ein ausreichender Klemmdruck, d. h. mehr als 10 kPa, ist erforderlich, um einen gleichmäßigen wärmetechnischen Kontakt zwischen den Oberflächen des Gerätes, den Thermoelementen, den Kontaktplatten und den Probekörpern sicherzustellen.

ANMERKUNG 2 Diese hohen Drücke können den Wärmestrommessumformer des Wärmestrommessplatten-Gerätes beschädigen. Daher wird zur Durchführung der Prüfungen an Probekörpern mit einem Wärmedurchlasswiderstand unter $0,3\text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ das Plattengerät bevorzugt.

Die Verwendung von Kontaktplatten führt zu den in A.3.6.3 beschriebenen Messabweichungen. Falls der Kontaktwiderstand als zu hoch betrachtet wird, kann als Alternative zur Verwendung von Kontaktplatten die Bearbeitung der Oberfläche des Probekörpers und/oder der Geräteplatten verbessert werden.

ANMERKUNG 3 Der kleinste messbare Wärmedurchlasswiderstand nach B.5 ist $0,02\text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (z. B. 0,04 m bei Massivbeton). Eine Messgenauigkeit von insgesamt 2 % bei Temperaturen um Raumtemperatur kann jedoch nur erreicht werden, wenn der Wärmedurchlasswiderstand des Probekörpers $\geq 0,1\text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ beträgt.

6.3.2.3 An den Oberflächen des Probekörpers befestigte Thermoelemente

Bei Verwendung von Kontaktplatten sind Thermoelemente zur Messung der Temperaturdifferenz zwischen den Oberflächen des Probekörpers anzuwenden, die entweder an den Oberflächen des Probekörpers zu befestigen oder in Rillen geringer Tiefe, die in den Oberflächen der Probekörper auf eine bekannte Tiefe genau gefräst wurden, zu kleben sind. Die Anzahl der gleichmäßig verteilten Thermoelemente auf beiden Seiten des Probekörpers in dem Bereich, der an den Messausschnitt angrenzt,

sollte nicht weniger als $N \sqrt{A}$ oder 2 sein, wobei der größere Wert maßgebend ist; dabei ist $N = 10 \text{ m}^{-1}$ und A die Fläche einer Seite des Messausschnittes in Quadratmeter. Siehe A.3.6.3 für die Messabweichung bei der Temperaturdifferenz bei Verwendung von Kontaktplatten und am Probekörper befestigten Thermoelementen.

Es wird empfohlen, dass mindestens zwei weitere Thermoelemente an jeder Seite des Probekörpers in dem Bereich, der an den Messausschnitt angrenzt, angebracht werden.

Thermoelemente, die unmittelbar in den Oberflächen befestigt sind, müssen entweder

- a) aus feinem Flachdraht oder
- b) aus flachen Folien, die gebrauchsfertig erhältlich sind, sein oder
- c) durch Zusammenrollen und -pressen der Messstellen mit etwa 20 mm des angrenzenden Drahtes konventioneller Thermoelemente hergestellt werden.

Die Thermoelemente sind aus einem Bestand kalibrierten Drahtes, der zur Herstellung von Thermoelementen bestimmt ist, oder aus Draht, dessen Übereinstimmung mit Tabelle B.1 von ISO 8302:1991 durch den Hersteller bescheinigt wurde, herzustellen, oder sie sind einzeln zu kalibrieren.

ANMERKUNG 1 Es ist wichtig, einen guten Kontakt zwischen den Messstellen und den Oberflächen des Probekörpers herzustellen. In einigen Fällen wird es erforderlich sein, den Befestigungsbereich örtlich zu verbessern, um dies zu erzielen. Dies kann wirksam und mit geringstem Verlust der Genauigkeit durch örtliches Glätten der Oberfläche mit einer maschinell bearbeitbaren, schnell trocknenden Füllmasse, die in einer Dicke von weniger als 0,5 mm aufgetragen wird, erfolgen.

Die Thermoelemente sind mit dünnen Klebbandstreifen mit einer Breite von rund 2 mm bis 4 mm, die im Abstand von rund 5 mm zur Messstelle angeordnet sind, an den vorbereiteten Flächen (mit einem Durchmesser von rund 15 mm bis 20 mm) zu befestigen.

ANMERKUNG 2 Zur Isolierung und zum Schutz des Drahts, der um die Ränder des Gerätes verläuft, dürfen im Bereich des Schutzringes auch breitere Klebstreifen verwendet werden.

ANMERKUNG 3 Der auf die Kontaktplatten ausgeübte Klemmdruck stellt sicher, dass während der Prüfung die Thermoelemente die Oberflächen des Probekörpers fest berühren. Sofern durchführbar (d. h. wenn die vorbereitete Fläche nicht saugfähig ist), kann etwas zinkoxid-haltige wärmeleitende Masse zwischen die Messstellen der Thermoelemente und die Oberflächen eingefügt werden, um den wärmetechnischen Kontakt weiter zu verbessern.

6.3.3 Lose Füllstoffe

Bei Prüfung von losen Füllstoffen muss die Probekörperdicke mindestens dem Zehnfachen der mittleren Abmessung der Poren, Körner, Flocken usw. des losen Füllstoffes entsprechen. Zur Vorbereitung der Probekörper/des Probekörpers wird empfohlen, eine repräsentative Menge, die etwas größer als die für die Prüfung benötigte Menge ist, der Probe zu entnehmen und, falls erforderlich, vor und nach der Vorbehandlung nach 7.2 zu wägen. Der prozentuale Massenverlust wird aus diesen Massen ermittelt. Mit dem in der entsprechenden Produktnorm festgelegten Verfahren ist eine Menge des vorbehandelten Materials so abzuwiegen, dass sich daraus ein (zwei) Probekörper der gewünschten Dichte ergibt (ergeben). Da das Endvolumen des Probekörpers bekannt ist, kann die erforderliche Masse ermittelt werden. Anschließend werden die Probekörper schnell in das Gerät eingebaut oder gelagert, bis sie den Gleichgewichtszustand zum Normallaborlima (23 °C, 50 % relative Luftfeuchte) erreicht haben, nach den Richtlinien der einschlägigen Produktnorm oder 7.2.

7 Prüfverfahren

7.1 Allgemeines

Ein Prüfverfahren ist eine komplette Reihe von Arbeitsgängen zur Ermittlung der erforderlichen Wärmeübertragungseigenschaft, die an dem nach 6.3 vorbereiteten Probekörper durchgeführt wird. Die Vorgänge können in die in 7.2 beschriebene Vorbehandlung und die verbleibenden Arbeitsgänge aufgeteilt werden, die zur Durchführung der Prüfung mit dem Plattengerät oder mit dem Wärmestrommessplatten-Gerät nach 7.3 benötigt werden.

7.2 Vorbehandlung

7.2.1 Allgemeines

Im Prinzip gibt es zwei Messverfahren für Baustoffe für Mauerwerk: eines für trockene Probekörper und eines für feuchte Probekörper.

ANMERKUNG 1 Die theoretischen Grundlagen für Messungen an feuchten oder getrockneten Baustoffen werden in [1] und [2] erläutert, siehe Literaturhinweise.

Die Vorbehandlung erfolgt nach den entsprechenden Produktnormen.

ANMERKUNG 2 Das Trocknen erfordert die Definition des üblichen trockenen Zustandes, siehe 7.2.2. Ein üblicher trockener Zustand wird durch Erwärmung bei 105 °C in einem gut belüfteten Ofen, oder wie in der Produktnorm festgelegt, erreicht. Der Trocknungsvorgang sollte die chemische und physikalische Beschaffenheit des Stoffes nicht verändern. Wird der Wert für die Wärmeleitfähigkeit bei unterschiedlichem Feuchtegehalt oder bei der Gleichgewichtsfeuchte des Materials im Laborklima benötigt, ist der Probekörper ohne Trocknen im Ofen durch Lagerung an der Luft in einem Klimatisierungsraum bei einer Temperatur von $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ und mit der geeigneten relativen Luftfeuchte von $\pm 5\%$ bis zur Massenkonstanz zu klimatisieren, siehe 7.2.3.2.

7.2.2 Vorbehandlung für Messungen an trockenen Stoffen

Soweit möglich sollten routinemäßige Messungen an trockenen Stoffen durchgeführt werden.

Der Probekörper ist bei 105 °C bis 110 °C in einem Trockenschrank mit technischer Belüftung bis zur Massenkonstanz zu trocknen. Die dem Ofen zugeführte Luft wird einem Klima mit einer Temperatur von $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 5)\%$ entnommen. Die Massenkonstanz gilt als erreicht, wenn die Veränderung der Masse des Probekörpers über 24 h zufällig und weniger als das Äquivalent von $0,1 \text{ kg/m}^3$ ist (oder $0,01 \text{ Vol.}\%$).

Nach dem Trocknen ist der Probekörper mit einer wasserdampfdichten Hülle zu umgeben. Diese muss ausreichend undurchlässig sein, um eine Veränderung des Feuchtegehaltes um mehr als $0,01 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ zu verhindern, siehe Anhang G.

ANMERKUNG 1 Eine Hülle mit einem Feuchtedurchlasswiderstand $Z_v > 10^5 \text{ s/m}$ ist ausreichend.

Zur Bestimmung der Veränderung der relativen Masse nach 8.1.2 ist die Masse des Probekörpers vor und nach der Prüfung zu messen.

Auf eine wasserdampfdichte Hülle kann verzichtet werden, wenn die Feuchteaufnahme im Probekörper während der Prüfung weniger als $0,01 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ beträgt und sich kein sichtbares Kondenswasser auf der kalten Platte bildet.

ANMERKUNG 2 Eine wasserdampfdichte Hülle kann die Kontaktwiderstände verändern. Es könnten besondere Vorkehrungen erforderlich sein, um die Oberflächentemperatur richtig messen zu können.

7.2.3 Vorbehandlung für Messungen an feuchten Stoffen

7.2.3.1 Allgemeines

Es sind Messungen an feuchten Stoffen erforderlich, um die spezifische Wärmedurchlässigkeit eines feuchten Stoffes λ^* bei einem Feuchtegehalt, der im Gleichgewichtszustand mit 50 % relative Luftfeuchte und 23 °C ist, zu ermitteln bzw. das allgemeine Verhältnis zwischen λ^* und dem Feuchtegehalt zu bestimmen. Diese Messungen sollten jedoch normalerweise keine routinemäßigen Messungen sein, sondern sie sollten in besonderen Fällen durchgeführt werden, um für jeden Stoff, für jedes Produkt oder für jedes Bauteil jeweils das erforderliche Verhältnis zu bestimmen. Sind routinemäßige Messungen an feuchten Stoffen geplant, sind die Genauigkeit der Prüfungen und die Prüfzeiten sorgfältig zu beurteilen, siehe 7.2.3.4.

7.2.3.2 Vorbehandlung in einem festgelegten Klima

Vor der Prüfung sind die Probekörper auf den erforderlichen Feuchtegehalt einzustellen. Diese Norm beschränkt sich auf Werte für den Feuchtegehalt, die im hygroskopischen Bereich liegen, d. h. Feuchtegehalte im Gleichgewichtszustand mit 98 % relative Luftfeuchte oder weniger.

ANMERKUNG 1 Angaben zu höheren Feuchtegehalten sind in [1] der Literaturhinweise aufgeführt.

ANMERKUNG 2 Die bevorzugten Werte für den Feuchtegehalt sind:

- 1) im Gleichgewichtszustand mit 50 % relative Luftfeuchte (aufgrund der Anforderungen der Produktnormen);

2) im Gleichgewichtszustand mit 80 % relative Luftfeuchte (da oberhalb dieses Wertes die Beurteilung von Messabweichungen nach 7.2.3.4 nicht mehr möglich ist).

Das Verfahren zur Einstellung auf eine beinahe gleichmäßige Verteilung wird in zwei Stufen durchgeführt.

Stufe 1: Der Probekörper ist in ein Klima bei 23/xx oder in einen belüfteten Ofen bei 40 °C, 70 °C oder 105 °C zu stellen. Zur Bestimmung der Veränderungen der Masse ist der Probekörper in regelmäßigen Abständen zu entnehmen und zu wägen, bis

$$\Delta w < \Delta w_1$$

Dabei ist

23/xx ein geregeltes Klima mit einer Temperatur von $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(xx \pm 5) \%$, wobei xx eine beliebige relative Luftfeuchte zwischen 0 % und 98 % darstellt;

Δw die Veränderung des Feuchtegehaltes in kg/m^3 während eines Zeitraumes von d^2 Stunden, wobei d die in cm ausgedrückte Dicke des Probekörpers darstellt;

Δw_1 der geeignete Grenzwert für die Veränderung des Feuchtegehaltes, in kg/m^3 .

ANMERKUNG 3 Anhang F gibt eine Anleitung zur Bestimmung von Δw_1 .

In vielen Fällen liegt der Feuchtegehalt bereits im hygroskopischen Bereich, wenn das Prüflabor das Produkt erhält. In diesem Fall kann Stufe 1 ausgelassen werden, und nur Stufe 2 ist erforderlich.

Stufe 2: Der Probekörper ist für mindestens γd^2 Stunden in ein Klima bei 23/xx zu stellen, wobei γ der Zeitfaktor für die Vorbehandlung ist und d die in cm ausgedrückte Dicke des Probekörpers.

ANMERKUNG 4 Anhang F gibt eine Anleitung zur Bestimmung von γ .

Nach der Vorbehandlung ist der Probekörper mit einer wasserdampfdichten Hülle zu umgeben. Diese muss ausreichend undurchlässig sein, um eine Veränderung des Feuchtegehaltes um mehr als $0,01 \text{ kg/m}^3$ je Stunde zu verhindern.

ANMERKUNG 5 Dieses Kriterium ist in Anhang G erläutert. Eine Hülle mit einem Feuchtedurchlasswiderstand $Z_v > 10^5 \text{ s/m}$ ist praktisch ausreichend.

Zur Bestimmung der Veränderung der relativen Masse nach 8.1.2 ist die Masse des Probekörpers vor und nach der Prüfung zu messen.

7.2.3.3 Einfluss der Feuchte auf die Bestimmung der feuchtebezogenen spezifischen Wärmedurchlässigkeit

7.2.3.3.1 Vorüberlegungen

Um λ^* korrekt zu bestimmen, ist es erforderlich, entweder eine Stoffübertragung während der Prüfung auszuschließen oder Bedingungen zu schaffen, für die der Einfluss der Stoffübertragung auf die Messwerte beurteilt werden kann.

Es dürfen Prüfungen entweder nach 7.2.3.3.2 oder 7.2.3.3.3 durchgeführt werden.

7.2.3.3.2 Prüfungen im Fall von ausreichend kleinen Feuchtebewegungen, bei denen der Einfluss von Phasenwechseln während der Prüfung vernachlässigt werden kann

ANMERKUNG Dies ist die einfachste Lösung, vorausgesetzt, dass die unten angegebene Messabweichung zulässig ist.

Es treten Messabweichungen infolge von Phasenwechseln und einer ungleichmäßigen Feuchteverteilung auf.

Die in % ausgedrückte Messabweichung, er_p , infolge von Phasenwechseln ist:

$$er_p = 0,25 \times 10^6 \delta_v \varphi / \lambda^*$$

Dabei ist

φ die relative Luftfeuchte im Stoff, in %;

δ_v der Feuchteleitkoeffizient, bezogen auf die volumenbezogene Luftfeuchte, in m^2/s .

Die Feuchteumverteilung bewirkt, dass der Wärmedurchlasswiderstand während der Prüfung steigt. Die Messabweichung in der Wärmeleitfähigkeit infolge dieser Umverteilung (er_d) ist auf 0,5 % begrenzt, vorausgesetzt, dass die Fourier-Zahl Fo 0,25 nicht übersteigt, d. h.

$$Fo = 4 D_w t / d^2 = (4 \delta_v v_{sat} t) / (d^2 \xi_d) \leq 0,25$$

Dabei ist

v_{sat} die volumenbezogene Luftfeuchte bei Sättigung, in kg/m^3 ;

ξ_d die differentielle Feuchtekapazität, in kg/m^3 .

Typische Werte für δ_v , λ^* , ξ_d und v_{sat} für verschiedene Stoffe sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 angegeben.

Die Messabweichungen infolge von Phasenwechseln und einer ungleichmässigen Feuchteverteilung haben entgegengesetzte Vorzeichen. Daher beträgt die größte Messabweichung aus der Kombination dieser Einflüsse:

$$\max(er_p, er_d).$$

Dabei ist

er_p die Messabweichung infolge von Phasenwechseln, in %;

er_d die Messabweichung infolge einer ungleichmässigen Feuchteverteilung, in %.

Tabelle 1 – Typische Werte für δ_v , λ^* und ξ_d für verschiedene Stoffe

Stoff	δ_v m^2/s	λ^* $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	ξ_d kg/m^3
Beton	$0,3 \times 10^{-6}$	1,75	100
Porenbeton	$3,0 \times 10^{-6}$	0,15	150
Ziegelstein	$4,0 \times 10^{-6}$	0,5	20
Kalkzementmörtel	$1,5 \times 10^{-6}$	1,0	150

Tabelle 2 – Werte für v_{sat} für verschiedene Temperaturen

Temperatur $^{\circ}\text{C}$	v_{sat} kg/m^3
0	$4,8 \times 10^{-3}$
5	$6,8 \times 10^{-3}$
10	$9,4 \times 10^{-3}$
15	$12,8 \times 10^{-3}$
20	$17,3 \times 10^{-3}$

7.2.3.3.3 Messungen im Gleichgewichtszustand des Feuchtegehaltes

Bei unzulässigen Ungenauigkeiten infolge von Phasenwechseln und einer ungleichmässigen Feuchteverteilung darf die Messung im Gleichgewichtszustand des Feuchtegehaltes durchgeführt werden.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, abhängig davon, ob die Temperatur und die Feuchteverteilung im Gleichgewichtszustand gemessen oder berechnet werden können, siehe das in Bild 3 enthaltene Ablaufdiagramm.

ANMERKUNG 1 Der mittlere Feuchtegehalt im Probekörper w_m wird stets als bekannt angenommen.

Es gibt zwei bevorzugte Pfade, die im Ablaufdiagramm mit A und B gekennzeichnet sind.

Pfad A. Die Feuchteverteilung wird als gleichmässig angenommen, und λ^* wird beim mittleren Feuchtegehalt w_m bestimmt.