

Baustoffe
**Bestimmung des Wärmedurchlaßwiderstandes nach dem Verfahren
mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommeßplatten-Gerät**
Trockene und feuchte Produkte mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlaßwiderstand
Deutsche Fassung prEN 12664 : 1996

DIN
EN 12664

Einsprüche bis 30. Apr 1997

ICS 91.100.01

Building materials - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Dry and moist products with medium and low thermal resistance;
German version prEN 12664:1996

Vorgesehen als teilweiser
Ersatz für
DIN 52611-1:1991-01 und
DIN 52616:1977-11

Matériaux pour le bâtiment - Détermination de la résistance thermique par méthode de la plaque chaude gardée et la méthode fluximétrique - Produits secs et humides de base et moyenne résistance thermique; Version allemande prEN 12664:1996

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten an den Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN, 10772 Berlin; (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Nationales Vorwort

Der Europäische Norm-Entwurf wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 "Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen" (Sekretariat: Schweden) unter deutscher Mitwirkung erarbeitet. Er ist den CEN-Mitgliedern zur CEN-Umfrage vorgelegt worden.

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" (Obmann: Prof. Dr.-Ing. H. Ehm) des Normenausschusses Bauwesen (NABau).

Für die im Abschnitt 2 zitierten Internationalen und Europäischen Normen wird im folgenden auf entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

- prEN 1946-2 siehe E DIN EN 1946-2
- prEN 1946-3 siehe E DIN EN 1946-3
- ISO 7345 siehe DIN EN ISO 7345
- ISO 9288 siehe DIN EN ISO 9288
- ISO 9346 siehe DIN EN ISO 9346

Änderungen

Gegenüber DIN 52611-1:1991-01 und DIN 52616:1977-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Übernahme von prEN 12664
- b) Redaktionelle Überarbeitung

Fortsetzung Seite 2
und 62 Seiten prEN

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

E DIN EN 1946-2

Bauprodukte und Bauteile - Ergänzende Kriterien für die Begutachtung der Gerätegenauigkeit und Kompetenz von Personal in Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften - Teil 2: Messungen nach ISO 8302:1991 - Verfahren mit dem Plattengerät;
Deutsche Fassung prEN 1946-2:1995

E DIN EN 1946-3

Bauprodukte und Bauteile - Ergänzende Kriterien für die Begutachtung der Gerätegenauigkeit und Kompetenz von Personal in Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften - Teil 3: Messungen nach ISO 8301:1991 - Verfahren mit dem Wärmestrommeßplatten-Gerät;
Deutsche Fassung prEN 1946-3:1995

DIN EN ISO 7345

Wärmeschutz - Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345:1987);
Deutsche Fassung EN ISO 7345:1995

DIN EN ISO 9288

Wärmeschutz - Wärmeübertragung durch Strahlung - Physikalische Größen und Definitionen (ISO 9288:1989); Deutsche Fassung EN ISO 9288:1996

DIN EN ISO 9346

Wärmeschutz - Stofftransport - Physikalische Größen und Definitionen (ISO 9346:1987);
Deutsche Fassung EN ISO 9346:1996

DIN EN ISO 9346

Wärmeschutz - Stofftransport - Physikalische Größen und Einheiten (ISO 9346:1987);
Deutsche Fassung EN ISO 9346:1996

ICS

Deskriptoren:

Deutsche Fassung

Baustoffe

Bestimmung des Wärmedurchlaßwiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommeßplatten-Gerät

Trockene und feuchte Produkte mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlaßwiderstand

Building materials - 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

Matériaux 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 basse et moyenne résistance
thermique

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN-Mitgliedern zur CEN-Umfrage
vorgelegt. Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 erstellt.

Wenn aus diesem Norm-Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CEN-Mitglieder 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.

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde von CEN in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat 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 und dem Vereinigten Königreich.

CEN

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B - 1050 Brüssel

© 1996 Das Copyright ist den CEN-Mitgliedern vorbehalten.

Ref. Nr. prEN 12664:1996 D

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	5
3 Definitionen und Symbole	6
3.1 Definitionen	6
3.2 Symbole und Einheiten	6
4 Grundlagen der Messung	7
4.1 Funktionsprinzip der Prüfeinrichtungen	7
4.2 Messung der Wärmestromdichte	7
4.3 Messung der Temperaturdifferenz	7
4.4 Herleitung des Wärmedurchlaßwiderstandes oder des Übertragungsfaktors	8
4.5 Berechnung der Wärmeleitfähigkeit, der spezifischen Wärmedurchlässigkeit oder der feuchtebezogenen spezifischen Wärmedurchlässigkeit	8
4.6 Prüfeinrichtungsbedingte Einschränkungen	8
4.7 Probekörperbedingte Einschränkungen	8
5 Prüfeinrichtungen	8
5.1 Plattengerät	8
5.2 Wärmestrommeßplatten-Gerät	10
5.3 Meßabweichungsanalyse und Funktionsprüfung	12
6 Probekörper	13
6.1 Auswahl und Maße	13
6.2 Vorbereitung der Probekörper und Meßgeräteausrüstung	13
7 Prüfverfahren	16
7.1 Vorbehandlung	16
7.2 Messungen	19
8 Berechnungen	22
8.1 Veränderungen der Dichte und Masse	22
8.2 Wärmeübertragungseigenschaften	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	37
Anhang C (normativ) Grenzwerte für Gerätefunktion und Prüfbedingungen - Wärmestrommesser	43
Anhang D (normativ) Konstruktion der Prüfeinrichtungen	49
Anhang E (normativ) Verfahren, die mit der Messung im Gleichgewichtszustand des Feuchtegehaltes in Verbindung stehen	57
Anhang F (informativ) Einstellung auf einen festgelegten Feuchtegehalt in einem festgelegten Klima	60

Anhang G (informativ)	
Schätzung des Einflusses von Tauwasserbildung	62
Anhang H (informativ)	
Literaturhinweise	62

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde von CEN/TC 89 "Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen" erarbeitet.

Sie ersetzt keine bestehende Europäische Norm.

Diese Europäische Norm ist Teil einer Reihe von Prüfnormen, die in Verbindung mit Produktnormen für Baustoffe anzuwenden sind.

Einleitung

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

- in ISO 8302 und prEN 1946-2 - für das Verfahren mit dem Plattengerät - und
- in ISO 8301 und prEN 1946-3 - für das Verfahren mit dem Wärmestrommeßplatten-Gerät -

angegeben.

Diese Norm enthält allgemeine Angaben über die Geräte, alle vorgeschriebenen Einschränkungen der Konstruktion und Funktion der Geräte sowie die Festlegung des Prüfverfahrens ausschließlich für trockene und feuchte Probekörper mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlaßwiderstand nach einer Europäischen Produktnorm. In technischer Hinsicht entsprechen die Angaben für beide Prüfverfahren ISO 8301 und ISO 8302. 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 ISO 8301 und ISO 8302 konstruiert wurden und die bereits nach prEN 1946-3 oder prEN 1946-2 geprüft wurden.

Anhang D dieser Norm enthält Angaben über die Konstruktion der Geräte, die die Anforderungen von ISO 8301 und ISO 8302 erfüllen. Dadurch wird zur Beurteilung der Genauigkeit der Gerätekonstruktion keine Meßabweichungsanalyse, sondern lediglich die Funktionsprüfung benötigt.

Zur Durchführung der routinemäßigen Prüfung braucht der Prüfer, der die beide Prüfverfahren anwendet, nur diese Norm und die entsprechende Produktnorm. Diese kann zusätzliche Anforderungen an die Vorbereitung der Probekörper oder an die Prüfbedingungen stellen.

Obwohl dieses Verfahren zur Prüfung von trockenen Probekörpern mit hohem Wärmedurchlaßwiderstand angewendet werden kann, werden für derartige Probekörper die einfacheren Verfahren nach prEN HIGHRES empfohlen.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm beschreibt 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.

Sie gilt für:

- das Verfahren mit dem Plattengerät für Probekörper mit einem Wärmedurchlaßwiderstand von mindestens $0,02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (selbst wenn die in 5.1.7 angegebene Genauigkeit nicht über den gesamten Bereich erzielt wird) unter Verwendung eines Prüfgerätes nach ISO 8302 und prEN 1946-2 oder eines Prüfgerätes, dessen Konstruktion den Festlegungen des Anhang D entspricht und das einer Funktionsprüfung nach prEN 1946-2 unterzogen wurde;
- das Verfahren mit dem Wärmestrommeßplatten-Gerät für Probekörper mit einem Wärmedurchlaßwiderstand von mindestens $0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ unter Verwendung eines Prüfgerätes nach ISO 8301 und prEN 1946-3 oder eines Prüfgerätes, dessen Konstruktion den Festlegungen des Anhang D der prEN HIGHRES entspricht und das einer Funktionsprüfung nach prEN 1946-3 unterzogen wurde.

ANMERKUNG 1: Der Wärmedurchlaßwiderstand der meisten Probekörper aus Mauerwerk wird voraussichtlich weniger als $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ betragen.

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 Baustoffe, die für die Konstruktion der Geräte verwendet wurden, und durch die Zusatzgeräte.

Die Norm gilt in erster Linie für Baustoffe; sie darf jedoch auch auf Probekörper aus jedem beliebigen Materi-

al, 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 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.

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.

ISO 7345

Thermal insulation - Physical quantities and definitions
(Wärmeschutz - Physikalische Größen und Begriffe)

ISO 9288

Thermal insulation - Heat transfer by radiation - Physical quantities and definitions
(Wärmeschutz - Wärmeübertragung durch Strahlung - Physikalische Größen und Begriffe)

ISO 9346

Thermal insulation - Mass transfer - Physical quantities and definitions
(Wärmeschutz - Stofftransport - Physikalische Größen und Begriffe)

ISO/DIS 10051

Thermal insulation - Moisture effect on heat transfer - Determination of hygrothermal transmissivity
(Wärmeschutz - Einfluß der Feuchte auf die Wärmeübertragung - Bestimmung der feuchtebezogenen spezifischen Wärmedurchlässigkeit)

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)

prEN 1946-2

Bauprodukte und Bauteile - Ergänzende Kriterien für die Begutachtung der Gerätegenauigkeit und der Kompetenz von Personal in Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften - Teil 2: Messungen nach ISO 8302: 1991 - Verfahren mit dem Plattengerät

prEN 1946-3

Bauprodukte und Bauteile - Ergänzende Kriterien für die Begutachtung der Gerätegenauigkeit und der Kompetenz von Personal in Laboratorien bei der Durchführung der Messungen von Wärmeübertragungseigenschaften - Teil 3: Messungen nach ISO 8301: 1991 - Verfahren mit dem Wärmestrommeßplatten-Gerät

prEN THICK

Baustoffe - Bestimmung des Wärmedurchlaßwiderstandes mit dem Heizplatten-Verfahren und dem Wärmestrommesser-Verfahren - Dicke Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlaßwiderstand

prEN HIGHRES

Baustoffe - Bestimmung des Wärmedurchlaßwiderstandes mit dem Heizplatten-Verfahren und dem Wärmestrommesser-Verfahren - Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlaßwiderstand

TR MOISTMAT

Technical report - Building materials - Determination of hygrothermal transmissivity of moist materials
(Technischer Bericht - Baustoffe - Bestimmung der feuchtebezogenen spezifischen Wärmedurchlässigkeit feuchter Baustoffe)

3 Definitionen und Symbole

3.1 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in ISO 7345, ISO 9288, ISO 9346 und ISO/DIS 10051 festgelegten Definitionen. A.1 enthält die meisten der in ISO 8302 angegebenen Definitionen, die für die Messung der Wärmeübertragungseigenschaften von Produkten mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlaßwiderstand relevant sind, sowie die Definition der feuchtebezogenen spezifischen Wärmedurchlässigkeit.

3.2 Symbole und Einheiten

ANMERKUNG: Die Bedeutung einiger Indizes wird im Text erläutert.

Symbol	Größe	Einheit
A	Meßfläche, gemessen an einer abgegrenzten isothermen Oberfläche	m^2
A_d	Fläche des Fehlers	m^2
A_m	Fläche des Meßausschnittes	m^2
D_w	Feuchteausbreitungsvermögen	m^2/s
E	Fehler der Temperaturdifferenz in nichtebenen Probekörpern	-
F_0	Fourier-Zahl	-
M	Masse (des Probekörpers)	kg
R	Wärmedurchlaßwiderstand	$m^2 \cdot K/W$
$\mathcal{F}$	Übertragungsfaktor	$W/(m \cdot K)$
T_1	Temperatur der warmen Fläche des Probekörpers	K
T_2	Temperatur der kalten Fläche des Probekörpers	K
T_m	mittlere Prüftemperatur (gewöhnlich $(T_1 + T_2)/2$)	K
V	Volumen	m^3
Z_v	Widerstand gegen Feuchteausbreitung	s/m
a	Feuchtefaktor	$W \cdot m^2/(kg \cdot K)$
c	spezifische Wärmekapazität	$J/(kg \cdot K)$
d	Dicke; durchschnittliche Dicke eines Probekörpers	m
e	Verhältnis der Randtemperaturen zueinander	-
e_h	Ausgangsspannung des Wärmestrommessers	mV
er_p	prozentualer Fehler infolge von Phasenwechseln	-
er_d	prozentualer Fehler infolge ungleichmäßiger Feuchteverteilung	-
f	Kalibrierfaktor des Wärmestrommessers	$W/(mV \cdot m^2)$
f_r	Multiplikationsfaktor für den gemessenen Wärmedurchlaßwiderstand	-
g	Feuchtestromdichte	$kg/(m^2 \cdot s)$
h_e	massenbezogene latente Verdampfungsenthalpie	J/kg
m	relative Massenänderung	-

Symbol	Größe	
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
Δd	Dickenzunahme	m
ΔR	Zunahme des Wärmedurchlaßwiderstandes	m ² · K/W
ΔT	Temperaturdifferenz (gewöhnlich $T_1 - T_2$)	K
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	%

4 Grundlagen der Messung

4.1 Funktionsprinzip der Prüfeinrichtungen

Sowohl das Plattengerät als auch das Wärmestrommeßplatten-Gerät sollen in homogenen Probekörper(n) in Form einer(von) gleichmäßigen Platte(n) mit ebenen, planparallelen Flächen eine in eine Richtung wirkende konstante und gleichmäßige Wärmestromdichte herstellen. Dies findet mit einer annehmbaren Genauigkeit in der Mitte des Gerätes statt. Die Prüfeinrichtung besteht daher aus einem zentralen Meßausschnitt, in dem die Messungen erfolgen und der von einem Schutzring umgeben ist.

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 Temperaturfühlern gemessen, die an den Oberflächen der Prüfeinrichtung, die den Probekörper berühren, und/oder, sofern zweckmäßig, an denen der Probekörper selbst befestigt sind.

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.2.1 angegebenen entsprechenden Bedingungen vorhanden sind. Wenn die Dicke d des Probekörpers bekannt ist, kann auch der Übertragungsfaktor $\mathcal{R}$ 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 kann ebenfalls berechnet werden, wenn die Bedingungen, die zu ihrer Feststellung erforderlich sind, und die in A.3.2 angegebenen Bedingungen vorhanden sind.

4.6 Prüfeinrichtungsbedingte Einschränkungen

Die Anwendung des Verfahrens ist durch die Fähigkeit der Prüfeinrichtung zur Aufrechterhaltung einer in eine Richtung wirkenden gleichmäßigen und konstanten Wärmestromdichte in dem Probekörper sowie zur Messung von Leistung, Temperatur und Abmessungen mit der erforderlichen Genauigkeitsgrenze begrenzt. Siehe Anhang A.

4.7 Probekörperbedingte Einschränkungen

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

5 Prüfeinrichtungen

Ein Plattengerät oder ein Wärmestrommeßplatten-Gerät, mit dem die 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 prEN 1946-2 oder prEN 1946-3 angegebenen Bedingungen hinsichtlich der Beurteilung der Gerätegenauigkeit sowie die verwandten Anforderungen an die Gerätekonstruktion und die Funktionsprüfung nach ISO 8302 bzw. ISO 8301 erfüllen.

In Anhang D sind Gerätekonstruktionen für das Plattengerät angegeben, die diese Bedingungen erfüllen. Angaben zum Wärmestrommeßplatten-Gerät sind im Anwendungsbereich und in Anhang D der prEN HIGHRES enthalten. Sofern die Prüfeinrichtung einer dieser Konstruktionsweisen genau entspricht, kann auf eine Meßabweichungsanalyse verzichtet werden. In allen Fällen jedoch ist eine Funktionsprüfung nach prEN 1946-2 oder prEN 1946-3 zur anfänglichen Beurteilung der Prüfeinrichtung durchzuführen.

Wenn nicht an anderer Stelle ausdrücklich festgelegt, ist davon auszugehen, daß die Anforderungen an das Plattengerät auch für das Wärmestrommeßplatten-Gerät gelten.

ANMERKUNG: Die in ISO 8302 : 1991 angegebenen bevorzugten Werte für die Gesamtbreite bzw. den Gesamtdurchmesser des Gerätes sind 0,3 m bzw. 0,5 m; die Breite oder der Durchmesser des Gerätes muß jedoch auf die Größe des Zuschlages oder der Poren abgestimmt sein, siehe A.2.1.1.

5.1 Plattengerät

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:

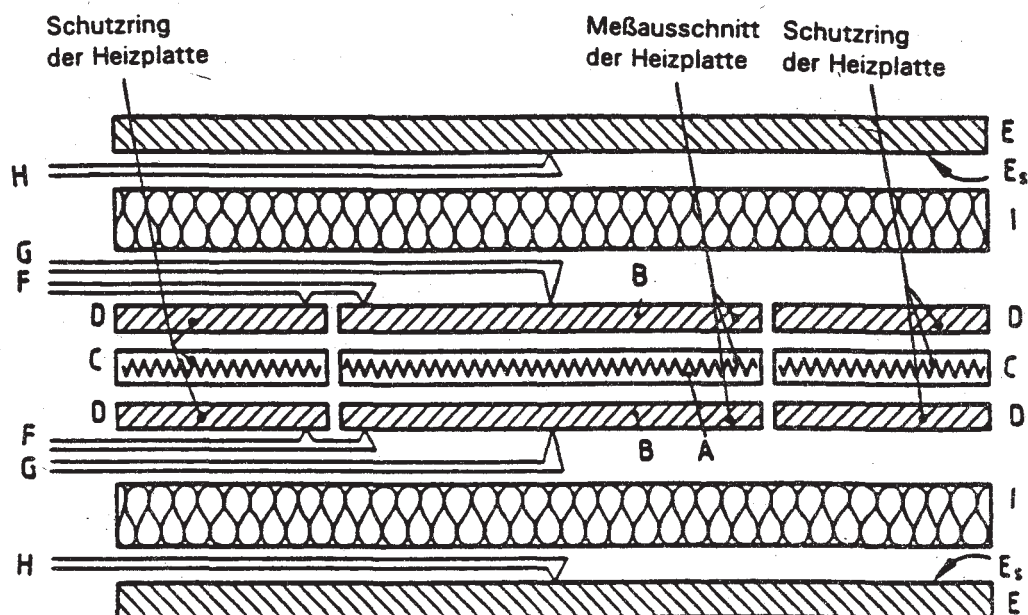
- a) mit zwei Probekörpern (und einer zentralen Heizplatte) ("Zweiplattengerät")
- b) mit einem Probekörper ("Einplattengerät").

5.1.1 Zweiplattengerät

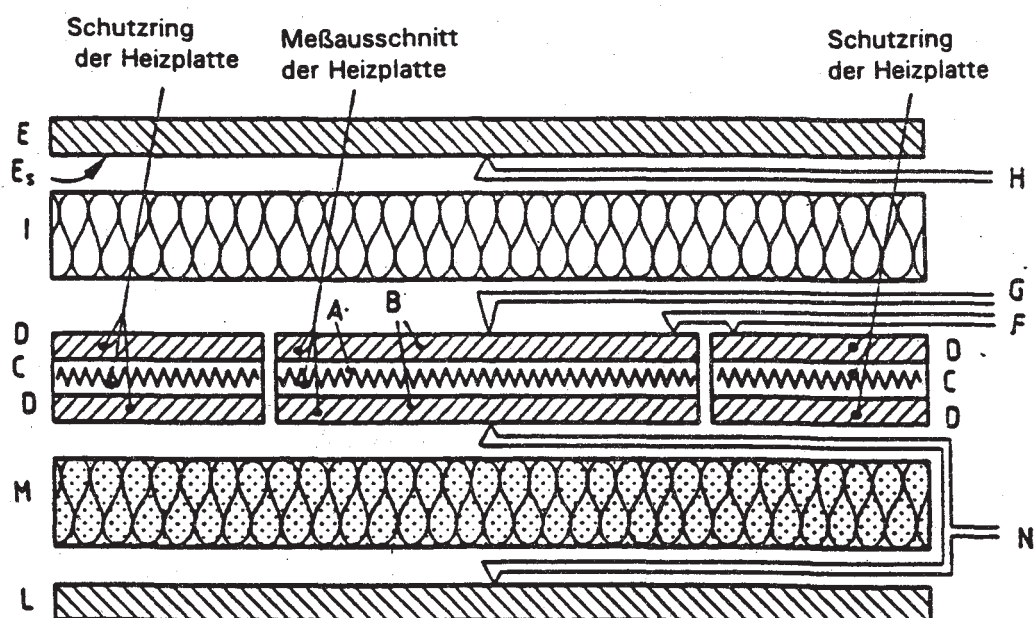
Beim Zweiplattengerät [siehe Bild 1a)] wird eine zentrale, kreisförmige oder quadratische, ebene Platten-einheit, die aus einer Heizvorrichtung und Deckplatten aus Metall besteht und als Heizplatte bezeichnet wird, in Sandwichform zwischen zwei nahezu identische Probekörper gebracht. Der Wärmestrom wird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

5.1.2 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.



a) Zweiplattengerät



b) Einplattengerät

Schlüssel

- | | | | |
|-----|--|---|--|
| A | Heizvorrichtung des Meßausschnittes | G | Thermoelemente der Heizplattenoberfläche |
| B | Deckplatten des Meßausschnittes | H | Thermoelemente der Kühlplattenoberfläche |
| C | Heizvorrichtung des Schuttringausschnittes | I | Probekörper |
| D | Deckplatten des Schuttringausschnittes | 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 Schuttring (siehe C und D).

Bild 1: Allgemeine charakteristische Merkmale des Zweiplattengerätes und des Einplattengerätes

jedoch sollte in dem Bericht besonders auf die Modifizierung des üblichen Zweiplattengerätes verwiesen werden.

5.1.3 Heizplatte

Die Heizplatte besteht aus einem gesonderten Meßausschnitt, in dem die in eine Richtung wirkende gleichmäßige und konstante Wärmestromdichte festgelegt werden kann und der von einem durch einen schmalen Spalt getrennten Schutzringausschnitt umgeben ist.

5.1.4 Definition der 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.

5.1.5 Randdämmung und zusätzliche Schutzringe

Es sind eine zusätzliche Randdämmung und/oder zusätzliche Schutzringausschnitte speziell bei Betrieb oberhalb oder unterhalb der Raumtemperatur erforderlich.

5.1.6 Kühlplatten

Die Oberflächenabmessungen der Kühlplatten müssen mindestens denen der Heizplatte einschließlich der Heizeinrichtung(en) des Schutzringes entsprechen. Die Kühlplatten müssen aus Metallplatten bestehen, deren Temperatur konstant und gleichmäßig bleiben muß.

5.1.7 Genauigkeit und Vergleichspräzision

Prüfeinrichtungen, die nach ISO 8302 aufgebaut und betrieben werden, sind in der Lage, die Wärmeübertragungseigenschaften von Produkten mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlaßwiderstand mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$ zu messen, wenn die mittlere Prüftemperatur im Bereich der Raumtemperatur liegt.

Die Vergleichspräzision aufeinanderfolgender Messungen mit der Prüfeinrichtung an einem eingebauten Probekörper ohne Änderung der Prüfbedingungen ist zum Beispiel besser als $\pm 0,5\%$.

Werden die Messungen an demselben Bezugsprobekörper vorgenommen, der dem Gerät entnommen und anschließend wiedereingebaut wurde, ist die Vergleichspräzision 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 Wiederholbarkeit von Messungen an einem feuchten Probekörper setzt sich aus der Wiederholbarkeit des Gerätes, die besser als 1% sein sollte, und der Wiederholbarkeit der Prüfbedingungen, insbesondere des Feuchtegehaltes zusammen, siehe Anhang F.

5.1.8 Genauigkeit und Vergleichspräzision bei Prüfung von Probekörpern mit niedrigem Wärmedurchlaßwiderstand

Wie in 5.1.7 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.2.5.1. Bei Prüfung von feuchten Probekörpern können zusätzlich erhebliche Fehler auftreten, siehe 7.1.2.4.

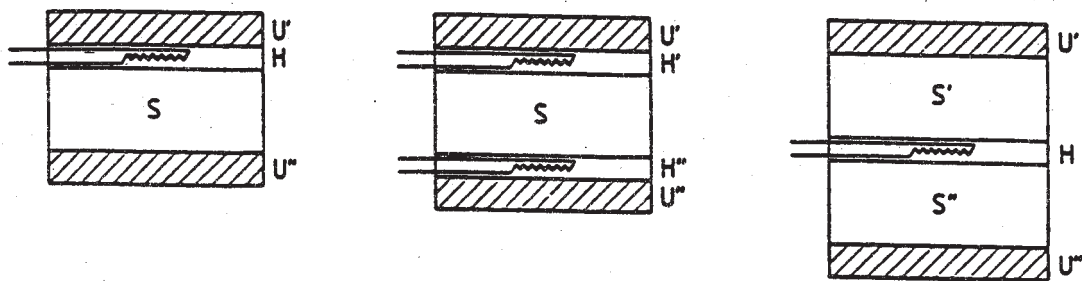
5.2 Wärmestrommeßplatten-Gerät

5.2.1 Allgemeines

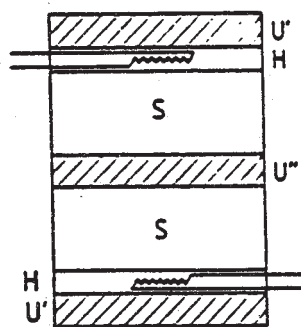
Im Wärmestrommeßplatten-Gerät wird die Wärmestromdichte mit einem oder zwei am Probekörper (bzw. an den Probekörpern) angeordneten Wärmestrommesser(n) gemessen.

Die allgemeinen Konstruktionsmerkmale des Wärmestrommeßplatten-Gerätes sind in Bild 2 dargestellt. Das Gerät besteht aus einer Heizplatte, einem oder zwei Wärmestrommessern, einem oder zwei Probekörper(n) und einer Kühlplatte. Die Anordnung a) wird "Asymmetrische Anordnung mit einem Probekörper" genannt; dabei kann sich der Wärmestrommesser 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 ISO 8301 angegebenen Einschränkungen beachtet werden. Jedes Verfahren hat in der Praxis seine ihm eigenen Vorzüge. Anhang B der ISO 8301 enthält eine

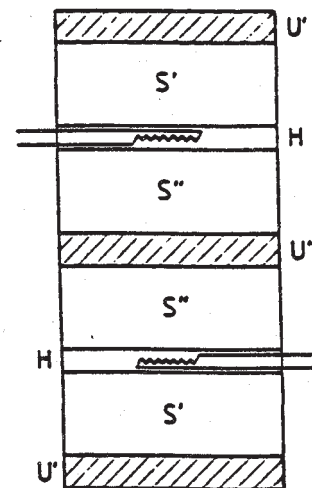
kurze Erläuterung.



- a) Asymmetrische Anordnung mit einem Probekörper b) Symmetrische Anordnung mit einem Probekörper c) Symmetrische Anordnung mit zwei Probekörpern



d) Doppelgerät



e) Doppelgerät

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

Bild 2 – Typische Darstellungen der Anordnungen des Wärmestrommeßplatten-Gerätes

5.2.2 Wärmestrommesser

Der Wärmestrommesser ist ein Gerät, das die Wärmestromdichte durch den(die) Probekörper mittels einer Temperaturdifferenz mißt, die durch diese Dichte des Wärmestroms, der den(die) Probekörper durchströmt, und den Wärmestrommesser selbst erzeugt wird. Gewöhnlich besteht der Wärmestrommesser 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 Wärmestrommessers, in dem die Meßfühler für die Messung der Temperaturdifferenz angeordnet sind, wird Meßfläche genannt.

Die Wärmestromdichte q durch den Träger des Wärmestrommessers ergibt die Ausgangsspannung e_n :

$$q = f e_n$$

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

5.2.3 Kalibrierprinzip

Dies ist ein sekundäres oder relatives Verfahren, da das Verhältnis zwischen dem Wärmedurchlaßwiderstand des(der) Probekörpers(körper) und einem (von) Normalprobekörper(körpern) 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) Normalprobekörpers(körper) und R_u des(der) unbekannten Probekörpers(körper):

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

5.2.4 Kalibrierungsbedingte Einschränkungen

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

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

5.2.5 Genauigkeit und Vergleichspräzision

Die Genauigkeit der Kalibrierung hängt von der Genauigkeit des Referenzmaterials ab.

Die Vergleichspräzision aufeinanderfolgender Messungen mit der Prüfeinrichtung an einem eingebauten Probekörper ohne Änderung der Prüfbedingungen ist zum Beispiel 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 Vergleichspräzision 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 Wärmestrommessers auf den Probekörper (der die Kontaktwiderstände beeinflusst) und der relativen Luftfeuchte um den Probekörper (die seinen Feuchtegehalt beeinflusst) usw.

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

Sofern die mittlere Prüftemperatur um die Raumtemperatur liegt, beträgt die Genauigkeit der Kalibrierung des Wärmestrommeßplatten-Gerätes 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.

Demzufolge können mit dem Verfahren mit dem Wärmestrommeßplatten-Gerät die Wärmeübertragungseigenschaften innerhalb von $\pm 3 \%$ bestimmt werden, sofern die mittlere Prüftemperatur um die Raumtemperatur liegt.

Die Kalibrierverfahren sind in ISO 8301 angegeben.

5.3 Meßabweichungsanalyse und Funktionsprüfung

Die Meßabweichungsanalyse (falls erforderlich), die Funktionsprüfung und die darauffolgende Beurteilung der Genauigkeit der Geräte im Bereich der für die entsprechenden Produktnormen gültigen Prüfbedingungen sind nach ISO 8301, ISO 8302 und verwandten Prüfnormen durchzuführen.

6 Probekörper

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 die in A.4 angegebene Liste. Entscheidungshilfen sind nur in dieser Norm und/oder in der Produktnorm, die für den zu prüfenden Probekörper gilt, zu suchen.

6.1 Auswahl und Maße

Je nach Art des Gerätes (siehe 5.1.1 und 5.1.2 für das Plattengerät und 5.2.1 für das Wärmestrommeßplatten-Gerät) sind (aus jeder Probe) ein oder zwei Probekörper auszuwählen. Der oder die Probekörper müssen die in A.2 und A.3 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 müssen. 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 Fehler infolge Instabilität (nur beim Plattengerät) und der Wärmeverluste an den Rändern auf 0,5% begrenzt ist, siehe die in Tabelle A.1 des Abschnittes A.2 angegebene Begrenzung der Dicke. Siehe A.2.3 und die Tabellen A.1 und A.2 für die Mindestdicke der Probekörper.

6.2 Vorbereitung der Probekörper und Meßgeräteausrüstung

6.2.1 Übereinstimmung mit den Produktnormen

Die Vorbereitung und Vorbehandlung der Probekörper ist nach der entsprechenden Produktnorm durchzuführen. Die folgenden allgemeinen Kriterien sind zu erfüllen.

6.2.2 Alle Probekörper ausgenommen lose Füllstoffe

6.2.2.1 Vorbereitung

Da Baustoffe, insbesondere Baustoffe für Mauerwerk, in vielen Formen existieren, z.B. Mauersteine und Ort betonplatten, ist das Verfahren anzuwenden, das für die jeweilige vorhandene 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 werden 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.

Wenn 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 Verbinden 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 soweit 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 reproduzierbar und gut verständlich ist, siehe 7.1.1 und 7.1.2.

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.2.5.1); 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 ist auf einem Endmaß bekannter Dicke, z.B. 1 mm, an jedem Ende der zu prüfenden Oberfläche zu stützen. Positive und negative Abweichungen können mit Hilfe der Meßfühler entlang einer Geraden gemessen werden. Es sind acht Geraden wie folgt zu prüfen: 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, ist es für jede Oberfläche des Probekörpers zu wiederholen.

In den fertigen Oberflächen von Schaumstoffen oder Baustoffen mit Zuschlägen befindliche Kratzer, beschädigte Stellen oder ähnliche Mängel über die natürlich vorkommenden Unebenheiten der Oberfläche 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 $(A_d/A_m)(R_s/R) < 0,0005$ muß der Einfluß nicht beachtet werden;
- wenn $0,0005 \leq (A_d/A_m)(R_s/R) \leq 0,005$, darf die Prüfung durchgeführt werden; das Vorhandensein des Mangels ist jedoch im Prüfbericht zu erwähnen.

Dabei ist:

A_d die Querschnittsfläche des Mangels;

A_m die Fläche des Meßausschnittes;

R_s der Wärmedurchlaßwiderstand einer Luftschicht, deren Dicke der größten Tiefe eines beliebigen Mangels entspricht.

R der Wärmedurchlaßwiderstand des Probekörpers.

6.2.2.2 Wahl und Einbau der Kontaktplatten

Geräte, die nicht einwandfrei sind, und/oder Probekörper, die nicht völlig eben sind, erzeugen Kontaktwiderstände, siehe die in A.2.5.1 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.2.5.1 angegebenen Anforderungen bezüglich der Ebenheit nicht erfüllen, sind dünne Platten eines ausreichend zusammendrückbaren Materials zwischen ihren Oberflächen und den Platten des Gerätes anzuordnen, damit dazwischen ein guter thermischer 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 6.2.2.3).

Sofern alle anderen Anforderungen (Homogenität, Zusammendrückbarkeit, 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 bis 3 mm) diese Anforderungen zufriedenstellend erfüllt.

Ein ausreichender Klemmdruck, d.h. mehr als 10 kPa, ist erforderlich, um einen gleichmäßigen thermischen 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 Wärmewiderstand weniger als $0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ das Plattengerät bevorzugt.

Die Verwendung von Kontaktplatten führt zu den in A.2.5.2 beschriebenen Fehlern. 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 Wärmewiderstand nach ISO 8302: 1991 ist $0,02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (z.B. 0,04 m bei Massivbeton). Eine Genauigkeit 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.

6.2.2.3 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 gefräßt 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.2.5.2 für den Fehler bei der Temperaturdifferenz bei Verwendung von Kontaktplatten und am Probekörper befestigten Thermoelementen.

ANMERKUNG 1: Es wird empfohlen, mindestens zwei weitere Thermoelemente an jeder Seite des Probekörpers in dem Bereich, der an den Meßausschnitt angrenzt, anzuordnen.

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 ca. 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 der Tabelle B.1 der ISO 8302:1991 durch den Hersteller bescheinigt wurde, herzustellen, oder sie sind einzeln zu kalibrieren.

ANMERKUNG 2: 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 minimalem Verlust der Genauigkeit durch örtliches Glätten der Oberfläche mit einer maschinell bearbeitbaren, schnelltrocknenden Füllmasse, die in einer Dicke von weniger als 0,5 mm aufgetragen wird, erfolgen.

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

ANMERKUNG 3: 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 4: Der auf die Kontaktplatten ausgeübte Klemmdruck gewährleistet, 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 ZnO-haltige wärmeleitende Masse zwischen die Meßstellen der Thermoelemente und die Oberflächen eingefügt werden, um den thermischen Kontakt weiter zu verbessern.

6.2.3 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 7.1 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 nach den oben angegebenen Hinweisen schnell in das Gerät eingebaut oder gelagert, bis sie den Gleichgewichtszustand zum Normallabor Klima erreicht haben.

7 Prüfverfahren

Ein Prüfverfahren ist eine komplette Reihe von Arbeitsgängen zur Ermittlung der erforderlichen Wärmeübertragungseigenschaft, die an dem nach 6.2 vorbereiteten Probekörper durchgeführt wird. Die Vorgänge können in die in 7.1 beschriebene Vorbehandlung und die verbleibenden Arbeitsgänge aufgeteilt werden, die zur Durchführung der Prüfung mit dem Plattengerät oder mit dem Wärmestrommeßplatten-Gerät nach 7.2 benötigt werden.

7.1 Vorbehandlung

Im Prinzip gibt es zwei Meßverfahren für Baustoffe für Mauerwerk: eines für trockene Probekörper und eines für feuchte Probekörper. Zusätzliche Informationen sind in TR MOISTMAT enthalten; siehe auch die Literaturhinweise.

Die Vorbehandlung erfolgt nach den entsprechenden Produktnormen.

ANMERKUNG: Das Trocknen erfordert die Definition des üblichen trockenen Zustandes, siehe 7.1.1. Ein üblicher trockener Zustand wird durch Erwärmung bei 105 °C in einem gut belüfteten Ofen, oder wie in der Produktnorm festgelegt, erreicht. Der Trocknungsvorgang darf 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 mit einer Temperatur von $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ und mit der geeigneten relativen Luftfeuchte $\pm 5\%$ bis zur Massenkonstanz zu klimatisieren, siehe 7.1.2.2.

7.1.1 Vorbehandlung für Messungen an trockenen Stoffen

Soweit wie möglich sind routinemäßige Messungen an trockenen Stoffen durchzuführen.

Der Probekörper ist bei 105 °C bis 110 °C in einem belüfteten Ofen 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 kg/m³ (oder 0,01 Vol.-%) ist.

Nach dem Trocknen ist der Probekörper von einer wasserdampfdichten Hülle zu umgeben. Diese muß ausreichend undurchlässig sein, um eine Veränderung des Feuchtegehaltes um mehr als 0,01 kg/m³ je Stunde zu verhindern, siehe Anhang G.

ANMERKUNG 1: Eine Hülle mit einem Feuchteausbreitungswiderstand $Z_v > 10^5 \text{ s/m}$ reicht aus.

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 Feuchtaufnahme im Probekörper während der Prüfung weniger als 0,01 kg/m³ je Stunde 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.

7.1.2 Vorbehandlung für Messungen an feuchten Stoffen

7.1.2.1 Einleitung

Es sind Messungen an feuchten Stoffen erforderlich, um die spezifische Wärmedurchlässigkeit eines feuchten Stoffes λ^* bei einem Feuchtegehalt, der im Gleichgewichtszustand mit 50% r.L. 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 7.1.2.4.

ANMERKUNG: Der theoretische Hintergrund von Messungen an feuchten Stoffen ist in ISO 10051 und in TR MOISTMAT angegeben. Siehe auch die Literaturhinweise.

7.1.2.2 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% r.L. oder weniger.

ANMERKUNG 1: Für höhere Feuchtegehalte siehe ISO 10051.

ANMERKUNG 2: Die bevorzugten Werte für den Feuchtegehalt sind:

- 1) im Gleichgewichtszustand mit 50% r.L. (aufgrund der Anforderungen der Produktnormen);
- 2) im Gleichgewichtszustand mit 80% r.L. (da oberhalb dieses Wertes die Beurteilung von Fehlern nach 7.1.2.4 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 wiegen, 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 ist die Veränderung des Feuchtegehaltes (kg/m^3) während eines Zeitraumes von d^2 Stunden, wobei d die in cm ausgedrückte Dicke des Probekörpers darstellt;

Δw_1 ist der geeignete Grenzwert für die Veränderung des Feuchtegehaltes (kg/m^3), siehe Anhang F.

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

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

Nach der Vorbehandlung ist der Probekörper von 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, siehe Anhang G.

ANMERKUNG 1: Eine Hülle mit einem Feuchteausbreitungswiderstand $Z_v > 10^5 \text{ s/m}$ reicht aus.

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

7.1.2.3 Einfluß der Feuchte auf die Bestimmung der feuchtebezogenen spezifischen Wärmedurchlässigkeit

Um λ^* richtig zu bestimmen, ist es erforderlich, entweder eine Massenübertragung während der Prüfung auszuschließen oder Bedingungen zu schaffen, in denen der Einfluß der Massenübertragung auf die Meßwerte beurteilt werden kann.

Es sind Prüfungen entweder nach 7.1.2.3.1 oder 7.1.2.3.2 durchzuführen.

7.1.2.3.1 Prüfungen im Falle von ausreichend kleinen Feuchtebewegungen, bei denen der Einfluß von Phasenwechseln während der Prüfung vernachlässigt werden kann

ANMERKUNG: Dies ist die einfachste Lösung, vorausgesetzt, daß der unten angegebene Fehler zulässig ist.

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

Der in % ausgedrückte Fehler, er_p , infolge von Phasenwechseln ist:

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

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. Der Fehler in der Wärmeleitfähigkeit infolge dieser Umverteilung (er_p) ist auf 0,5% begrenzt, vorausgesetzt, daß die Fourier-Zahl, Fo , 0,25 nicht übersteigt, d.h.

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

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^* und ξ_d für verschiedene Stoffe sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 angegeben.

Die Fehler infolge von Phasenwechseln und einer ungleichmäßigen Feuchteverteilung haben entgegengesetzte Vorzeichen. Daher beträgt der größte Fehler aus der Kombination dieser Einflüsse :

$\max(er_p, er_d)$.

Dabei ist:

er_p der Fehler infolge von Phasenwechseln, in %

er_d der Fehler infolge einer ungleichmäßigen Feuchteverteilung, in %

Tabelle 1: Typische Werte für δ_v , λ^* und ξ 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	$17,3 \times 10^{-3}$

7.1.2.3.2 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: 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.

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

ANMERKUNG: Dies liefert nur einen Punkt an der Kurve für die Beziehung zwischen λ^* und w .

Um eine Feuchteverteilung zu erreichen, die als gleichmäßig betrachtet werden kann, ist die Prüfung mit einer Temperaturdifferenz von maximal 10 K und einem Feuchtegehalt, der den Gleichgewichtszustand mit 80% r.L. nicht übersteigt, durchzuführen. Vorausgesetzt, daß diese Bedingungen erfüllt sind, beträgt der Fehler infolge ungleichmäßiger Feuchteverteilung weniger als 2%.

B. Die Feuchteverteilung wird berechnet oder gemessen, und die Beziehung zwischen λ^* und w wird als linear angenommen.

Die Feuchteverteilung darf entweder durch

- gleichlaufende Prüfungen am selben Stoff und mit denselben Randbedingungen, siehe Anhang E, oder
- Berechnungen nach Anhang E