

Bauteile und Bauelemente
**Vor-Ort-Messung des Wärmedurchlaßwiderstandes
 von Oberfläche zu Oberfläche**
 Deutsche Fassung prEN 12494 : 1996

DIN
EN 12494

Einsprüche bis 31. Dez 1996

ICS 17.200.10; 91.120.10

Building components and building elements –
 In-situ measurement of the surface-to-surface thermal resistance;
 German version prEN 12494:1996

Composants et parois de bâtiments – Mesurage in-situ de la résistance
 thermique de surface à surface;
 Version allemande prEN 12494:1996

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: Burggrafenstraße 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 eingesetzte Arbeitsausschuß 00.89.00 "Wärmeschutz" (Obmann: Prof. Dr.-Ing. H. Ehm, Bonn) des Normenausschusses Bauwesen (NABau).

Für die im Inhalt zitierten Europäischen und Internationalen Normen wird im folgenden auf entsprechende Deutsche Normen hingewiesen:

- ISO 7345:1987 siehe DIN EN ISO 7345
- prEN 1934 siehe E DIN EN 1934

Fortsetzung Seite 2
 und 58 Seiten prEN

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise in nationalen Zusätzen

DIN EN ISO 7345

Wärmeschutz - Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345:1987)

E DIN EN 1934

Wärmeschutz - Mauerwerk - Messung des Wärmedurchlaßwiderstandes - Heizkastenverfahren mit dem Wärmestrommesser; Deutsche Fassung prEN 1934:1995

ICS

Deskriptoren:

Deutsche Fassung

Bauteile und Bauelemente - Vor-Ort-Messung des
Wärmedurchlaßwiderstands von Oberfläche zu
Oberfläche

Building components and elements -
In-situ measurement of the
surface-to-surface thermal resistance

Composants et parois de bâtiments -
Mesurage in-situ de la résistance
thermique de surface à surface

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 die 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

c CEN 1996 Das Copyright ist allen CEN-Mitgliedern vorbehalten.

Ref. Nr. prEN 12494:1996 D

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Einleitung

1	Anwendungsbereich
2	Normative Verweisungen
3	Definitionen und Symbole
4	Verfahrensprinzip
5	Einschränkungen und Fehlerquellen
6	Meßeinrichtung
7	Kalibrierung von Wärmestrommessern
8	Messungen
9	Berechnungen
10	Datenanalyse
11	Korrekturen des Betriebsfehlers
12	Präzision und Genauigkeit
13	Prüfbericht

Anhang A (normativ)	Bewertung des Analyseverfahrens und der zugehörigen Datenmengen
Anhang B (zur Information)	Untersuchungen der Struktur des Elements
Anhang C (zur Information)	Störungen aufgrund des Wärmestrommessers
Anhang D (zur Information)	Literaturhinweise

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde von CEN/TC 89, "Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden und Bauteilen", erstellt.

Sie ersetzt keine bestehende Europäische Norm.

Diese Europäische Norm ist eine ausführliche Neufassung der Internationalen Norm ISO 9869:19xx "Thermal insulation - Building elements - *In-situ* measurement of thermal resistance and thermal transmittance". Die Hauptunterschiede betreffen das dynamische Analyseverfahren, die Fehleranalyse und die Kalibrierung des Wärmestrommessers; die beiden letztgenannten Punkte basieren auf prEN 1934:19xx "Masonry - Measurement of thermal resistance - Hot box method using a heat flow meter", unter der Zuständigkeit des Komitees CEN/TC 89.

Einleitung

Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauelements (U-Wert) ist in ISO 7345:1987 als " " Wärmestrom im stationären Zustand dividiert durch die Fläche und durch die Temperaturdifferenz zwischen den Umgebungen auf beiden Seiten eines Systems definiert.

Prinzipiell kann der U-Wert durch Messen des Wärmestroms durch ein Element mit einem Wärmestrommesser oder einem Kalorimeter sowie durch das Messen der Temperaturen auf beiden Seiten des Elements unter stationären Bedingungen ermittelt werden.

Da jedoch stationäre Bedingungen in der Praxis niemals anzutreffen sind, ist eine solch einfache Messung nicht möglich. Diese Schwierigkeit kann auf verschiedene Arten bewältigt werden:

- a) Durch die Erzeugung von stationären Bedingungen mit Hilfe eines Wärme- und eines Kälteschranks. Dieses Verfahren wird im Labor häufig verwendet (siehe ISO 8990), ist jedoch vor Ort unhandlich.
- b) Indem vorausgesetzt wird, daß die Mittelwerte des Wärmestroms und der Temperaturen über einen ausreichend langen Zeitraum eine gute Annäherung an den stationären Zustand darstellen. Dieses Verfahren ist gültig, wenn:
 - 1) die thermischen Eigenschaften des Stoffes und die Wärmeübertragungskoeffizienten sind über den gesamten Bereich der Temperaturschwankungen, die während der Prüfung auftreten, konstant;
 - 2) die Änderung der inneren Energie des Elements kann im Vergleich zu der Wärmemenge, die durch das Element hindurchgeführt wird, vernachlässigt werden. Dieses Verfahren ist weit verbreitet, kann jedoch zu langen Meßzeiträumen führen.
- c) Anwendung einer dynamischen Theorie, um die Schwankungen des Wärmestroms und der Temperaturen bei der Analyse der aufgezeichneten Daten zu berücksichtigen.

Darüber hinaus ergeben die Wärmestrommesser nur dann korrekte Ergebnisse, wenn die Temperatur an ihren Oberflächen konstant gehalten wird. Dies ist nur möglich, wenn:

- a) die lokalen oberflächenbezogenen Wärmeübergangskoeffizienten ausreichend gleichförmig sind;
- b) das Element ausreichend homogen ist oder aus hinreichend homogenen Schichten besteht.

Dies bedeutet in der Praxis, daß das Verfahren nur dann angewendet werden kann, wenn der Wärmedurchlaßwiderstand des Elements von Oberfläche zu Oberfläche definiert und gemessen werden kann.

Das vorgenannte Konzept des Wärmedurchlaßwiderstandes von Oberfläche zu Oberfläche ist noch nicht angemessen, um ausreichende Information zu liefern für den Vergleich von Bemessungswerten ebener Bauelemente, die auf der Basis der Abwesenheit von Feuchte und/oder Luftbewegung oder Windeinfluß berechnet wurden, mit Meßergebnissen, bei denen solche Phänomene vorhanden sind. Jedoch beinhaltet diese Feststellung nicht, daß die

Wärmeflußdichte, die man mit einem entsprechend dieser Norm installierten Wärmeflußmesser mißt, fehlerhaft wäre.

Die Vor-Ort-Messungen entsprechend dieser Norm erfordern Personal mit speziellen Kenntnissen und Erfahrungen auf den Gebieten Bautechnik, Bauphysik und Meßtechnik.

Bauteile und Bautelemente

- Vor-Ort Messung des Wärmedurchlaßwiderstands von Oberfläche zu Oberfläche

1 Anwendungsbereich

Diese Norm beschreibt das Wärmestrommesserverfahren für die Vor-Ort-Messung des Wärmedurchlaßwiderstands von Oberfläche zu Oberfläche von flächigen Bauelementen, die überwiegend aus lichtundurchlässigen Schichten bestehen, welche senkrecht zur Wärmestromdichte verlaufen, und die keinen signifikanten seitlichen Wärmestrom aufweisen.

Einige lichtdurchlässige Elemente können geprüft werden, wenn keine Sonneneinstrahlung auf das Element auftritt. Spezielle Vorgehensweisen für solche Elemente werden in dieser Norm nicht beschrieben.

Das Verfahren ist nicht für die Messung der lokalen Wärmestromdichte bei nichtflächigen Elementen wie Trägern, Sparren, Rahmen, usw. vorgesehen.

Es ist nicht als Präzisionsverfahren für den Ersatz von Laborgeräten wie kalibrierte und geregelte Heizkästen gemäß ISO 8990:1994 oder Heizkästen mit einem Wärmestrommesser gemäß prEN HFMHB:19xx vorgesehen.

Diese Norm beschreibt das zu verwendende Gerät, das Kalibrierverfahren für dieses Gerät, die Vorgehensweise bei der Installation und Messung, die Bewertung des Analyseverfahrens, die Analyse der Daten und das Berichtsformat.

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 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.

prEN 26781 Thermal Insulation - Qualitative Detection of Thermal Irregularities in Building Envelopes - Infrared Method.

prEN 26946-1 Thermal Insulation - Calculation Methods - Part 1: Steady State Thermal Properties of Building Components and Building Elements.

- ISO 7345 Thermal Insulation - Physical Quantities and Definitions, II Edition.
- ISO 8301 1991 Thermal Insulation - Determination of Steady-State Thermal Resistance and Related Properties - Heat Flow Meter Method.
- ISO 8302 1991 Thermal Insulation - Determination of Steady-State Thermal Resistance and Related Properties - Guarded Hot Plate Apparatus
- ISO 8990 1994 Thermal Insulation - Determination of Steady State Thermal Transmission Properties - Calibrated and Guarded Hot Box.
- prEN 1934:19xx Masonry - Measurement of thermal resistance - Hot box method using a heat flow meter.
- ISO/DIS 10051 Thermal Insulation - Moisture Effect on Heat Transfer - Determination of Hygrothermal Transmissivity.

3 Definitionen und Symbole

3.1 Definitionen

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die Definitionen in ISO 7345 sowie die folgenden Definitionen:

Wärmestrommesser: Ein Wandler, der ein elektrisches Signal liefert, das eine monotone Funktion der Dichte des durch den Wärmestrommesser geleiteten Wärmestroms ist.

Temperaturmeßfühler: Ein Wandler, der ein elektrisches Signal liefert, das eine monotone Funktion der Temperatur des Meßfühlers ist.

3.2 Symbole und Einheiten

<u>Symbol</u>	<u>Größe</u>	<u>Einheit</u>
A	Fläche senkrecht zur Wärmestromdichte	m^2
C	Wärmekapazität je Flächeneinheit des Elements	$J/(m^2 \cdot K)$
C_s	Normierte Wärmekapazität je Flächeneinheit des Elements	$J/(m^2 \cdot K)$
DT	Prüfdauer	d
M	Masse je Flächeneinheit des Elements	kg/m^2
R'	Wärmedurchlaßwiderstand des Wärmestrommessers	$m^2 \cdot K/W$
R_s	Oberflächenbezogener Wärmedurchlaßwiderstand	$m^2 \cdot K/W$
R_t	Wärmedurchlaßwiderstand des Elements (von Oberfläche zu Oberfläche)	$m^2 \cdot K/W$
R_T	Gesamtwärmedurchlaßwiderstand	$m^2 K/W$
T_s	Oberflächentemperatur	K
U	Wärmedurchgangskoeffizient ($1/R_T$)	$W/(m^2 \cdot K)$
f	Kalibrierfaktor für den Wärmestrommesser	$W/(mV \cdot K)$
g	Schutzbreite	m
l	Halbe Seitenlänge der Meßfläche	m
p	Umfang der Meßfläche	m
q	Wärmestromdichte (gemessen)	W/m^2
δT	Temperaturdifferenz zwischen Wärmestrommesser und Element	K
$\Delta T_g'$	Durchschnittliche Temperaturdifferenz zwischen Meß- und Schutzbereich	K
$\Delta T_g''$	Ungleichmäßigkeit der Temperatur im Meß- und Schutzbereich	K
Φ_1	Wärmestrom durch Meßbereich des Elements	W
Φ_2	Instabilitätswärmestrom zwischen Schutz- und Meßbereich im Element	W
Φ_2'	Anteil des Instabilitätswärmestroms Φ_2 , der durch die durchschnittliche Temperaturdinstabilität ΔT_g verursacht wird	W
Φ_2''	Anteil der Wärmestrominstabilität Φ_2 , der durch die urchschnittliche Temperaturungleichmäßigkeit im Meß- und Schutzbereich verursacht wird	W
Φ_5	Wärmestrom an den Stimflächen des Elements	W
λ	Wärmeleitfähigkeit des Kalibrierprobekörpers	$W/(m \cdot K)$
λ_t	Wärmeleitfähigkeit des Wärmestrommessers	$W/(m \cdot K)$
λ_s	Wärmeleitfähigkeit des Elementmaterials, das Kontakt mit dem Wärmestrommesser hat	$W/(m \cdot K)$
τ	Zeitkonstante	$s, h \text{ oder } d$

Tiefgestellte Zeichen

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden tiefgestellten Zeichen:

- i innen
- e außen
- j j-tes Glied einer Reihe
- k k-tes Glied einer Reihe

4 Verfahrensprinzip

4.1 Prinzip von Vor-Ort-Messungen mit einem Wärmestrommesser

Das Verfahren ist für die Messung des Oberflächenwärmedurchlaßwiderstands des Elements unter stationären Zustandsbedingungen zwischen zwei Umgebungen ausgelegt, die beide eine einheitliche Temperatur aufweisen; dies gilt auch, wenn ein dynamisches Analyseverfahren verwendet wird. Die an den Oberflächen des Prüfelements übertragene Wärme umfaßt sowohl Konvektions- als auch Strahlungswärme.

ANMERKUNG: Die konvektive Wärmeübertragung ist abhängig von den Lufttemperaturen, der Luftgeschwindigkeit und der Oberflächenrauigkeit. Die Strahlungswärmeübertragung ist abhängig von den Temperaturen und dem hemisphärischen Gesamtemissionsgrad der Oberflächen des Elements sowie der Oberflächen, die von den Elementoberflächen „gesehen“ werden. Innenoberflächen, die vom Element „gesehen“ werden, umfassen dabei die übrigen Oberflächen des Raums und aller Einrichtungsgegenstände; Außenflächen, die vom Element „gesehen“ werden, sind der Erdboden, der Himmel, weitere Gebäude, Bäume und Hecken. Die Auswirkungen der Wärmeübertragung durch Konvektion und Strahlung werden herkömmlich unter dem Begriff der "Umgebungstemperatur" und einem flächenbezogenen Wärmeübergangskoeffizienten zusammengefaßt. Die Sonneneinstrahlung ist in diesem Konzept nicht enthalten und wird getrennt hiervon als von außen einwirkende Wärmestromdichte betrachtet, die auf die Außenfläche auftrifft.

Für dieses Verfahren ist es von Bedeutung, daß an der Oberfläche des Elements eine einheitliche Temperatur erreicht wird. Um dies zu erzielen, müssen die Oberflächenkoeffizienten für die Wärmeübertragung, die Umgebungstemperaturen und die Wärmestromdichte aufgrund der Sonneneinstrahlung ausreichend gleichförmig sein.

4.2 Bestimmung der Wärmestromdichte

Ein Wärmestrommesser wird auf der Warmseite des Elements installiert, um die Wärmestromdichte q zu messen, die das Element durchströmt und eine Fläche des Flächeninhalts A in der Mitte des Elements durchquert (siehe Bild 1). Über diese Fläche, die im folgenden Meßfläche genannt wird und sowohl die Fläche als auch ihren Inhalt bezeichnet, muß die Wärmestromdichte ausreichend einheitlich sein. Die Meßfläche ist also der aktive oder empfindliche Teil des Wärmestrommessers.

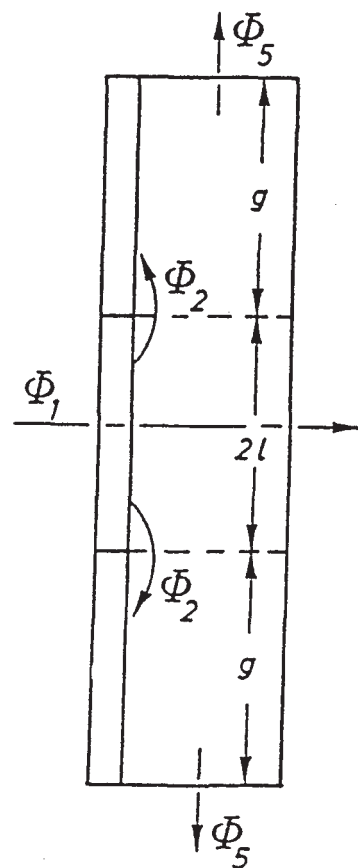


Bild 1: Funktionsprinzip eines Wärmestrommessers für Vor-Ort-Messungen: Wärme durchströmt mit einer Geschwindigkeit Φ_1 den Meßbereich $A = (2l)^2$; im Meßbereich soll die Wärmestromdichte q einheitlich sein; Φ_2 ein Instabilitätswärmestrom parallel zum Element; g ist die Schutzbreite.

4.3 Bestimmung des Wärmedurchlaßwiderstands des Elementes von Oberfläche zu Oberfläche

Es werden Messungen der Oberflächentemperaturen und der Wärmestromdichte durch das Element durchgeführt. Aus diesen Messungen wird der Wärmedurchlaßwiderstand des Elementes von Oberfläche zu Oberfläche berechnet.

ANMERKUNG: Im Jahresverlauf sind zu bestimmten Zeiten die Differenzen zwischen Innen- und Außentemperaturen zu gering, um genaue Messungen des Wärmedurchlaßwiderstands des Elementes von Oberfläche zu Oberfläche zu erlauben.

4.4 Wärmeschutz und Schutzbereich

Die Oberfläche des Elements, die den Meßbereich umgibt, wird im folgenden "Schutzbereich" genannt und bezieht sich sowohl auf die Oberfläche als auch ihren Bereich. Um eine einheitliche Wärmestromdichte im Meßbereich zu gewährleisten, muß die Temperatur des Schutzbereichs möglichst nahe bei der Temperatur des Meßbereichs liegen, so daß der seitliche Wärmestrom Φ_2 durch das Element vom Meßbereich zum Schutzbereich gleich Null ist (siehe Bild 1).

Um einen einheitlichen Wärmedurchlaßwiderstand zwischen der Oberfläche des Elements und der Umgebung der Warmseite zu erhalten, und um einheitliche Temperaturen sowohl im Meß- als auch im Schutzbereich zu erzielen, wird der nicht vom Wärmestrommesser bedeckte Schutzbereich mit einer dünnen Materialsicht belegt. Der Wärmedurchlaßwiderstand und die Dicke dieser Schicht sollten mit denjenigen des Wärmestrommessers möglichst übereinstimmen.

ANMERKUNG: Bei einigen Wärmestrommessern sind die Meßelemente über die gesamte Oberfläche verteilt, so daß die aktive (oder Meß-) Fläche des Wärmestrommessers gleich dem Meßbereich des Elements und der Abdeckungsbereich gleich dem Schutzbereich ist. Bei anderen Wärmestrommessern sind die Meßelemente lediglich auf einem Bereich in der Mitte angeordnet; dies entspricht dem Meßbereich des Elements und ist kleiner als die gesamte Wärmestrommesserfläche (siehe auch Bild 4).

Der Schutzbereich muß außerdem groß genug sein, um sicherzustellen, daß der Wärmestrom in den Randbereichen des Elements Φ_5 eine vernachlässigbare Auswirkung auf den Wärmestrom Φ_1 hat, der den Meßbereich durchströmt (siehe 5.1.2).

5 Einschränkungen und Fehlerquellen

Die Anwendung des Verfahrens mit dem Ziel einer bestimmten gewünschten Genauigkeit wird durch eine Reihe von Faktoren eingeschränkt.

5.1 Einschränkungen und Fehler aufgrund des Wärmestrommessers

5.1.1 Einschränkungen aufgrund des seitlichen Wärmestroms

Um den seitlichen Wärmestrom Φ_2 auch bei der Prüfung von homogenen Elementen gleich Null zu halten, sollten die warmen und kalten Oberflächen des Elements auf einheitlichen Temperaturen gehalten werden; hierfür ist wiederum erforderlich, daß Umgebungstemperaturen, lokale flächenbezogene Wärmeübergangskoeffizienten und die Wärmestromdichte aufgrund der Sonneneinstrahlung sowohl an der Warm- als auch an der Kaltseite des Elements gleichförmig sind.

ANMERKUNG: Da diese Anforderungen immer nur mit einem gewissen Näherungswert erreicht werden, besteht normalerweise eine Temperaturdifferenz zwischen den Durchschnittstemperaturen des Meß- und des Schutzbereichs an der Oberfläche der Warmseite des Elements. Außerdem ist diese Temperaturdifferenz aufgrund der erwähnten Ungleichmäßigkeiten lediglich mit einer gewissen Ungenauigkeit bekannt, so daß es in der Praxis nahezu unmöglich ist, den seitlichen Wärmestrom Φ_2 auf Null zu reduzieren. Darüber hinaus sind geprüfte Elemente nicht homogen. Um die Fehlerquote aufgrund von Ungleichmäßigkeiten in annehmbaren Grenzen zu halten, wenn ein

Element geprüft wird, das aus Einheiten wie Ziegelsteinen oder Blöcken besteht, sollte der Wärmestrommesser eine ganzzahlige Anzahl von Einheiten abdecken. Diese Punkte werden unter 6.1 näher behandelt.

Die Fehlerquote aufgrund des Wärmestroms Φ_2 durch das Element, der sich aus der Ungleichmäßigkeit zwischen Meß- und Schutzbereich ergibt, ist proportional zum Umfang des Meßbereichs, während der zu ermittelnde Wärmestrom Φ_1 proportional zum Meßbereich selbst ist. Der relative Fehler Φ_2/Φ_1 aufgrund der Ungleichmäßigkeit zwischen Meß- und Schutzbereich nimmt mit der Abnahme des Meßbereichs zu (und könnte bei sehr kleinen Wärmestrommessern kritisch werden: Falls z.B. die relative Fehlerquote Φ_2/Φ_1 für einen Meßbereich von 0,5 m x 0,5 m gleich 1 % ist, beträgt die Fehlerquote für einen Meßbereich von 0,1 m x 0,1 m 5 %, falls alle anderen Bedingungen gleich bleiben). Diese Tatsache muß mit der Zunahme der Randwärmeverluste bei der Reduzierung der Schutzbreite zur Vergrößerung des Meßbereichs verglichen werden (siehe 5.1.2).

5.1.2 Größe des Meßbereichs und Fehler aufgrund des Randwärmeverlusts

Die Größe des Meßbereichs bestimmt die maximale Dicke des Elements, das geprüft werden kann, wobei die Fehlerquote aufgrund des Wärmestroms in den Randbereichen Φ_5 noch innerhalb des annehmbaren Grenzwerts von 1 % für dieses Normprüfverfahren bleibt. Die Verhältnisse Elementseite/Elementdicke sowie Schutzbreite/Elementdicke unterliegen denselben Prinzipien, wie sie für das Plattengerät gelten (siehe ISO 8302:1991, 2.2.1 und 2.3.2). Eine Änderung der Schutzbreite hat entgegengesetzte Auswirkungen auf die Ungleichmäßigkeit und Fehler aufgrund des Randwärmeverlusts (siehe auch 5.1.1).

ANMERKUNG: Der zulässige Grenzwert für Fehler aufgrund eines Randwärmeverlusts von 1 % wird auf keinen Fall überschritten, wenn die Außenseite des Schutzbereichs (Gesamtgröße) mindestens 5mal die Elementdicke und die Außenseite des Meßbereichs maximal 2,5mal die Elementdicke beträgt. Die unten abgebildete Tabelle enthält die Fehler in Prozent, die sich aus dem Randwärmeverlust unter typischen Bedingungen in den Randbereichen von homogenen Elementen ergeben. Der Fehler bleibt der gleiche, wenn sämtliche Angaben mit demselben Faktor multipliziert werden. Alle Angaben erfolgen in Millimetern.

Gesamt- größe	Meß- bereich	Schutz- breite	Elementdicke					
			120	160	200	240	320	400
1 000	600	200	0,14 %	0,68 %	1,91 %	3,96 %	--	--
1 000	500	250	0,04 %	0,30 %	1,01 %	2,33 %	7,14 %	--
1 000	400	300	0,01 %	0,14 %	0,55 %	1,43 %	4,95 %	--
1 000	250	375	0,00 %	0,05 %	0,24 %	0,73 %	3,02 %	7,32 %
1 000	100	450	0,00 %	0,02 %	0,12 %	0,41 %	1,95 %	5,13 %
1 000	50	475	0,00 %	0,01 %	0,08 %	0,29 %	1,15 %	4,17 %

Die Tabelle kann auch für die Ermittlung der Mindestgröße der nicht bedeckten Oberfläche des Elements verwendet werden, die an Ecken, Fenstern, Trägern usw. geprüft werden kann und eine Installation des Wärmestrommessers gestattet, wobei die Größe des Wärmestrommessers und die Dicke des Elements bekannt sind.

Für eine sinnvolle Interpretation der Meßergebnisse muß die Größe des Meßbereichs groß genug sein, um einen repräsentativen Bereich eines Elements mit zufälligen Unregelmäßigkeiten abzudecken, oder sie muß eine ganzzahlige Anzahl von regelmäßig auftretenden Inhomogenitäten abdecken (siehe auch 5.1.1). Daraus folgt, daß der Meßbereich und damit der geeignete Wärmestrommesser in Übereinstimmung je nach Typ der gemessenen Prüfelemente gewählt werden muß (Größe der Blöcke, Auswirkungen von Mörtelschichten, Symmetrie, usw.).

5.1.3 Oberflächenbezogene Wärmeübergangskoeffizienten und Wärmeübergangswiderstände zwischen Element und Wärmestrommesser

Alle Abweichungen in den oberflächenbezogenen Wärmeübergangskoeffizienten oder in den Wärmeübergangswiderständen zwischen dem Element und dem Wärmestrommesser stellen eine potentielle Quelle von Temperaturdifferenzen an der Oberfläche des Elements dar. Bedeutende Fehler treten auf, wenn nicht der Wärmeübergangswiderstand des Elements im Vergleich zu den Ungleichmäßigkeiten in den Oberflächen- und Übergangswiderständen einen hohen Wert aufweist. Wenn der Wärmeübergangswiderstand des Elements kleiner als $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ist, müssen spezielle, in dieser Norm nicht beschriebene Verfahren verwendet werden.

5.2 Einschränkungen und Fehler aufgrund des Elements

5.2.1 Dicke des Elements

Die Dicke des Elements wird durch den maximalen Wärmedurchlaßwiderstand des Elements bestimmt, der noch mit annehmbarer Genauigkeit gemessen werden kann.

ANMERKUNG: Dieser Wärmedurchlaßwiderstand bestimmt zusammen mit der Mindesttemperaturdifferenz zwischen den Oberflächen des Elementes die Mindestwärmestromdichte, die von dem Wärmestrommesser gemessen werden soll. Dieser letztgenannte Parameter wird durch die Kenngrößen des Wärmestrommessers und die verwendete Geräteausrüstung beschränkt.

5.2.2 Inhomogenitäten des Elements

Die meisten Prüfelemente für Mauerwerk sind nicht homogen. Inhomogenitäten im Prüfelement führen dazu, daß das Muster der Wärmestromdichte weder eindimensional noch gleichförmig ist.

ANMERKUNG: Inhomogenitäten wirken sich in erhöhten Ungleichmäßigkeiten der Temperaturen und lokalen Wärmeübertragungskoeffizienten aus, so daß die Durchführung der folgenden Punkte erschwert oder unmöglich gemacht werden:

- die Definition einer mittleren Oberflächentemperatur;
- die Ermittlung einer Instabilität zwischen Meß- und Schutzbereichen;
- die Definition des Meßbereichs;
- die Fehleranalyse der Prüfergebnisse für ein bestimmtes Element.

Eine sofortige Lösung für alle Probleme steht nicht zur Verfügung; für aus mehreren Schichten aufgebaute Produkte sind besondere Überlegungen erforderlich (siehe auch Literaturhinweise in Anhang D). Der Prüfer sollte sich der Auswirkungen von Anomalien bewußt sein.

Berechnungen der Bedeutung und Auswirkung von Inhomogenitäten sind von großem Nutzen für die Vorhersage des wärmetechnischen Verhaltens des Prüfelements. Treten erhebliche, nicht erklärbare Abweichungen zwischen dem vorhergesagten und dem gemessenen Verhalten auf, sollte eine sorgfältige Überprüfung des Elements vorgenommen werden, um etwaige Abweichungen zwischen den angegebenen und den tatsächlich am Prüfelement gemessenen Größen, Abmessungen, Materialien, usw. festzustellen (siehe Anhang D). Alle Abweichungen und Unregelmäßigkeiten von der ursprünglichen Spezifikation sind in einem Bericht festzuhalten.

5.2.3 Feuchtigkeitsgehalt des Elements

Feuchtigkeitstransport während der Prüfung kann einen bedeutenden Einfluß auf die Prüfergebnisse haben. Feuchtigkeit kann sich auf zwei Arten auswirken: i) Auswirkungen auf die Wärmeleitfähigkeit und ii) Auswirkungen von Feuchtigkeitsmigrationen und Phasenübergängen.

Die erstgenannte Auswirkung beeinflusst die thermischen Eigenschaften des Elements, die möglicherweise durch die Prüfung untersucht werden sollen.

Die zweite Auswirkung muß als Prüffehler interpretiert werden, falls mit der Prüfung die thermischen Eigenschaften eines feuchten Elements im stationären Zustand ermittelt werden sollen. Falls jedoch der Zweck der Prüfung darin besteht, das wärmetechnische Verhalten unter Einsatzbedingungen zu ermitteln, muß die zweite Auswirkung als ein integraler Bestandteil der Messung betrachtet werden und stellt daher keinen Prüffehler dar. In diesem Fall muß darauf geachtet werden, daß die Meßdauer repräsentativ für normale Einsatzbedingungen ist.

ANMERKUNG: Unter den in 10.4 aufgeführten Identifizierungsverfahren, die derzeit verfügbar sind werden Stoffübertragungsphänomene nicht berücksichtigt. Die Bewertung der Methode entsprechend Anhang A zeigt diesen Mangel, ist jedoch nicht in der Lage zu beurteilen, wann die Erfassung der Stoffübertragung korrekt erfolgt..

Um eine korrekte physikalische Interpretation der Auswirkungen von Feuchtigkeit bei Vor-Ort-Messungen vorzunehmen, muß die Internationale Norm ISO/DIS 10051 herangezogen werden.

5.2.4 Elemente, in denen Luftströmung möglich ist

Seitliche Wärmeströme aufgrund eines Luftstroms können bei Prüfelementen mit folgenden Merkmalen auftreten: i) Luftschichten oder große Hohlräume (die die Größe des Meßbereichs überschreiten), z.B. Ziegel, zweischaliges Mauerwerk, abgehängte Decken, kalte Flachdächer, ii) nicht luftdichte Elemente, die sehr starkem Wind ausgesetzt sind, iii) luftdurchlässige Materialien, die großen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, oder iv) schlecht vorgenommene Isolierung der Elemente. Wenn die Struktur der Elemente und/oder die Prüfbedingungen so sind, wie in diesem Abschnitt beschrieben, können erhebliche und nicht vorhersagbare Fehler die Folge sein. Aus diesem Grund darf der Wärmedurchlaßwiderstand von Oberfläche zu Oberfläche des betreffenden Elements in diesem Fall nicht gemäß dieser Norm bestimmt werden.

ANMERKUNG: Dies impliziert nicht notwendigerweise, daß die Wärmestromdichte, die mit einem Wärmestrommesser gemäß dieser Norm gemessen wurde, nicht korrekt ist (siehe Anforderungen an die Gleichmäßigkeit der Temperaturen in Abschnitt 6.1).

6 Meßeinrichtung

6.1 Wärmestrommesser

Die Wärmestrommesser, wie in 3.1 definiert, sind thermisch widerstandsfähige Platten mit Temperaturfühlern, die so angeordnet sind, daß das von den Fühlern abgegebene elektrische Signal in direkter Beziehung zur Wärmestromdichte durch die Platte steht(siehe Bilder 2 und 3)

ANMERKUNG 1: Der Wärmestrommesser kann zu Schutzzwecken mit einer Verkleidung ausgestattet sein. Um die Messungen zu verbessern oder zu vereinfachen, werden mitunter Metallplatten oder -folien für den Temperatúrausgleich verwendet; diese müssen jedoch so angeordnet werden, daß die Ergebnisse nicht von den thermischen Eigenschaften des zu messenden Elements abhängen. Die Meßfläche (aktive Fläche) des Wärmeflußmessers ist häufig kleiner als die Gesamtfläche des Wärmestrommessers (siehe 4.4 und Bild 4). Ausführlichere Angaben zur Struktur von Wärmestrommessern können der Internationalen Norm ISO 8301 entnommen werden.

Die folgenden Anforderungen müssen erfüllt sein:

- a) Das Vorhandensein des Wärmestrommessers während der Prüfung darf keine bedeutenden Änderungen des Gesamtwärmeübergangswiderstands zwischen der Oberfläche des Elements und der Umgebung zur Folge haben (siehe Anhang E). Diese Bedingung gilt als erfüllt, wenn der Gesamtwärmeübergangswiderstand zwischen der Elementoberfläche und der Umgebung mindestens dreimal so groß ist wie der Wärmedurchlaßwiderstand des Wärmestrommessers.

ANMERKUNG 2 :Siehe Anhang C über einige Störungen, die durch den Wärmestrommesser verursacht werden.

- b) Die Meßempfindlichkeit des Wärmestrommessers muß ein ausreichendes Signal für die niedrigste gemessene Wärmestromdichte gewährleisten, so daß der Fehler beim Ablesen der EMK des Wärmestrommessers unter 0,5 % liegt. Dieses Signal muß eine monotone Funktion der Wärmestromdichte sein. Es muß berücksichtigt werden, daß das Signal von der Wärmeleitfähigkeit des Materials, auf dem der Wärmeflußmesser installiert wurde, von der Temperatur des Wärmestrommessers oder von anderen physikalischen Faktoren wie Belastungen usw. abhängig ist (siehe Abschnitt 7, Kalibrierung von Wärmestrommessern).

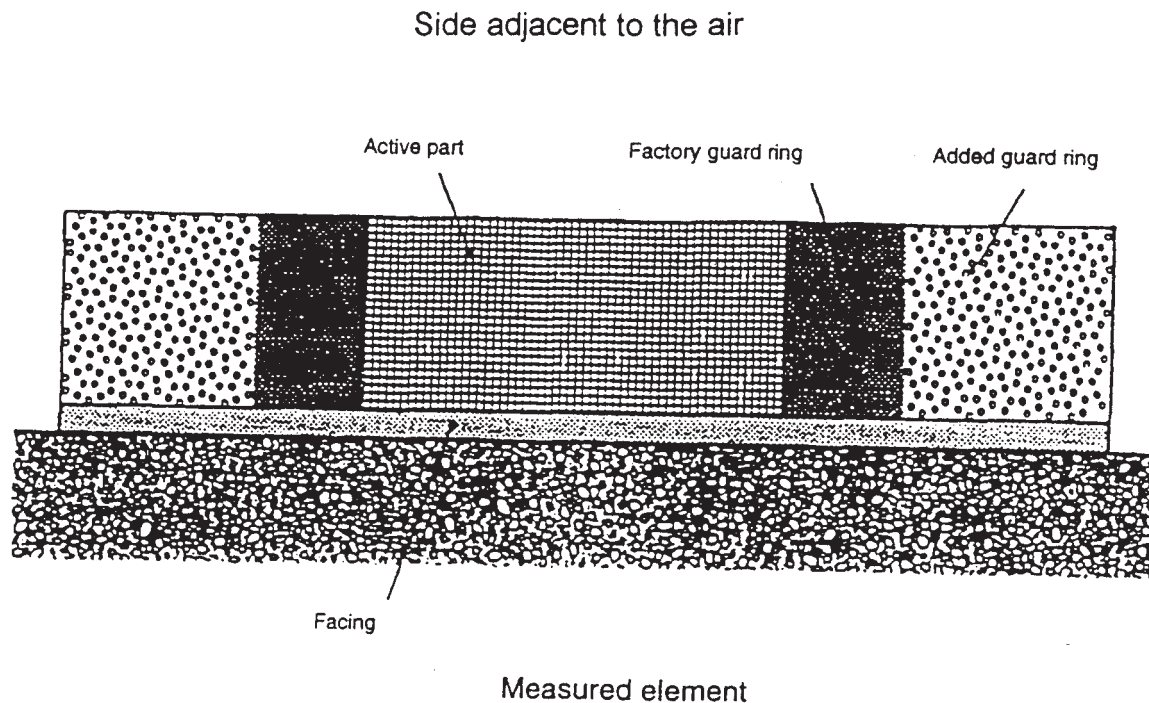


Bild 2: Querschnitt durch einen typischen Wärmestrommesser mit seinen verschiedenen Bestandteilen (vergrößerter vertikaler Maßstab)

- c) Der Meßbereich muß einer repräsentativen Fläche des Elements entsprechen, siehe auch 5.1.1. Bei Elementen mit zufällig verteilten Unregelmäßigkeiten (z.B. Kies in Betonwänden) muß die Seitenlänge des Meßbereichs mindestens 20mal so groß sein wie die größte erwartete Unregelmäßigkeit. Bei modularen Elementen sollte der Meßbereich vorzugsweise genau eine ganzzahlige Anzahl der Module umfassen.
- d) Der Instabilitätswärmestrom Φ_2 muß innerhalb von annehmbaren Grenzen liegen.

ANMERKUNG 3: Der Instabilitätswärmestrom Φ_2 im Wärmestrommesser bei Vor-Ort-Messungen ergibt sich aus den Ungleichmäßigkeiten sowohl bei den oberflächenbezogenen Wärmeübergangskoeffizienten als auch bei den Umgebungstemperaturen für den Bereich in unmittelbarer Nähe des Meßbereichs. Diese Ungleichmäßigkeiten haben folgende Auswirkungen: i) Die Durchschnittstemperatur der Oberfläche des Elements im Meßbereich und die Durchschnittstemperatur der Oberfläche des Elements im Schutzbereich sind nicht gleich; ii) es gibt eine gewisse Meßungenauigkeit für die durchschnittliche Oberflächentemperatur für jeden der Bereiche. Diese Konzepte lassen sich sowohl für die Warm- als auch für die Kaltseite des Elements anwenden.