

DIN EN 17888-1

ICS 91.120.10

Einsprüche bis 2022-11-09

Entwurf**Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden –
In-situ-Messung an Bauwerksprüfkörpern –
Teil 1: Datenerfassung für die Prüfung des Gesamtwärmeverlustes;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17888-1:2022**

Thermal performance of buildings –
In situ testing of building test structures –
Part 1: Data collection for aggregate heat loss test;
German and English version prEN 17888-1:2022

Performance thermique des bâtiments –
Mesurage in-situ de bâtiment d'essai –
Partie 1: Collecte des données pour le test de perte de chaleur globale;
Version allemande et anglaise prEN 17888-1:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-09-09 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 66 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17888-1:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SIS (Schweden) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-56-98 AA „Wärmetechnisches Messen (SpA zu CEN/TC 89/WG 8, WG 12, WG 13 und WG 14, ISO/TC 163/SC 1/WG 15, WG 16, WG 20 und WG 21)“ im DIN-Normenausschuss DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

**Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – In-situ-Messung an
Bauwerksprüfkörpern – Teil 1: Datenerfassung für die Prüfung des
Gesamtwärmeverlustes**

Thermal performance of buildings – In situ testing of building test structures – Part 1: Data collection for aggregate heat loss test

Performance thermique des bâtiments – Mesurage in-situ de bâtiment d’essai – Partie 1: Collecte des données pour le test de perte de chaleur globale

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Symbole und Einheiten	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Symbole und Einheiten	10
4 Grundlagen des Prüfverfahrens	11
5 Anforderungen an Bauwerksprüfkörper	11
5.1 Anforderungen an die Auslegung von Bauwerksprüfkörpern	11
5.2 Standort des Bauwerksprüfkörpers	12
5.3 Thermische Qualifizierung des Bauwerksprüfkörpers	12
5.4 Anforderungen an die Auslegung für den Einbau von Dämmsystemen in den Bauwerksprüfkörper	13
5.5 Nicht geprüfte Zonen (geschützte Zonen)	13
6 Geräte und zugehörige Kalibrieranforderungen	14
6.1 Interne Geräte	15
6.1.1 Temperatursensoren	15
6.1.2 Sensoren für relative Luftfeuchte	15
6.1.3 Elektrische Widerstands-Heizlüfter	15
6.1.4 Elektrisches Umwälzgebläse	15
6.1.5 Temperatursteuernngen	15
6.1.6 Elektrizitätszähler	15
6.1.7 Datenregistriereinrichtung	15
6.1.8 Verlängerungskabel	16
6.2 Externe Geräte	16
6.2.1 Wetterstation mit Pyranometer	16
6.2.2 Datenregistriereinrichtung	16
6.3 Abtastrate	16
7 Vorbereitung des Bauwerksprüfkörpers sowie Einbau und Anordnung der Geräte	17
7.1 Allgemeines	17
7.2 Anordnung und Anzahl von Geräten	17
7.2.1 Allgemeines	17
7.2.2 Interne Sensoren für Lufttemperatur und relative Luftfeuchte	17
7.2.3 Elektrische Widerstands-Heizlüfter	18
7.2.4 Elektrisches Umwälzgebläse	18
7.2.5 Temperatursteuernngen	18
7.2.6 Elektrizitätszähler	18
7.2.7 Datenregistriereinrichtung	19
7.2.8 Wetterstation und Pyranometer	19
7.3 Messungen der Luftdichtheit und/oder der Luftinfiltrationsrate	19
7.4 Festlegung und Aufrechterhaltung interner Sollwertbedingungen	19
8 Prüfverfahren	20
8.1 Allgemeine Prüfbedingungen für den Bauwerksprüfkörper	20
8.2 Prüfung mit Differenzdruck	21
8.3 Heizen	21
8.4 Prüfdauer	22
8.5 Prüfung mit Differenzdruck nach der Prüfung	22
9 Datenerfassung	22
9.1 Aufzeichnung der Daten	22
9.2 Herunterladen von Daten	23

9.3	Überprüfung der Daten	23
10	Prüfbericht	23
10.1	Allgemeines	23
10.2	Beschreibung der Prüfung	23
10.3	Kontrolle und Validierung	24
10.4	Ergebnisse	24
10.5	Anhänge	24
Anhang A (informativ)	Prinzip der Auslegung eines Mehrzonen-Bauwerksprüfkörpers	25
Anhang B (informativ)	Beispiele für Bauwerksprüfkörper, die in Europa für <i>In-situ</i> -Prüfungen verwendet werden	28
Anhang C (informativ)	Beispiel für die Anordnung von Geräten in einem Bauwerksprüfkörper	31
Literaturhinweise		32

Bilder

Bild 1	Anordnung der Temperatursensoren für die Temperaturverteilung	18
Bild A.1	Beispiel eines Mehrzonen-Bauwerksprüfkörpers — 2D	25
Bild A.2	Beispiel eines Mehrzonen-Bauwerksprüfkörpers — Perspektive	26
Bild B.1	Fraunhofer IBP — Zwillingsprüfhäuser (Holzkirchen — Deutschland)	28
Bild B.2	CERSI — Bauwerksprüfkörper mit lichtundurchlässigem Dach (Limoux — Frankreich)	29
Bild B.3	GLEEB — Energie-Flex-Haus (Kopenhagen — Dänemark)	30
Bild C.1	Beispiel für die Anordnung der Geräte	31

Tabellen

Tabelle 1	Beispiel einer Eigenschaftstabelle	12
Tabelle A.1	Beispiel für Prüfzonen und geschützte Zonen	27

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17888-1:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SIS gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Die Energieressourcen der Welt werden in einem erheblichen Ausmaß verbraucht, was zur Erschöpfung der nicht erneuerbaren Ressourcen führen wird. Es ist unerlässlich, Energie zu sparen. Der Gebäudesektor kann durch seinen Energieverbrauch bis zu 40 % des Gesamtenergieverbrauchs ausmachen (in gemäßigten Klimazonen, wo Heizung und Kühlung den größten Energiebedarf in Gebäuden ausmachen). Die Energieeinsparung in Gebäuden kann zu einer Verlangsamung des Verbrauchs nicht erneuerbarer Ressourcen und folglich der Entstehung von Treibhausgasen führen.

Ein entscheidender Beitrag zur Energieeinsparung in Gebäuden ist die Minimierung der Wärmeverluste eines Gebäudes. Dies wird durch die Schaffung von Gebäudehüllen erreicht, die sowohl luftdicht als auch hoch isoliert sind. Für die Bestimmung der *In-situ*-Luftdurchlässigkeit bzw. des Leckagestroms eines Gebäudes liegen mit EN ISO 12569 und EN ISO 9972 genormte Prüfverfahren vor. Dieses Dokument enthält ein Verfahren zur Messung des Gesamt-*In-situ*-Wärmeverlustes eines Bauwerksprüfkörpers. Der Gesamtwärmeverlust ist eine Kombination aus dem Wärmeverlust durch Luftinfiltration und der Wärmeübertragung der Gebäudehülle, und da die Luftinfiltrationsrate gemessen und der damit verbundene Wärmeverlust geschätzt werden kann, kann der Wert für die Wärmeübertragung der Gebäudehülle zusammen mit der kombinierten Unsicherheit geschätzt werden.

Bei der Konstruktion von Neubauten und zunehmend auch bei der Modernisierung wird eine Energieverbrauchsberechnung durchgeführt; dabei wird in der Regel ein berechneter Wert für den Gesamtwärmeverlust verwendet, der auf Annahmen bezüglich der Luftinfiltrationsraten und der berechneten *U*-Werte für die flächigen Gebäudeelemente und Öffnungen sowie auf Ψ -Werte für Wärmebrücken an den Verbindungen zwischen den flächigen Elementen (z. B. Öffnungen, Zwischendecken) beruht. Die Annahmen zur Luftinfiltration können durch Prüfungen nach standardisierten Verfahren bestätigt werden, und die Konstruktionsberechnung wird häufig nach den Prüfungen angepasst, um die tatsächlich gemessene Luftdurchlässigkeit oder den Leckagestrom des Gebäudes zu berücksichtigen, die nach dem Bauabschluss erreicht wird. Dieses Dokument enthält ein Prüfverfahren, das die Quantifizierung des tatsächlichen Gesamtwärmeverlustes des Bauwerksprüfkörpers *In-situ* ermöglicht.

Unter Einbeziehung weiterer Messungen, die außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Prüfverfahrens liegen, wird es möglich sein, die Gesamtwärmeverlustzahl auf die einzelnen flächigen Gebäudeelemente zu zerlegen. Dieses Niveau an Informationen ist für die allgemeine Bestätigung der Gesamtenergieeffizienz nicht erforderlich, wie möglicherweise von Gebäudezertifizierern oder Verbrauchern verlangt, sondern ermöglicht eine diagnostische Untersuchung des Gebäudes und die Bestätigung der tatsächlichen *In-situ*-Leistung der Gebäudeelemente. Dies wird wiederum als Grundlage für weitere Studien dienen, die durchgeführt werden könnten, um das tatsächliche wärmetechnische Verhalten bestimmter Konstruktionsverfahren, Techniken und Bauteile unter realistischen Einbaubedingungen zu bestimmen und einen Vergleich zwischen den gemessenen *In-situ*-Werten und den derzeit verwendeten berechneten Werten zu ermöglichen.

Ohne ein Prüfverfahren für den Gesamtwärmeverlust von Gebäuden ist es lediglich möglich, berechnete Werte als Grundlage für die Konstruktion des Gebäudes zu verwenden, und es gibt kaum eine Möglichkeit zu bestätigen, dass die in der Berechnung vorhergesagten Werte auch *In-situ* erreicht werden. Die fehlende Möglichkeit, die tatsächliche Leistung *In-situ* zu überprüfen und zu bestätigen, kann dazu führen, dass sowohl bei der Konstruktion als auch bei der Ausführung Praktiken angewendet werden, die die berechneten Werte ungültig oder nicht anwendbar machen. Darüber hinaus werden umfassendere Annahmen über die potenziellen Verringerungen des Energieverbrauchs, die durch die Bereitstellung neu errichteter und modernisierter energieeffizienter Gebäude erreicht werden könnten, auf der Grundlage der berechneten Gesamtgebäudeleistung getroffen, die nicht durch die Bestätigung der tatsächlichen *In-situ*-Leistung validiert wurde.

Dieses Dokument enthält ein *In-situ*-Prüfverfahren zur Messung des Gesamtwärmedurchgangskoeffizienten (H_{agg}) eines Bauwerksprüfkörpers, der aus lichtundurchlässigen Elementen besteht. Es ermöglicht den Vergleich des berechneten und gemessenen wärmetechnischen Verhaltens des Bauwerksprüfkörpers. In Teil 1 werden das Prüfverfahren und die Datenerfassung beschrieben, während Teil 2 die Auswertung stationärer Daten enthält.

Dieses Prüfverfahren ist vergleichbar mit prEN 17887-1:2022, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — In-situ-Prüfung an fertiggestellten Gebäuden — Teil 1: Datenerfassung für die Prüfung des Gesamtwärmeverlustes*, die sich mit fertiggestellten Gebäuden befasst, mit dem Unterschied, dass dieses Verfahren auf einfachere Baukörper anwendbar ist, die speziell für den Zweck der Prüfung gebaut wurden. Dies ermöglicht eine bessere Kontrolle jedes einzelnen Prüfschritts, einschließlich der Ausführung und des Einbaus des Produkts für die Bausubstanz und der Hülle, sowie der Messausrüstung, Geräte, Sensoren und Überwachung. Äußere Klimabedingungen, die während des Prüfzeitraums auftreten, bleiben unberücksichtigt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Prüfverfahren für die *In-situ*-Prüfung des wärmetechnischen Verhaltens von Baukörpern fest, die speziell für den Zweck der Prüfung gebaut wurden.

Dieses Dokument legt auch die zu verwendenden Geräte und die Messverfahren zur Erfassung der Daten sowie das Berichtsformat für das Gerät einschließlich der Bauwerksprüfkörper und der Prüfbedingungen fest.

ANMERKUNG Die Auswertung der Daten und das Berichtsformat für die Auswertung sind in prEN 17888-2 enthalten.

Dieses Dokument gilt nicht für:

- bestehende Gebäude;
- Baukörper, die direkte solare Gewinne durch Verglasungsflächen ermöglichen;
- die Bestimmung des wärmetechnischen Verhaltens eines bestimmten Bauprodukts, Materials, Bauteils oder Elements.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN ISO 7345, *Wärmeverhalten von Gebäuden und Baustoffen — Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345)*

EN ISO 7726, *Umgebungsklima — Instrumente zur Messung physikalischer Größen (ISO 7726)*

EN ISO 9229, *Wärmedämmung — Begriffe (ISO 9229)*

EN ISO 9972, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden — Differenzdruckverfahren (ISO 9972)*

EN ISO 12569, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden und Werkstoffen — Bestimmung des spezifischen Luftvolumenstroms in Gebäuden — Indikatorgasverfahren (ISO 12569)*

EN 13187, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen — Infrarot-Verfahren (ISO 6781, modifiziert)*

EN ISO 13789:2017, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Transmissions- und Lüftungswärmetransferkoeffizient — Berechnungsverfahren (ISO 13789:2017)*

EN ISO 15927, *Wärme- und feuchteschutztechnisches Verhalten von Gebäuden — Berechnung und Darstellung von Klimadaten (ISO 15927)*

EN ISO 52016-1:2017, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Energiebedarf für Heizung und Kühlung, Innentemperaturen sowie fühlbare und latente Heizlasten — Teil 1: Berechnungsverfahren (ISO 52016-1:2017)*

EN IEC 62053-21, *Elektrizitätszähler — Besondere Anforderungen — Teil 21: Elektronische Wirkverbrauchsähler für Wechselstrom der Genauigkeitsklassen 0,5, 1 und 2 (IEC 62053-21)*

ISO 9060, *Solar energy — Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation*

ISO 9869-1:2014, *Thermal insulation — Building elements — In situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance — Part 1: Heat flow meter method*

3 Begriffe, Symbole und Einheiten

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 7345, EN ISO 9229 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

3.1 Begriffe

3.1.1

Gesamtwärmeverlust

einer gesamten Bausubstanz zurechenbare Gesamtwärmeverlustrate, erhalten durch Messung der Gesamtwärmeverlusten durch flächige Elemente, Wärmebrücken und Luftinfiltration

3.1.2

Prüfung des Gesamtwärmeverlusts

Metrik für das wärmetechnische Verhalten eines Gebäudes, mit der der einer Bausubstanz zurechenbare Wärmeverlust nach dieser Prüfnorm gemessen wird

3.1.3

Gesamtwärmedurchgangskoeffizient

H_{agg}

Summe des Transmissionswärmetransferkoeffizienten (H_{tr}) und des Infiltrationsanteils des Lüftungswärmetransferkoeffizienten (H_v) auf der Grundlage von Messungen nach dieser Prüfnorm (nach prEN 17888-2)

3.1.4

Leckagestrom

Luftvolumenstrom durch die Gebäudehülle

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Luftbewegung umfasst die Strömung durch Fugen, Risse und poröse Oberflächen oder eine Kombination daraus, die auf natürliche Weise oder durch Luftfördereinrichtungen verursacht wird.

[QUELLE: ISO 9972:2015, 3.1.1]

3.1.5

Luftdurchlässigkeit

auf die Hüllfläche bezogener Leckagestrom bei der Referenzdruckdifferenz der Prüfung durch die Gebäudehülle

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Referenzdruckdifferenz für die Prüfung beträgt üblicherweise 50 Pa.

[QUELLE: ISO 9972:2015, 3.1.4]

3.1.6

Gebäudeenergiebedarf für Heizung

Wärme, die vom Heizsystem an die Prüfzone abgegeben werden muss, um die Solltemperatur während eines bestimmten Zeitraums aufrechtzuerhalten

3.1.7

Baukörper

geordnete Zusammenstellung von miteinander verbundenen Gebäudeelementen, die dafür ausgelegt sind, ein gewisses Maß an Steifigkeit bereitzustellen, oder ein Bauwerk mit einer solchen Anordnung

3.1.8

Bauwerksprüfkörper

Baukörper, der speziell für die Prüfung des wärmetechnischen Verhaltens ausgelegt ist, einschließlich aller geschützten Räume, bestehend aus Wänden, Boden und Dach, repräsentativ für ein vereinfachtes Gebäude, einschließlich der zu prüfenden spezifischen Bauprodukte, Elemente oder des Wärmedämmsystems

3.1.9

Außentemperatur (Innentemperatur)

Temperatur der Außenluft (Innenluft), gemessen mit äußeren (inneren) Lufttemperatursensoren

3.1.10

geschützte Zonen

nicht geprüfte Zonen, die von der Prüfzone durch einen Wärmeschutz getrennt sind, um den Wärmeverlust zu minimieren, so dass die Trennwand als adiabatisch angesehen werden kann

3.1.11

Wärmedurchgangskoeffizient

H

Wärmeübertragungsrate aufgrund des Wärmetransfers durch die Bausubstanz und die Lüftung, geteilt durch die Temperaturdifferenz (ΔT) zwischen zwei Umgebungen

3.1.12

Infiltrationsluft

unkontrolliertes Eindringen von Luft in einen Raum durch undichte Stellen in der Gebäudehülle

3.1.13

In-situ-Prüfung

Prüfung in einem tatsächlichen Gebäude oder in einem eigens für die Prüfung errichteten, realistischen Modell im Realmaßstab, das einer realistischen Innenumgebung und der natürlichen Außenumgebung in einer Weise ausgesetzt ist, die für die normale Endanwendung repräsentativ ist

3.1.14

innere Solltemperatur

Gesamtinnentemperatur des Baukörpers, die erforderlich ist, um die Mindesttemperaturdifferenz (ΔT) für die Dauer der Prüfung zu erreichen

3.1.15

quasi stationärer Zustand

Zustand, unter dem die inneren Bedingungen innerhalb des Prüfgebäudes konstant gehalten werden, während die äußeren Bedingungen als Reaktion auf Veränderungen der äußeren Umweltbedingungen dynamisch variieren dürfen. In einem solchen Zustand werden die transienten Phasen innerhalb des Prüfgebäudes minimiert

3.1.16

solarer Wärmegegewinn

Wärme, die durch die Sonnenstrahlung erzeugt wird, die direkt oder indirekt (nach der Absorption durch Gebäudeelemente) durch Fenster, opake Wände und Dächer oder passive solare Einrichtungen wie Wintergärten, transparente Dämmungen und Solarwände in ein Gebäude eindringt

[QUELLE: ISO 52000-1:2017,3.6.10]

3.1.17

Temperaturdifferenz

ΔT

Differenz zwischen der Innentemperatur und der Außenlufttemperatur

3.1.18

Prüfzone

Teil des Bauwerksprüfkörpers, in dem die Prüfung durchgeführt wird

3.1.19

thermische Gebäudehülle

Elemente eines Gebäudes, die konditionierte Räume umschließen, durch die Wärmeenergie an/von der Außenumgebung oder an/von nicht konditionierten Räumen übertragen wird

3.1.20

Wärmedämmsystem

Kombination aus Wärmedämmprodukt(en) und zugehörige(m)(n) Bauteil(en), wie z. B. Unterdeck- und Unterspannbahn für Wände und/oder Dampfsperre, einschließlich Lufträumen, wenn sie zum wärmetechnischen Gesamtverhalten des Systems beitragen

3.1.21

Transmissionswärmetransferkoeffizient

H_{tr}

Wärmestrom, der durch Transmission durch ein Gebäudeelement auftritt, geteilt durch die Differenz zwischen der Temperatur der Umgebung auf beiden Seiten des Elements

Anmerkung 1 zum Begriff: Vereinbarungsgemäß gilt für einen Wärmetransfer zwischen einem konditionierten Raum und der äußeren Umgebung ein positives Vorzeichen, wenn der Wärmestrom vom Innenraum nach außen erfolgt (Wärmeverlust).

[QUELLE: EN ISO 13789:2017, 3.6]

3.1.22

Lüftungswärmetransferkoeffizient

H_v

Wärmestrom, der durch aufgrund von Lufteintritt oder Lüftung in einen konditionierten Raum eintretende Luft erfolgt, geteilt durch die Differenz zwischen der Temperatur im Innenraum und der einströmenden Luft

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Temperatur der einströmenden Luft bei Lufteintritt ist gleich der Außentemperatur.

[QUELLE: EN ISO 13789:2017, 3.7]

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei dieser Analyse wird die Lüftungskomponente des Lüftungswärmetransferkoeffizienten (H_v) in der Regel weggelassen und nur die Infiltrationskomponente in den Wärmedurchgangskoeffizienten (H) einbezogen, da die vorgesehenen Lüftungswege während der Prüfung abgedichtet werden.

3.2 Symbole und Einheiten

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Einheiten.

Symbol	Größe	Einheit
A_{test}	Gesamtfläche des Baukörpers, die mit der äußeren Umgebung in Berührung kommt	m^2
A_g	Gesamtfläche der Elemente, die sich zwischen der Prüfzone und allen geschützten Zonen befinden	m^2

Symbol	Größe	Einheit
ΔT	Differenz zwischen der Innentemperatur des Gebäudes und der Außenlufttemperatur	K
$R_{\max}$	Maximaler Wärmedurchlasswiderstand des im Bauwerksprüfkörper enthaltenen Dämmprodukts	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
R_g	Minimaler Wärmedurchlasswiderstand des Elements zwischen dem Prüfbereich und den geschützten Zonen	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
H	Wärmedurchgangskoeffizient	W/K
H_{agg}	Gesamtwärmedurchgangskoeffizient des Gebäudes	W/K
H_{tr}	Transmissionswärmetransferkoeffizient	W/K
H_v	Lüftungswärmetransferkoeffizient	W/K

4 Grundlagen des Prüfverfahrens

Das Prüfverfahren ist ein quasi stationäres Verfahren zur Messung des Gesamtwärmeverlustes (sowohl der thermischen Gebäudehülle als auch der Luftinfiltration) in W/K , der einem unbewohnten Bauwerksprüfkörper zuzuschreiben ist. Es beinhaltet das Erwärmen der Innenseite des Bauwerksprüfkörpers mit Heizgeräten auf die erforderliche mittlere innere Solltemperatur (in der Regel 25°C) über einen festgelegten Zeitraum (in der Regel mindestens 15 Tage), während gleichzeitig die äußeren Klimabedingungen aufgezeichnet werden.

Durch Messung der Innen- und Außenbedingungen sowie der Menge an elektrischer Energie, die zur Aufrechterhaltung der mittleren inneren Solltemperatur erforderlich ist, kann der tägliche Wärmeeintrag (in Watt) in den Bauwerksprüfkörper ermittelt werden. Insbesondere kann der Gesamtwärmedurchgangskoeffizient H_{agg} (in W/K) für den Bauwerksprüfkörper für eine Reihe von quasi stationären Bedingungen bestimmt werden, indem die Wärmeeinträge regelmäßig gegen die gemessene Differenz zwischen den Innen- und Außentemperaturen des Bauwerksprüfkörpers aufgetragen werden.

Dieses Prüfverfahren legt keine spezifischen Bedingungen in Bezug auf Feuchtigkeit fest, da Feuchtigkeit eine natürliche Variation des Wetters und der Nutzungsbedingungen ist. Allerdings werden die inneren und äußeren Feuchtegrade während der Prüfung aufgezeichnet, aber nicht geregelt, und die zusammengefassten Werte werden im Bericht aufgeführt. Es werden auch Anforderungen angegeben, um ungewöhnliche Feuchtegrade im Prüfkörper zu vermeiden.

ANMERKUNG 1 Die Gesamtprüfdauer hängt von mehreren Parametern ab, die es erforderlich machen können, dass die Prüfung über einen längeren Zeitraum als 15 Tage durchzuführen ist (siehe 8.4).

ANMERKUNG 2 Wenn die Prüfung unter geeigneten Bedingungen durchgeführt wird, sind weitere optionale Prüfungen der Leistungsfähigkeit der Bausubstanz möglich, wie z. B. Messungen der Wärmestromdichte und Infrarot-Wärmebilder zu Diagnosezwecken.

5 Anforderungen an Bauwerksprüfkörper

5.1 Anforderungen an die Auslegung von Bauwerksprüfkörpern

Der speziell für den Zweck der *In-situ*-Prüfung angefertigte Bauwerksprüfkörper muss:

- so ausgelegt sein, dass multidirektionale (3D) Wärmedurchgänge ermöglicht werden, einschließlich verbleibender Wärmebrücken aufgrund von Verbindungen zwischen Wänden, Böden und Dachschrägen;
- so ausgelegt sein, dass vereinfachte Berechnungen ermöglicht werden:
 - keine Belegung;

- keine verglasten (oder abgedeckten) Flächen, nur lichtundurchlässige Elemente;
- kein mechanisches oder natürliches Lüftungssystem, sondern eine natürliche Luftinfiltrationsrate aufgrund von Undichtheit, die nach 7.3, 8.2 und 8.5 zu bestimmen ist;
- zu Prüfzwecken ein Volumen und eine Oberfläche haben:
 - Decken- und Firsthöhe von mehr als zwei Metern, so dass Personen eintreten und aufrecht stehen können;
 - Bodenfläche von mindestens 20 m² (herkömmliche Begrenzung);
 - den äußeren Wetterbedingungen ausgesetzte Fläche von mindestens 40 m² (herkömmliche Begrenzung).

ANMERKUNG Eine Kurzbeschreibung der Konstruktion von Mehrzonen-Bauwerksprüfkörpern ist in Anhang A dargestellt. Beispiele für bestehende Bauwerksprüfkörper in Europa sind in Anhang B dargestellt.

5.2 Standort des Bauwerksprüfkörpers

Der Bauwerksprüfkörper muss:

- außen auf einer Freifläche aufgestellt werden, die den äußeren Klimabedingungen ohne natürlichen oder baulichen Schutz (Abdeckungen) ausgesetzt ist. Er darf während des Prüfzeitraums nicht bewegt werden;
- so ausgerichtet sein, dass er den vorherrschenden Witterungsparametern als Referenzaufbau ausgesetzt ist und möglichst genau darauf ausgerichtet ist:
 - zur Sonne. Der Bauwerksprüfkörper muss so nah wie möglich an einer parallel zur Ost-West-Richtung verlaufenden Linie ausgerichtet sein. Der geschützte Eingang muss in nördlicher oder östlicher Richtung liegen;
 - zum Wind. Der Dachfirst des Bauwerksprüfkörpers ist so auszurichten, dass eine der Dachschrägen der vorherrschenden Windrichtung des Prüfgeländes so nahe wie möglich zugewandt ist, ohne dass eine Verdeckung durch Vegetation oder Gebäudeelemente vorliegt.

ANMERKUNG Eine vorausgehende Analyse der Wetterbedingungen des Standortes kann vorgenommen werden, um eventuelle Einschränkungen der Ergebnisse durch den Standort zu bestimmen.

5.3 Thermische Qualifizierung des Bauwerksprüfkörpers

Der Bauwerksprüfkörper wird durch sein wärmetechnisches Verhalten qualifiziert, das durch konventionelle physikalische Modelle vorhergesagt wird. Hierzu ist es notwendig, eine Datenbank zu erstellen, in der die wichtigsten Eigenschaften der einzelnen Bauteile, die nach den einschlägigen standardisierten Laborprüfverfahren gemessen wurden, zentral erfasst werden. Siehe das Beispiel in Tabelle 1. Diese Daten werden für physikalische Vorhersagemodelle bereitgestellt, die verbessert werden sollen und durch einen Vergleich mit den aufgezeichneten Messdaten soll die vorhergesagte energetische Bewertung des Bauwerksprüfkörpers validiert werden.

Tabelle 1 — Beispiel einer Eigenschaftstabelle

Bauteile der Wand	Wärmeleitfähigkeit (W/m · K)	Schüttdichte (kg/m ³)	Dicke (mm)	Wärmekapazität (J/kg · K)	Emissionsgrad (beide Seiten) —	usw.
Gipsplatte	0,250	680	12,5	960	0,9/0,9	...
Luftspalt	0,285	1	50	1 005	0,9/0,9	...

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Bauteile der Wand	Wärmeleitfähigkeit (W/m · K)	Schüttdichte (kg/m³)	Dicke (mm)	Wärmekapazität (J/kg · K)	Emissionsgrad (beide Seiten) —	usw.
Metallrahmen	50	285	48	1 000	0,9/0,9	
Dampfsperre	—	500	0,2	1 800	0,9/0,9	...
Dämmstoff	0,038	50	200	2 100	0,9/0,9	...
Betonblöcke	0,130	500	200	1	0,9/0,9	...
...	...	...	...	...	...	...

Diese Datenbank muss vollständig sein, um das thermische Verhalten des Bauwerks zu charakterisieren, wenn es durch Berechnung geschätzt wird. Tabellarische Werte, die direkt gemessene Eigenschaften ersetzen, müssen so weit wie möglich vermieden werden, da exogene Daten die Unsicherheit erhöhen können. Falls dennoch tabellarische Daten verwendet werden, müssen diese im Bericht mit entsprechenden Verweisungen angegeben werden.

5.4 Anforderungen an die Auslegung für den Einbau von Dämmsystemen in den Bauwerksprüfkörper

Das in den Bauwerksprüfkörper einzubauende Dämmsystem muss zuvor mit stationären Laborprüfverfahren nach den entsprechenden harmonisierten Produktnormen bewertet worden sein.

Der Einbau des Dämmsystems muss in Übereinstimmung mit den Anweisungen des Herstellers erfolgen. Der Einbau muss eine Unterspannbahn für Wände und/oder Dampfsperre umfassen.

Vor der *In-situ*-Prüfung muss eine herkömmliche Berechnung des wärmetechnischen Verhaltens des gedämmten Bauwerksprüfkörpers nach entsprechenden genormten Verfahren wie (aber nicht darauf beschränkt) EN ISO 13789:2017 oder EN ISO 52016-1:2017 durchgeführt werden, wobei die genaue Auslegung und die Eigenschaften des eingebauten Dämmsystems berücksichtigt werden müssen. Damit werden die zu installierende Gesamtleistung und die vorausgesagten Wärmeverluste durch die geschützten Zonen bestimmt.

Der Beginn der Hauptprüfungen erfolgt, nachdem der Bauwerksprüfkörper mit Obermaterialien wie Gipsplatten oder ähnlichen Produkten vollständig ausgekleidet wurde. Die Bauwerksprüfkörper müssen durch Heizen und Lüften getrocknet werden, bis die im Inneren der Bauwerksprüfkörper gemessene relative Luftfeuchte einen Wert zwischen 40 % und 60 % erreicht hat.

5.5 Nicht geprüfte Zonen (geschützte Zonen)

Ein Bauwerksprüfkörper darf entweder eine einzelne Zone enthalten oder ein Bauwerksprüfkörper mit mehreren Zonen sein. Bei der Prüfung eines vollständigen Bauwerksprüfkörpers sollten geschützte Zonen minimiert werden, da sie zusätzliche Unsicherheitsparameter darstellen können, so dass die aufgezeichneten Daten weniger aussagekräftig sind als bei einem Bauwerksprüfkörper ohne geschützte Zonen, z. B. aufgrund der Auswirkungen auf Wärmebrücken zwischen Boden und Wänden.

Wenn geschützte Zonen verwendet werden, müssen sie die folgenden Anforderungen erfüllen:

- gemessene oder berechnete Wärmeübergänge in nicht geprüften Bereichen dürfen nicht mehr als 5 % der gesamten Wärmeverluste ausmachen;
- es darf kein Luftaustausch zwischen geschützten und nicht geschützten Zonen stattfinden;

- alle Restwärmeverluste oder -gewinne, die von geschützten Zonen ausgehen, müssen durch Berechnungen und/oder direkte Messungen bewertet werden;
- alle möglichen Änderungen im thermischen Verhalten des Bauwerksprüfkörpers müssen durch Berechnungen und/oder direkte Messungen bewertet werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die Anforderungen für geschützte Zonen erfüllt sind, durch:

- Messung der Oberflächentemperaturdifferenz zwischen der Prüf- und der Schutzzone sowie Begrenzung dieser Temperaturdifferenz auf einen Wert möglichst nahe bei 0 K und nicht mehr als ± 1 K während der Prüfung;
- Verwendung eines luftdichten Dämmsystems zusammen mit dem Wärmedurchlasswiderstand R_g der Elemente zwischen der Prüfzone und allen geschützten Zonen, der nach Gleichung (1) berechnet werden muss:

$$R_g \geq 2 \times \left(\frac{A_g}{A_{\text{test}}} \right) \times R_{d_max} \quad (1)$$

Dabei ist

R_g der minimale Wärmedurchlasswiderstand des Elements zwischen der geprüften und der nicht geprüften Zone, in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$;

A_g Gesamtfläche der Elemente, die sich zwischen der Prüfzone und allen geschützten Zonen befinden, m^2 ;

A_{test} Gesamtfläche des Prüfkörpers, in m^2 ;

R_{max} maximaler Wärmedurchlasswiderstand des im Prüfkörper enthaltenen Dämmprodukts, $\text{m}^2 \cdot \text{K/}$

BEISPIEL Unter Berücksichtigung einer Prüfzelle mit:

- einem 50 m^2 Prüfkörper, der für Dämmprodukte wie $R_{d_max} = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ausgelegt ist;
- einer geschützten Zone, die durch eine 10 m^2 große Wand von der Prüfzone getrennt ist. Der Wärmedurchlasswiderstand der Wand, die die Prüfzone von der geschützten Zone trennt, muss $R_g \geq 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ betragen (wobei die Temperaturdifferenz zwischen der Prüfzone und der geschützten Zone geringer als 1 K sein muss).
- Durchführung von optionalen Leistungsprüfungen der Bausubstanz unter Anwendung von Messungen der Wärmestromdichte nach ISO 9869-1:2014 und Infrarot-Wärmemessungen zur Erkennung möglicher Wärmebrücken nach EN 13187;
- die Eingangstür des Bauwerksprüfkörpers muss vor äußeren Klimabedingungen und insbesondere vor Winddruck und Luftinfiltration geschützt sein (z. B. durch Verwendung einer geschützten Zone als geschützter Eingang).

6 Geräte und zugehörige Kalibrieranforderungen

Die Kalibrierung ist nicht nur für die einzelnen Sensoren erforderlich, sondern auch für jede Messkette, vom Sensor bis zum Computer. Zur Durchführung der Prüfung des Gesamtwärmeverlusts des Baukörpers ist eine Reihe von Geräten erforderlich. Diese wurden unterteilt in interne Geräte (6.1), die vorrangig zur Bestimmung der Innentemperatur und zur Durchführung der erforderlichen Messungen dienen, und äußere Wettermessgeräte (6.2). Alle Geräte müssen den Anforderungen nach EN ISO 7726 entsprechen.

6.1 Interne Geräte

6.1.1 Temperatursensoren

Diese werden zur Messung der Innentemperatur im Gebäude verwendet.

Die Temperatursensoren müssen in einem gut isolierten Behälter für mehrere Werte in dem betreffenden Bereich im Vergleich zu einem Referenzsensor mit einer Genauigkeit von besser als $\pm 0,5$ K kalibriert werden. Das Kalibrierverfahren muss derart sein, dass die Temperaturdifferenz zwischen einem Paar von Sensoren besser als ± 2 % ist und die Temperatur mit einer Genauigkeit von besser als 0,5 K gemessen werden kann.

6.1.2 Sensoren für relative Luftfeuchte

Diese werden zur Messung der relativen Luftfeuchte im Gebäude verwendet.

Die Sensoren für die relative Luftfeuchte müssen in einem gut isolierten Behälter für mehrere Werte in dem betreffenden Bereich im Vergleich zu einem Referenzsensor mit einer Genauigkeit von mehr als 5 % kalibriert werden.

6.1.3 Elektrische Widerstands-Heizlüfter

Diese werden zum Heizen des Bauwerksprüfkörpers verwendet.

Es muss sich um ein Modell mit variabler Wärmeleistung handeln, da dies ein gewisses Maß an Anpassung und mehr Flexibilität bei der Einteilung in Zonen ermöglicht.

6.1.4 Elektrisches Umwälzgebläse

Diese werden zur Durchmischung der Innenluft im Gebäude verwendet.

Es muss ein Ventilator mit variabler Drehzahl verwendet werden, da es bei Bedarf ein gewisses Maß an Anpassung ermöglicht.

6.1.5 Temperatursteuerungen

Diese dienen dazu, die Wärmeleistung der elektrischen Heizlüfter zu regeln und eine fest eingestellte Innentemperatur in einem kontrollierten Bereich um die Solltemperatur aufrechtzuerhalten.

Sie müssen über eine Proportional-, Integral- und Differenzialsteuerung (PID) und eine automatische Einstellung oder eine gleichwertige Funktion verfügen. Sie müssen in der Lage sein, die Temperatur in einem Bereich von $\pm 0,5$ K um die Solltemperatur zu steuern.

6.1.6 Elektrizitätszähler

Sie dienen zur Messung des Stromverbrauchs der elektrischen Widerstands-Heizlüfter, der elektrischen Umwälzgebläse und der während den Prüfungen verwendeten Überwachungs- und Aufzeichnungsgeräte (Datenlogger und Sensoren).

Die Elektrizitätszähler müssen EN 62053-21, Klasse 1, entsprechen. Die Elektrizitätszähler müssen einen gepulsten Ausgang haben, der von der Datenregistriereinrichtung mit einer Mindestauflösung von 1 Wattstunde (Wh) gelesen werden kann.

6.1.7 Datenregistriereinrichtung

Diese werden verwendet, um die Messdaten aufzuzeichnen, die aus dem Inneren des Bauwerksprüfkörpers erhalten werden.

Sie müssen in der Lage sein, folgende Daten aufzuzeichnen: Temperatur- und relative Luftfeuchtedaten von den Sensoren für Temperatur und relative Luftfeuchte sowie Energieverbrauchsdaten von den elektrischen Widerstands-Heizlüftern, den elektrischen Umwälzgebläsen und allen elektrisch betriebenen Überwachungsgeräten.

6.1.8 Verlängerungskabel

Sie dienen der Stromversorgung der elektrischen Widerstands-Heizlüfter und Umluftgebläse sowie anderer elektrischer Geräte, wie z. B. Thermostatsteuerungen, Datenregistriereinrichtungen oder Sensoren, die Netzstrom benötigen.

6.2 Externe Geräte

6.2.1 Wetterstation mit Pyranometer

Diese wird zur Messung der äußeren Wetterparameter verwendet, die die äußeren Bedingungen repräsentieren, denen der Bauwerksprüfkörper ausgesetzt ist, und können aus Einzelsensoren oder einer Reihe kombinierter Sensoren bestehen.

Der Einbau der Außensensoren und die Messung der Wetterparameter müssen nach EN ISO 15927-1 erfolgen. Es müssen mindestens die folgenden externen Parameter gemessen werden:

- Außenlufttemperatur innerhalb einer Thermometerabschirmung mit Luftschlitzen, die einen freien Luftstrom ermöglichen. Der Sensor muss für mehrere Werte in dem betreffenden Bereich im Vergleich zu einem Referenzsensor mit einer Genauigkeit von mehr als 0,5 K kalibriert werden;
- relative Luftfeuchte. Der Sensor muss für mehrere Werte in dem betreffenden Bereich im Vergleich zu einem Referenzsensor mit einer Genauigkeit von $\pm 5\%$ oder besser kalibriert werden;
- Windgeschwindigkeit mit einer Genauigkeit von $\pm 5\%$ oder besser und Windrichtung mit einer Genauigkeit von $\pm 5^\circ$ oder besser;
- Globalstrahlung. Zur Messung der vertikalen Strahlungsflussdichte in W/m^2 muss ein Pyranometer verwendet werden. Messungen der vertikalen Sonnenstrahlung sollten in derselben Ebene der Gebäudefassade vorgenommen werden, von der erwartet wird, dass sie den höchsten Anteil der solaren Gewinne aufnimmt, in der Regel ist dies die Südseite. Das Pyranometer muss ein Sichtfeld von 180° haben und entsprechend den Klassen nach ISO 9060 kalibriert sein.

Die Aufzeichnung der Wetterdaten muss so erfolgen, dass Augenblicks- und Durchschnittswerte ermittelt werden können.

ANMERKUNG Weitere Messungen des Luftdrucks und der Niederschlagsmenge können für eine genauere Analyse wünschenswert sein.

6.2.2 Datenregistriereinrichtung

Eine separate Datenregistriereinrichtung für die Wetterstation (einschließlich Pyranometer) kann erforderlich sein. Dies ist davon abhängig, ob die im Gebäude installierte Datenregistriereinrichtung in der Lage ist, alle gemessenen Eingaben der Wetterstation aufzuzeichnen. Wenn ein drahtloses System verwendet wird, kann es auch von der Nähe der Wetterstation zum Prüfgebäude abhängig sein.

6.3 Abtastrate

Die Aufzeichnungen müssen in festgelegten Zeitabständen erfolgen, die den Durchschnittswerten mehrerer Einzelmessungen entsprechen, die in kürzeren Abständen erfasst werden.

Die maximale Abtastrate muss vom Sensorhersteller festgelegt werden. Es wird eine Abtastrate von einer Minute vorgeschlagen, wobei der Wert über einen Zeitraum von zehn Minuten gemittelt oder aggregiert wird, sofern zutreffend. Zum Beispiel sind die Daten von Wh zu aggregieren und nicht zu mitteln.

Alternativ, wenn nur Augenblickswerte möglich sind, sollte die Abtastfrequenz erhöht werden, um eine Nachbearbeitung der Daten zu ermöglichen, so dass die Augenblickswerte über ein geeignetes Zeitintervall gemittelt werden können.

Die Abtastrate muss für alle aufgezeichneten Daten gleich sein.

7 Vorbereitung des Bauwerksprüfkörpers sowie Einbau und Anordnung der Geräte

7.1 Allgemeines

Es muss eine Bewertung des Bauwerksprüfkörpers durchgeführt werden, um den geschätzten Heizbedarf zu ermitteln und die Anordnung der Geräte zu bestimmen, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung zu ermöglichen.

7.2 Anordnung und Anzahl von Geräten

7.2.1 Allgemeines

Die Anordnung und Anzahl der Geräte, die für die Prüfung des Gesamtwärmeverlusts von Gebäuden erforderlich sind, variiert und hängt von der Größe, der Form, der inneren Anordnung und dem wärmetechnischen Verhalten des Bauwerksprüfkörpers ab. In jedem Fall muss die Position jedes Sensors aufgezeichnet und im Prüfbericht enthalten sein.

Um die gewählte interne Solltemperatur zu erreichen, muss jede Prüfzone des Gebäudes mindestens über einen eigenen elektrischen Widerstands-Heizlüfter, ein elektrisches Umwälzgebläse, eine Thermostatsteuerung sowie einen Sensor für Temperatur und relative Luftfeuchte verfügen.

Nicht geprüfte Bereiche, die als geschützte Zone genutzt werden, dürfen bei Bedarf ebenfalls diese Geräte enthalten.

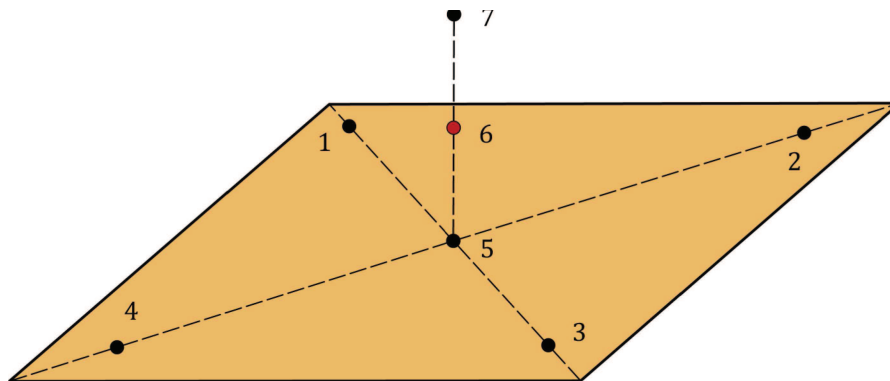
ANMERKUNG Anhang C enthält ein Beispiel für die Anordnung der Geräte in einem Bauwerksprüfkörper.

7.2.2 Interne Sensoren für Lufttemperatur und relative Luftfeuchte

Es müssen mindestens sieben Sensoren in allen geprüften Zonen innerhalb des Bauwerksprüfkörpers eingebaut werden. Sensoren für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit dürfen als ein kombinierter Sensor oder als zwei separate Sensoren ausgeführt sein.

Die Sensoren sollten so nahe wie möglich in der geometrischen Mitte jedes geprüften Bereichs angeordnet sein. Die Sensoren müssen so angeordnet sein, dass sie nicht durch folgende Faktoren beeinflusst werden: direkte Erwärmung durch die elektrischen Widerstands-Heizlüfter sowie übermäßige Luftbewegung durch die elektrischen Umwälzgebläse. Zusätzlich sollten die Sensoren gegen Strahlungswärmequellen abgeschirmt werden.

Die Schichtung der Luft muss in jedem geprüften Bereich weniger als 1 K/m betragen. Zu diesem Zweck muss die Lufttemperaturverteilung mit Sensoren gemessen werden, die in der Nähe jeder oberen oder unteren Ecke und in drei verschiedenen Höhen nahe der Mitte angeordnet sind. Die Sensoren müssen in einem Abstand von mindestens 1 m von jeder Seite und 0,5 m über dem Boden des Bauwerksprüfkörpers angeordnet werden (siehe Bild 1).



Legende

- 1 bis 4 Eckposition 1 m von jeder Seite, 0,5 m über dem Bodenniveau
- 5 mittlerer Pfosten, niedrige Position
- 6 mittlerer Pfosten, mittelhohe Position
- 7 mittlerer Pfosten, hohe Position

Bild 1 — Anordnung der Temperatursensoren für die Temperaturverteilung

7.2.3 Elektrische Widerstands-Heizlüfter

Es ist mindestens ein elektrischer Widerstands-Heizlüfter je Prüfzone erforderlich. Es können weitere erforderlich sein, wenn die für die Prüfung festgelegte innere Solltemperatur nicht erreicht werden kann.

Die Heizlüfter sollten an den Ausgang des Verlängerungskabels des Elektrizitätszählers angeschlossen und so angeordnet werden, dass sie für die geprüfte Fläche Wärme bereitstellen und eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung ermöglichen.

7.2.4 Elektrisches Umwälzgebläse

Es ist mindestens ein elektrisches Umwälzgebläse je Prüfzone erforderlich. Es können mehrere erforderlich sein, wenn das erforderliche Niveau der Temperaturverteilung nicht erreicht werden kann.

Das Umluftgebläse sollte an den Ausgang des Verlängerungskabels des Elektrizitätszählers angeschlossen und so angeordnet werden, dass eine gute Durchmischung der Luft sowohl innerhalb als auch zwischen den geprüften Bereichen erreicht wird.

7.2.5 Temperatursteuerung

Für jede Prüfzone ist eine Temperatursteuerung erforderlich.

Sie sollte sich in gleicher Position wie der Temperatursensor befinden und so verdrahtet sein, dass sie in der Lage ist, die Wärmeleistung des elektrischen Widerstand-Heizlüfters zu steuern.

7.2.6 Elektrizitätszähler

Für jede Prüfzone ist mindestens ein Elektrizitätszähler erforderlich.

Er sollte in einer Reihe mit allen Verlängerungskabeln eingebaut werden, die die elektrischen Widerstands-Heizlüfter, die elektrischen Umluftgebläse, die Datenregistriereinrichtung und alle netzbetriebenen Sensoren usw. mit Strom versorgen, so dass er in der Lage ist, den Stromverbrauch aller an jedes Verlängerungskabel angeschlossenen elektrischen Geräte zu messen.

Ein Elektrizitätszähler summiert den Gesamtenergieverbrauch in Bezug auf die thermische Effizienz des Bauwerksprüfkörpers.