

**DIN EN ISO 13786**

ICS 91.120.10

Ersatz für  
DIN EN ISO 13786:1999-12**Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen –  
Dynamisch-thermische Kenngrößen –  
Berechnungsverfahren (ISO 13786:2007);  
Deutsche Fassung EN ISO 13786:2007**

Thermal performance of building components –  
Dynamic thermal characteristics –  
Calculation methods (ISO 13786:2007);  
German version EN ISO 13786:2007

Performance thermique des composants de bâtiment –  
Caractéristiques thermiques dynamiques –  
Méthodes de calcul (ISO 13786:2007);  
Version allemande EN ISO 13786:2007

Gesamtumfang 30 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 13786:2007) wurde vom Technischen Komitee SC 2 vom ISO/TC 163 „Thermal performance and energy use in the built environment“ (Sekretariat: SIS, Schweden) in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ (Sekretariat: SIS, Schweden) unter deutscher Mitwirkung erarbeitet.

Der für die deutsche Mitarbeit zuständige Arbeitsausschuss im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist der als Spiegelausschuss zum CEN/TC 89 und ISO/TC 163/SC 2 eingesetzte Arbeitsausschuss NA 005-56-91 AA „Wärmetransport“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau).

## Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 13786:1999-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) alle Gleichungen in Abschnitt 3 wurden überprüft, und die erforderlichen Korrekturen wurden vorgenommen. Der Begriff der Wärmekapazität (3.1.1.5) wurde geändert;
- b) alle Gleichungen in 7.2.1 und 7.2.2 wurden überprüft, und die erforderlichen Korrekturen wurden vorgenommen;
- c) in 7.2.4 wurden eine Gleichung für die Berechnung der dynamischen Wärmeaufnahme und Fußnote 1 aufgenommen;
- d) die Gleichung (A.4) wurde korrigiert;
- e) in B.2 wurden geringfügige Änderungen vorgenommen;
- f) Tabelle C.1 wurde aufgenommen;
- g) im Anhang D wurden die Beispiele den geänderten Formeln im Haupttext angepasst.

## Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 13786: 1999-12

Deutsche Fassung

Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen –  
Dynamisch-thermische Kenngrößen –  
Berechnungsverfahren  
(ISO 13786:2007)

Thermal performance of building components –  
Dynamic thermal characteristics –  
Calculation methods  
(ISO 13786:2007)

Performance thermique des composants de bâtiment –  
Caractéristiques thermiques dynamiques –  
Méthodes de calcul  
(ISO 13786:2007)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 7. Dezember 2007 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

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

# Inhalt

Seite

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Vorwort .....</b>                                                                 | <b>3</b>  |
| <b>Einleitung.....</b>                                                               | <b>4</b>  |
| <b>1 Anwendungsbereich .....</b>                                                     | <b>5</b>  |
| <b>2 Normative Verweisungen.....</b>                                                 | <b>5</b>  |
| <b>3 Begriffe, Symbole und Einheiten .....</b>                                       | <b>5</b>  |
| 3.1 Begriffe .....                                                                   | 5         |
| 3.1.1 Begriffe, die für jedes Bauteil gelten .....                                   | 5         |
| 3.1.2 Begriffe, die nur für eindimensionalen Wärmestrom gelten .....                 | 7         |
| 3.2 Symbole und Einheiten .....                                                      | 9         |
| 3.3 Indices.....                                                                     | 9         |
| 3.4 Weitere Symbole .....                                                            | 10        |
| <b>4 Periodendauer der thermischen Schwankungen .....</b>                            | <b>10</b> |
| <b>5 Erforderliche Daten .....</b>                                                   | <b>11</b> |
| <b>6 Übergangsmatrix eines mehrschichtigen Bauteils .....</b>                        | <b>11</b> |
| 6.1 Allgemeines .....                                                                | 11        |
| 6.2 Durchführung .....                                                               | 11        |
| 6.3 Wärmeübergangsmatrix einer homogenen Schicht .....                               | 11        |
| 6.4 Wärmeübergangsmatrix von ebenen Hohlräumen .....                                 | 12        |
| 6.5 Wärmeübergangsmatrix eines Bauteils .....                                        | 12        |
| <b>7 Dynamisch-thermische Kenngrößen .....</b>                                       | <b>13</b> |
| 7.1 Für alle Bauteile geltende Kenngrößen .....                                      | 13        |
| 7.2 Kenngrößen für Bauteile mit ebenen und homogenen Schichten .....                 | 13        |
| 7.2.1 Kenngrößen der Wärmeaufnahme und periodische thermische Leitwerte.....         | 13        |
| 7.2.2 Modifizierte Wärmeaufnahme für interne Aufteilungen.....                       | 13        |
| 7.2.3 Wärmekapazitäten .....                                                         | 13        |
| 7.2.4 Dynamische Wärmeaufnahme und Dekrement .....                                   | 14        |
| <b>8 Bericht.....</b>                                                                | <b>14</b> |
| 8.1 Berechnungsbericht.....                                                          | 14        |
| 8.2 Zusammenfassung der Ergebnisse .....                                             | 15        |
| <b>Anhang A (normativ) Vereinfachte Berechnung der wirksamen Wärmekapazität.....</b> | <b>16</b> |
| A.1 Anwendungsgrenzen .....                                                          | 16        |
| A.2 Vereinfachte Verfahren .....                                                     | 16        |
| A.2.1 Verfahren .....                                                                | 16        |
| A.2.2 Näherung für dünne Schichten .....                                             | 16        |
| A.2.3 Näherung für halb unendlich ausgedehnte Körper.....                            | 16        |
| A.2.4 Verfahren der wirksamen Dicke .....                                            | 17        |
| A.3 Wirkung eines Wärmeübergangswiderstandes.....                                    | 17        |
| <b>Anhang B (informativ) Grundlagen des Verfahrens und Anwendungsbeispiele .....</b> | <b>18</b> |
| B.1 Grundlagen.....                                                                  | 18        |
| B.2 Anwendungsbeispiele .....                                                        | 19        |
| B.2.1 Allgemeines .....                                                              | 19        |
| B.2.2 Ein Bauteil .....                                                              | 19        |
| B.2.3 Mehrere Bauteile .....                                                         | 20        |
| <b>Anhang C (informativ) Hinweise für die Computerprogrammierung .....</b>           | <b>22</b> |
| C.1 Allgemeines.....                                                                 | 22        |
| C.2 Flussdiagramm für das Berechnungsverfahren.....                                  | 22        |
| C.3 Darstellung komplexer Zahlen .....                                               | 23        |
| <b>Anhang D (informativ) Beispiele .....</b>                                         | <b>24</b> |
| D.1 Beispiel 1: Einschichtiges Bauteil .....                                         | 24        |
| D.2 Beispiel 2: Mehrschichtiges Bauteil .....                                        | 25        |
| <b>Literaturhinweise .....</b>                                                       | <b>28</b> |

## Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 13786:2007) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal performance and energy use in the built environment“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SIS gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2008, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2008 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder] CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 13786:1999.

Nachstehend werden die wesentlichen Änderungen technischer Art zusammengefasst:

- alle Gleichungen in Abschnitt 3 wurden überprüft, und die erforderlichen Korrekturen wurden vorgenommen. Der Begriff der Wärmekapazität (3.1.1.5) wurde geändert;
- alle Gleichungen in 7.2.1 und 7.2.2 wurden überprüft, und die erforderlichen Korrekturen wurden vorgenommen;
- in 7.2.4 wurden eine Gleichung für die Berechnung der dynamischen Wärmeaufnahme und Fußnote 1 aufgenommen;
- die Gleichung (A.4) wurde korrigiert;
- in B.2 wurden geringfügige Änderungen vorgenommen;
- Tabelle C.1 wurde aufgenommen;
- im Anhang D wurden die Beispiele den geänderten Formeln im Haupttext angepasst.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

### Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 13786:2007 wurde vom CEN als EN ISO 13786:2007 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Einleitung

Diese Norm enthält (teilweise) die Mittel zur Beurteilung des Beitrages von Bauprodukten und Gebäudeausrüstungen zur Energieerhaltung und Gesamt-Energieeffizienz von Gebäuden.

Die dynamischen wärmetechnischen Kenngrößen eines Bauteils beschreiben das wärmetechnische Verhalten des Bauteils, wenn es veränderlichen Randbedingungen ausgesetzt ist, d. h. einem veränderlichen Wärmestrom oder einer veränderlichen Temperatur an einer oder beiden Seiten. In dieser Norm werden nur sinusförmige Randbedingungen berücksichtigt; Randwerte unterliegen sinusförmigen Temperatur- oder Wärmestromänderungen.

Die behandelten Kenngrößen sind Wärmefaufnahme und dynamisch-thermische Übertragungseigenschaften, die zyklische Wärmestromänderungen mit zyklischen Temperaturänderungen verbinden. Werte der Wärmefaufnahme ordnen den Wärmestrom den Temperaturänderungen auf derselben Seite des Bauteils zu. Dynamisch-thermische Übertragungseigenschaften verbinden physikalische Größen auf der einen Seite des Bauteils mit denen auf der anderen Seite. Zu den oben genannten Eigenschaften ist es möglich, die Wärmekapazität eines gegebenen Bauteils zu bestimmen, das die Wärmespeichereigenschaft dieses Bauteils definiert.

Die in dieser Norm definierten dynamisch-thermischen Kenngrößen können als Produktspezifikationen für vollständige Bauteile verwendet werden.

Die dynamisch-thermischen Kenngrößen können auch für die Berechnung

- der Innentemperatur in einem Raum,
- der täglichen Spitzenleistung und des Energiebedarfs zum Heizen oder Kühlen,
- der Wirkungen von intermittierendem Heizen oder Kühlen usw.

verwendet werden.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Kenngrößen fest, die mit dem dynamisch-thermischen Verhalten von kompletten Bauteilen in Beziehung stehen und gibt Verfahren für ihre Berechnung an. Sie legt weiterhin fest, welche Informationen über die Baustoffe für die Anwendung des Bauteils erforderlich sind. Da die Kenngrößen von der Art abhängen, wie Baustoffe kombiniert werden, um Bauteile zu bilden, kann die Norm nicht auf Baustoffe oder unfertige Bauteile angewendet werden.

Die in dieser Norm angegebenen Definitionen können auf jedes Bauteil angewendet werden. Ein vereinfachtes Berechnungsverfahren wird für ebene Bauteile, die aus ebenen Schichten homogener oder weitgehend homogener Baustoffe zusammengesetzt sind, angegeben.

Anhang A enthält vereinfachte Regeln für die Berechnung der wirksamen Wärmekapazitäten für einige Sonderfälle. Die Verfahren in Anhang A eignen sich insbesondere zur Bestimmung der dynamisch-thermischen Kenngrößen, die für die Bewertung des Heizenergiebedarfs benötigt werden. Diese Näherungswerte genügen jedoch nicht für eine Produktkennzeichnung.

Anhang B vermittelt Grundlagen des Verfahrens und führt Anwendungsbeispiele für die in dieser Norm definierten dynamisch-thermischen Kenngrößen auf.

Anhang C enthält Hinweise für das Programmieren des Berechnungsverfahrens.

Anhang D enthält Berechnungsbeispiele für ein Bauteil.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

ISO 6946, *Building components and building elements — Thermal resistance and thermal transmittance — Calculation method*

ISO 7345, *Thermal insulation — Physical quantities and definitions*

ISO 10211, *Thermal bridges in building construction — Heat flows and surface temperatures — Detailed calculations*

## 3 Begriffe, Symbole und Einheiten

### 3.1 Begriffe

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

#### 3.1.1 Begriffe, die für jedes Bauteil gelten

##### 3.1.1.1

##### **Bauteil**

Bauwerksteil, wie z. B. Wand, Fußboden oder Dach, oder ein Bestandteil solcher Bauwerksteile

##### 3.1.1.2

##### **Wärmezone eines Gebäudes**

Teil eines Gebäudes, in dem vernachlässigbare räumliche Schwankungen der Innentemperatur angenommen werden können

ANMERKUNG 1 Ein Bauteil trennt zwei Zonen, die in dieser Norm als *m* und *n* bezeichnet werden.

ANMERKUNG 2 Der Außenraum kann auch als eine Zone betrachtet werden.

### 3.1.1.3

#### sinusförmige Zustände

Temperatur- und Wärmestrombedingungen, die mittels ihres langfristigen Durchschnittswertes durch eine sinusförmige Funktion in Abhängigkeit von der Zeit beschrieben werden

ANMERKUNG Werden komplexe Zahlen benutzt, kann die Temperatur in Zone  $n$  beschrieben werden nach:

$$\theta_n(t) = \bar{\theta}_n + |\hat{\theta}_n| \cos(\omega t + \psi) = \bar{\theta}_n + \frac{1}{2} [\hat{\theta}_{+n} e^{j\omega t} + \hat{\theta}_{-n} e^{-j\omega t}] \quad (1)$$

$$\Phi_n(t) = \bar{\Phi}_n + |\hat{\Phi}_n| \cos(\omega t + \varphi) = \bar{\Phi}_n + \frac{1}{2} [\hat{\Phi}_{+n} e^{j\omega t} + \hat{\Phi}_{-n} e^{-j\omega t}] \quad (2)$$

Dabei ist

$\bar{\theta}_n$  und  $\bar{\Phi}_n$  die Durchschnittswerte der Temperatur und des Wärmestroms;

$|\hat{\theta}_n|$  und  $|\hat{\Phi}_n|$  die Amplituden der Schwankungen der Temperatur und des Wärmestroms;

$\hat{\theta}_{\pm n}$  und  $\hat{\Phi}_{\pm n}$  die komplexen Amplituden, definiert durch:

$$\hat{\theta}_{\pm n} = |\hat{\theta}_n| e^{\pm j\psi} \text{ und } \hat{\Phi}_{\pm n} = |\hat{\Phi}_n| e^{\pm j\varphi} \quad (3)$$

$\omega$  die Kreisfrequenz der Schwankungen.

### 3.1.1.4

#### harmonischer thermischer Leitwert

$L_{mn}$

komplexe Zahl, die die Schwankungen der Wärmeaufnahme eines Bauteils mit den Temperaturschwankungen auf beiden Seiten des Bauteils unter sinusförmigen Bedingungen zueinander in Beziehung setzt. Eine andere Darstellung des Begriffes:

$$\hat{\Phi}_m = L_{mm} \hat{\theta}_m - L_{mn} \hat{\theta}_n \quad (4)$$

ANMERKUNG 1 Mit  $L_{mm}$  wird der Wärmestrom auf Seite  $m$  mit der Temperatur auf Seite  $m$  bei einer Temperaturamplitude auf Seite  $n$  von null in Beziehung gesetzt. Mit  $L_{mn}$  wird der Wärmestrom auf Seite  $m$  mit der Temperatur auf Seite  $n$  bei einer Temperaturamplitude auf Seite  $m$  von null in Beziehung gesetzt.

ANMERKUNG 2 In dieser Internationalen Norm wird davon ausgegangen, dass der Wärmestrom beim Eintritt in die Bauteiloberfläche als positiv definiert ist.

### 3.1.1.5

#### wirksame Wärmekapazität

Betrag des Nettowertes des harmonischen thermischen Leitwertes, geteilt durch die Kreisfrequenz

$$C_m = \frac{1}{\omega} |L_{mm} - L_{mn}| \quad (5)$$

### 3.1.1.6

#### Zeitverschiebung

$\Delta t$

Zeitspanne zwischen der größten Amplitude eines verursachenden Vorganges und der größten Amplitude seiner Wirkung

### 3.1.2 Begriffe, die nur für eindimensionalen Wärmestrom gelten

#### 3.1.2.1

##### ebenes Bauteil

Bauteil, bei dem der kleinste Krümmungsradius mindestens das Fünffache der Dicke beträgt

#### 3.1.2.2

##### homogene Stoffschicht

Stoffschicht, in der die größten Abmessungen von Inhomogenitäten ein Fünftel der Schichtdicke nicht überschreiten

#### 3.1.2.3

##### Wärmeaufnahme

komplexe Größe, definiert als komplexe Amplitude der Wärmestromdichte durch die an Zone  $m$  des Bauteils angrenzende Oberfläche, geteilt durch die komplexe Temperaturamplitude in der gleichen Zone, wenn die Temperatur auf der anderen Seite konstant gehalten wird. Eine andere Darstellung des Begriffes:

$$Y_{mm} = \frac{\hat{q}_m}{\hat{\theta}_m} \quad (6)$$

#### 3.1.2.4

##### dynamische Wärmeaufnahme

komplexe Größe, definiert als komplexe Amplitude der Wärmestromdichte durch die an Zone  $m$  des Bauteils angrenzende Oberfläche, geteilt durch die komplexe Temperaturamplitude in der Zone  $n$ , wenn die Temperatur in Zone  $m$  konstant gehalten wird. Eine andere Darstellung des Begriffes:

$$Y_{mn} = -\frac{\hat{q}_m}{\hat{\theta}_n} \quad (7)$$

#### 3.1.2.5

##### flächenbezogene wirksame Wärmekapazität

Quotient aus wirksamer Wärmekapazität und Bauteilfläche. Eine andere Darstellung des Begriffes:

$$\chi_m = \frac{C_m}{A} = \frac{1}{\omega} |Y_{mm} - Y_{mn}| \quad (8)$$

ANMERKUNG 1 Bei Anwendung der Gleichung (8) sind daher die Wärmekapazitäten:

$$C_m = A \cdot k_m \quad (9)$$

ANMERKUNG 2 Für Bauteile, die zwei Zonen trennen, gibt es zwei Werte der Wärmeaufnahme und zwei (wirksame) Wärmekapazitäten. Diese Kenngrößen hängen von der Periodendauer der thermischen Schwankungen ab.

#### 3.1.2.6

##### Dekrement

Verhältnis des Betrages der dynamischen Wärmeaufnahme zum Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  unter stationären Bedingungen. Eine andere Darstellung des Begriffes:

$$f = \frac{|\hat{q}_m|}{|\hat{\theta}_n| U} = \frac{|Y_{mn}|}{U} \quad \text{für } m \neq n \quad (10)$$