

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
Wärmetechnische Bemessung von Gebäudegründungen
zur Vermeidung von Frosthebung
(ISO 13793:2001) Deutsche Fassung EN ISO 13793:2001

DIN
EN ISO 13793

ICS 91.100.60

Thermal performance of buildings —
Thermal design of foundations to avoid frost heave
(ISO 13793:2001);
German version EN ISO 13793:2001

Performance thermique des bâtiments —
Conception thermique des fondations pour éviter
les poussées dues au gel (ISO 13793:2001);
Version allemande EN ISO 13793:2001

Die Europäische Norm EN ISO 13793:2001 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Europäische Norm EN ISO 13793:2001 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal insulation“ unter deutscher Mitwirkung erarbeitet.

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

Für die im Inhalt zitierten Europäischen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 6946 siehe DIN EN ISO 6946
ISO 7345 siehe DIN EN ISO 7345
ISO 10211-1 siehe DIN EN ISO 10211-1
ISO 10456 siehe DIN EN ISO 10456
ISO 13370 siehe DIN EN ISO 13370

Fortsetzung Seite 2
und 36 Seiten EN

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

Nationaler Anhang NA
(informativ)
Literaturhinweise

DIN EN ISO 6946, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren (ISO 6946:1996); Deutsche Fassung EN ISO 6946:1996.*

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

DIN EN ISO 10211-1, *Wärmebrücken im Hochbau — Wärmeströme und Oberflächentemperaturen — Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren (ISO 10211-1:1995); Deutsche Fassung EN ISO 10211-1:1995.*

DIN EN ISO 10456, *Baustoffe und -produkte — Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte (ISO 10456:1999); Deutsche Fassung EN ISO 10456:1999.*

DIN EN ISO 13370, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Wärmeübertragung über das Erdreich — Berechnungsverfahren (ISO 13370:1998); Deutsche Fassung EN ISO 13370:1998.*

Deutsche Fassung

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden

**Wärmetechnische Bemessung von Gebäudegründungen
zur Vermeidung von Frosthebung
(ISO 13793:2001)**

Thermal performance of buildings —
Thermal design of foundations to avoid frost
heave (ISO 13793:2001)

Performance thermique des bâtiments —
Conception thermique des fondations pour éviter les
poussées dues au gel (ISO 13793:2001)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 2000-07-07 angenommen.

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

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

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



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

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

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	Anhang B (normativ)	
Einleitung	2	Numerische Berechnungen	25
1 Anwendungsbereich	3	Anhang C (normativ)	
2 Normative Verweisungen	3	Bemessungsdaten für Bodenplatten auf Erdreich, die auf dem 0 °C-Kriterium basieren ..	29
3 Begriffe, Symbole und Einheiten	4	Anhang D (informativ)	
4 Bemessungsgrundsätze	6	Frostempfindlichkeit des Erdreichs	31
5 Stoffeigenschaften	7	Anhang E (informativ)	
6 Klimadaten	8	Ausgearbeitete Beispiele	32
7 Gründungstiefe größer als Frosttiefe in ungestörtem Erdreich	9	Anhang ZA (normativ)	
8 Bodenplatte auf Erdreich in beheizten Gebäuden	9	Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	35
9 Aufgeständerte Bodenplatten beheizter Gebäude	16	Anhang ZB (informativ)	
10 Unbeheizte Gebäude	20	Informative Verweisung auf internationale Publikationen und ihre entsprechenden europäischen Publikationen	36
Anhang A (normativ)		Literaturhinweise	36
Begriff und Berechnung des Frostindex	23		

Vorwort

Der Text der EN ISO 13793:2001 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“, dessen Sekretariat vom SIS gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal insulation“ erarbeitet.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis 2001-09, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis 2001-09 zurückgezogen werden.

Die europäischen Publikationen, auf die an Stelle der Internationalen Normen verwiesen wird, auf die in Abschnitt 2 verwiesen wird, sind im normativen Anhang ZA, der integraler Bestandteil dieser Europäischen Norm ist, aufgeführt.

Die Anhänge A, B und C sind integrale Bestandteile von ISO 13793. Die Anhänge D und E sind nur zur Information.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Einleitung

Frosthebung ist die Verformung eines Gebäudes bedingt durch Eislinsen im darunter befindlichen Erdreich. Dies kann entstehen, wenn der Untergrund unter Fundamenten oder anderen tragenden Bauteilen, die sich im Kontakt mit dem Erdreich befinden, gefriert. Dies ist für die Bemessung von Gebäudegründungen in Klimabereichen von Bedeutung, in denen die Frosteindringtiefe im Erdreich die für bauliche Zwecke erforderliche Mindesttiefe der Gründung überschreiten kann.

Nicht alle Erdreicharten sind anfällig für Frosthebung (siehe Anhang D).

Das Risiko der Frosthebung kann auf verschiedene Arten vermieden werden. Eine besteht darin, die Gründungen bis unter die Frosteindringtiefe reichen zu lassen. Bei Gebäuden, deren Gründung unter die

Frosteindringtiefe im Erdreich reichen, sind deshalb keine besonderen Bemessungsverfahren für Frosthebung erforderlich (abgesehen davon, dass die Verwendung von geeigneten Hinterfüllungen, die nicht an den Grundmauern anfrieren können, sichergestellt werden muss).

Eine andere Möglichkeit besteht darin, das frostempfindliche Erdreich bis unter die Frosteindringtiefe zu entfernen und es vor dem Bau der Gründungen durch frostunempfindliches Material zu ersetzen.

Eine dritte Möglichkeit besteht darin, die Gründungen wärmezudämmen, um eine Frosteindringung unter die Gründungen zu verhindern. Diese letztere Möglichkeit ist in kalten Klimabereichen häufig am wirtschaftlichsten, da sie die Verwendung von Plattengründungen ermöglicht. Diese Norm enthält Verfahren zur Bestimmung der Breite, der Tiefe, des Wärmedurchlasswiderstands und des Einbaus von Dämmungen im Bereich der Gründungen, um das Risiko der Frosthebung auf ein vernachlässigbares Maß zu verringern.

Bei unbeheizten Gebäuden ist die durch das Gebäude selbst freigesetzte Wärme geringer als bei beheizten Gebäuden, und für den Schutz der Gründungen ist eine höhere Perimeter-Dämmung erforderlich.

Die in dieser Norm angegebenen Verfahren werden hauptsächlich in nordischen Ländern seit vielen Jahren angewandt und haben sich in der Praxis bei der Vermeidung von Frosthebung als erfolgreich erwiesen. Sie beruhen auf den Ergebnissen von dynamischen Computerberechnungen, bei denen die Temperaturschwankungen innerhalb eines Jahres, die Wärmekapazität des Erdreichs, die latente Wärme beim Gefrieren von Wasser usw. berücksichtigt werden und deren Gültigkeit durch experimentell erhobene Daten an bestehenden Konstruktionen nachgewiesen wurde.

Die Festlegungen dieser Norm sollen sicherstellen, dass das Erdreich unterhalb der Gründung (bei Frostempfindlichkeit) nicht gefriert. In Gebieten mit Dauerfrost (Jahresdurchschnittstemperatur kleiner 0°C) kann hingegen eine Grundbedingung für die Bemessung sein, dass das Erdreich während des ganzen Jahres vollständig gefroren gehalten werden muss. Es beinhaltet gänzlich andere Lösungen, die in dieser Norm nicht berücksichtigt werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm enthält vereinfachte Verfahren für die wärmetechnische Bemessung von Gebäudegründungen, um das Auftreten von Frosthebung zu vermeiden.

Sie gilt für Gründungen auf frostempfindlichem Erdreich und beinhaltet sowohl Bodenplatten auf Erdreich als auch aufgeständerte Bodenplatten.

Sie gilt für beheizte und unbeheizte Gebäude. Andere Baumaßnahmen, die einen Frostschutz erfordern (z. B. Straßen, Wasserrohre im Erdreich), sind nicht Gegenstand dieser Norm.

Diese Norm gilt nicht für Kühllhäuser und Eishallen.

Diese Norm gilt für Klimabereiche mit einer mittleren jährlichen Außenlufttemperatur oberhalb 0°C ; sie gilt nicht für Gebiete mit Dauerfrost mit einer mittleren jährlichen Außenlufttemperatur unter 0°C .

2 Normative Verweisungen

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

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

ISO 7345, *Thermal Insulation — Physical quantities and definitions*.

ISO 10211-1, *Thermal bridges in building construction — Heat flows and surface temperatures — Part 1: General calculation methods*.

ISO 10456, *Building materials and products — Procedures for determining declared and design thermal values*.

3 Begriffe, Symbole und Einheiten

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in ISO 7345 angegebenen sowie die folgenden Begriffe.

3.1.1

Bodenplatte auf Erdreich

Bodenplattenkonstruktion, die sich auf ihre gesamte Fläche direkt auf dem Erdreich befindet

3.1.2

aufgeständerte Bodenplatte

Bodenplattenkonstruktion, bei der die Bodenplatte über dem Erdreich freitragend ist und somit ein Luftraum zwischen der Bodenplatte und dem Erdreich gebildet wird

ANMERKUNG Dieser Luftraum, der auch Unterflurraum oder Kriechkeller genannt wird, kann belüftet oder unbelüftet sein und stellt keinen Teil des beheizbaren Volumens dar.

3.1.3

vertikale Randdämmung

vertikal von innen und/oder außen an oder in die Gründung eingebaute Dämmung

3.1.4

Erdreichdämmung

horizontal (oder fast horizontal) unter dem Erdreich außerhalb des Gebäudes eingebaute Dämmung

ANMERKUNG Siehe Bild 1.

3.1.5

Frostindex

24-mal die Summe der Differenz zwischen 0 °C und der minimalen täglichen Außenlufttemperatur addiert auf der Basis von Tageswerten während der Frostperiode (beinhaltet die positiven und negativen Differenzen)

3.1.6

Frostperiode

Periode, innerhalb der die Tagesmittelwerte der Außentemperatur unter 0 °C bleiben, zusammen mit allen Frost-/Tauperioden zu Beginn oder am Ende dieser Periode, wenn diese zu einem Nettogefrieren führen

3.1.7

Frosttiefe

Frosteindringtiefe in das Erdreich

3.1.8

Gründungstiefe

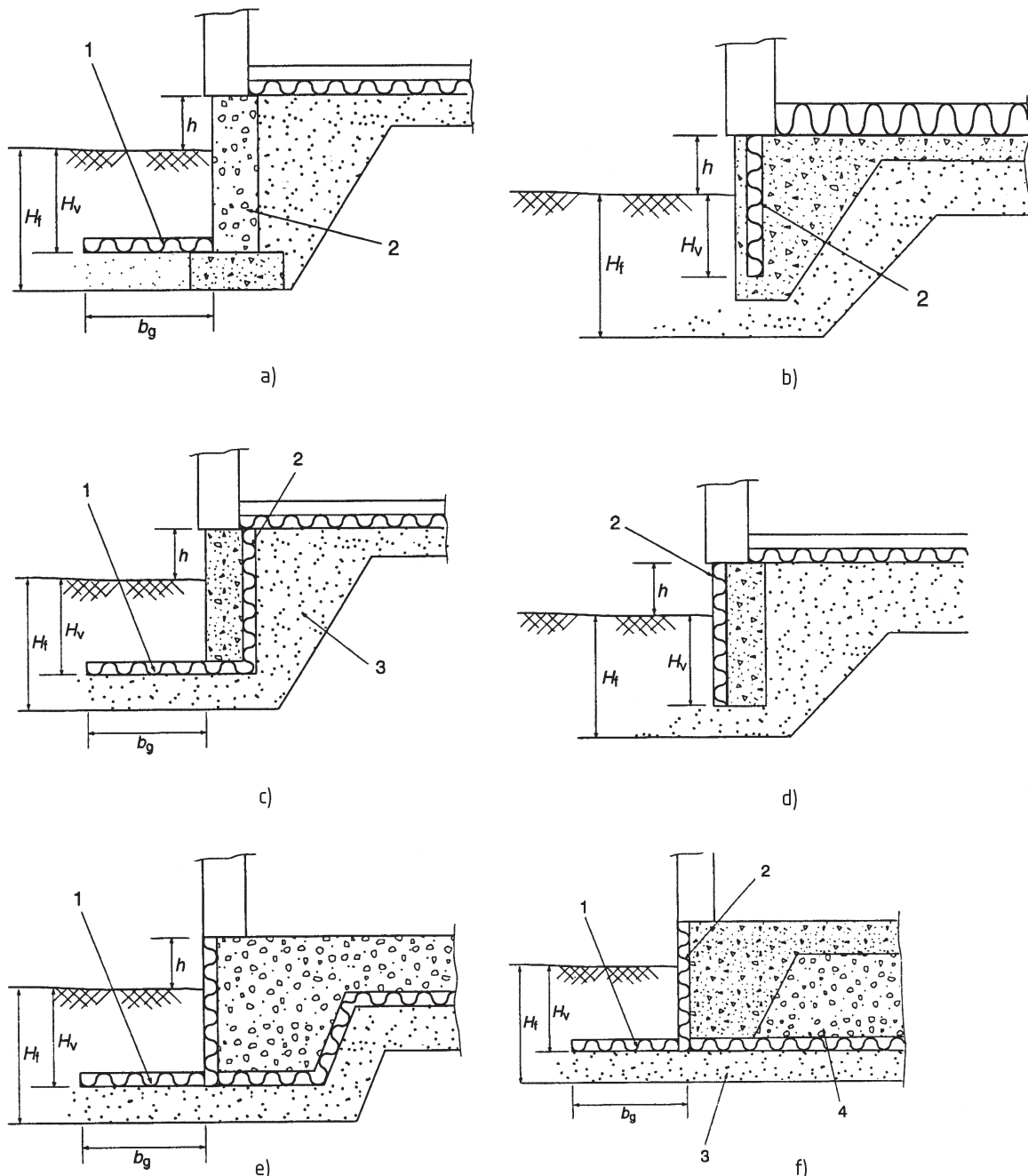
Tiefe der Gründungen unterhalb des äußeren Erdreichniveaus

ANMERKUNG Wenn die Gründungen auf eine Schicht aus gut entwässertem, frostunempfindlichem Material gesetzt werden, darf die Dicke dieser Schicht in die Gründungstiefe mit einbezogen werden.

3.1.9

frostempfindliches Erdreich

Erdreich, das als gefrorener Teil des Erdreichs Frosthebungskräfte bewirken kann



Legende

- a) Leichtbetongründungswand mit Erdreichdämmung
 - b) Bodenplatte mit Eckbalken
 - c) Leichtbetongründungswand mit Erdreichdämmung und raumseitiger vertikaler Randdämmung
 - d) Leichtbetongründungswand mit vertikaler Randdämmung nach außen
 - e) Floßkonstruktion mit Erdreichdämmung und vertikaler Randdämmung
 - f) Floßkonstruktion über Schotterbett aus gebrochenem Material ($h < 0$ in dem Fall wird nicht betrachtet)
- 1 Erdreichdämmung 2 vertikale Randdämmung 3 frostunempfindliches Erdreich
4 Schotterbett aus gebrochenem Material mit Belüftung aus dem Gebäudeinneren

ANMERKUNG Dies sind bildhafte Darstellungen, um die wärmetechnischen Grundsätze zu veranschaulichen. Sie sollten nicht als Konstruktionsvorschrift verstanden werden.

Bild 1 — Beispiele für vertikale Randdämmung und Erdreichdämmung in Gründungen

3.1.10

Lage der Bauplattendämmung

Höhe der unteren Fläche der Bodenplattendämmschicht über der äußeren Erdoberfläche

ANMERKUNG Wenn die Bodenplatte keine Dämmung aufweist, wird dieser Wert von der Bodenplattenoberfläche aus gemessen.

3.2 Symbole und Einheiten

In nachstehender Liste werden die grundlegenden Symbole aufgeführt. Weitere Symbole werden an ihrer Verwendungsstelle im Text definiert.

Symbol	Größe	Einheit
B	Breite (kleineres Maß) des Gebäudes	m
b_g	Breite der Erdoberdämmung, gemessen von der äußeren Begrenzung der Gründung	m
b_{gc}	Breite der Erdoberdämmung an der Ecke	m
b_{gw}	Breite der Erdoberdämmung entlang der Wand	m
F_d	Bemessungswert des Frostindex	K · h
F_n	Frostindex, der statistisch gesehen einmal in einem Zeitraum von n Jahren überschritten wird	K · h
H_o	Größte Frosttiefe in ungestörtem schneefreiem Erdreich	m
H_f	Gründungstiefe für Wände	m
H_{fc}	Gründungstiefe für Ecken	m
h	Lage der Erdoberdämmung	m
H_v	Tiefe der vertikalen Randdämmung	m
L_c	Länge der Eckdämmung (gemessen entlang der Außenoberfläche der Wand)	m
R_f	Wärmedurchlasswiderstand der Bodenplattenkonstruktion (Mittelwert über den äußeren 1-m-Streifen der Bodenplatte)	m ² · W/K
R_v	Wärmedurchlasswiderstand der vertikalen Randdämmung	m ² · K/W
R_g	Wärmedurchlasswiderstand der Erdoberdämmung	m ² · K/W
R_{gc}	Wärmedurchlasswiderstand der Erdoberdämmung in der Ecke	m ² · K/W
R_{gw}	Wärmedurchlasswiderstand der Erdoberdämmung entlang der Wand	m ² · K/W
$\bar{\theta}_e$	mittlere Jahresaußenlufttemperatur	°C
$\theta_{i,m}$	mittlere Innenlufttemperatur im Monat m	°C

4 Bemessungsgrundsätze

Das Erdreich ist vollständig gefroren, wenn das gesamte darin befindliche Wasser gefroren ist. Es ist davon auszugehen, dass dies eingetreten ist, wenn die Erdreich-Temperatur -1°C beträgt (siehe Anhang D). Die in den Abschnitten 8 bis 10 angegebenen Daten gelten, wenn die Gründungen als sicher gegen Frosthebung angesehen werden können, d. h. wenn sie so bemessen wurden, dass während des Bemessungswinters unterhalb der Gründung kein vollständig gefrorenes Erdreich auftritt. Alternative Daten, die auf dem 0°C -Kriterium basieren, sind in Anhang C angegeben.

Diese Bedingung für die Bemessung kann auf eine der vier folgenden Arten erfüllt werden:

- 1) die Gründungstiefe muss größer sein als die Tiefe, bei der vollständig gefrorenes Erdreich auftritt;

- 2) das frostempfindliche Erdreich unterhalb der zu errichtenden Gründungen wird bis zur in 1) angegebenen Tiefe entfernt und durch gut entwässertes, frostunempfindliches Material ersetzt;
- 3) die Gründungen werden gedämmt, um Wärmeverluste aus dem Erdreich unterhalb der Gründungen zu verringern und so den ungefrorenen Zustand dieses Erdreichs zu erhalten;
- 4) Nutzung der Wärmeverluste vom Gebäude oder Einsatz besonderer Heizmaßnahmen, um den ungefrorenen Zustand des Erdreichs unterhalb der Gründungen zu erhalten.

Im Sinne dieser Norm gelten 1) und 2) als gleichwertig und werden in Abschnitt 7 behandelt. Ferner kann die angewandte Lösung aus einer Kombination von 2), 3) und 4) bestehen. Somit kann die Dicke jeder frostunempfindlichen Schicht unterhalb der Gründungen bei Anwendung dieser Norm in die Gründungstiefe H_f mit einbezogen werden, um zu entscheiden, ob Frostschutzmaßnahmen erforderlich sind, und wenn ja, welche Dämmung erforderlich ist.

ANMERKUNG 1 Wenn die Möglichkeit 4) gewählt wird, ist üblicherweise eine Kombination mit 3) erforderlich, um den Wärmeverlust zu begrenzen.

Die für die Lösungen 3) und 4) erforderliche Dämmung kann wie folgt bestimmt werden:

- a) durch Anwendung der Tabellen und graphischen Darstellungen in dieser Norm (siehe Abschnitt 8, Abschnitt 9 oder Abschnitt 10 in Abhängigkeit von der Gebäudeart) oder
- b) durch numerische Berechnungen nach den in Anhang B angegebenen Grundlagen.

Es ist auch zulässig, eine Kombination aus a) und b) anzuwenden, z. B. die Bestimmung der geforderten Dämmung an Ecken nach a) und eine (zweidimensionale) numerische Berechnung zur Bestimmung der an anderer Stelle geforderten Dämmung.

Eine durch Bodenheizungen, Heizkabel im Erdreich oder ähnliche Vorrichtungen verursachte Wärmeabgabe ist in den Bemessungsverfahren nach den Abschnitten 8 bis 10 nicht zulässig. Wenn eine derartige Wärmeabgabe zu berücksichtigen ist, müssen numerische Berechnungen durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Wenn die in den Abschnitten 8 bis 10 angegebenen Bemessungsverfahren auf derartige Gegebenheiten angewandt werden, erhöht dies die Sicherheit bezüglich der Frosthebung, führt jedoch möglicherweise auch zu einem zusätzlichen Wärmeverlust.

Die Gründungen müssen so bemessen werden, dass ein Anfrieren des Erdreichs vermieden wird und somit Frosthebung durch Übertragung von Scherkräften verhindert wird, z. B. durch eine Schicht aus frostunempfindlichem Material neben den Gründungsmauern oder dem Fundament.

Wenn die Gebäudehülle noch nicht fertiggestellt ist und/oder das Gebäude vor der Frostperiode noch nicht beheizt wird, müssen zusätzliche Dämmungsmaßnahmen durchgeführt werden, um die Gründungen zu schützen.

ANMERKUNG 3 Eine Möglichkeit des zusätzlichen Schutzes besteht darin, die Gründungen wie für unbeheizte Gebäude zu bemessen, wobei ein Bemessungswert des Frostindex für nicht-permanente Konstruktionen angewandt wird (siehe 6.1).

Folgende Parameter sind für den Frostschutz von Bedeutung:

- Klima: insbesondere Frostindex und jährliche Durchschnittstemperatur;
- Frostempfindlichkeit des Erdreichs;
- Wärmetechnische Eigenschaften des Erdreichs, sowohl gefroren als auch ungefroren;
- Dämmung der Bodenplatte;
- Innentemperatur des Gebäudes;
- Geometrie, insbesondere die Gesamtmaße des Gebäudes und die verwendete Gründungsart.

ANMERKUNG 4 Eine Schneedecke verringert die Frosteindringtiefe; da das Vorhandensein einer Schneedecke jedoch für Bemessungszwecke nicht als sicher angenommen werden kann, sollte sie bei der Festlegung der Bemessungskriterien nicht berücksichtigt werden.

Einige Beispiele sind in Bild 1 dargestellt.

5 Stoffeigenschaften

5.1 Erdreicheigenschaften

Sofern durch geologische Überprüfungen nichts Anderes festgestellt wurde, muss das Erdreich als frostempfindlich eingestuft werden.

ANMERKUNG 1 Informationen über die Frostempfindlichkeit sind in Anhang D angegeben.

Diese Norm beruht auf der Annahme eines homogenen, frostempfindlichen Erdreichs mit folgenden Eigenschaften:

Wärmeleitfähigkeit (ungefroren)	$\lambda = 1,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Wärmeleitfähigkeit (gefroren)	$\lambda_f = 2,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Wärmekapazität je Volumeneinheit (ungefroren)	$C = 3 \times 10^6 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$
Wärmekapazität je Volumeneinheit (gefroren)	$C_f = 1,9 \times 10^6 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$
latente Wärme beim Gefrieren je Kubikmeter Erdreich	$L = 150 \times 10^6 \text{ J}/\text{m}^3$
Trockenrohdichte	$\rho = 1\,350 \text{ kg}/\text{m}^3$
Wassergehalt (Sättigungsgrad = 90 %)	$w = 450 \text{ kg}/\text{m}^3$

Für die meisten Arten von frostempfindlichem Erdreich weicht die Frosteindringtiefe in der Nähe eines Gebäudes nur geringfügig von der mit den angegebenen Werten bestimmten Eindringtiefe ab. Wenn die tatsächlichen Erdreicheigenschaften jedoch wesentlich von den oben aufgeführten Werten abweichen, sollten numerische Berechnungen nach Anhang B durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Generell können die Bemessungsdaten nach den Abschnitten 8 bis 10 für Erdreich angewandt werden, dessen Trockenrohdichte $1\,100 \text{ kg}/\text{m}^3$ bis $1\,600 \text{ kg}/\text{m}^3$ und dessen Wassersättigung mehr als 80 % beträgt.

ANMERKUNG 3 Wenn eine Erdreichdämmung verwendet wird, gelten als relevante Eigenschaften die Eigenschaften des in der Nähe des Gebäudes befindlichen Erdreichs. Wird keine Erdreichdämmung verwendet, können die Eigenschaften der Hinterfüllung wesentlich sein, insbesondere bei relativ großen Hinterfüllbereichen. Eine Hinterfüllung (die gut entwässert ist, um ein Anfrieren zu vermeiden) kann die Frosteindringtiefe auf Grund des Fehlens von Wasser im Erdreich und der damit verbundenen latenten Wärme stellenweise erhöhen.

5.2 Eigenschaften der Baustoffe

Für den Wärmedurchlasswiderstand eines jedes Bauproduktes ist der entsprechende Bemessungswert, entweder berechnet nach ISO 10456 oder aus Tabellen entnommen, zu verwenden. Der Wärmedurchlasswiderstand von Produkten, die unterhalb der Erdoberfläche verwendet werden, muss den Feuchtebedingungen des Anwendungsbereiches entsprechen.

ANMERKUNG Die Feuchtebedingungen können davon abhängen, ob das Gebäude beheizt oder unbeheizt ist, und sie sind oftmals in der Nähe von unbeheizten Gebäuden ungünstiger.

Ist die Wärmeleitfähigkeit angegeben, wird der Wärmedurchlasswiderstand als Quotient aus Dicke und Wärmeleitfähigkeit bestimmt. Die zu Grunde gelegte Dicke muss die Zusammendrückung des Produkts berücksichtigen.

Es ist sicherzustellen, dass Dämmstoffe, die einer Druckbelastung unterworfen werden, angemessene Druckspannungs- und Verformungseigenschaften aufweisen.

Wenn für den Frostschutz eine Erdreichdämmung erforderlich ist, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um sicherzustellen, dass diese nicht beschädigt oder nach Fertigstellung des Gebäudes entfernt wird. Der Gebäudenutzer ist über das Vorhandensein und die Lage der Erdreichdämmung sowie deren Zweck zu informieren.

6 Klimadaten

6.1 Bemessungswert des Frostindex

Die für den Frostschutz erforderliche Dämmung hängt von der Strenge des Bemessungswinters ab, der als Frostindex zusammen mit der mittleren Jahresaußentemperatur ausgedrückt wird.

Der Bemessungswert des Frostindex F_d wird als F_n ausgedrückt, d. h. als Zahlenangabe auf der Basis aufgezeichneter meteorologischer Daten und berechnet nach Anhang A, der die Wahrscheinlichkeit darstellt, dass der Wert einmal in n Jahren während eines Winters im betreffenden Gebiet überschritten wird. F_n kann auch als ein Wert des Frostindexes betrachtet werden, der statistisch einmal in n Jahren überschritten wird.

Nach Festlegung des Wertes für n , kann man F_n aus Tabellen oder Karten entnehmen, die das betreffende Gebiet beinhalten.

Der entsprechende Wert für n bezieht sich auf die zu erwartende Lebensdauer des Gebäudes und dessen Empfindlichkeit gegenüber Frosthebung.

Für dauerhafte Konstruktionen ist F_{100} oder F_{50} anzusetzen.

ANMERKUNG Für praktische Zwecke können F_{100} und F_{50} als gleich angesehen werden, da ihre Differenz sehr klein ist, sodass beide verwendet werden können (in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit).

Bei der Bemessung von Gebäuden, die bewegt werden können, oder bei nicht dauerhaften Gebäuden, darf ein niedrigerer Frostindex (z. B. F_{20} , F_{10} , F_5) angesetzt werden.

6.2 Frosttiefe in ungestörtem Erdreich

Die größte Frosteindringtiefe in ungestörtem Erdreich (d. h. Erdreich, das nicht durch Gebäude, eine Schneedecke oder Vegetation geschützt ist) hängt vom Klima (Frostindex und mittlere Jahreslufttemperatur) und von den wärmetechnischen Eigenschaften des Erdreichs ab.

ANMERKUNG Die Bemessungswerte der größten Frosttiefe in ungestörtem homogenem frostempfindlichem Erdreich ohne Schneedecke, H_0 , kann für die verschiedenen Gebiete aus nationalen Karten oder Tabellen entnommen werden.

Wenn H_0 nicht bekannt ist, kann ein Näherungswert nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$H_0 = \sqrt{\frac{7\,200 F_d \lambda_f}{L + C \bar{\theta}_e}} \quad (1)$$

Dabei ist

F_d der Bemessungswert des Frostindex, in $K \cdot h$;

λ_f die Wärmeleitfähigkeit des gefrorenen Erdreichs, in $W/(m \cdot K)$;

L die latente Wärme beim Gefrieren von Wasser im Erdreich je Volumeneinheit des Erdreichs, in J/m^3 ;

C die Wärmekapazität des ungefrorenen Erdreichs je Volumeneinheit, in $J/(m^3 \cdot K)$;

$\bar{\theta}_e$ die mittlere Jahresaußenlufttemperatur, in $^{\circ}C$.

Wenn keine geeigneten Angaben über das Erdreich vorliegen, sind die in 5.1 angegebenen Daten zu verwenden.

7 Gründungstiefe größer als Frosttiefe in ungestörtem Erdreich

Die Gründung eines jeden Gebäudes kann so bemessen werden, dass die Gründungstiefe H_f mindestens der größten Frosttiefe in ungestörtem, schneefreiem Erdreich H_0 , entspricht.

Wenn $H_f \geq H_0$ ist, sind die Gründungen ausreichend gegen Frosthebung geschützt, und es ist weder eine Rand- noch Erdreichdämmung erforderlich.

Wenn sich die Gründung auf einer Schicht aus gut drainfähigem, frostunempfindlichem Material befindet, darf die Dicke einer solchen Schicht in H_f einbezogen werden.

ANMERKUNG Für Klimata mit $F_d < 2\,000 K \cdot h$ gilt diese Bedingung für Gründungstiefen von 0,45 m und mehr.

Wenn $H_f < H_0$ ist, sind die Abschnitte 8 bis 10 anzuwenden, oder es sind numerische Berechnungen nach Anhang B durchzuführen.

8 Bodenplatte auf Erdreich in beheizten Gebäuden

8.1 Anwendbarkeit

Dieser Abschnitt gilt für Gründungen, bei denen $H_f < H_0$ ist und für:

- Gebäude, bei denen die Durchschnittsinnenlufttemperatur im gesamten Gebäude in jedem Monat mindestens $17^{\circ}C$ beträgt (d. h. $\theta_{i,m} \geq 17^{\circ}C$ für alle m);

- b) Gebäude, die in Teilen beheizt und in Teilen unbeheizt sind, sofern in den beheizten Teilen $\theta_{i,m} \geq 17^\circ\text{C}$ für alle m aufweisen und sofern die unbeheizten Teile, wie in 8.4 beschrieben, behandelt werden;
- c) Gebäude, bei denen $5^\circ\text{C} \leq \theta_{i,m} < 17^\circ\text{C}$ mit den in 8.7 beschriebenen Änderungen.

Wenn in irgendeinem Monat $\theta_{i,m} < 5^\circ\text{C}$ ist, sollte der Frostschutz der Gründungen wie für unbeheizte Gebäude bemessen werden (siehe Abschnitt 10).

Für Werte, die auf dem Bemessungskriterium 0°C unter der Gründung basieren, siehe Anhang C.

8.2 Allgemeine Grundsätze

In allen Fällen ist eine vertikale Randdämmung nach 8.6 vorzusehen.

Die vom Gebäude abgegebene Wärme erhöht die Erdreichtemperatur an den Ecken in geringerem Maße als entlang der Gebäudekanten. Daher können an den Ecken zusätzliche Maßnahmen erforderlich werden, entweder, indem an den Ecken tiefere Gründungen vorgesehen werden oder, indem dort eine zusätzliche Dämmung eingebaut wird.

Dieser Abschnitt gibt drei Möglichkeiten an, mit denen der erforderliche Frostschutz erzielt werden kann:

- 1) Es wird ausschließlich eine vertikale Randdämmung ohne Erdreichdämmung verwendet. Die Gründungen sind bis zu der in 8.7.1 angegebenen Tiefe abzusenken (an den Ecken ist eine größere Tiefe erforderlich als entlang der übrigen Wände).
- 2) Tiefere Gründungen an den Ecken werden vermieden, indem nur an den Ecken eine Erdreichdämmung erfolgt. Für Wände gilt die in 1) angegebene Gründungstiefe. Siehe 8.7.2.
- 3) Es wird eine begrenzte Gründungstiefe (nicht weniger als 0,4 m) vorgesehen, wobei dieselbe Gründungstiefe rund um das Gebäude gilt. Rund um das Gebäude ist eine Erdreichdämmung vorzusehen, die an den Ecken verstärkt wird. Siehe 8.7.3.

Die Tiefe der Gründungen und/oder das Ausmaß der Erdreichdämmung wird durch den Bemessungswert des Frostindex, F_d , bestimmt.

Die Bodenplattendämmung ist so zu bemessen, dass eine zufrieden stellende Fußbodentemperatur und Energieeinsparung erreicht wird (d. h. unabhängig von dem Problem der Frosthebung).

ANMERKUNG Die Verwendung einer vertikalen Randdämmung und einer Erdreichdämmung erhöht die Fußbodenoberflächentemperaturen und vermindert die Wärmeverluste entlang der Fußbodenkanten.

8.3 Einschränkungen

8.3.1 Gebäudebreite

Die in diesem Abschnitt festgelegten Gründungstiefen und die Frostdämmung gelten für Gebäude mit einer Breite B von mindestens 4 m.

Wenn $B < 4$ m ist, sollten die Gründungen entweder bezüglich der erforderlichen Tiefe oder in Bezug auf die erforderliche Erdreichdämmung nach den für Ecken angegebenen Verfahren bemessen werden, jedoch rund um das Gebäude gleichartig.

8.3.2 Höhenlage der Bodenplattendämmung

Die in diesem Abschnitt festgelegten Gründungstiefen und die Frostdämmung gelten für Bodenplatten mit einer Höhenlage der Bodenplattendämmung $h \leq 0,6$ m über Oberkante Erdreich.

Wenn $h > 0,6$ m ist, sind entweder numerische Berechnungen nach Anhang B durchzuführen oder es sind die Verfahren für unbeheizte Gebäude anzuwenden (siehe Abschnitt 10).

8.3.3 Wärmedurchlasswiderstand von Bodenplatten

Der Wärmedurchlasswiderstand einer Bodenkonstruktion R_f gibt den Gesamtwärmedurchlasswiderstand aller Schichten zwischen der Fußbodenoberfläche und dem Untergrund wieder. Er beinhaltet alle Dämmschichten oberhalb, unterhalb oder innerhalb dieser Platte sowie jeden Bodenbelag.

Wenn der Wärmedurchlasswiderstand der Bodenkonstruktion über die Fläche variiert, ist R_f als Mittelwert über den äußeren 1-m-Streifen der Bodenplatte anzunehmen.