

DIN EN 16481

ICS 91.060.30

**Holztreppen –
Bauplanung –
Berechnungsmethoden;
Deutsche Fassung EN 16481:2014**

Timber stairs –
Structural design –
Calculation methods;
German version EN 16481:2014

Escaliers en bois –
Conception de la structure –
Méthodes de calcul;
Version allemande EN 16481:2014

Gesamtumfang 62 Seiten

DIN-Normenausschuss Holzwirtschaft und Möbel (NHM)
DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16481:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 175 „Rund- und Schnittholz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 042-01-14 AA „Rund- u. Schnittholz – SpA zu CEN/TC 175 und ISO/TC 218“ im DIN-Normenausschuss Holzwirtschaft und Möbel (NHM).

Deutsche Fassung
Holztreppen —
Bauplanung —
Berechnungsmethoden

Timber stairs —
Structural design —
Calculation methods

Escaliers en bois —
Conception de la structure —
Méthodes de calcul

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 17. April 2014 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-CENELEC 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe, Formelsymbole und SI-Einheiten	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Schreibweise von Formelsymbolen	6
3.3 SI-Einheiten	11
4 Grundsätze für den Nachweis der mechanischen Leistungseigenschaften	12
4.1 Nachzuweisende Leistungseigenschaften	12
4.2 Typische Einwirkungen	12
4.3 Signifikante Einwirkungskombinationen	13
4.3.1 Allgemeines	13
4.3.2 Einwirkungskombinationen für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	13
4.3.3 Einwirkungskombination für den Nachweis der Tragfähigkeit	13
4.4 Grenzbelastung innerhalb des Nachweises der Tragfähigkeit	14
5 Bestimmung von mechanischer Beanspruchung (Schnittgrößen und Verformungen)	14
5.1 Allgemeines	14
5.2 Statische Systeme und Querschnittseigenschaften bei Trittstufen von Treppen	17
5.2.1 Gerade Trittstufen ohne Setzstufe	17
5.2.2 Gerade Stufen mit Setzstufe	19
5.2.3 Sich verjüngende Trittstufen	19
5.2.4 Eckstufen	22
5.3 Statische Systeme für und Querschnittseigenschaften für Treppenwangen	24
5.3.1 Gestemmte Wangen	24
5.3.2 Zahnwange	28
5.4 Berechnungsmodelle für Verbindungen	33
5.4.1 Allgemeines	33
5.4.2 Wahl der Verbindungen Trittstufe-Wange	34
5.4.3 Modellierung der Verbindungen Wange-Ecke	46
5.4.4 Wahl der Verbindungen zum Bauwerk	48
5.5 Modellierung der Lasten	51
5.5.1 Modellierung der ständigen Lasten	51
5.5.2 Modellierung der veränderlichen, gleichmäßig verteilten Last $q_{k,1}$	51
5.5.3 Modellierung der veränderlichen gleichmäßig verteilten horizontalen Last $q_{k,2}$	53
6 Nachweis innerhalb des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit	54
6.1 Allgemeines	54
6.2 Grenzwerte von Verformungen	54
6.3 Nachweis der Schwingung	55
7 Nachweis innerhalb des Grenzzustandes der Tragfähigkeit	55
7.1 Allgemeines	55
7.2 Nachweis der Tragfähigkeit von Querschnitten	55
7.3 Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungen	56
7.3.1 Nachweis der Tragfähigkeit von Trittstufe-Wange-Verbindungen	56
7.3.2 Nachweis der Tragfähigkeit von Wange-Ecke-Verbindungen	57
7.4 Nachweis der Tragfähigkeit von Verbindungen zum Gebäude	59
Literaturhinweise	60

Vorwort

Dieses Dokument (EN 16481:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 175 „Rund- und Schnittholz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2014, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2014 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 berücksichtigt die folgenden Normen:

- EN 1990;
- EN 1991-1-1;
- EN 1995-1-1.

Dieses Dokument wendet sich an Tragwerksplaner, damit Holztreppe nach einem verbreiteten europäischen Verfahren konstruiert werden; es sollte für kleine und mittelständische Unternehmen als Alternative zur Prüfung sinnvoll sein, sofern anwendbar.

Diese Europäische Norm berücksichtigt den derzeitigen Stand der Technik hinsichtlich des Sicherheitskonzepts, Lastannahmen, Bestimmung von Schnittgrößen und Lagerreaktionen wie auch Bemessung im Bereich des Holzbaus.

Die wesentlichen Anforderungen und Nachweisverfahren für den Nachweis der mechanischen Leistungseigenschaften, der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit von Treppen und deren Bestandteilen sind in den folgenden Abschnitten dargestellt und beschrieben.

Die mechanischen Leistungseigenschaften von Treppen dürfen durch folgende Verfahren nachgewiesen werden:

- Prüfung von Treppen als Ganzes oder in Teilen;
- mathematischer Nachweis auf der Grundlage der Baustatik nach den Prinzipien der vorliegenden Europäischen Norm;
- Beurteilung, die auf Erfahrung beruht: üblicherweise anerkannte Leistungswerte (en: *conventionally accepted performance*; CAP), die in nationalen Dokumenten definiert werden sollten.

Alle Verfahren sind gleichwertig.

Dieses Dokument ist in Verbindung mit EN 15644 zu lesen.

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt als Rahmennorm Berechnungsmethoden für die Konstruktion von Holztreppen sowie für Bauteile aus Holz und Holzwerkstoffen fest, die für Treppen verwendet werden. Einige Berechnungsmethoden können von Prüfergebnissen abgeleitet werden, z. B. CEN/TS 15680. Dieses Dokument legt die Konstruktion von und die Anforderungen an Werkstoffe(n) und Bauteile(n) fest, die in diesen Berechnungsmethoden zu verwenden sind. Sie darf durch Nationale Anwendungsdokumente ergänzt werden, die auf dieser Europäischen Norm beruhen.

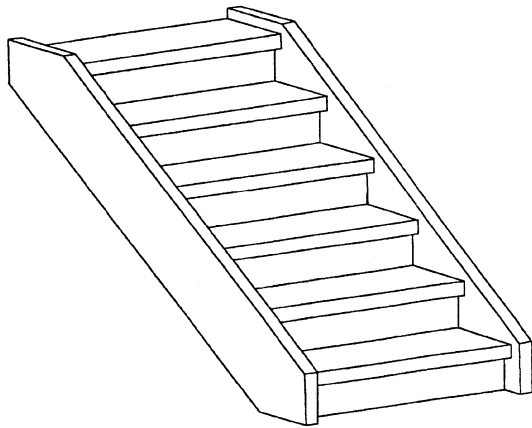
Diese Europäische Norm gilt für beschichtete und unbeschichtete Bauteile. Dieses Dokument behandelt tragende Bauteile wie Wangen, Trittstufen, Setzstufen, Pfosten und Umwehungen. Anforderungen an eine Holztreppe sind in der Produktnorm EN 15644 festgelegt. Dieses Dokument behandelt keine Treppen, die zur allgemeinen Standsicherheit von Bauwerken oder zur Festigkeit der Konstruktion beitragen.

Diese Europäische Norm gilt für den Nachweis mechanischer Leistungseigenschaften, Gebrauchstauglichkeit, Tragfähigkeit und der damit verbundenen Dauerhaftigkeit. Weitere Anforderungen, z. B. Anforderungen an bauakustische Eigenschaften, werden in dieser Europäischen Norm nicht behandelt.

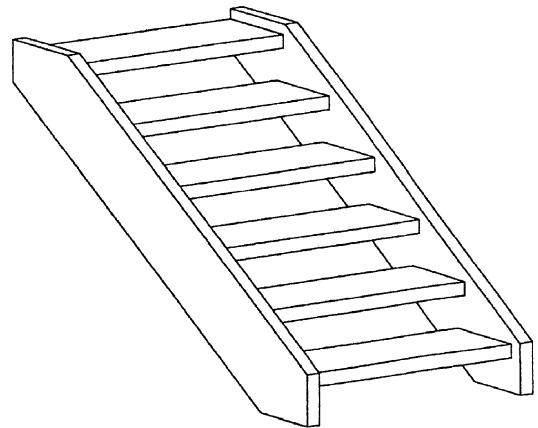
Für die Konstruktion und Berechnung unter nicht ruhenden Einwirkungen sind zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen (zu überprüfen).

Für die Bemessung im Brandfall und bei Erdbeben/seismische Einwirkungen sind zusätzliche zu berücksichtigende Anforderungen zugelassen.

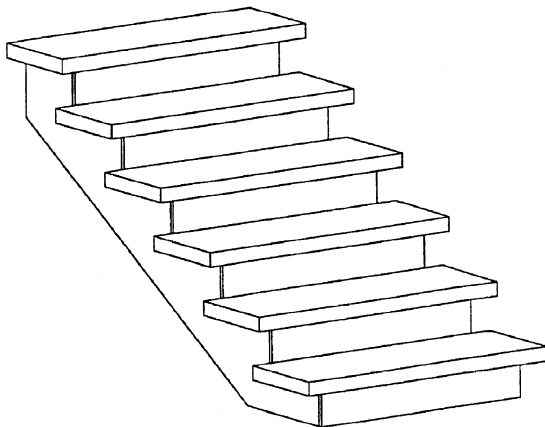
Die Verfahren in der vorliegenden Europäischen Norm gelten ohne weiteren Nachweis für verschiedene Arten von Treppenbauarten und ihre Bauteile, wie in Bild 1 dargestellt:



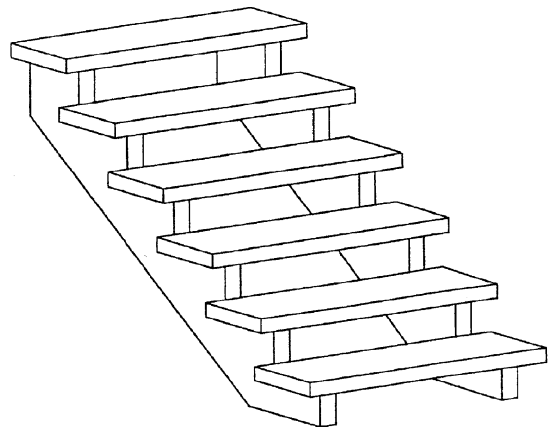
a) Treppe mit gestemmter Wange und Setzstufe



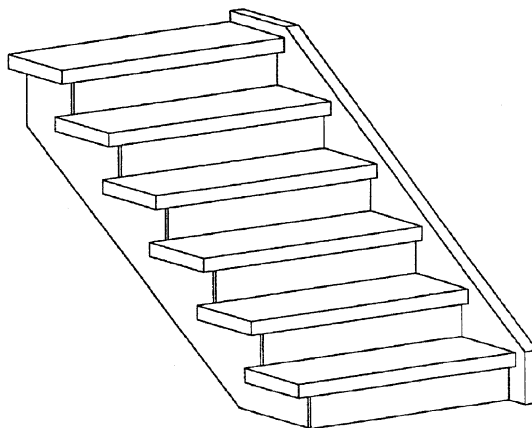
b) Treppe mit gestemmter Wange ohne Setzstufe



c) Treppe mit aufgesattelten Wangen und Setzstufe



d) Treppe mit aufgesattelten Wangen ohne Setzstufe



e) Kombination Treppen mit eingestemmter und aufgesattelter Wange mit oder ohne Setzstufe

Bild 1 — Arten von Treppentypen und ihre Bauteile

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

EN 338, *Bauholz für tragende Zwecke — Festigkeitsklassen*

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991-1-1:2002, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1995-1-1, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten — Teil 1-1: Allgemeines — Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*

ANMERKUNG Der Eurocode enthält seine Nationalen Anwendungsdokumente (NAD).

EN 14076, *Holztreppen — Terminologie*

EN 15644, *Traditionell konstruierte, vorgefertigte Treppen aus Massivholz — Spezifikationen und Anforderungen*

EN ISO 80000-1, *Größen und Einheiten — Teil 1: Allgemeines (ISO 80000-1)*

3 Begriffe, Formelsymbole und SI-Einheiten

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1990, EN 1995-1-1 und EN 14076 und die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Die allgemeine Begriffe, die im Zusammenhang mit Einwirkungen und Beständigkeit verwendet werden, sowie Begriffe, die sich auf das Sicherheitskonzept beziehen, sind in EN 1990 gegeben.

Die im Bereich des Holzbaus verwendeten bestimmten gültigen Begriffe sind in EN 1995-1-1 enthalten.

Bestimmte Begriffe im Zusammenhang mit Holztreppen sind in EN 14076 angegeben.

3.1.1

Querverstrebung

Traversen

Bauteile, die darauf ausgelegt sind, den Wangen Torsionssteifigkeit zu verleihen

BEISPIEL Schrauben, Nägel, Leime.

3.2 Schreibweise von Formelsymbolen

In den meisten Fällen besteht die Schreibweise der Formelsymbolen aus einem Hauptzeichen (Hauptindikator) und einem oder mehreren tiefgestellten Indikatoren. Die folgende Liste legt die gebräuchlichsten Schreibweisen fest. Erläuterungen weiterer Schreibweisen folgen entweder unmittelbar auf die Gleichung, in der sie erscheinen, oder sind im begleitenden Text dargestellt.

α	Steigungswinkel
γ	Teilsicherheitsbeiwert für einwirkende Lasten
φ_x	Verdrehwinkel in Bezug zur x -Achse
φ_y	Verdrehwinkel in Bezug zur y -Achse
φ_z	Verdrehwinkel in Bezug zur z -Achse
γ_m	Teilsicherheitsbeiwert für eine Werkstoffeigenschaft
Ψ_0	Kombinationsbeiwert
A	Querschnittsfläche
A_y	Schubfläche des Querschnitts in Richtung der y -Achse
A_z	Schubfläche des Querschnitts in Richtung der z -Achse
$A_{\text{cross-bracing}}$	Querschnittsfläche der Querverstrebung
A_{string}	Berechnete Querschnittsfläche der Wange
$A_{\text{string, I-I}}$	reale Querschnittsfläche der Wange im Schnitt I-I
$A_{\text{string, III-III}}$	reale Querschnittsfläche der Wange im Schnitt III-III
$A_{y, \text{string}}$	berechnete Schubfläche der Wange in Richtung der y -Achse
$A_{z, \text{string}}$	berechnete Schubfläche der Wange in Richtung der z -Achse
corner_i	Verbindungsstrebe zwischen Wange und Ecke, unten
corner_i+1	Verbindungsstrebe zwischen Wange und Ecke, oben
D_{max}	maximaler Abstand zwischen der Unterkante der Wange und der Unterkante der Einstemmung
D_{medium}	Mittelwert von D_{max} und D_{min}
D_{min}	kleinster Abstand zwischen der Oberkante der Wange und der Oberkante der Einstemmung
d	Querschnittsdicke, Index für Bemessungswert
d_{housing}	Tiefe der Einstemmung
d_{tread}	Dicke der Trittstufe
d_{string}	Dicke der Wange
E	Elastizitätsmodul
e	Exzentrizität
EA	Dehnsteifigkeit eines Bauteils
E_d	Bemessungswert der Beanspruchung (Einwirkung)
EI_y	Biegesteifigkeit in Bezug zur y -Achse
EI_z	Biegesteifigkeit in Bezug zur z -Achse
$EI_{y, \text{tread}}$	Biegesteifigkeit der Trittstufe in Bezug zur y -Achse
$EI_{z, \text{tread}}$	Biegesteifigkeit der Trittstufe in Bezug zur z -Achse
e_{tread}	Abstand zwischen dem Lot der Trittstufe und dem idealisierten Lot der Zahnwange

F	Kraft, Einzellast
f_1	Grundfrequenz
G	Schubmodul
GA_y	Schubsteifigkeit eines Bauteils in Richtung der y -Achse
GA_z	Schubsteifigkeit eines Bauteils in Richtung der z -Achse
GI_t	Torsionssteifigkeit eines Bauteils
G_k	Charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung auf die Konstruktion (einschließlich sämtlicher Verbindungsmittel)
g	Stufenauftritt; Treppenauftritt
H	Horizontal einwirkende veränderliche Einwirkung
h	Höhe des Querschnitts
$h_{\text{balustrade}}$	Abstand zwischen horizontaler Handlaufast und Trittstufe
h_{max}	reale größte Querschnittshöhe der Zahnwange
h_{min}	reale kleinste Querschnittshöhe der Zahnwange
$h_{\text{c, string, max}}$	realer größter Abstand zwischen dem Lot einer Zahnwange zur untersten Kante der Wange
$h_{\text{c, string, min}}$	realer kleinster Abstand zwischen dem Lot einer Zahnwange zur untersten Kante der Wange
h_{cut}	maximale Höhe der Zahnwangensattel ($h_{\text{cut}} = h_{\text{max}} - h_{\text{min}}$)
h_{string}	Höhe der Wange
h_{housing}	Höhe der Einstimmung
$h_{\text{c, string}}^*$	berechneter Lotabstand einer Zahnwange zur untersten Kante der Wange
h_{string}^*	berechnete Höhe der Zahnwange
H_{string}^*	Orthogonalprojektion der berechneten Höhe der Zahnwange
$H_{\text{c, string}}^*$	Orthogonalprojektion des berechneten Lotabstands einer Zahnwange zur untersten Kante der Wange
I	Trägheitsmoment
$I_{\text{cross-bracing}}$	berechnetes (idealisiertes) Trägheitsmoment der Querverstrebung an Treppen mit Zahnwangen
I_t	Torsionsträgheitsmoment
$I_{t, \text{string}}$	berechnetes (idealisiertes) Torsionsträgheitsmoment der Wange
I_y	Trägheitsmoment in Bezug zur y -Achse
$I_{y, \text{string}}$	berechnetes (idealisiertes) Trägheitsmoment der Wange in Bezug zur y -Achse
$I_{y, \text{string, I-I}}$	reales Trägheitsmoment der Wange in Bezug zur y -Achse im Schnitt I-I
$I_{y, \text{string, III-III}}$	reales Trägheitsmoment der Wange in Bezug zur y -Achse im Schnitt III-III
I_z	Trägheitsmoment in Bezug zur z -Achse
$I_{z, \text{string}}$	berechnetes (idealisiertes) Trägheitsmoment der Wange in Bezug zur z -Achse

k	Federsteifigkeit
k^D	Drehfedersteifigkeit
k_y^D	Drehfedersteifigkeit bei Biegung um die y -Achse
k_z^D	Drehfedersteifigkeit bei Biegung um die z -Achse
k^F	Dehnfedersteifigkeit in Achsrichtung
k_m	Beiwert
k_{mod}	Modifizierungsbeiwert, der die Einwirkung der Nutzungsklasse und Beanspruchungsdauer auf die Festigkeitseigenschaften berücksichtigt
K_{shape}	Koeffizient je nach Querschnittsform
L	Länge des Querschnitts oder Länge des Systems
L_a	berechnete (idealisierte) Auflagerlänge an der Wandseite einer Eckstufe vor der Ecke
L_b	berechnete (idealisierte) Auflagerlänge an der Wandseite einer Eckstufe nach der Ecke
L_c	berechnete (idealisierte) Auflagerlänge an der lichten Seite einer Eckstufe vor der Ecke
L_d	berechnete (idealisierte) Auflagerlänge an der lichten Seite einer Eckstufe nach der Ecke
$L_{cantilever}$	berechnete (idealisierte) Länge der Auskragung einer Trittstufe
L_{cut}	maximale Länge des Zahnwangensattels
L_{load}	Länge der anzusetzenden Streckenlast
L_{stair}	Länge der Treppe
L_{tread}	berechnete Stützweite der Trittstufe
M	Moment, Biegemoment, Einzellast
$M_{k, 1}$	Nettomasse des Bauwerks einschließlich sämtlicher Verbindungsmittel
$M_{k, 2}$	Einzelmasse
$M_{rail, k}$	charakteristischer Wert des Biegemoments aus horizontaler veränderlicher Einwirkung (Handlauflast) zur Berücksichtigung der Handlauflast
$M_{x, d, corner_i}$	maßgebendes Torsionsmoment um die x -Achse vor der Ecke aufgrund von Lastkombinationen
$M_{x, d, corner_i+1}$	maßgebendes Torsionsmoment um die x -Achse hinter der Ecke aufgrund von Lastkombinationen
$M_{x, Rd, corner_i}$	Bemessungswert des aufnehmbaren Torsionsmoments einer Eckverbindung, durch Versuche ermittelt
$M_{x, d, tread}$	maßgebendes Torsionsmoments am Beginn oder Ende der Trittstufe als Ergebnis der Lastkombinationen
$M_{x, Rd, tread}$	Bemessungswert des aufnehmbaren Torsionsmoments in der Trittstufe, durch Versuche oder Berechnung ermittelt
$M_{y, d, corner_i}$	maßgebendes Biegemoment um die y -Achse vor der Ecke infolge der Lastkombinationen
$M_{y, d, corner_i+1}$	maßgebendes Biegemoment um die y -Achse nach der Ecke infolge der Lastkombinationen
$M_{y, Rd, corner_i}$	Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemoments in der Eckverbindung um die y -Achse, bestimmt durch Prüfungen (Ecke)

$M_{y, d, \text{tread}}$	maßgebendes Biegemoments bei Biegung um die y -Achse am Beginn oder Ende der Trittstufe infolge der Lastkombinationen
$M_{y, Rd, \text{tread}}$	Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemomentes in der Verbindung bei Biegung um die y -Achse, bestimmt durch Prüfungen (Trittstufe)
$M_{z, d, \text{corner}_i}$	maßgebendes Biegemoment bei Biegung um die z -Achse vor der Ecke infolge der Lastkombinationen
$M_{z, d, \text{corner}_{i+1}}$	maßgebendes Biegemoment bei Biegung um die z -Achse nach der Ecke infolge der Lastkombinationen
$M_{z, Rd, \text{corner}_i}$	Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemomentes in der Verbindung bei Biegung um die z -Achse, bestimmt durch Prüfungen (Ecke)
$M_{z, d, \text{tread}}$	maßgebendes Biegemoment bei Biegung um die z -Achse am Beginn oder Ende der Trittstufe infolge der Lastkombinationen
$M_{z, Rd, \text{tread}}$	Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemomentes in der Verbindung bei Biegung um die z -Achse, bestimmt durch Prüfungen (Trittstufe)
m_{lower}	unteres Besteck
m_{upper}	oberes Besteck
o	Unterschneidung
Q	veränderliche Einwirkung, Einzellast
$Q_{k, 1}$	konzentrierte Einzellast
q	veränderliche Einwirkung, gleichmäßig verteilte Last
$q_{k, 1}$	gleichmäßig verteilte vertikale Last
$q_{k, 2}$	gleichmäßig verteilte horizontale Last
$q_{k, \text{left}}$	Maximalwert der veränderlichen Streckenlast, die auf eine gewendelte Trittstufe aufzubringen ist
$q_{k, \text{right}}$	Minimalwert der veränderlichen Streckenlast, die auf eine gewendelte Trittstufe aufzubringen ist
r	Steigung
$T_{d, \text{cross-bracing}}$	maßgebliche Zugkraft in der Querverstrebung als Ergebnis der Lastkombinationen
$T_{Rd, \text{cross-bracing}}$	Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft in der Querverstrebung, bestimmt durch Prüfungen oder Berechnungen
u, v, w	Verformung, Durchbiegung
w	Querschnittsbreite
w_1	reale Breite der Trittstufe an der lichten Seite
$w_{1, id}$	idealisierte Breite der Trittstufe an der lichten Seite
w_2	reale Breite der Trittstufe an der Wandseite
$w_{2, id}$	idealisierte Breite der Trittstufe an der Wandseite
$w_{i, \text{stair}}$	Innenbreite des Treppenlaufes
$w_{av, id}$	Durchschnittswert idealisierter Breiten von Trittstufen
w_{stair}	Breite des Treppenlaufs
w_{tread}	Breite der Trittstufe

w_G	vertikale Verformung infolge ständiger Einwirkung
$w_{q, k1}$	vertikale Verformung infolge veränderlicher vertikaler Last
$w_{Q, k1}$	vertikale Verformung infolge vertikaler Einzellast in Höhe von 2 kN in ungünstiger Position
X	Eigenschaft des Baustoffes
X_k	Charakteristischer Wert einer Werkstoffeigenschaft
X_{Rd}	Bemessungswert einer Werkstoffeigenschaft
x, y, z	Koordinaten
$x_{\text{cross-bracing}}$	lokale x -Achse der Querverstrebung
$y_{\text{cross-bracing}}$	lokale y -Achse der Querverstrebung
$z_{\text{cross-bracing}}$	lokale z -Achse der Querverstrebung
x_{string}	lokale x -Achse der Wange
y_{string}	lokale y -Achse der Wange
z_{string}	lokale z -Achse der Wange
x_{tread}	lokale Achse der Trittstufe
y_{tread}	lokale Achse der Trittstufe
z_{tread}	lokale Achse der Trittstufe

3.3 SI-Einheiten

SI-Einheiten sind entsprechend EN ISO 80000-1 anzuwenden.

Für Berechnungen sind folgende Einheiten anzuwenden:

- Kräfte und Lasten: kN, kN/m, kN/m²;
- Wichte: kN/m³;
- Dichte: kg/m³;
- Spannungen und Festigkeiten: N/mm² (= MN/m² oder MPa);
- Elastizitäts- und Schubmodul: N/mm² (= MN/m² oder MPa);
- Momente (Biegemoment): kNm.

4 Grundsätze für den Nachweis der mechanischen Leistungseigenschaften

4.1 Nachzuweisende Leistungseigenschaften

Die Erfüllung folgender mechanischer Leistungseigenschaften ist nachzuweisen:

- a) **Gebrauchstauglichkeit** — eine Treppe erfüllt diese Anforderung, wenn Folgendes gegeben ist:
- 1) Die Verformung der Treppe als Ganzes und/oder ihrer Teile (z. B. Stufen und Wangen) darf unter den aufgetragenen Einwirkungen zu keiner Zeit die vorgegebenen maximalen Verformungswerte überschreiten, die in EN 1995-1-1 (Eurocode 5) und dem Nationalen Anwendungsdokument (NAD) festgelegt sind, sofern anwendbar;
 - 2) Die Grundfrequenz der Treppe als Ganzes muss unter der aufgetragenen Einwirkung die in EN 1995-1-1 (Eurocode 5) und dem Nationalen Anwendungsdokument (NAD) festgelegten Werte erfüllen, sofern anwendbar.
- b) **Tragfähigkeit** — eine Treppe erfüllt diese Anforderung, wenn Folgendes gegeben ist:
- 1) Die bestehende Nutzung der Treppe als Ganzes oder eines ihrer Einzelteile darf unter den aufgetragenen Einwirkungen zu keiner Zeit die national festgelegten Maximalwerte hinsichtlich zulässiger Nutzung überschreiten.

Die Erfüllung beider Leistungseigenschaften muss nachgewiesen sein. Zum Zweck der Ergebnisbewertung ist der ungünstigste Fall maßgeblich.

Treppen, deren Beurteilung auf Erfahrung beruht, z. B. üblicherweise anerkannter Leistungswerte (CAP), dürfen gemäß den nationalen Entscheidungen angenommen werden.

4.2 Typische Einwirkungen

Arten und Größen der aufzubringenden Einwirkungen unterliegen Angaben in EN 1991-1-1 und werden mit entsprechenden nationalen Bestimmungen kombiniert. Um die mechanischen Leistungseigenschaften von Treppen nachzuweisen, sind die folgenden Einwirkungsarten zu berücksichtigen:

- G_k Eigenlast der Konstruktion einschließlich sämtlicher Verbindungsmittel nach EN 1991-1 1:2002, Abschnitt 5;
- $q_{k,1}$ gleichmäßig verteilte vertikale Last [kN/m^2] nach EN 1991-1-1:2002, 6.3;
Ohne weiteren nationalen Wert sollte der Standardwert als $q_{k,1} = 3 \text{ kN/m}^2$ angewendet werden;
- $Q_{k,1}$ konzentrierte Einzellast [kN] nach EN 1991-1-1:2002, 6.3;
Ohne weiteren nationalen Wert sollte der Standardwert als $Q_{k,1} = 2 \text{ kN}$ angewendet werden;
- $q_{k,2}$ gleichmäßig verteilte horizontale Last [kN/m] nach EN 1991-1-1:2002, 6.4;
Ohne weiteren nationalen Wert sollte der Standardwert als $q_{k,2} = 0,5 \text{ kN/m}$ angewendet werden;
- $M_{k,1}$ Nettomasse der Konstruktion einschließlich sämtlicher Verbindungsmittel;
- $M_{k,2}$ Einzelmasse der Grundfrequenz.
Ohne weiteren nationalen Wert sollte der Standardwert als $M_{k,2} = 1 \text{ kN}$ angewendet werden.

4.3 Signifikante Einwirkungskombinationen

4.3.1 Allgemeines

Arten und Größen der aufgetragenen Einwirkungskombinationen werden auf der Grundlage von EN 1991-1-1 in Kombination mit nationalen Bestimmungen ausgewählt. Um die mechanischen Leistungseigenschaften einer vorgefertigten Treppe oder eines ihrer Bauteile nachzuweisen, sind die folgenden typischen Einwirkungskombinationen zu untersuchen.

Ohne nationale Werte sollten die Standardwerte, wie unten angegeben, angewendet werden.

4.3.2 Einwirkungskombinationen für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist unter Anwendung von drei Einwirkungskombinationen durchzuführen:

- 1) Einwirkungskombination „**Verformung**_ $q_{k,1}$ “

Die signifikanten Einwirkungen E_d bestehen aus:

$$E_d = E\{1,0 \cdot G_k + 1,0 \cdot q_{k,1}\} \quad (1)$$

- 2) Einwirkungskombination „**Verformung**_ $Q_{k,1}$ “

Die signifikanten Einwirkungen E_d bestehen aus:

$$E_d = E\{1,0 \cdot G_k + 1,0 \cdot Q_{k,1}\} \quad (2)$$

- 3) Einwirkungskombination „**Grundfrequenz**_ $M_{k,2}$ “

Die signifikanten Einwirkungen E_d bestehen aus:

$$E_d = E\{1,0 \cdot M_{k,1} + 1,0 \cdot M_{k,2}\} \quad (3)$$

4.3.3 Einwirkungskombination für den Nachweis der Tragfähigkeit

Der Nachweis der Tragfähigkeit ist unter Anwendung von zwei Einwirkungskombinationen durchzuführen:

- 1) Einwirkungskombination „**Bruchlast**_ $q_{k,1}$ “

Die signifikanten Einwirkungen E_d bestehen aus:

$$\begin{aligned} E_d &= E\{1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot q_{k,1} + 1,5 \cdot \psi_0 \cdot q_{k,2}\} \\ &= E\{1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot q_{k,1} + 1,05 \cdot q_{k,2}\} \end{aligned} \quad (4)$$

- 2) Einwirkungskombination „**Bruchlast**_ $Q_{k,1}$ “

Die signifikanten Einwirkungen E_d bestehen aus:

$$E_d = E\{1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,1}\} \quad (5)$$

4.4 Grenzbelastung innerhalb des Nachweises der Tragfähigkeit

Die Eigenschaften von Bauwerkstoffen sind durch charakteristische Werte angegeben, X_k .

Sofern keine entsprechenden nationalen Richtlinien vorliegen, ergeben sich die Bemessungswerte für Holz und Holzwerkstoffe, X_{Rd} , die innerhalb des Grenzzustands der Tragfähigkeit verwendet werden, aus:

$$X_{Rd} = \frac{k_{mod} \cdot X_k}{\gamma_m} \quad (6)$$

Wenn beispielsweise Massivholz der Nutzungsklasse 2 oder 1 verwendet wird, ist $k_{mod} = 0,9$ und $\gamma_m = 1,3$ anzuwenden.

Sofern keine entsprechenden nationalen Richtlinien vorliegen, sind die Bemessungswerte X_{Rd} für Stahlbauteile, die innerhalb des Grenzzustands der Tragfähigkeit verwendet werden, EN 1993-1-1 zu entnehmen.

Sofern keine entsprechenden nationalen Richtlinien vorliegen, sind die charakteristischen Kennziffern für Festigkeit, Steifigkeit und Wichte EN 1995-1-1 zu entnehmen.

Sofern keine entsprechenden nationalen Richtlinien vorliegen, wird als charakteristische Bruchlast X_k der niedrigste Wert verwendet, der bei drei identischen Bauteilprüfungen von bis zum Bruch belasteten Prüfkörpern erreicht wurde.

Für Bruchlasten, die aus Bauteilprüfungen abgeleitet wurden und wenn keine entsprechenden nationalen Richtlinien vorliegen, ergeben sich die Bemessungswerte X_{Rd} , die innerhalb des Grenzzustands der Tragfähigkeit verwendet werden, aus:

$$X_{Rd} = \frac{X_k}{\gamma_m} = \frac{X_k}{1,5} \quad (7)$$

Ohne einen weiteren nationalen Wert ist der Standardwert γ_m als 1,5 anzuwenden, wenn mindestens drei Prüfungen durchgeführt wurden, und dieser Wert kann bei Durchführung von 10 oder mehr Prüfungen auf 1,3 geändert werden (siehe ETAG 008).

5 Bestimmung von mechanischer Beanspruchung (Schnittgrößen und Verformungen)

5.1 Allgemeines

- a) Prinzipiell ermöglicht diese Europäische Norm die Bestimmung mechanischer Beanspruchung (Schnittgrößen und Verformungen) auf zwei verschiedene Arten, wie folgt:
 - 1) einzelne Bestimmung mechanischer Beanspruchung von Trittstufen oder Wangen, jeweils mithilfe der Stabstatik, entweder auf der Ebene oder räumlich, sowie mit statischen Systemen für alle Einzelteile, die voneinander unabhängig sind;
 - 2) miteinander zusammenhängende Bestimmung mechanischer Beanspruchung von Trittstufen und Wangen mithilfe der räumlichen Stabstatik und einem räumlichen statischen System der Treppe als Ganzem.

b) Die einzelne Bestimmung mechanischer Beanspruchung gilt für:

- 1) alle Formen einzelner Trittstufen,
- 2) gerade Treppen mit vertikaler Auflagerung an Stellen, wie nachfolgend beschrieben (siehe Bild 2),

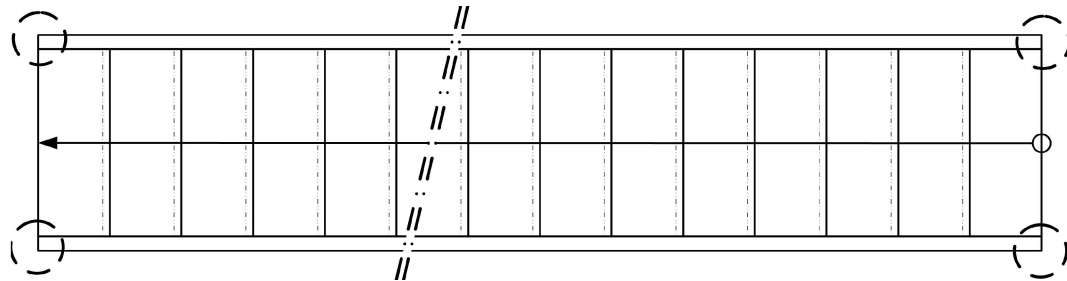


Bild 2 — Grundriss von geraden Treppen

- 3) Treppen mit Richtungsänderung (gewinkelte Treppen) mit vertikaler Auflagerung an allen Stellen, wo die Wangen die Richtung ändern (siehe Bild 3).

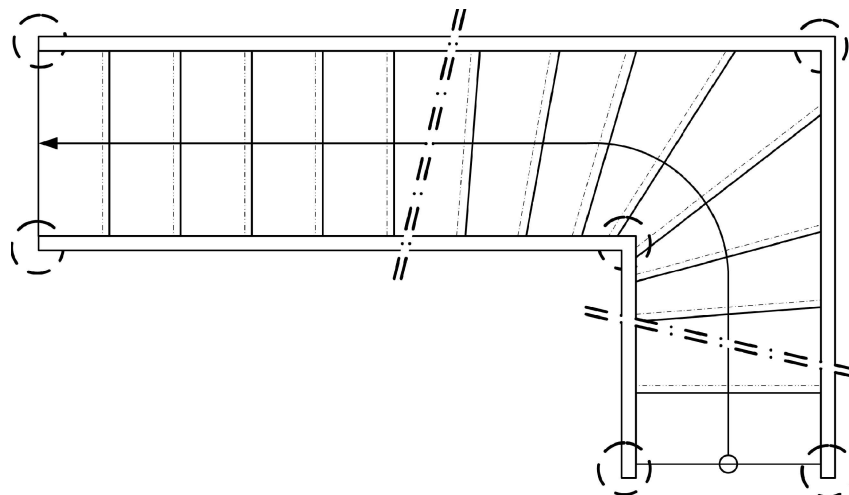


Bild 3 — Grundriss von Treppen mit Richtungsänderung mit Auflagerung an allen Ecken

- c) Die miteinander zusammenhängende Bestimmung mechanischer Beanspruchung von Stufen und Wangen wird für alle anderen Grundrisse von Treppen benötigt (siehe Bild 4).

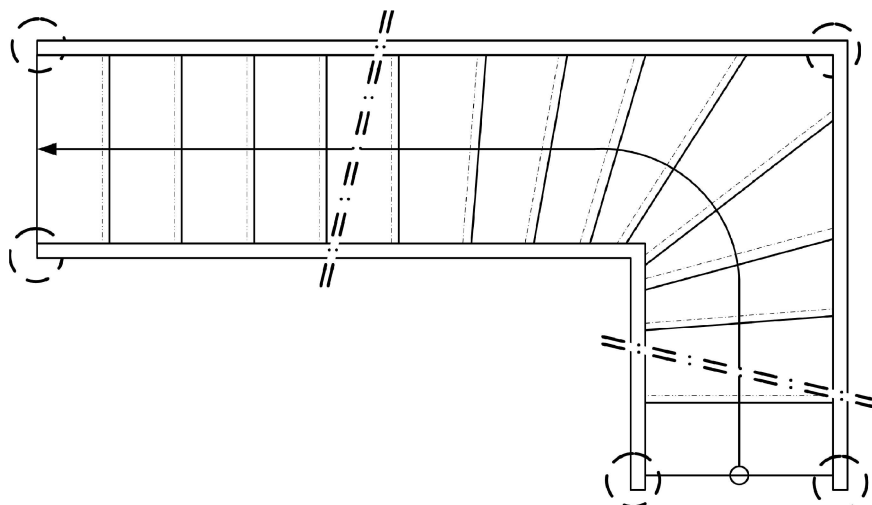


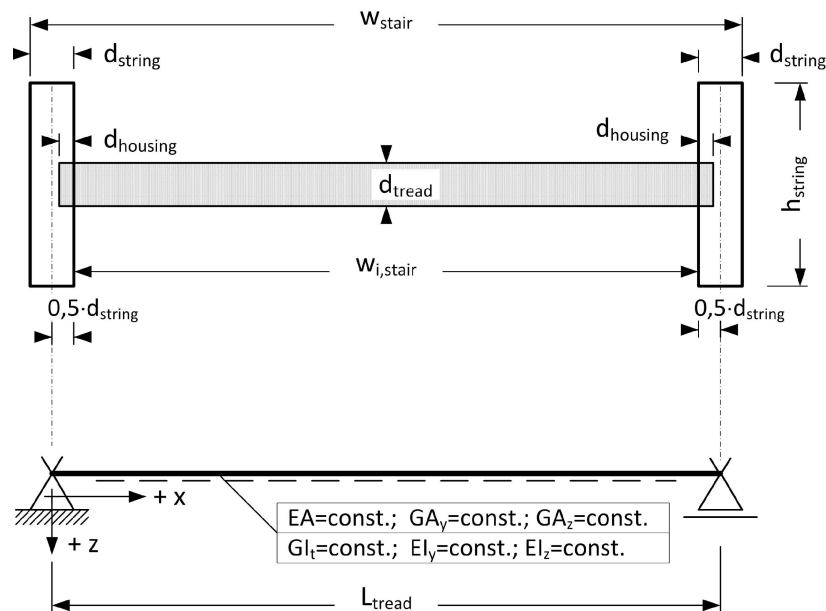
Bild 4 — Grundriss von Treppen mit Richtungsänderung mit Auflagerung an nicht allen Ecken

- d) Folgende Berechnungsmethoden sind zulässig:
- 1) elastische Berechnung der Tragwerkskonstruktion;
 - 2) plastische Berechnung der Tragwerkskonstruktion.
- e) Die elastische Berechnung der Tragwerkskonstruktion darf in allen Fällen angewendet werden.
- f) Die plastische Berechnung der Tragwerkskonstruktion darf nur durchgeführt werden, wenn das Tragwerk an den Stellen, wo plastische Verbindungen gebildet werden, entweder in Bauteilen oder in Verbindungen, über ausreichendes Rotationsvermögen verfügt. Der Nachweis des ausreichenden Rotationsvermögens ist vom Tragwerksplaner durchzuführen. Alternativ darf der Nachweis durch Bauteilprüfungen erbracht werden.
- g) Sämtliche Berechnungen dürfen nach der Theorie 1. Ordnung durchgeführt werden.
- h) Das Berechnungsmodell ist so auszuwählen, dass es so genau wie möglich in Verbindung mit dem erwarteten Verhalten von Querschnitten, Bauteilen, Verbindungen sowie Befestigungen das Verhalten innerhalb des berücksichtigten Grenzzustandes darstellt.
- i) Im Allgemeinen werden Stabwerksmodelle zur Bestimmung mechanischer Beanspruchung verwendet.

5.2 Statische Systeme und Querschnittseigenschaften bei Trittstufen von Treppen

5.2.1 Gerade Trittstufen ohne Setzstufe

- Das statische System gerader Trittstufen in einer gestemmtten Wange ist das eines Einfeldträgers (siehe Bild 5).



Legende

d_{housing}	Tiefe der Einstemmung
d_{tread}	Dicke der Trittstufe
d_{string}	Dicke der Wange
h_{string}	Höhe der Wange
EA	Dehnsteifigkeit eines Bauteils
EI_y	Biegesteifigkeit in Bezug zur lokalen y -Achse
EI_z	Biegesteifigkeit in Bezug zur lokalen z -Achse
GA_y	Schubsteifigkeit in Richtung der lokalen y -Achse
GA_z	Schubsteifigkeit in Richtung der lokalen z -Achse
GI_t	Torsionssteifigkeit
L_{tread}	berechnete Stützweite der Trittstufe
$w_{i,\text{stair}}$	Innenbreite des Treppenlaufs
w_{stair}	Breite des Treppenlaufs

Bild 5 — Querschnitt der Trittstufe mit gestemmtten Wangen und zugehöriges statisches System