

**DIN EN 16481**

ICS 91.060.30

Einsprüche bis 2012-11-17

**Entwurf****Holztreppen –  
Bauplanung –  
Berechnungsmethoden;  
Deutsche Fassung prEN 16481:2012**

Timber stairs –  
Structural design –  
Calculation methods;  
German version prEN 16481:2012

Escaliers en bois –  
Conception de la structure –  
Méthode de calcul;  
Version allemande prEN 16481:2012

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2012-09-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an [nhm@din.de](mailto:nhm@din.de) in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/stellungnahme](http://www.din.de/stellungnahme) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter [www.entwuerfe.din.de](http://www.entwuerfe.din.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Holzwirtschaft und Möbel (NHM) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: 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 50 Seiten

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

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16481:2012) 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 Normenausschuss Holzwirtschaft und Möbel (NHM) im DIN.

## **Holztreppen — Bauplanung — Berechnungsverfahren**

*Escaliers en bois — Conception de la structure — Méthode de calcul*

*Timber stairs — Structural design — Calculation method*

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm  
Dokument-Untertyp:  
Dokument-Stage: CEN-Umfrage  
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.4e - RC2

## Inhalt

Seite

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Vorwort .....                                                                                  | 3  |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                      | 4  |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                 | 5  |
| 3 Begriffe, Formelzeichen und SI-Einheiten .....                                               | 7  |
| 3.1 Begriffe .....                                                                             | 7  |
| 3.2 Schreibweise von Formelzeichen .....                                                       | 7  |
| 3.3 SI-Einheiten .....                                                                         | 10 |
| 4 Grundsätze für den Nachweis der mechanischen Leistungseigenschaften .....                    | 11 |
| 4.1 Nachzuweisende Leistungseigenschaften .....                                                | 11 |
| 4.2 Typische Einwirkungen .....                                                                | 11 |
| 4.3 Signifikante Einwirkungskombinationen .....                                                | 11 |
| 4.3.1 Einwirkungskombinationen für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit .....                | 12 |
| 4.3.2 Einwirkungskombination für den Nachweis der Tragfähigkeit .....                          | 12 |
| 4.4 Grenzbelastung innerhalb des Nachweises der Tragfähigkeit .....                            | 12 |
| 5 Bestimmung von mechanischer Beanspruchung (Innere Kräftevariablen und Verformungen) .....    | 13 |
| 5.1 Allgemeines .....                                                                          | 13 |
| 5.2 Statische Systeme und Querschnittseigenschaften für Trittstufen von Treppen .....          | 15 |
| 5.2.1 Gerade Trittstufen ohne Setzstufe .....                                                  | 15 |
| 5.2.2 Gerade Stufen mit Setzstufe .....                                                        | 16 |
| 5.2.3 Gewendelte Trittstufen .....                                                             | 17 |
| 5.2.4 Eckstufen .....                                                                          | 20 |
| 5.3 Statische Systeme für Treppenwangen und ihre Querschnittseigenschaften .....               | 21 |
| 5.3.1 Eingestemmte Wangen .....                                                                | 21 |
| 5.3.2 Zahnwange .....                                                                          | 24 |
| 5.4 Berechnungsmodell für Verbindungen .....                                                   | 27 |
| 5.4.1 Allgemeines .....                                                                        | 27 |
| 5.4.2 Modellieren von Trittstufe-Wange-Verbindungen .....                                      | 27 |
| 5.4.3 Modellieren der Verbindungen Wange-Ecke .....                                            | 37 |
| 5.4.4 Modellieren der Verbindungen zum Bauwerk .....                                           | 39 |
| 5.5 Modellieren von Lasten .....                                                               | 41 |
| 5.5.1 Modellieren von konstanten Lasten .....                                                  | 41 |
| 5.5.2 Modellieren der wechselnden, gleichmäßig verteilten Last $q_{k,1}$ .....                 | 41 |
| 5.5.3 Modellieren der wechselnden und gleichmäßig verteilten horizontalen Last $q_{k,2}$ ..... | 43 |
| 6 Nachweis innerhalb des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit .....                        | 44 |
| 6.1 Allgemeines .....                                                                          | 44 |
| 6.2 Grenzwerte von Verformungen .....                                                          | 44 |
| 6.3 Nachweis der Schwingung .....                                                              | 45 |
| 7 Nachweis innerhalb des Grenzzustandes der Tragfähigkeit .....                                | 45 |
| 7.1 Allgemeines .....                                                                          | 45 |
| 7.2 Nachweis der Tragfähigkeit von Querschnitten .....                                         | 45 |
| 7.3 Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungen .....                                          | 46 |
| 7.3.1 Nachweis der Tragfähigkeit von Trittstufe-Wange-Verbindungen .....                       | 46 |
| 7.3.2 Nachweis der Tragfähigkeit in Wange-Ecke-Verbindungen .....                              | 47 |
| 7.4 Nachweis der Tragfähigkeit von Bauteilverbindungen .....                                   | 48 |

## Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16481:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 175 „Rund- und Schnittholz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument berücksichtigt die folgenden Normen:

EN 1990:2002, *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 1995-1-1:2004, *Eurocode 5 — Bemessung und Konstruktion von Holzbauten — Teil 1-1: Allgemeines — Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*

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

Diese Norm berücksichtigt den derzeitigen Stand der Technik hinsichtlich der Sicherheit, Lastannahmen, Bestimmung interner Kräftevariablen wie auch Bemessung im Bereich der Holzverarbeitung.

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 Kapiteln dargestellt und beschrieben.

Die mechanischen Leistungseigenschaften von Treppen können durch die folgenden Verfahren nachgewiesen werden:

- Prüfung von Treppen als Ganzes oder in Teilen; oder
- mathematischer Nachweis auf der Grundlage geeigneter Systemzulassungen; oder
- Beurteilung, die auf Erfahrung beruht: normalerweise anerkannte Leistungswerte (*en. conventionally accepted performance*; CAP).

Alle Verfahren sind gleichwertig.

ANMERKUNG Dieses Dokument ist in Verbindung mit EN 15644 zu lesen.

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Europäische Norm-Entwurf legt ein Berechnungsverfahren für die Konstruktion von Holztreppen sowie für Bauteile aus Holz und Holzwerkstoffen, die für Treppen verwendet werden, in einer Rahmennorm fest. Einige Berechnungsverfahren 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 Berechnungsverfahren zu verwenden sind. Sie kann durch Nationale Anwendungsdokumente ergänzt werden, die auf dieser Norm beruhen.

Dieser Europäische Norm-Entwurf gilt für beschichtete und unbeschichtete Bauteile. Dieses Dokument behandelt tragende Bauteile wie Wangen, Stufen, Setzstufen, Pfosten, Handläufe und Umwehrungen. Dieses Dokument enthält Berechnungsbeispiele in Teil 2 (oder Anhang, siehe das separate Dokument N 283). Die 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.

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

Für die Konstruktion, Berechnung und Bestimmung von nicht nur stützenden Einwirkungen müssen zusätzliche Anforderungen berücksichtigt werden. (Zu überprüfen).

Für die Bemessung mit besonderer Verweisung auf Brandverhalten/Beständigkeit gegen Erdbeben/seismische Einwirkungen können zusätzliche Anforderungen berücksichtigt werden.

Die folgende Information gilt ohne weiteren Nachweis für verschiedene Arten von Treppenbauten und ihrer Bauteile, wie in den Bildern 1 folgt:

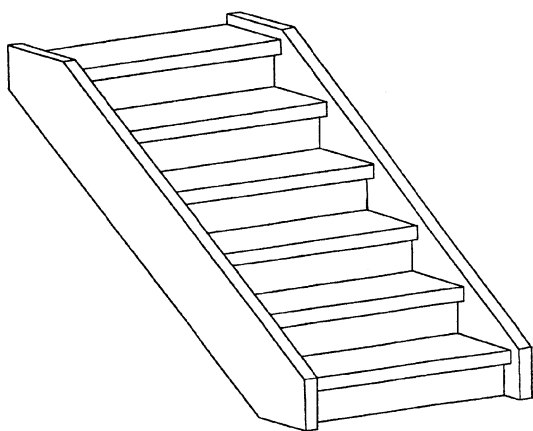


**Bild 1a — Treppe mit eingestemmter Wange und Setzstufe**

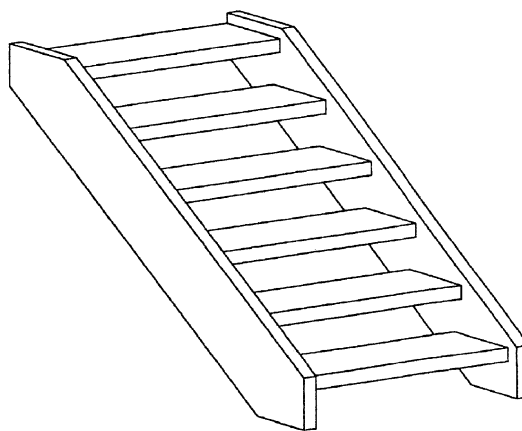


**Bild 1b — Treppe mit eingestemmter Wange ohne Setzstufe**

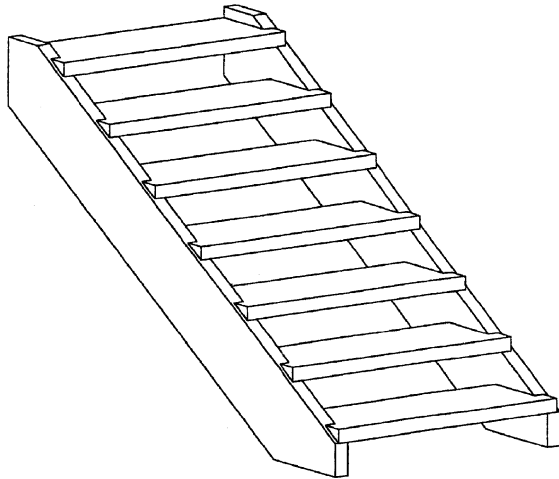


**Bild 1c — Treppe mit halb eingestemmten Wangen ohne Setzstufe**

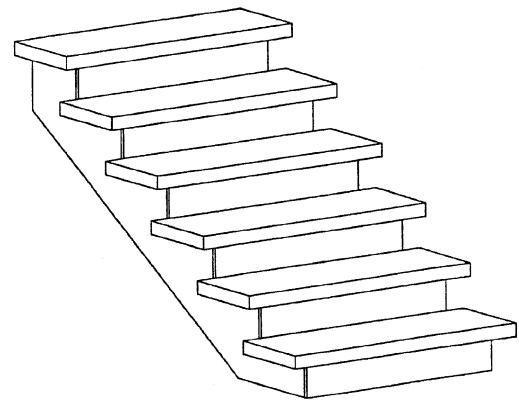


**Bild 1d — Treppe mit Zahnwangen und Setzstufe**

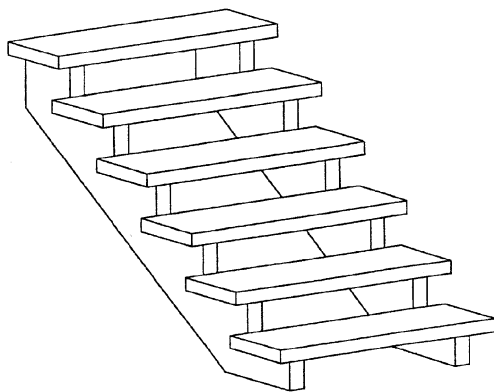


**Bild 1e — Treppe mit Zahnwangen ohne Setzstufe**

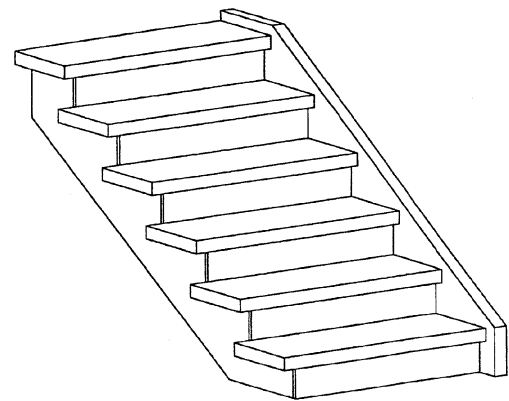


**Bild 1f — Kombination von Treppen mit eingestemmter Wange, Zahnwange mit oder ohne Setzstufe**

## 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 204, *Klassifizierung von thermoplastischen Holzklebstoffen für nichttragende Anwendungen*

EN 300, *Platten aus langen, flachen, ausgerichteten Spänen (OSB) — Definitionen, Klassifizierung und Anforderungen*

EN 312, *Spanplatten — Anforderungen*

EN 322, *Holzwerkstoffe — Bestimmung des Feuchtegehalts*

EN 338, *Bauholz für tragende Zwecke — Festigkeitsklassen*

EN 350-1, *Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten — Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz — Teil 1: Grundsätze für die Prüfung und Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz*

EN 350-2, *Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten — Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz — Teil 2: Leitfaden für die natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von ausgewählten Holzarten von besonderer Bedeutung in Europa*

EN 408, *Holzbauwerke — Bauholz für tragende Zwecke und Brettschichtholz — Bestimmung einiger physikalischer und mechanischer Eigenschaften*

EN 460, *Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten — Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz — Leitfaden für die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Holz für die Anwendung in den Gefährdungsklassen*

EN 622-2, *Faserplatten — Anforderungen — Teil 2: Anforderungen an harte Platten*

EN 635-2, *Sperrholz — Klassifizierung nach dem Aussehen der Oberfläche — Teil 2: Laubholz*

EN 635-3, *Sperrholz — Klassifizierung nach dem Aussehen der Oberfläche — Teil 3: Nadelholz*

EN 636, *Sperrholz — Anforderungen*

EN 789, *Holzbauwerke — Prüfverfahren — Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Holzwerkstoffen*

EN 844-1, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 1: Gemeinsame allgemeine Begriffe über Rundholz und Schnittholz*

EN 844-2, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 2: Allgemeine Begriffe über Rundholz*

EN 844-3, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 3: Allgemeine Begriffe über Schnittholz*

EN 844-4, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 4: Begriffe zum Feuchtegehalt*

EN 844-5, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 5: Begriffe zu Maßen von Rundholz*

EN 844-6, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 6: Begriffe zu Maßen von Schnittholz*

EN 844-7, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 7: Begriffe zum anatomischen Aufbau von Holz*

EN 844-8, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 8: Begriffe zu Merkmalen von Rundholz*

EN 844-9, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 9: Begriffe zu Merkmalen von Schnittholz*

EN 844-10, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 10: Begriffe zu Verfärbung und Pilzbefall*

EN 844-11, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 11: Begriffe zum Insektenbefall*

EN 844-12, *Rund und Schnittholz — Terminologie — Teil 12: Zusätzliche Begriffe und allgemeiner Index*

EN 1058, *Holzwerkstoffe — Bestimmung der charakteristischen 5%-Quantilwerte und der charakteristischen Mittelwerte*

EN 1534, *Holzfußböden — Bestimmung des Eindruckwiderstands — Prüfmethode*

EN 12765, *Klassifizierung von duroplastischen Holzklebstoffen für nichttragende Anwendungen*

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).

CEN/TS 12872, *Holzwerkstoffe — Leitfaden für die Verwendung von tragenden Platten in Böden, Wänden und Dächern*

EN 13183-1, *Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz — Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren*

EN 13183-2, *Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz — Teil 2: Schätzung durch elektrisches Widerstandsmessverfahren*

EN 13647, *Holzfußböden und Wand- und Deckenbekleidungen aus Holz — Bestimmung geometrischer Eigenschaften*

EN 13986, *Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen — Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung*

EN 14076:2004, *Holztreppen — Terminologie*

EN 14080, *Holzbauwerke — Brettschichtholz und Balkenschichtholz*

prEN 15497, *Keilzinkenverbindungen im Bauholz — Leistungsanforderungen und Mindestanforderungen an die Herstellung*

### 3 Begriffe, Formelzeichen und SI-Einheiten

#### 3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die allgemeinen Begriffe, die im Zusammenhang von Einwirkungen und Beständigkeit verwendet werden, ebenfalls gelten Begriffe, die sich auf das Sicherheitskonzept nach EN 1990 beziehen. Für die Anwendung dieses Dokumentes sind die besonderen geltenden Begriffe, die im Bereich des Holzbaus verwendet werden, in EN 1995-1-1 zu finden. Besondere Begriffe zum Treppenbau sind in EN 14076 angegeben.

#### 3.2 Schreibweise von Formelzeichen

In den meisten Fällen besteht die Schreibweise der Gleichungen aus einem Hauptzeichen (Hauptindikator) und einem oder mehreren tiefgestellten Indikatoren. Die folgende Liste legt die gebräuchlichste Schreibweise fest. Erläuterung weiterer Schreibweisen folgt entweder unmittelbar auf die Gleichung, in der sie erscheinen oder ist im begleitenden Text dargestellt.

|                              |                                                                                        |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| $\alpha$                     | Steigungswinkel                                                                        |
| $\gamma$                     | Teilsicherheitsbeiwert der berechneten Last                                            |
| $\varphi_x$                  | Torsionswinkel in Bezug zur $x$ -Achse                                                 |
| $\varphi_y$                  | Torsionswinkel in Bezug zur $y$ -Achse                                                 |
| $\varphi_z$                  | Torsionswinkel in Bezug zur $z$ -Achse                                                 |
| $\gamma_m$                   | Teilsicherheitsbeiwert für eine Werkstoff-Eigenschaft                                  |
| $A$                          | Querschnittsfläche                                                                     |
| $A_y$                        | Scherfläche des Querschnitts in Richtung der $y$ -Achse                                |
| $A_z$                        | Scherfläche des Querschnitts in Richtung der $z$ -Achse                                |
| $A_{\text{cross bracing}}$   | Querschnittsfläche der Querverstrebung                                                 |
| $A_{\text{string}}$          | 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                            |
| $\text{corner}_i$            | Verbindungsstrebe zwischen Wange und Ecke, unten                                       |
| $\text{corner}_{i+1}$        | Verbindungsstrebe zwischen Wange und Ecke, oben                                        |
| $D_{\text{max}}$             | Maximaler Abstand zwischen der Unterkante der Wange und der Unterkante der Einstimmung |
| $D_{\text{medium}}$          | Durchschnittswert von $D_{\text{max}}$ und $D_{\text{min}}$                            |
| $D_{\text{min}}$             | Kleinster Abstand zwischen der Oberkante der Wange und der Oberkante der Einstimmung   |
| $d$                          | Querschnittsdicke, Index für Bemessungswert                                            |
| $d_{\text{housing}}$         | Tiefe der Einstimmung                                                                  |
| $d_{\text{tread}}$           | Dicke der Trittstufe                                                                   |
| $d_{\text{string}}$          | Dicke der Wange                                                                        |
| $E$                          | Elastizitätsmodul                                                                      |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $e$                    | Exzentrizität                                                                                                                         |
| $EA$                   | Dehnsteifigkeit eines Bauteils                                                                                                        |
| $E_d$                  | Kombination von Einfluss hinsichtlich des Nachweises                                                                                  |
| $EI_y$                 | Biegesteifigkeit in Bezug zur $y$ -Achse                                                                                              |
| $EI_z$                 | Biegesteifigkeit in Bezug zur $z$ -Achse                                                                                              |
| $EI_{y,tread}$         | Biegesteifigkeit der Trittstufe in Bezug zur $y$ -Achse                                                                               |
| $EI_{z,tread}$         | 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                                                                                                                     |
| $f$                    | Grundfrequenz                                                                                                                         |
| $f_1$                  | Unterste natürliche Frequenz als Ergebnis der Einflüsse von konstanter Masse und Einzelmasse von 100 kg in der ungünstigsten Position |
| $G$                    | 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                                                                                                    |
| $G_k$                  | Ständige Einwirkung auf die Konstruktion einschließlich sämtlicher Verbindungsmittel                                                  |
| $g$                    | Stufenauftritt; Treppenauftritt                                                                                                       |
| $H$                    | Horizontal einwirkende Nutzlast                                                                                                       |
| $h$                    | Höhe des Querschnitts                                                                                                                 |
| $h_{balustrade}$       | Abstand zwischen horizontaler Handlaufast und Trittstufe                                                                              |
| $h_{max}$              | Reale größte Querschnittshöhe der Zahnwange                                                                                           |
| $h_{min}$              | Reale kleinste Querschnittshöhe der Zahnwange                                                                                         |
| $h_{c,string,max}$     | Realer größter Abstand zwischen dem Lot einer Zahnwange zur untersten Kante der Wange                                                 |
| $h_{c,string,min}$     | Realer kleinster Abstand zwischen dem Lot einer Zahnwange zur untersten Kante der Wange                                               |
| $h_{cut}$              | Maximale Höhe der Zahnwangenfläche ( $h_{cut} = h_{max} - h_{min}$ )                                                                  |
| $h_{string}$           | Höhe der Wange                                                                                                                        |
| $h^*_{c,string}$       | Berechneter Abstand des Lotes einer Zahnwange zur untersten Kante der Wange                                                           |
| $h^*_{string}$         | Berechnete Höhe der Zahnwange                                                                                                         |
| $H^*_{string}$         | Normalprojektion der berechneten Höhe der Zahnwange                                                                                   |
| $H^*_{c,string}$       | Normalprojektion des berechneten Lotabstands einer Zahnwange zur untersten Kante der Wange                                            |
| $I$                    | Trägheitsmoment                                                                                                                       |
| $I_{cross\ bracing}$   | Berechnetes Trägheitsmoment der Querverstrebung an Treppen mit Zahnwangen                                                             |
| $I_t$                  | Torsionsträgheitsmoment                                                                                                               |
| $I_{t,string}$         | berechnetes Torsionsträgheitsmoment der Wange                                                                                         |
| $I_y$                  | Trägheitsmoment in Bezug zur $y$ -Achse                                                                                               |
| $I_{y,string}$         | Berechnetes Trägheitsmoment der Wange in Bezug zur $y$ -Achse                                                                         |
| $I_{y,string,I-I}$     | Reales Trägheitsmoment der Wange in Bezug zur $y$ -Achse im Schnitt I-I                                                               |
| $I_{y,string,III-III}$ | Reales Trägheitsmoment der Wange in Bezug zur $y$ -Achse im Schnitt III-III                                                           |
| $I_z$                  | Trägheitsmoment in Bezug zur $z$ -Achse                                                                                               |
| $I_{z,string}$         | Berechnetes Trägheitsmoment der Wange in Bezug zur $z$ -Achse                                                                         |
| $k$                    | Federsteifigkeit                                                                                                                      |
| $k_D$                  | Torsionsfedersteifigkeit                                                                                                              |
| $k^D_y$                | Torsionsfedersteifigkeit beim Biegen um die $y$ -Achse                                                                                |
| $k^D_z$                | Torsionsfedersteifigkeit beim Biegen um die $z$ -Achse                                                                                |

|                               |                                                                                                                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $k^F$                         | Dehnfedersteifigkeit in Achsrichtung                                                                                                 |
| $k_m$                         | Beiwert                                                                                                                              |
| $k_{\text{mod}}$              | Modifizierungsbeiwert, der die Einwirkung der Nutzungsklasse und Beanspruchungsdauer auf die Festigkeitseigenschaften berücksichtigt |
| $L$                           | Länge des Querschnitts oder Länge des Systems                                                                                        |
| $L_a$                         | Berechnete Auflagerlänge an der Wandseite einer Eckstufe vor der Ecke                                                                |
| $L_b$                         | Berechnete Auflagerlänge an der Wandseite einer Eckstufe nach der Ecke                                                               |
| $L_c$                         | Berechnete Auflagerlänge an der Außenseite einer Eckstufe vor der Ecke                                                               |
| $L_d$                         | Berechnete Auflagerlänge an der Außenseite einer Eckstufe nach der Ecke                                                              |
| $L_{\text{cantilever}}$       | Berechnete Länge des Überhangs einer Trittstufe                                                                                      |
| $L_{\text{cut}}$              | Maximale Länge der Zahnwangenfläche                                                                                                  |
| $L_{\text{load}}$             | Länge der realen Streckenlast                                                                                                        |
| $L_{\text{tread}}$            | Berechnete Spannweite der Trittstufe                                                                                                 |
| $M$                           | Moment, Biegemoment, Einzellast                                                                                                      |
| $M_{k,1}$                     | Nettomasse des Bauwerks einschließlich sämtlicher Verbindungsmittel                                                                  |
| $M_{k,2}$                     | Einzelmasse                                                                                                                          |
| $M_{\text{rail},k}$           | Biegemoment für die Berechnung der Modellierung der Handlaufast                                                                      |
| $M_{x,d,\text{corner}_i}$     | Vorherrschendes Torsionsmoment vor der Ecke aufgrund von Last-Kombinationen                                                          |
| $M_{x,d,\text{corner}_{i+1}}$ | Vorherrschendes Torsionsmoment hinter der Ecke als Ergebnis der Last-Kombination                                                     |
| $M_{x,Rd,\text{corner}_i}$    | Festgelegt durch Prüfungen des Bemessungswertes der erfassbaren Torsion                                                              |
| $M_{x,d,\text{tread}}$        | Vorherrschendes Torsionsmoment am Beginn der Trittstufe oder Endergebnis der Last-Kombination                                        |
| $M_{x,Rd,\text{tread}}$       | Durch Prüfung oder Berechnung bestimmter Bemessungswert der erfassbaren Torsion in der Trittstufe                                    |
| $M_{y,d,\text{corner}_i}$     | Vorherrschendes Biegemoment vor der Ecke infolge der Last-Kombinationen                                                              |
| $M_{y,d,\text{corner}_{i+1}}$ | Vorherrschendes Biegemoment in Bezug zur $y$ -Achse nach der Ecke infolge der Last-Kombinationen                                     |
| $M_{y,Rd,\text{corner}_i}$    | Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemomentes in der Verbindung um die $y$ -Achse, bestimmt durch Prüfungen (Ecke)                   |
| $M_{y,d,\text{tread}}$        | Vorherrschendes Biegemoment in Bezug zur $y$ -Achse am Beginn oder Ende der Trittstufe infolge der Last-Kombinationen                |
| $M_{y,Rd,\text{tread}}$       | Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemomentes in der Verbindung zur $y$ -Achse, bestimmt durch Prüfungen (Trittstufe)                |
| $M_{z,d,\text{corner}_i}$     | Vorherrschendes Biegemoment in Bezug zur $z$ -Achse vor der Ecke infolge der Last-Kombinationen                                      |
| $M_{z,d,\text{corner}_{i+1}}$ | Vorherrschendes Biegemoment in Bezug zur $z$ -Achse nach der Ecke infolge der Last-Kombinationen                                     |
| $M_{z,Rd,\text{corner}_i}$    | Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemomentes in der Verbindung zur $z$ -Achse, bestimmt durch Prüfungen (Ecke)                      |
| $M_{z,d,\text{tread}}$        | Vorherrschendes Biegemoment in Bezug zur $z$ -Achse am Anfang oder Ende der Trittstufe infolge der Last-Kombinationen                |
| $M_{z,Rd,\text{tread}}$       | Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemomentes in der Verbindung zur $z$ -Achse, bestimmt durch Prüfungen (Trittstufe)                |
| $m_{\text{lower}}$            | Untere Bestecke                                                                                                                      |
| $m_{\text{upper}}$            | Obere Bestecke                                                                                                                       |
| $o$                           | Unterschneidung                                                                                                                      |
| $Q$                           | wechselnde Einwirkung, Einzellast                                                                                                    |
| $Q_{k,1}$                     | Konzentrierte Einzellast                                                                                                             |
| $q$                           | Wechselnde Einwirkung, gleichmäßig verteilte Last                                                                                    |
| $q_{k,1}$                     | Gleichmäßig verteilte vertikale Last                                                                                                 |
| $q_{k,2}$                     | Gleichmäßig verteilte horizontale Last                                                                                               |

|                                |                                                                                                            |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $q_{k, \text{left}}$           | Maximalwert der wechselnden Streckenlast, die auf eine gewendelte Trittstufe aufzubringen ist              |
| $q_{k, \text{right}}$          | Minimalwert der wechselnden Streckenlast, die auf eine gewendelte Trittstufe aufzubringen ist              |
| $r$                            | Steigung                                                                                                   |
| $T_{d, \text{cross bracing}}$  | Zugkraft in der Querverstrebung als Ergebnis von Last-Kombinationen                                        |
| $T_{Rd, \text{cross bracing}}$ | Annehmbarer Bemessungswert der Zugkraft in der Querverstrebung, bestimmt durch Prüfungen oder Berechnungen |
| $u, v, w$                      | Verformung, Durchbiegung                                                                                   |
| $w$                            | Querschnittsbreite                                                                                         |
| $w_1$                          | Reale Breite der Trittstufe an der Außenseite                                                              |
| $w_{1, \text{id}}$             | Idealisierte Breite der Trittstufe an der Außenseite                                                       |
| $w_2$                          | Reale Breite der Trittstufe an der Wandseite                                                               |
| $w_{2, \text{id}}$             | Idealisierte Breite der Trittstufe an der Wandseite                                                        |
| $w_{i, \text{stair}}$          | Innenbreite der Trittstufe                                                                                 |
| $w_{av, \text{id}}$            | Durchschnittswert idealisierter Breiten von Trittstufen                                                    |
| $w_{\text{stair}}$             | Breite des Treppenlaufs                                                                                    |
| $w_{\text{cut}}$               | Maximale Länge der Zahnwangenfläche                                                                        |
| $w_{\text{tread}}$             | Tiefe der Trittstufe                                                                                       |
| $w_G$                          | Vertikale Verformung infolge von konstanter Einwirkung                                                     |
| $w_{q, k1}$                    | Vertikale Verformung infolge maßstäblicher vertikaler Last                                                 |
| $w_{Q, k1}$                    | Vertikale Verformung infolge vertikaler Last in Höhe von 2 kN in ungünstiger Position                      |
| $X$                            | Eigenschaft des Bauwerkstoffes                                                                             |
| $X_k$                          | Charakteristischer Wert einer Werkstoff-Eigenschaft                                                        |
| $X_{Rd}$                       | Bemessungswert einer Werkstoff-Eigenschaft                                                                 |
| $x, y, z$                      | Koordinaten                                                                                                |
| $x_{\text{cross bracing}},$    | lokale Achse der Querverstrebung                                                                           |
| $y_{\text{cross bracing}},$    |                                                                                                            |
| $z_{\text{cross bracing}}$     |                                                                                                            |
| $x_{\text{string}},$           | lokale Achse der Wange                                                                                     |
| $y_{\text{string}},$           |                                                                                                            |
| $z_{\text{string}}$            |                                                                                                            |
| $x_{\text{tread}},$            | lokale Achse der Trittstufe                                                                                |
| $y_{\text{tread}},$            |                                                                                                            |
| $z_{\text{tread}}$             |                                                                                                            |

### 3.3 SI-Einheiten

Zusätzlich sind SI-Einheiten entsprechend ISO 1000:1992 und ISO 1000 AMD 1:1998 anzuwenden.

Für Berechnungen sind folgende Einheiten anzuwenden:

|                                        |                                                  |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| — Kräfte und Lasten:                   | kN, kN/m, kN/m <sup>2</sup>                      |
| — Rohdichte:                           | kN/m <sup>3</sup>                                |
| — Dichte:                              | kg/m <sup>3</sup>                                |
| — Zug und Standsicherheit:             | N/mm <sup>2</sup> (= MN/m <sup>2</sup> oder MPa) |
| — Elastizitäts- und Steifigkeitsmodul: | N/mm <sup>2</sup> (= MN/m <sup>2</sup> 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:

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 Eurocode 5 und NAD festgelegt sind, sofern zutreffend.

- Die niedrigste Eigenfrequenz der Treppe als Ganzes muss unter der aufgetragenen Einwirkung die in Eurocode 5 und dem Nationalen Anwendungsdokument (NAD) festgelegten Werte erfüllen, sofern zutreffend.

b) **Tragfähigkeit** — eine Treppe erfüllt diese Anforderung, wenn Folgendes gegeben ist:

- 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 werden. Zum Zweck der Ergebnis-Bewertung ist der ungünstigste Fall maßgeblich.

### 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, Abschnitt 5;

- $q_{k,1}$  — gleichmäßig verteilte vertikale Last [ $\text{kN/m}^2$ ] nach EN 1991-1-1, 6.3;

ANMERKUNG 1 Ohne weiteren nationalen Wert ist der Standardwert als  $q_{k,1} = 3 \text{ kN/m}^2$  anzuwenden.

- $Q_{k,1}$  — konzentrierte Einzellast [ $\text{kN}$ ] nach EN 1991-1-1, 6.3;

ANMERKUNG 2 Ohne weiteren nationalen Wert ist der Standardwert als  $Q_{k,1} = 2 \text{ kN}$  anzuwenden.

- $q_{k,2}$  — gleichmäßig verteilte horizontale Last [ $\text{kN/m}$ ] nach EN 1991-1-1, 6.4;

ANMERKUNG 3 Ohne weiteren nationalen Wert ist der Standardwert als  $q_{k,2} = 0,5 \text{ kN/m}$  anzuwenden.

- $M_{k,1}$  — Nettomasse des Bauwerks einschließlich sämtlicher Verbindungsmittel;

- $M_{k,2}$  — Einzelmasse der Grundfrequenz.

ANMERKUNG 4 Ohne weiteren nationalen Wert ist der Standardwert als  $M_{k,2} = 1 \text{ kN}$  anzuwenden.

### 4.3 Signifikante Einwirkungskombinationen

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, müssen die folgenden typischen Einwirkungs-Kombinationen untersucht werden:

#### 4.3.1 Einwirkungskombinationen für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist unter Anwendung von drei Einwirkungs-Kombinationen durchzuführen:

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

Die signifikanten Einwirkungen  $E_d$  bestehen aus:

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

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

Die signifikanten Einwirkungen  $E_d$  bestehen aus:

$$E_d = E\{1,0 \cdot G_k + 1,0 \cdot Q_{k,1}\}$$

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

Die signifikanten Einwirkungen  $E_d$  bestehen aus:

$$E_d = E\{1,0 \cdot M_{k,1} + 1,0 \cdot M_{k,2}\}$$

#### 4.3.2 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:

$$\begin{aligned} E_d &= E\{1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot q_{k,1} + 1,5 \cdot \Psi_0 \cdot q_{k,2}\} \\ &= E\{1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot q_{k,1} + 1,05 \cdot q_{k,2}\} \end{aligned}$$

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

Die signifikanten Einwirkungen  $E_d$  bestehen aus:

$$\begin{aligned} E_d &= E\{1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,1} + 1,5 \cdot \Psi_0 \cdot q_{k,2}\} \\ &= E\{1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,1} + 1,05 \cdot q_{k,2}\} \end{aligned}$$

#### 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:

$$X_{Rd} = \frac{k_{mod} \cdot X_k}{\gamma_m}$$

ANMERKUNG 1 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 Standsicherheit, Steifigkeit und Rohdichte EN 1995-1-1 zu entnehmen.

Sofern keine entsprechenden nationalen Richtlinien vorliegen, wird die charakteristische Bruchlast,  $X_k$ , als niedrigster Wert verwendet, der aus Prüfungen mit Relevanz zu Bauteilwiderstand abgeleitet wurde, die auf drei identischen Bauteilprüfungen beruhen.

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:

$$X_{Rd} = \frac{X_k}{\gamma_m} = \frac{X_k}{1,5}$$

ANMERKUNG 2 Ohne weiteren nationalen Wert ist der Standardwert  $\gamma_m$  als 1,5 anzuwenden (siehe ETAG 008).

## 5 Bestimmung von mechanischer Beanspruchung (Innere Kräftevariablen und Verformungen)

### 5.1 Allgemeines

- a) Prinzipiell ermöglicht diese Norm die Bestimmung mechanischer Beanspruchung (sich aus der Beanspruchung ergebende Verformungen) auf zwei verschiedene Arten, wie folgt:
  - 1) einzelne Bestimmung mechanischer Beanspruchung von Trittstufen oder Wangen, jeweils mithilfe der statischen Rahmenberechnung, 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 statischen Rahmenberechnung 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. Beispiel eines Grundrisses:

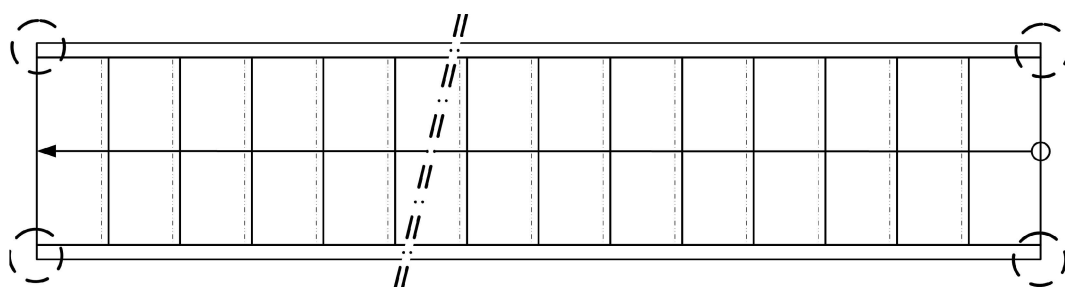


**Bild 2 — Grundriss von geraden Treppen**

- 3) Treppen mit Richtungsänderung (gewinkelte Treppen) mit vertikaler Auflagerung an allen Stellen, wo die Wangen die Richtung ändern: Beispiel eines Grundrisses: