

DIN EN 1993-1-7**DIN**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN EN 1993-1-7:2007-07 und
DIN EN 1993-1-7
Berichtigung 1:2009-12**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 1-7: Plattenförmige Bauteile mit Querbelastung;
Deutsche Fassung EN 1993-1-7:2007 + AC:2009**Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 1-7: Plated structures subject to out of plane loading;
German version EN 1993-1-7:2007 + AC:2009Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 1-7: Résistance et stabilité des structures en plaques planes chargées hors de leur
plan;
Version allemande EN 1993-1-7:2007 + AC:2009

Gesamtumfang 45 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1993-1-7:2010-12

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-1-7:2007 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NABau-Spiegelausschusses NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ begleitet.

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. Juni 2006 angenommen.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedsstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

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

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen **AC** **AC** angezeigt.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1993-1-7:2002-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet;
- b) der Vornormcharakter wurde aufgehoben;
- c) der Text wurde vollständig überarbeitet.

Gegenüber DIN EN 1993-1-7:2007-07 und DIN EN 1993-1-7 Berichtigung 1:2009-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;
- b) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 1993-1-7: 2002-05

DIN EN 1993-1-7: 2007-07

DIN EN 1993-1-5 Berichtigung 1: 2009-12

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 1993-1-7

April 2007

+AC

April 2009

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für ENV 1993-1-7:1999

Deutsche Fassung

Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-7: Plattenförmige Bauteile mit Querbelastrung

*Eurocode 3: Design of steel structures —
Part 1-7: Plated structures subject to out of plane loading*

*Eurocode 3: Calcul des structures en acier —
Partie 1-7: Résistance et stabilité des structures en plaques
planes chargées hors de leur plan*

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. Juni 2006 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 15. April 2009 in Kraft und wurde in EN 1993-1-7:2007 eingearbeitet.

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

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

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



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

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

© 2009 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 D

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Nationaler Anhang zu EN 1993-1-7	4
1 Allgemeines	5
1.1 Anwendungsbereich	5
1.2 Normative Verweisungen	5
1.3 Begriffe	6
1.3.1 Konstruktive Ausbildung und Abmessungen	6
1.4 Symbole	8
2 Grundlagen der Bemessung.....	10
2.1 Anforderungen	10
2.2 Grundsätze der Grenzzustandsnachweise	10
2.2.1 Allgemeines	10
2.2.2 Plastisches Versagen	10
2.2.3 Zyklische Plastizierung	11
2.2.4 Beulen	11
2.2.5 Ermüdung	11
2.3 Einwirkungen	11
2.4 Bemessung mit Versuchsunterstützung.....	11
3 Werkstoffeigenschaften	11
4 Dauerhaftigkeit.....	11
5 Statische Berechnung	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Schnittgrößen in der Platte.....	12
5.2.1 Allgemeines	12
5.2.2 Randbedingungen für die Platte	12
5.2.3 Berechnungsmodelle für plattenartige Tragwerke.....	12
6 Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	18
6.1 Allgemeines	18
6.2 Plastische Grenzbeanspruchbarkeit.....	18
6.2.1 Allgemeines	18
6.2.2 Ergänzende Regelungen für die Gesamtberechnung.....	18
6.2.3 Ergänzende Regelungen für die Anwendung vereinfachter Modelle.....	19
6.3 Zyklisches Plastizieren	19
6.3.1 Allgemeines	19
6.3.2 Ergänzende Regelungen für die Gesamtberechnung.....	19
6.4 Beulnachweise	20
6.4.1 Allgemeines	20
6.4.2 Ergänzende Regeln für die Gesamtberechnung	20
6.4.3 Ergänzende Regelungen für die Anwendung vereinfachter Modelle.....	21
7 Ermüdung	21
8 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	22
8.1 Allgemeines	22
8.2 Plattendurchbiegungen.....	22
8.3 Exzessive Schwingungen	22
Anhang A (informativ) Berechnungsverfahren für den Entwurf von plattenartigen Tragwerken.....	23
A.1 Allgemeines	23
A.2 Linear-elastische Plattenberechnung (LA)	23
A.3 Geometrisch nicht-lineare Berechnung (GNA).....	23
A.4 Werkstofflich nicht-lineare Berechnung (MNA).....	24

	Seite
A.5	Geometrisch und werkstofflich nicht-lineare Berechnung (GMNA).....24
A.6	Geometrisch nicht-lineare Berechnung mit Imperfektionen (GNIA).....24
A.7	Geometrisch und werkstofflich nicht-lineare Berechnung mit Imperfektionen (GMNIA).....25
Anhang B (informativ) Spannungen in unausgesteiften Rechteckplatten aus der Theorie kleiner	
	Verformungen26
B.1	Allgemeines26
B.2	Symbole.....26
B.3	Gleichmäßig verteilte Flächenlast27
B.3.1	Plattendurchbiegungen27
B.3.2	Plattenspannungen27
B.3.3	Koeffizienten k für gleichmäßig verteilte Flächenlasten28
B.4	Auf eine Teilfläche der Platte gleichmäßig verteilte Flächenlast31
B.4.1	Plattendurchbiegungen31
B.4.2	Plattenspannungen31
B.4.3	Koeffizienten k für eine auf eine Teilfläche konzentrierte Last32
Anhang C (informativ) Spannungen in unausgesteiften Rechteckplatten aus der Theorie großer	
	Verformungen33
C.1	Allgemeines33
C.2	Symbole.....33
C.3	Auf die Gesamtfläche der Platte gleichmäßig verteilte Flächenlast34
C.3.1	Plattendurchbiegungen34
C.3.2	Plattenspannungen34
C.3.3	Koeffizienten k für gleichmäßig verteilte Flächenlasten35
C.4	Auf eine Teilfläche der Platte gleichmäßig verteilte Flächenlast39
C.4.1	Allgemeines39
C.4.2	Plattenspannungen39
C.4.3	Koeffizienten k für auf Teilflächen konzentrierte Last.....40

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

Vorwort

Dieses Dokument EN 1993-1-7:2007, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-7: Plattenförmige Bauteile mit Querbelastrung wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Structural Eurocodes“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

EN 1993-1-7 ersetzt ENV 1993-1-7:1999.

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

Nationaler Anhang zu EN 1993-1-7

Diese Norm enthält alternative Vorgehensweisen, Zahlenwerte sowie Empfehlungen. Durch besonderen Hinweis (Anmerkungen) sind die Stellen gekennzeichnet, bei denen eine nationale Auswahl getroffen werden darf. EN 1993-1-7 enthält bei der nationalen Einführung einen Nationalen Anhang. Dieser Anhang legt die nationalen Parameter fest, die für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten verwendet werden müssen.

Eine nationale Wahl darf für folgenden Abschnitt erfolgen:

— 6.3.2(4)

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(1)P EN 1993-1-7 liefert Bemessungsregeln für den Entwurf nicht ausgesteifter und ausgesteifter Platten, die Teil von plattenartigen Tragwerken wie z.B. Silos und Behälter sind, welche einer Querbelastrung ausgesetzt sind. Sie gilt in Verbindung mit EN 1993-1-1 und den entsprechenden Anwendungsnormen.

(2) Diese Europäische Norm legt die Bemessungswerte für die Beanspruchbarkeiten fest; der Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit kann dem Nationalen Anhang der maßgebenden Anwendungsnormen entnommen werden; Empfehlungen sind in der entsprechenden Anwendungsnorm enthalten.

(3) Diese Norm enthält Anforderungen für Tragfähigkeitsnachweise für die Grenzzustände:

- plastisches Versagen;
- zyklische Plastizierung;
- Beulen;
- Ermüdung.

(4) Die Grenzzustände des statischen Gleichgewichts (Rutschen, Abheben und Kippen) werden in dieser Norm nicht behandelt; sie sind in EN 1993-1-1 geregelt. Besonderheiten, die für bestimmte Anwendungen gelten, können in den Anwendungsnormen von EN 1993 gefunden werden.

(5) Die Regeln dieser Norm beziehen sich auf dünne Plattenelemente von Bauteilen, die ausgesteift oder nicht ausgesteift sein können und quer zur Plattenebene belastet werden.

(6) Für den Nachweis ausgesteifter und nicht ausgesteifter plattenartiger Tragwerke mit Belastungen nur in der Plattenebene gilt EN 1993-1-5. In EN 1993-1-7 werden Interaktionsregeln für die Auswirkungen von Belastungen in der Ebene und aus der Ebene angegeben.

(7) Bemessungsregeln für dünnwandige kaltgeformte Bauteile und Blechtafeln sind in EN 1993-1-3 zu finden.

(8) Der Temperaturbereich, für den die Regelungen in dieser Norm gelten, wird in den Anwendungsnormen von EN 1993 geregelt.

(9) Die Bemessungsregeln in dieser Norm beziehen sich auf Tragwerke, die nach EN 1090-2 ausgeführt sind.

(10) Windlasten und Lasten aus Schüttgütern können im Allgemeinen als vorwiegend ruhende Lasten angesehen werden. Dynamische Wirkungen sind in der Regel entsprechend dem Ermüdungsnachweis nach EN 1993-1-9 zu berücksichtigen. In diesem Teil werden die Schnittgrößen aus dynamischem Verhalten als vorwiegend ruhend behandelt.

1.2 Normative Verweisungen

(1) 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.

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

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

EN 1993-1-3, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Kaltgeformte dünnwandige Profile und Bleche*

EN 1993-1-4, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Nichtrostender Stahl*

EN 1993-1-5, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Plattenbeulen*

EN 1993-1-6, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalenträgwerken*

EN 1993-1-8, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Berechnung und Bemessung von Anschlüssen*

EN 1993-1-9, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*

EN 1993-1-10, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*

EN 1993-1-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlgüten bis S700*

EN 1993-4-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-1: Silos*

EN 1993-4-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-2: Tanks*

1.3 Begriffe

(1) Es gelten die Regelungen in EN 1990, 1.5.

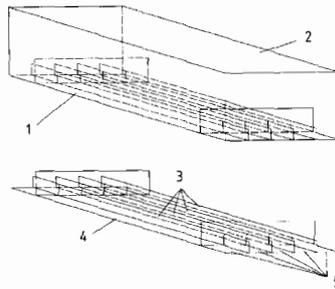
(2) Die nachfolgenden Begriffe werden in Ergänzung zu EN 1993-1-1 verwendet:

1.3.1 Konstruktive Ausbildung und Abmessungen

1.3.1.1

plattenartiges Tragwerk

Tragwerk, das aus Flachblechen zusammengesetzt und verschweißt ist. Die Flachbleche können ausgesteift und nicht ausgesteift sein, siehe Bild 1.1



Legende

- 1 Querstreifen (offene oder geschlossene Form)
- 2 Flächentragwerk
- 3 Längssteifen (offene oder geschlossene Form)
- 4 Blechfeld
- 5 Einzelbleche

Bild 1.1 — Komponenten eines plattenartigen Tragwerks

1.3.1.2

Plattenfeld

Plattenfeld ist ein nicht ausgesteiftes oder ausgesteiftes Flachblech. Ein Plattenfeld darf als eine Komponente eines plattenartigen Tragwerks angesehen werden

1.3.1.3

Steife

Blech oder Profil, das das Flachblech zur Vermeidung von Beulen oder zur Verstärkung für lokale Lasten aussteift. Eine Steife wird bezeichnet als:

- Längssteife, wenn die Steifenachse in Hauptrichtung der Lastübertragung verläuft;
- Quersteife, wenn die Steifenachse senkrecht zur Hauptrichtung der Lastübertragung verläuft

1.3.1.4

ausgesteiftes Flachblech

Blech mit Längs- und/oder Quersteifen

1.3.1.5

Einzelfeld

nicht ausgesteiftes Blechfeld umrandet von

- Steifen;
- Gurten und/oder Steifen (bei einem Steg);
- Stegen und/oder Steifen (bei einem Gurt)

1.3.2 Bezeichnungen

1.3.2.1

plastisches Versagen

Versagensart im Grenzzustand der Tragfähigkeit, bei der das Tragwerk die Fähigkeit zur weiteren Lastaufnahme durch Ausbildung von Fließmechanismen verliert

1.3.2.2

Bruch unter Zugbelastung

Versagen im Grenzzustand der Tragfähigkeit, bei dem das Blech infolge Zugbeanspruchung reißt

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

1.3.2.3

zyklische Plastizierung

wiederholtes Fließen infolge von Belastungs- und Entlastungszyklen

1.3.2.4

Beulen

Stabilitätsversagen des plattenartigen Tragwerks infolge Druck und/oder Schubbelastung

1.3.2.5

Ermüdung

Rissbildung oder Versagen infolge zyklischer Belastung

1.3.3 Einwirkungen

1.3.3.1

Querbelastung

Belastung senkrecht zur Mittelfläche eines Plattenfeldes

1.3.3.2

Kräfte in Plattenebene

Kräfte, die parallel zur Oberfläche des Plattenfeldes einwirken. Sie werden durch Wirkungen in der Ebene (z. B. Temperaturwirkungen oder Reibung) ausgelöst oder entstehen durch äußere Lasten, die auf das plattenartige Tragwerk einwirken

1.4 Symbole

(1) Zusätzlich zu den Bezeichnungen in EN 1990 und EN 1993-1-1 gelten die folgenden Bezeichnungen:

(2) Membranspannungen in Rechteckplatte, siehe Bild 1.2:

σ_{mx} Membrannormalspannung in x -Richtung infolge der breitenbezogenen Membrannormalkräfte n_x ;

σ_{my} Membrannormalspannung in y -Richtung infolge der breitenbezogenen Membrannormalkräfte n_y ;

τ_{mxy} Membranschubspannung infolge der breitenbezogenen Membranschubkräfte n_{xy} .

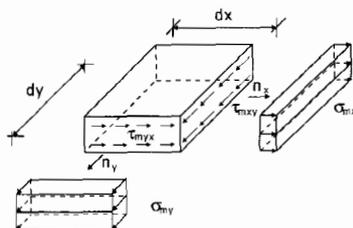


Bild 1.2 — Membranspannungen

(3) Biege- und Schubspannungen in Rechteckplatten infolge Biegung, siehe Bild 1.3:

σ_{bx} Spannung in x -Richtung infolge des breitenbezogenen Biegemomentes m_x ;

σ_{by} Spannung in y -Richtung infolge des breitenbezogenen Biegemomentes m_y ;

τ_{bxy} Schubspannung infolge des breitenbezogenen Torsionsmomentes m_{xy} ;

τ_{bxz} Schubspannungen infolge der breitenbezogenen Querkräfte infolge Biegung q_x ;

τ_{byz} Schubspannungen infolge der breitenbezogenen Querkräfte infolge Biegung q_y .

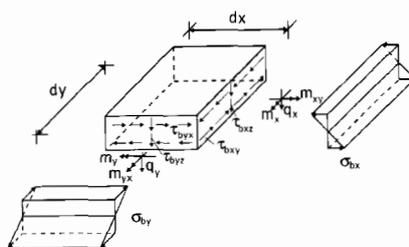


Bild 1.3 — Längs- und Schubspannungen infolge Biegung

ANMERKUNG Im Allgemeinen gibt es acht Schnittgrößen an jedem Punkt der Platte. Die Schubspannungen τ_{bxz} und τ_{bxy} infolge q_x und q_y sind meistens verglichen mit den anderen Spannungskomponenten ohne Bedeutung und werden deshalb in der Regel bei der Bemessung vernachlässigt.

(4) Griechische Kleinbuchstaben:

- α Seitenverhältnis des Plattenfeldes (a/b);
- ε Dehnung;
- α_R Lastvergrößerungsfaktor;
- ρ Abminderungsbeiwert für Plattenbeulen;
- σ_i Längsspannungen in der Richtung i , siehe Bild 1.2 und Bild 1.3;
- τ Schubspannungen, siehe Bild 1.2 und Bild 1.3;
- ν Querkontraktionszahl;
- γ_M Teilsicherheitsbeiwert.

(5) Lateinische Großbuchstaben:

- E Elastizitätsmodul

(6) Lateinische Kleinbuchstaben:

- a Länge des Plattenfeldes, siehe Bild 1.4 und Bild 1.5;
- b Breite des Plattenfeldes, siehe Bild 1.4 und Bild 1.5;
- f_{yk} Fließspannung/Streckgrenze oder 0,2%-Dehngrenze bei einem Werkstoff mit einer nichtlinearen Spannungs-Dehnungs-Kurve;
- n_i Membrannormalkraft in der Richtung i [kN/m];
- m_{xy} Membranquerkraft [kN/m];
- m Biegemoment/Torsionsmoment [kNm/m];
- q_z Querkraft in der Richtung z [kN/m];
- t Dicke des Blechfeldes, siehe 1.4 und 1.5.

ANMERKUNG Kurzzeichen und Bezeichnungen, die vorstehend nicht aufgeführt sind, werden im Text erklärt, wenn sie zuerst auftauchen.

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

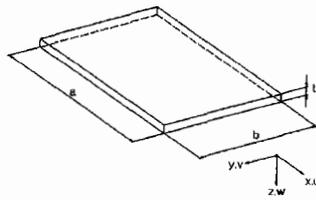


Bild 1.4 — Abmessungen und Achsen für nicht ausgesteifte Plattenfelder

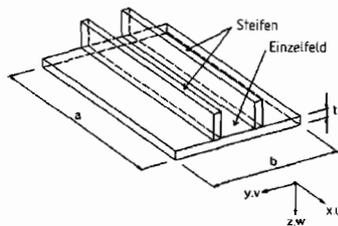


Bild 1.5 — Abmessungen und Achsen für ausgesteifte Blechfelder; die Steifen können offen oder geschlossen sein

2 Grundlagen der Bemessung

2.1 Anforderungen

(1)P Die Bemessung hat nach EN 1990 zu erfolgen.

(2)P Die folgenden Grenzzustände sind für plattenartige Tragwerke nachzuweisen:

- plastisches Versagen, siehe 2.2.2;
- zyklische Plastizierung, siehe 2.2.3;
- Beulen, siehe 2.2.4;
- Ermüdung, siehe 2.2.5.

(3) Der Entwurf der plattenartigen Tragwerke sollte den Gebrauchstauglichkeitsanforderungen der entsprechenden Anwendungsnorm genügen.

2.2 Grundsätze der Grenzzustandsnachweise

2.2.1 Allgemeines

(1)P Die Grundsätze der Grenzzustandsnachweise nach EN 1993-1-1, Abschnitt 2 und EN 1993-1-6 gelten auch für plattenartige Tragwerke.

2.2.2 Plastisches Versagen

(1) Plastisches Versagen wird als der Zustand bezeichnet, bei dem ein Teil des Tragwerks solche plastische Verformungen entwickelt, dass sich ein plastischer Mechanismus bildet. Das plastische Versagen wird in der Regel mit einem Mechanismus unter Zugrundelegung kleiner Verformungen nachgewiesen.

2.2.3 Zyklische Plastizierung

(1) Zyklische Plastizierung sollte als eine Grenzbedingung für zyklische Belastungen und Entlastungen angesehen werden, bei der an einem Punkt Fließen unter Zug- oder Druckbeanspruchung oder unter beidem auftritt und plastische Arbeit abgefordert wird. Dieses wechselnde Fließen kann infolge Begrenzung des plastischen Arbeitsvermögens zu lokalen Rissen führen und stellt deshalb eine niedrig-zyklische Form der Ermüdung dar. Die Spannungen für diesen Grenzzustand entwickeln sich aus der Kombination der Einwirkungen und den Verträglichkeitsbedingungen für die Verformungen des Tragwerks.

2.2.4 Beulen

(1) Beulen wird als die Grenzbedingung angesehen, bei der das Tragwerk infolge der Instabilität des Plattenfeldes unter Druck- und/oder Schubspannungen große Verformungen entwickelt. Dies kann zu Instabilitätsverhalten führen, so dass weitere Laststeigerungen nicht mehr aufgenommen werden können.

(2) Zu lokalem Plattenbeulen siehe EN 1993-1-5.

(3) Zur Tragfähigkeit der Steifen bei Biegeknicken, Biegedrillknicken und Knicken mit Querschnittsverformung siehe EN 1993-1-5.

2.2.5 Ermüdung

(1) Ermüdung wird als die Grenzbedingung angesehen, bei der sich infolge wiederholter Zyklen von anwachsenden und abfallenden Spannungen Risse entwickeln und/oder Risse weiterwachsen können.

2.3 Einwirkungen

(1) Die charakteristischen Werte der Einwirkungen sollten nach den entsprechenden Teilen von EN 1991 bestimmt werden.

2.4 Bemessung mit Versuchsunterstützung

(1) Für die Bemessung mit Versuchsunterstützung sollte EN 1993-1-1, 2.5 und wo erforderlich EN 1993-1-3, Abschnitt 9 herangezogen werden.

3 Werkstoffeigenschaften

(1) Diese Norm gilt für plattenartige Tragwerke aus Werkstoffen, die den Produktnormen EN 1993-1-1 und EN 1993-1-12 entsprechen.

(2) Die Werkstoffeigenschaften für kaltgeformte, dünnwandige Bauteile und Bleche sollten EN 1993-1-3 entnommen werden.

(3) Die Werkstoffeigenschaften von nichtrostenden Stählen sollten EN 1993-1-4 entnommen werden.

4 Dauerhaftigkeit

(1) Zur Dauerhaftigkeit siehe EN 1993-1-1, Abschnitt 4.

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

5 Statische Berechnung

5.1 Allgemeines

- (1)P Die Berechnungsmodelle sind so zu wählen, dass sie das Bauteilverhalten im betrachteten Grenzzustand zutreffend wiedergeben.
- (2) Bei der Wahl sicherer Randbedingungen (d.h. eingespannter oder nicht eingespannter Rand) darf ein Tragwerk in einzelne Plattenfelder aufgeteilt werden, die unabhängig voneinander betrachtet werden können.
- (3)P Die Gesamtstabilität des gesamten Tragwerks ist, wie in den entsprechenden Teilen von EN 1993 geregelt, nachzuweisen.

5.2 Schnittgrößen in der Platte

5.2.1 Allgemeines

- (1) Das Berechnungsmodell und die grundsätzlichen Annahmen für die Bestimmung der Schnittgrößen oder Spannungen sollten das erwartete Tragwerksverhalten bei Belastung im Grenzzustand der Tragfähigkeit wiedergeben.
- (2) Das Berechnungsmodell kann in dem Maße vereinfacht werden, wie nachgewiesen werden kann, dass die Vereinfachungen auf der sicheren Seite liegende Resultate liefern.
- (3) Ein elastisches Tragwerksmodell darf grundsätzlich für plattenartige Tragwerke benutzt werden. Tritt Ermüdung auf, sollte kein plastisches Tragwerksmodell benutzt werden.
- (4) Mögliche Abweichungen der Richtung oder des Angriffspunktes der Einwirkungen sollten berücksichtigt werden.
- (5) Die Fließlinienmethode darf im Grenzzustand der Tragfähigkeit benutzt werden, wenn die Druck- oder Schubbeanspruchungen in der Plattenebene kleiner als 10 % der entsprechenden Tragfähigkeit sind. Die Momentenragfähigkeit der Platte darf mit

$$m_{Rd} = \frac{0,25 \times f_y \times t^2}{\gamma_{M0}}$$

angesetzt werden.

5.2.2 Randbedingungen für die Platte

- (1) Die Randbedingungen, die für die Berechnung angenommen werden, sollten für den betrachteten Grenzzustand angemessen sein.
- (2)P Wird ein plattenartiges Tragwerk in einzelne Plattenfelder aufgeteilt, sind die rechnerischen Annahmen für die Randbedingungen der Steifen der einzelnen Plattenfelder in den Ausführungszeichnungen zu berücksichtigen.

5.2.3 Berechnungsmodelle für plattenartige Tragwerke

5.2.3.1 Allgemeines

- (1) Die Spannungen eines Plattenfeldes eines plattenartigen Tragwerks sollten nach einem der folgenden Verfahren ermittelt werden:

- Standardformeln für Plattenschnittgrößen, siehe 5.2.3.2;
- Gesamtberechnung, siehe 5.2.3.3;

— vereinfachte Modelle, siehe 5.2.3.4.

(2) Die Berechnungsmodelle in (1) sollten je nach Anforderung die lineare oder nicht-lineare Plattentheorie berücksichtigen.

(3) Die lineare Plattentheorie geht von kleinen Verformungen aus und nimmt eine lineare Abhängigkeit zwischen Lasten und Verformungen an. Diese darf angewendet werden, wenn die Druckbeanspruchung oder Schubbeanspruchung in der Plattenebene kleiner als 10 % der entsprechenden Beanspruchbarkeit ist.

(4) Die nicht-lineare Plattentheorie beruht auf der Annahme großer Verformungen und berücksichtigt die Wirkung der Verformungen auf das Gleichgewicht.

(5) Die Tabelle 5.1 zeigt verschiedene Berechnungsmöglichkeiten, auf denen die Berechnungsmodelle nach (1) beruhen können.

Tabelle 5.1 — Berechnungsmöglichkeiten

Berechnungsmöglichkeit	Plattentheorie	Werkstoffverhalten	Plattengeometrie
Linear elastische Plattenberechnung (LA)	linear	linear	perfekt
Geometrisch nicht-lineare elastische Berechnung (GNA)	nicht-linear	linear	perfekt
Werkstofflich nicht-lineare Berechnung (MNA)	linear	nicht-linear	perfekt
Geometrisch und werkstofflich nicht-lineare Berechnung (GMNA)	nicht-linear	nicht-linear	perfekt
Geometrisch nicht-lineare elastische Berechnung mit Imperfektionen (GNIA)	nicht-linear	linear	imperfekt
Geometrisch und werkstofflich nicht-lineare Berechnung mit Imperfektionen (GMNIA)	nicht-linear	nicht-linear	imperfekt

ANMERKUNG 1 Im Anhang A sind die verschiedenen Berechnungsmöglichkeiten definiert.

ANMERKUNG 2 Die für ein Tragwerk anzuwendende Berechnungsmethode sollte vorab festgelegt werden.

ANMERKUNG 3 Die Verwendung eines Modells mit perfekter Geometrie lässt darauf schließen, dass geometrische Imperfektionen entweder nicht relevant sind oder implizit in den Bemessungsregeln berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 4 Bei imperfekter Geometrie wird die Amplitude der geometrischen Imperfektionen so gewählt, dass die Ergebnisse im Vergleich mit Versuchsergebnissen an Prüfkörpern, die mit Toleranzen nach EN 1090-2 gefertigt wurden, sicher sind. Die Amplituden der geometrischen Imperfektionen unterscheiden sich daher im Allgemeinen von den in EN 1090-2 angegebenen Toleranzen.

5.2.3.2 Nutzung von Standardformeln

(1) Für ein einzelnes Plattenfeld eines plattenartigen Tragwerks kann der Spannungsnachweis für die maßgebende Einwirkungskombination mit geeigneten Berechnungsformeln durchgeführt werden, die für die Berechnungsmöglichkeiten nach 5.2.3.1 aufgestellt wurden.

ANMERKUNG Die Anhänge B und C liefern Tabellenwerke für rechteckige, nicht ausgesteifte Platten mit Querbelaugung. Für Kreisplatten sind Berechnungsformeln in EN 1993-1-6 angegeben. Weitere Berechnungsformeln können verwendet werden, wenn deren Genauigkeit den Anforderungen in EN 1990 entspricht.

(2) Treten bei Anwendung der Membrantheorie zweidimensionale Spannungsfelder auf, kann die v. Mises-Vergleichsspannung mit

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

$$\sigma_{\text{eq,Ed}} = \frac{1}{t} \sqrt{n_{x,\text{Ed}}^2 + n_{y,\text{Ed}}^2 - n_{x,\text{Ed}} n_{y,\text{Ed}} + 3n_{xy,\text{Ed}}^2} \quad (5.1)$$

ermittelt werden.

(3) Im Falle zweidimensionaler Spannungsfelder, gerechnet nach der elastischen Plattentheorie, darf die v. Mises-Vergleichsspannung $\sigma_{\text{eq,Ed}}$ wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{\text{eq,Ed}} = \sqrt{\sigma_{x,\text{Ed}}^2 + \sigma_{y,\text{Ed}}^2 - \sigma_{x,\text{Ed}} \sigma_{y,\text{Ed}} + 3\tau_{xy,\text{Ed}}^2} \quad (5.2)$$

Dabei gilt

$$\sigma_{x,\text{Ed}} = \frac{n_{x,\text{Ed}}}{t} \pm \frac{m_{x,\text{Ed}}}{t^2/4}$$

$$\sigma_{y,\text{Ed}} = \frac{n_{y,\text{Ed}}}{t} \pm \frac{m_{y,\text{Ed}}}{t^2/4}$$

$$\tau_{xy,\text{Ed}} = \frac{n_{xy,\text{Ed}}}{t} \pm \frac{m_{xy,\text{Ed}}}{t^2/4}$$

wobei $n_{x,\text{Ed}}$, $n_{y,\text{Ed}}$, $n_{xy,\text{Ed}}$, $m_{x,\text{Ed}}$, $m_{y,\text{Ed}}$ und $m_{xy,\text{Ed}}$ in 1.4(1) und (2) definiert sind.

ANMERKUNG Die oben angegebenen Gleichungen ergeben eine vereinfachte, auf der sicheren Seite liegende Vergleichsspannung für die Bemessung.

5.2.3.3 Gesamtberechnung: numerisches Verfahren

(1) Werden die Spannungen eines plattenartigen Tragwerks mit einem numerischen Verfahren ermittelt, das auf einem linearen Werkstoffmodell aufbaut, sollte die größte v. Mises-Vergleichsspannung $\sigma_{\text{eq,Ed}}$ in dem Blechtragwerk für die maßgebende Einwirkungskombination berechnet werden.

(2) Die v. Mises-Vergleichsspannung $\sigma_{\text{eq,Ed}}$ wird mit den Spannungskomponenten an einem Punkt des Blechtragwerks bestimmt.

$$\sigma_{\text{eq,Ed}} = \sqrt{\sigma_{x,\text{Ed}}^2 + \sigma_{y,\text{Ed}}^2 - \sigma_{x,\text{Ed}} \sigma_{y,\text{Ed}} + 3\tau_{\text{Ed}}^2} \quad (5.3)$$

wobei $\sigma_{x,\text{Ed}}$ und $\sigma_{y,\text{Ed}}$ mit positivem Vorzeichen bei Zug eingeführt werden.

(3) Wird mit dem numerischen Verfahren der Beulnachweis geführt, sind die Wirkungen von Imperfektionen zu berücksichtigen. Diese Imperfektionen können sein:

(a) geometrische Imperfektionen:

- Abweichungen von den Nennmaßen der Form der Platte (Vorverformungen, Durchbiegungen aus der Ebene);
- imperfekte Schweißnähte (kleinere Exzentrizitäten);
- Abweichungen von den Nennwerten der Blechdicken;

(b) Werkstoffimperfectionen:

- Eigenspannungen aus dem Walz-, Formungs-, Schweiß- oder Richtprozess;
- Inhomogenitäten und Anisotropien.

(4) Die geometrischen und werkstofflichen Imperfectionen sollten durch eine äquivalente geometrische Anfangsimperfection der perfekten Platte berücksichtigt werden. Die Form der äquivalenten geometrischen Anfangsimperfection ist mit der maßgebenden kritischen Beulform zu bestimmen.

(5) Die Amplitude der äquivalenten geometrischen Ersatzimperfection e_0 eines rechteckigen Plattenfeldes darf durch Kalibration mit Versuchsergebnissen bestimmt werden, wobei die verwendeten Versuchskörper in Bezug auf Herstellung und Werkstoff repräsentativ sein müssen, oder mit Hilfe der Beulkurve in EN 1993-1-5 ermittelt werden. In diesem Fall gilt:

AC

$$e_0 = \frac{(1 - \rho \bar{\lambda}_p)(1 - \rho)}{\rho \zeta} \quad \text{AC (5.4)}$$

wobei

$$\zeta = \frac{6 b^2 (b^2 + \nu a^2)}{t (a^2 + b^2)^2} \quad \text{und} \quad \alpha < \sqrt{2}$$

ρ Abminderungsbeiwert für das Plattenbeulen nach 4.4 in EN 1993-1-5,

a, b geometrische Abmessungen der Platte, siehe Bild 5.1,

t Blechdicke,

α Seitenverhältnis $a/b < \sqrt{2}$,

$\bar{\lambda}_p$ Schlankheitsgrad der Platte, siehe EN 1993-1-5.

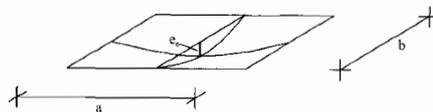


Bild 5.1 — Äquivalente geometrische Anfangsimperfection e_0 eines Plattenfeldes

(6) Auf der sicheren Seite darf die Amplitude $e_0 = a/200$ angesetzt werden, wenn $b \leq a$ ist.

(7) Der Ansatz für die äquivalente geometrische Ersatzimperfection sollte, wenn erforderlich, an die gewählte konstruktive Ausbildung und die aus der Herstellung erwarteten Vorverformungen angepasst werden.

(8)P In jedem Fall ist die Zuverlässigkeit von numerischen Berechnungen anhand bekannter Versuchsergebnisse oder den Ergebnissen vergleichbarer Berechnungen zu prüfen.

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

5.2.3.4 Vereinfachte Modelle

5.2.3.4.1 Allgemeines

(1) Die Schnittgrößen oder Spannungen eines plattenartigen Tragwerks, das mit Querlasten und Lasten in der Ebene belastet ist, dürfen mit einem vereinfachten Modell berechnet werden, wenn dieses Resultate auf der sicheren Seite liefert.

(2) Dazu kann das plattenartige Tragwerk in einzelne ausgesteifte und nicht ausgesteifte Plattenfelder aufgeteilt werden.

5.2.3.4.2 Unausgesteifte Plattenfelder

(1) Eine nicht ausgesteifte rechteckige Platte mit Querbelastung kann mit dem Modell eines Ersatzbalkens in Richtung der vorherrschenden Lastabtragung berechnet werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- das Seitenverhältnis a/b ist größer als 2;
- die Plattenbelastung besteht aus einer gleichmäßig verteilten Querbelastung mit konstanter Größe oder linearem Verlauf;
- die Festigkeit, Stabilität und Steifigkeit der Randglieder, auf denen das Plattenfeld aufgelagert ist, erfüllen die Randbedingungen, die für den Ersatzbalken angenommen werden.

(2) Die Schnittgrößen des Ersatzbalkens sollten mit einer elastischen Berechnung gemäß EN 1993-1-1 ermittelt werden.

(3) Ist die Durchbiegung der Platte infolge Querbelastung, gerechnet nach Theorie 1. Ordnung, ähnlich der Beulform infolge Druck in der Plattenebene, dann muss die Interaktion zwischen Biegung und Druck berücksichtigt werden.

(4) Trifft (3) zu, darf die Interaktionsformel in EN 1993-1-1, 6.3.3 für den Ersatzträger verwendet werden.

5.2.3.4.3 Ausgesteifte Plattenfelder

(1) Eine ausgesteifte Platte oder ein ausgesteiftes Plattenfeld darf bei regelmäßiger Aussteifung in Längs- und Querrichtung als Trägerrost berechnet werden.

(2) Bei der Bestimmung der Querschnittsfläche A_i des mittragenden Blechs eines einzelnen Trägers i des Trägerrostes sollte die mittragende Breite mit dem Beiwert β nach EN 1993-1-5 bestimmt werden.

(3) Bei der Bestimmung der Querschnittsfläche A_i eines Trägers i des Trägerrostes, der in Richtung der Druckkräfte im Plattenfeld angeordnet ist, ist die wirksame Breite der angrenzenden Einzelfelder infolge lokalen Beulens entsprechend EN 1993-1-5 zu berücksichtigen.

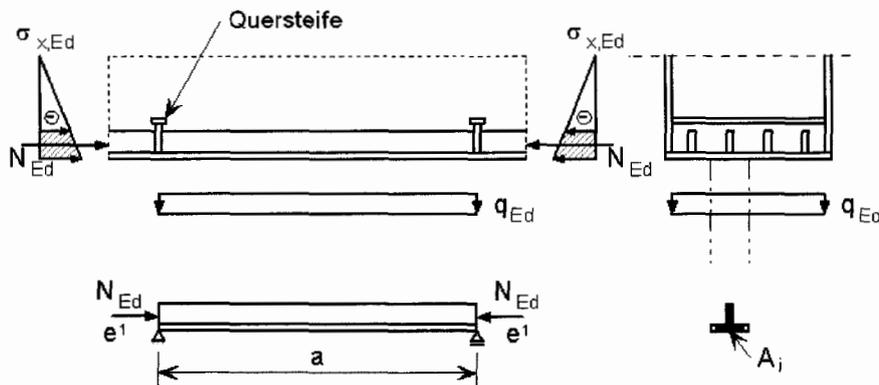
(4) Die Interaktion zwischen mittragender Breite und wirksamer Breite sollte mit nachfolgender Beziehung berücksichtigt werden, siehe Bild 5.2:

$$A_i = [\rho_c (A_{L,eff} + \sum \rho_{pan,i} b_{pan,i} t_{pan,i})] \beta^\kappa \quad (5.5)$$

Dabei ist

$A_{L,eff}$ die wirksame Fläche der Steife infolge lokalen Beulens der Steife;

- ρ_c der Abminderungsbeiwert aufgrund globalen Beulens des Plattenfeldes nach 4.5.4(1) in EN 1993-1-5;
- $\rho_{pan,i}$ der Abminderungsbeiwert infolge lokalen Beulens des Einzelfeldes i , nach 4.4(1) in EN 1993-1-5;
- $b_{pan,i}$ die Breite des Einzelfeldes i , siehe 4.5.1(3) in EN 1993-1-5.
- $t_{pan,i}$ die Blechdicke des Einzelfeldes i
- β der Beiwert für die mittragende Breite nach 3.2.1 in EN 1993-1-5.
- κ das Verhältnis nach 3.3 in EN 1993-1-5.

Bild 5.2 — Definition der Querschnittsfläche A_i

(5) Der Nachweis des Trägers i des Trägerrostes kann mit der Interaktionsformel in 6.3.3 in EN 1993-1-1 erfolgen, wobei Folgendes berücksichtigt wird:

- Querbelastung;
- Normalkraft N_{Ed} im Querschnitt A_i aus den Längsspannungen in der Platte;
- Exzentrizität e der Normalkraft N_{Ed} bezogen auf den Schwerpunkt der Querschnittsfläche A_i .

(6) Sind die Steifen einer Platte oder eines Plattenfeldes nur in der Achse der Druckkraft in der Plattenebene angeordnet, darf die ausgesteifte Platte als Ersatzbalken auf elastischen Federn abgebildet werden, siehe EN 1993-1-5.

(7) Sind die Steifen einer Platte oder eines Plattenfeldes nur senkrecht zur Achse der Druckkraft in der Plattenebene angeordnet, sollten die Einzelfelder zwischen den Steifen nach 5.2.3.4.2(4) nachgewiesen werden.

- (8) Die Längssteifen sollten den Bedingungen in Abschnitt 9 in EN 1993-1-5 genügen.
- (9) Die Quersteifen sollten den Bedingungen in Abschnitt 9 in EN 1993-1-5 genügen.

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

6 Grenzzustand der Tragfähigkeit

6.1 Allgemeines

- (1) Alle Teile eines plattenartigen Tragwerks sind so zu bemessen, dass die grundlegenden Anforderungen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit nach Abschnitt 2 eingehalten werden.
- (2) Der Teilsicherheitsbeiwert γ_M für die Beanspruchbarkeit von plattenartigen Tragwerken ist den entsprechenden Anwendungsteilen von EN 1993 zu entnehmen.
- (3) Zum Teilsicherheitsbeiwert γ_M für Verbindungen von plattenartigen Tragwerken siehe EN 1993-1-8.

6.2 Plastische Grenzbeanspruchbarkeit

6.2.1 Allgemeines

- (1)P An jedem Punkt eines plattenartigen Tragwerks sollte für den Bemessungswert der Spannung $\sigma_{eq,Ed}$ die folgende Bedingung eingehalten werden:

$$\sigma_{eq,Ed} \leq \sigma_{eq,Rd} \quad (6.1)$$

Dabei ist

$\sigma_{eq,Ed}$ der Größtwert der v.Mises-Vergleichsspannung nach 5.2.3.

- (2) Bei Verwendung des elastischen Widerstandes eines Plattenfeldes zum Nachweis gegen plastisches Versagen oder Materialbruch infolge Zug oder Biegung ist die Beanspruchbarkeit $\sigma_{eq,Rd}$ durch:

$$\sigma_{eq,Rd} = f_{yk} / \gamma_{M0} \quad (6.2)$$

definiert.

ANMERKUNG Für den Zahlenwert für γ_{M0} siehe 1.1 (2).

6.2.2 Ergänzende Regelungen für die Gesamtberechnung

- (1) Liegt der numerischen Berechnung die Annahme linearen Werkstoffverhaltens zugrunde, sollte der Nachweis gegen plastisches Versagen oder Materialbruch bei Zug nach 6.2.1 erfolgen.
- (2) Bei Anwendung einer werkstofflich nicht-linearen Berechnung unter Verwendung eines Spannungs-Dehnungsdiagramms mit f_{yd} ($= f_y / \gamma_{M0}$), sollten die Bemessungslasten F_{Ed} , die infolge der Einwirkungen am Tragwerk angreifen, schrittweise so gesteigert werden, bis mit dem Lastvergrößerungsfaktor α_R die plastische Grenzbelastbarkeit F_{Rd} erreicht ist.
- (3) Als Resultat der Berechnung lautet der Nachweis:

$$F_{Ed} \leq F_{Rd} \quad (6.3)$$

wobei

$$F_{Rd} = \alpha_R F_{Ed}$$

Dabei ist

α_R der Lastvergrößerungsfaktor an den Bemessungslasten F_{Ed} , bei dem der Grenzzustand erreicht wird.

6.2.3 Ergänzende Regelungen für die Anwendung vereinfachter Modelle

6.2.3.1 Unausgesteifte Platten

(1) Wird eine unausgesteifte Platte als Ersatzbalken berechnet, ist die Querschnittsbeanspruchbarkeit des Ersatzbalkens für das Zusammenwirken von Lasten in der Plattenebene und von Querlasten mit den Bemessungsregeln in EN 1993-1-1 nachzuweisen.

6.2.3.2 Ausgesteifte Platten

(1) Wird eine ausgesteifte Platte gemäß 5.2.3.4 als Trägerrost berechnet, sollten die Querschnittstragfähigkeit und die Knickstabilität der einzelnen Träger i für das Zusammenwirken von Lasten in der Plattenebene und von Querlasten mit der Interaktionsformel in 6.3.3 in EN 1993-1-1 nachgewiesen werden.

(2) Wird eine ausgesteifte Platte gemäß 5.2.3.4 als Ersatzträger berechnet, sollten die Querschnittstragfähigkeit und die Knickstabilität des Ersatzträgers für das Zusammenwirken von Lasten in der Plattenebene und von Querlasten mit der Interaktionsformel in 6.3.3 in EN 1993-1-1 nachgewiesen werden.

(3) Die Schnittgrößen oder Spannungen der Einzelfelder sollten gegen plastisches Versagen oder Werkstoffbruch bei Zug nach 5.2.3.2, 5.2.3.3 oder 5.2.3.4 nachgewiesen werden.

6.3 Zyklisches Plastizieren

6.3.1 Allgemeines

(1) An jedem Punkt des plattenartigen Tragwerks sollte der Bemessungswert der Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{Ed}$ folgende Bedingung erfüllen:

$$\Delta\sigma_{Ed} \leq \Delta\sigma_{Rd} \quad (6.4)$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_{Ed}$ der Größtwert der Schwingbreite der v. Mises-Vergleichsspannung

$$\Delta\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\Delta\sigma_{x,Ed}^2 + \Delta\sigma_{y,Ed}^2 - \Delta\sigma_{x,Ed} \Delta\sigma_{y,Ed} + 3\Delta\tau_{Ed}^2} \text{ infolge der maßgebenden Lastkombination.}$$

(2) Bei werkstofflich linearer Berechnung darf für die Beanspruchbarkeit eines Plattenfeldes des plattenartigen Tragwerks gegen zyklische Plastizierung/Kurzzeitermüdung der Wert

$$\Delta\sigma_{Rd} = 2,0 f_{yk} / \gamma_{M0} \quad (6.5)$$

angesetzt werden.

ANMERKUNG Für den Zahlenwert für γ_{M0} siehe 1.1 (2).

6.3.2 Ergänzende Regelungen für die Gesamtberechnung

(1) Wird eine werkstofflich nicht-lineare Berechnung durchgeführt, sind die Bemessungswerte der Einwirkungen aufzubringen.

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

(2) Aus der Berechnung der Belastungszyklen während der Nutzungszeit des Tragwerks ist die Dehnungsakkumulation $\varepsilon_{\text{eq,Ed}}$ der v. Mises-Vergleichsdehnungen am Ende der Nutzungszeit zu ermitteln.

(3) Wenn nicht anders geregelt, darf die akkumulierte plastische Dehnung $\varepsilon_{\text{eq,Ed}}$ der v. Mises-Vergleichsdehnung wie folgt bestimmt werden

$$\varepsilon_{\text{eq,Ed}} = m \Delta\varepsilon_{\text{eq,Ed}} \quad (6.6)$$

Dabei ist

m Anzahl der Zyklen während der Nutzungszeit,

$\Delta\varepsilon_{\text{eq,Ed}}$ größter Zuwachs der v. Mises-Vergleichsdehnung während eines kompletten Belastungszyklus am maßgebenden Punkt des Tragwerks nach dem 3. Zyklus.

(4) Wird kein genauere Nachweis der Kurzzeitermüdung geführt, sollte der Gesamtwert $\varepsilon_{\text{eq,Ed}}$ der akkumulierten v. Mises-Vergleichsdehnung folgende Bedingungen erfüllen

$$\varepsilon_{\text{p,eq,Ed}} \leq n_{\text{eq}} \frac{f_{\text{yk}}}{E \gamma_{\text{M0}}} \quad (6.7)$$

ANMERKUNG 1 Der Wert für n_{eq} kann im Nationalen Anhang festgelegt werden. Der Wert $n_{\text{eq}} = 25$ wird empfohlen.

ANMERKUNG 2 Für den Zahlenwert für γ_{M0} siehe 1.1 (2).

6.4 Beulnachweise

6.4.1 Allgemeines

(1) Plattenfelder mit Belastungen aus Druck oder Schub in der Plattenebene sollten nach EN 1993-1-5 nachgewiesen werden.

(2) Die Tragfähigkeit der Steifen bei Biegeknicen, Biegedrillknicen und Knicken mit Querschnittsverformung ist entsprechend EN 1993-1-5 nachzuweisen, siehe auch 5.2.3.4.2 (8) und (9).

(3) Zum Zusammenwirken von Belastungen in der Plattenebene und aus der Plattenebene siehe Abschnitt 5.

6.4.2 Ergänzende Regeln für die Gesamtberechnung

(1) Wird die Beulsicherheit für kombinierte Belastung in der Plattenebene und aus der Plattenebene numerisch nachgewiesen, sollten die Bemessungswerte der Lasten F_{Ed} folgende Bedingung erfüllen:

$$F_{\text{Ed}} \leq F_{\text{Rd}} \quad (6.8)$$

(2) Die Beulbeanspruchbarkeit F_{Rd} eines plattenartigen Tragwerks wird definiert als:

$$F_{\text{Rd}} = k F_{\text{Rk}} / \gamma_{\text{M1}} \quad (6.9)$$

Dabei ist

F_{Rk} charakteristischer Wert des Beulwiderstandes des Blechtragwerks;

k Kalibrationsfaktor nach (6).

ANMERKUNG Für den Zahlenwert für γ_{M1} siehe 1.1 (2).

(3) Der charakteristische Wert des Beulwiderstandes F_{Rk} sollte aus einer Last-Verformungskurve ermittelt werden, der für den maßgebenden Punkt des Tragwerks für die maßgebende Lastkombination F_{Ed} berechnet wird. Dabei sind die Imperfektionen nach 5.2.3.2 zu berücksichtigen.

(4) Der charakteristische Wert des Beulwiderstandes F_{Rk} wird nach dem maßgebenden der folgenden zwei Kriterien ermittelt:

- Maximallast der Last-Verformungskurve (Traglast),
- größte tolerierbare Verformung, falls diese vor Erreichen der Verzweigungslast oder der Maximallast auftritt, sofern relevant.

(5) Die Zuverlässigkeit der numerischen Bestimmung des kritischen Beulwiderstandes sollte wie folgt geprüft werden:

- a) entweder durch Kontrolle mit der Berechnung anderer Beulfälle, für die die charakteristischen Beulwiderstände $F_{Rk,known}$ bekannt sind und für die vergleichbare Imperfektionsansätze gewählt wurden. Die Kontrollfälle sollten hinsichtlich der wesentlichen Parameter (Plattenschlankheit, Nachbeulverhalten, Imperfektionsempfindlichkeit, Werkstoffverhalten) vergleichbar sein;
- b) oder durch Vergleich mit Versuchsergebnissen $F_{Rk,known}$.

(6) Abhängig vom Ergebnis der Zuverlässigkeitsüberprüfung sollte der Kalibrationsfaktor k wie folgt ermittelt werden:

$$k = F_{Rk,known,check} / F_{Rk,check} \quad (6.10)$$

Dabei gilt

$F_{Rk,known,check}$ Resultat aus Vorkenntnissen;

$F_{Rk,check}$ Resultate der numerischen Ermittlungen.

6.4.3 Ergänzende Regelungen für die Anwendung vereinfachter Modelle

(1) Wird ein ausgesteiftes Plattenfeld in Einzelfelder und wirksame Steifen nach 5.2.3.4 unterteilt, kann der Beulwiderstand dieses Plattenfeldes nach EN 1993-1-5 zunächst ohne Berücksichtigung der Querbelastung durchgeführt werden. Seitliches Ausweichen freier Gurte von Stegen kann nach EN 1993-1-1, 6.3.3 nachgewiesen werden.

(2) Danach kann die Knicksicherheit der wirksamen Steifen nach Abschnitt 5.2.3.4 mit dem Verfahren nach EN 1993-1-1 nachgewiesen werden.

7 Ermüdung

(1) Anforderungen an die Ermüdung sollten für plattenartige Tragwerke den maßgebenden Anwendungsnormen von EN 1993 entnommen werden.

(2) Der Ermüdungsnachweis sollte nach EN 1993-1-9 geführt werden.

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

8 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

8.1 Allgemeines

- (1) Auch für plattenartige Tragwerken sollten die Grundsätze für Gebrauchstauglichkeits-Grenzzustände in Abschnitt 7 von EN 1993-1-1 angewendet werden.
- (2) Bei plattenartigen Tragwerken sollten insbesondere die Grenzzustandskriterien in 8.2 und 8.3 nachgewiesen werden.

8.2 Plattendurchbiegungen

- (1) Die Plattendurchbiegung w sollte begrenzt werden, wenn dadurch die Nutzung des Plattenfeldes eingeschränkt wird.

ANMERKUNG Zu Durchbiegungsgrenzen siehe Anwendungsnorm.

8.3 Exzessive Schwingungen

- (1) Grenzbedingungen für exzessive Schwingungen sind so zu definieren, dass entweder Versagen des plattenartigen Tragwerks durch Ermüdung an den Verbindungen der Platten oder die Gebrauchstauglichkeitsgrenzen angegeben werden.

ANMERKUNG Zu Schlankheitsbegrenzungen zur Vermeidung exzessiver Schwingungen siehe die Anwendungsnorm.

Anhang A (informativ)

Berechnungsverfahren für den Entwurf von plattenartigen Tragwerken

A.1 Allgemeines

(1) Zur Bestimmung der Spannungen von ausgesteiften und unausgesteiften Platten darf die folgenden Berechnungsverfahren angewendet werden:

- LA: Linear-elastische Berechnung;
- GNA: Geometrisch nicht-lineare Berechnung;
- MNA: Werkstofflich nicht-lineare Berechnung;
- GMNA: Geometrisch und werkstofflich nicht-lineare Berechnung;
- GNIA: Geometrisch nicht-lineare Berechnung mit Imperfektionen;
- GMNIA: Geometrisch und werkstofflich nicht-lineare Berechnung mit Imperfektionen.

A.2 Linear-elastische Plattenberechnung (LA)

(1) Die linear-elastische Berechnung beschreibt das Verhalten eines dünnwandigen, perfekten, plattenartigen Tragwerks auf der Grundlage der linearen Plattentheorie. Das lineare Verhalten ergibt sich aus der Annahme des linear-elastischen Werkstoffverhaltens und der Annahme kleiner Verformungen.

(2) Die linear-elastische Berechnung (LA) erfüllt sowohl die Gleichgewichtsbedingungen als auch die Verformungsverträglichkeit. Spannungen und Verformungen verändern sich linear mit der Querbelastung der Platte.

(3) Als Beispiel für die linear-elastische Berechnung wird auf die folgende partielle Differentialgleichung 4. Ordnung einer isotropen dünnen Platte hingewiesen, die nur durch eine quergerichtete Flächenlast $p(x,y)$ belastet wird:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{p(x,y)}{D} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

$$D = \frac{E t^3}{12(1-\nu^2)}$$

A.3 Geometrisch nicht-lineare Berechnung (GNA)

(1) Die geometrisch nicht-lineare Berechnung (GNA) verwendet die nicht-lineare Plattentheorie für eine perfekte Struktur, bei der das Werkstoffverhalten linear-elastisch angenommen wird und die Nichtlinearität durch die Berücksichtigung großer Verformungen entsteht.

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

- (2) Das GNA-Verfahren erfüllt sowohl die Gleichgewichtsbedingungen als auch die Verträglichkeit der großen Verformungen.
- (3) Die nicht-lineare Plattentheorie berücksichtigt die Interaktion von Biege- und Membranspannungen in der Platte. Verformungen und Spannungen verändern sich nicht-linear mit der Größe der Querbelastung.
- (4) Als Beispiel für das GNA-Verfahren wird auf die folgende partielle Differentialgleichung 4. Ordnung einer isotropen dünnen Platte hingewiesen, die nur durch eine quergerichtete Flächenlast $p(x,y)$ belastet wird.

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} - \frac{t}{D} \left[\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - 2 \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) + \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] = \frac{p(x,y)}{D} \quad (\text{A.2a})$$

$$\frac{\partial^4 f}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 f}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 f}{\partial y^4} = E \left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \quad (\text{A.2b})$$

Dabei ist

f die Airy's Spannungsfunktion und

$$D = \frac{E t^3}{12(1-\nu^2)}$$

A.4 Werkstofflich nicht-lineare Berechnung (MNA)

- (1) Die werkstofflich nicht-lineare Berechnung basiert auf der linearen Plattentheorie für das perfekte Tragwerk mit der Annahme kleiner Verformungen wie in A.2. Im Unterschied dazu wird jedoch das nicht-lineare Werkstoffverhalten berücksichtigt.

A.5 Geometrisch und werkstofflich nicht-lineare Berechnung (GMNA)

- (1) Die geometrisch und werkstofflich nicht-lineare Berechnung basiert auf der nicht-linearen Plattentheorie für das perfekte Tragwerk. Das Werkstoffverhalten wird als nicht-linear elastisch-plastisch angenommen, und es werden große, nicht-lineare Verformungen berücksichtigt.

A.6 Geometrisch nicht-lineare Berechnung mit Imperfektionen (GNIA)

- (1) Die geometrisch nicht-lineare Berechnung (GNIA) mit Imperfektionen entspricht dem GNA-Verfahren, siehe A.3. Dabei werden jedoch anstelle des geometrisch perfekten Tragwerks geometrische Imperfektionen berücksichtigt, die beispielsweise bei einer Platte Vorverformungen sein können, die durch die maßgebenden Beulformen bestimmt werden.
- (2) Das GNIA-Verfahren wird angewendet, wenn bei Blechtragwerken Druck- oder Schubspannungen in der Blechebene vorherrschen. Mit dem Verfahren werden die elastischen Beulwiderstände von wirklichkeitsnahen imperfekten Blechtragwerken bestimmt.

A.7 Geometrisch und werkstofflich nicht-lineare Berechnung mit Imperfektionen (GMNIA)

- (1) Die geometrisch und werkstofflich nicht-lineare Berechnung mit Imperfektionen (GMNIA) entspricht dem GMNA-Verfahren, siehe A.5. Es werden jedoch geometrische Imperfektionen berücksichtigt. Dies kann zum Beispiel bei einer Platte eine Vorimperfektion sein, die durch die maßgebende Beulform bestimmt wird.
- (2) Das GMNIA-Verfahren wird angewendet, wenn Druck- oder Schubspannungen in der Platte dominieren. Mit dem Verfahren werden elastisch-plastische Beulwiderstände von „wirklichkeitsnahen“ imperfekten Blechtragwerken bestimmt.

Anhang B (informativ)

Spannungen in unausgesteiften Rechteckplatten aus der Theorie kleiner Verformungen

B.1 Allgemeines

(1) In diesem Anhang werden Bemessungsformeln für die Berechnung von Spannungen unausgesteifter Rechteckplatten angegeben, die auf der linearen Plattentheorie basieren. Daher werden Membrankräfte in den Bemessungsformeln dieses Anhangs nicht berücksichtigt.

(2) Die Bemessungsformeln werden für die folgenden Belastungen angegeben:

- gleichmäßig über der gesamten Platte verteilte Flächenlast siehe B.3;
- auf eine Teilfläche der Platte gleichmäßig verteilte Flächenlast, siehe B.4.

(3) Mit Koeffizienten, die in den Tabellen von B.3 und B.4 angegeben sind, können die Durchbiegung w und die Biegespannungen σ_{bx} und σ_{by} einer Platte berechnet werden. Für die Koeffizienten gilt die Querkontraktionszahl $\nu = 0,3$.

B.2 Symbole

(1) Die verwendeten Bezeichnungen sind:

q_{Ed} Bemessungswert der gleichmäßig verteilten Flächenlast;

p_{Ed} Bemessungswert der auf einer Teilfläche konzentrierten Flächenlast;

a kurze Seitenabmessung der Platte;

b lange Seitenabmessung der Platte;

t Dicke der Platte;

E Elastizitätsmodul;

k_w Koeffizient für die Durchbiegung w der Platte, entsprechend den in der Tabelle angegebenen Randbedingungen;

$k_{\sigma_{bx}}$ Koeffizient für die Biegespannung σ_{bx} der Platte, entsprechend den in der Tabelle angegebenen Randbedingungen;

$k_{\sigma_{by}}$ Koeffizient für die Biegespannung σ_{by} der Platte, entsprechend den in der Tabelle angegebenen Randbedingungen.

B.3 Gleichmäßig verteilte Flächenlast

B.3.1 Plattendurchbiegungen

(1) Die Durchbiegung w eines Plattenfeldes unter einer gleichmäßig verteilten Flächenlast p kann wie folgt berechnet werden:

$$w = k_w \frac{q_{Ed} a^4}{E t^3} \quad (\text{B.1})$$

ANMERKUNG Die Gleichung (B.1) gilt nur bei kleinem w gegenüber t .

B.3.2 Plattenspannungen

(1) Die Biegespannungen σ_{bx} und σ_{by} in einem Plattenfeld dürfen mit folgenden Gleichungen bestimmt werden:

$$\sigma_{bx,Ed} = k_{\sigma_{bx}} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (\text{B.2})$$

$$\sigma_{by,Ed} = k_{\sigma_{by}} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (\text{B.3})$$

(2) Mit den Biegespannungen nach (1) darf die Vergleichsspannung in einem Plattenfeld wie folgt berechnet werden:

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{bx,Ed}^2 + \sigma_{by,Ed}^2 - \sigma_{bx,Ed} \sigma_{by,Ed}} \quad (\text{B.4})$$

ANMERKUNG Die in den Tabellen angegebenen Spannungen sind definiert für Punkte, die entweder auf den Plattenachsen oder an den Rändern liegen, so dass aufgrund von Symmetrieeigenschaften oder geforderten Randbedingungen die Biegeschubspannungen τ_b null sind.

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

B.3.3 Koeffizienten k für gleichmäßig verteilte Flächenlasten

Tabelle B.1 — Koeffizienten k

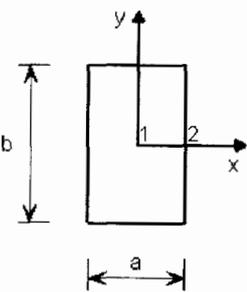
		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast	
		Randbedingungen: Alle Ränder sind frei drehbar gelagert	
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$
1,0	0,044 34	0,286	0,286
1,5	0,084 38	0,486	0,299
2,0	0,110 70	0,609	0,278
3,0	0,134 20	0,712	0,244

Tabelle B.2 — Koeffizienten k

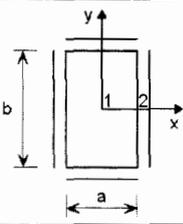
		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast		
		Randbedingungen: Alle Ränder sind eingespannt.		
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{bx2}}$
1,0	0,013 75	0,136 0	0,136 0	-0,308
1,5	0,023 93	0,218 0	0,121 0	-0,454
2,0	0,027 63	0,245 0	0,094 5	-0,498
3,0	0,028 70	0,248 0	0,075 4	-0,505

Tabelle B.3 — Koeffizienten k

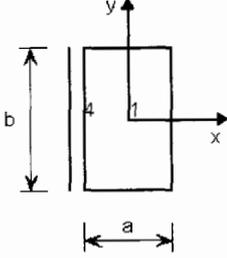
		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast		
		Randbedingungen: Drei Ränder sind frei drehbar gelagert. Ein Rand ist eingespannt.		
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{bx4}}$
1,5	0,048 94	0,330	0,177	-0,639
2,0	0,056 50	0,368	0,146	-0,705

Tabelle B.4 — Koeffizienten k

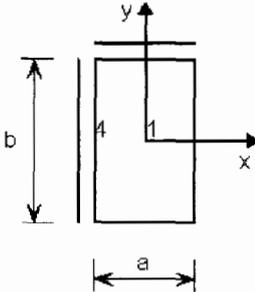
		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast		
		Randbedingungen: Zwei aneinander angrenzende Ränder sind frei drehbar gelagert; die anderen beiden Ränder sind eingespannt.		
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{bx4}}$
1,0	0,024 49	0,185	0,185	-0,375
1,5	0,044 11	0,302	0,180	-0,588
2,0	0,054 21	0,355	0,152	-0,683

Tabelle B.5 — Koeffizienten k

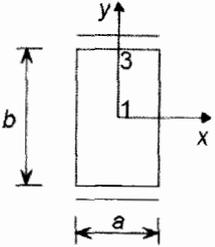
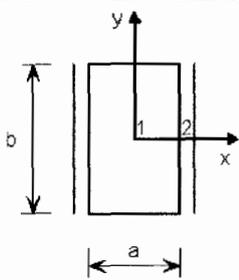
		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast		
		Randbedingungen: Zwei gegenüberliegende kurze Ränder sind eingespannt; die anderen beiden Ränder sind frei drehbar gelagert.		
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{by3}}$
1,0	0,020 89	0,145	0,197	-0,420
1,5	0,058 03	0,348	0,274	-0,630
2,0	0,092 22	0,519	0,284	-0,717

Tabelle B.6 — Koeffizienten k

		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast		
		Randbedingungen: Zwei gegenüberliegende lange Ränder sind eingespannt; die anderen beiden Ränder sind frei drehbar gelagert.		
b/a	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{bx2}}$
1,5	0,027 06	0,240	0,106	-0,495
2,0	0,028 52	0,250	0,0848	-0,507

B.4 Auf eine Teilfläche der Platte gleichmäßig verteilte Flächenlast

B.4.1 Plattendurchbiegungen

(1) Die Durchbiegung w eines Plattenfeldes unter einer Last p , die gleichmäßig über die Teilfläche $u \times v$ in Plattenmitte verteilt ist, kann wie folgt berechnet werden:

$$w = k_w \frac{p_{Ed} a^4}{E t^3} \quad (\text{B.5})$$

B.4.2 Plattenspannungen

(1) Die Biegespannungen σ_{bx} und σ_{by} in einem Plattenfeld können mit folgenden Gleichungen bestimmt werden:

$$\sigma_{bx,Ed} = k_{\sigma_{bx}} \frac{p_{Ed}}{t^2} \quad (\text{B.6})$$

$$\sigma_{by,Ed} = k_{\sigma_{by}} \frac{p_{Ed}}{t^2} \quad (\text{B.7})$$

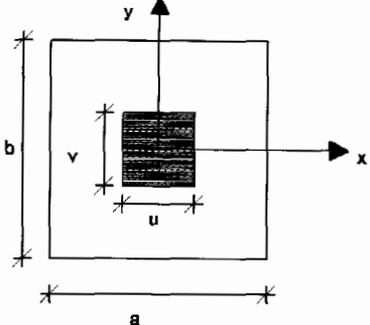
(2) Mit den Biegespannungen nach (1) kann die Vergleichsspannung in einem Plattenfeld wie folgt berechnet werden:

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{bx,Ed}^2 + \sigma_{by,Ed}^2 - \sigma_{bx,Ed} \sigma_{by,Ed}} \quad (\text{B.8})$$

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

B.4.3 Koeffizienten k für eine auf eine Teilfläche konzentrierte Last

Tabelle B.7 — Koeffizienten k

		Belastung: Gleichmäßig verteilte Teilflächenlast		
		Randbedingungen: Alle Ränder sind frei drehbar gelagert.		
		Parameter: $\alpha = u/a$ $\beta = v/a$		
b/a	$\alpha \times \beta$	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$
1	0,1 × 0,1	0,125 4	1,72	1,72
	0,2 × 0,2	0,121 0	1,32	1,32
	0,3 × 0,3	0,112 6	1,04	1,04
	0,2 × 0,3	0,116 7	1,20	1,12
	0,2 × 0,4	0,111 7	1,10	0,978
1,5	0,1 × 0,1	0,166 4	1,92	1,70
	0,2 × 0,2	0,161 6	1,51	1,29
	0,3 × 0,3	0,152 8	1,22	1,01
	0,2 × 0,3	0,157 7	1,39	1,09
	0,2 × 0,4	0,153 2	1,29	0,953
2,0	0,1 × 0,1	0,179 5	1,97	1,67
	0,2 × 0,2	0,174 6	1,56	1,26
	0,3 × 0,3	0,165 7	1,28	0,985
	0,2 × 0,3	0,170 8	1,45	1,07
	0,2 × 0,4	0,166 5	1,35	0,929
3,0	0,1 × 0,1	0,184 0	1,99	1,66
	0,2 × 0,2	0,179 1	1,58	1,25
	0,3 × 0,3	0,170 1	1,30	0,975
	0,2 × 0,3	0,175 3	1,47	1,06
	0,2 × 0,4	0,171 1	1,37	0,918

Anhang C (informativ)

Spannungen in unausgesteiften Rechteckplatten aus der Theorie großer Verformungen

C.1 Allgemeines

- (1) In diesem Anhang werden Bemessungsformeln für die Berechnung der Spannungen unausgesteifter Rechteckplatten angegeben, die mit der nicht-linearen Plattentheorie ermittelt wurden.
- (2) Die Bemessungsformeln werden für die folgenden Belastungen angegeben:
- gleichmäßig über der gesamten Platte verteilte Flächenlast, siehe C.3
 - auf Teilflächen der Platte gleichmäßig verteilte Flächenlast, siehe C.4
- (3) Mit den Koeffizienten, die in den Tabellen in C.3 und C.4 angegeben sind, dürfen die Biege- und Membranspannungen in der Platte und die Durchbiegung w der Platte berechnet werden. Für die Koeffizienten gilt die Poissonzahl $\nu = 0,3$.

C.2 Symbole

- (1) Die verwendeten Bezeichnungen sind:

q_{Ed}	Bemessungswert der gleichmäßig über die Gesamtläche verteilten Last;
p_{Ed}	Bemessungswert der gleichmäßig verteilten Last auf die Teilfläche $u \times v$;
a	kurze Seitenabmessung der Platte;
b	lange Seitenabmessung der Platte;
t	Dicke der Platte;
E	Elastizitätsmodul;
FBC	Randbedingungen für plattenartiges Verhalten;
MBC	Randbedingungen für das Membranverhalten;
k_w	Koeffizient für die Durchbiegung w der Platte, entsprechend den in den Tabellen angegebenen Randbedingungen;
$k_{\sigma_{bx}}$	Koeffizient für die Biegespannung σ_{bx} der Platte, entsprechend den in den Tabellen angegebenen Randbedingungen;
$k_{\sigma_{by}}$	Koeffizient für die Biegespannung σ_{by} der Platte, entsprechend den in den Tabellen angegebenen Randbedingungen;
$k_{\sigma_{mx}}$	Koeffizient für die Membranspannung σ_{mx} der Platte, entsprechend den in den Tabellen angegebenen Randbedingungen;
$k_{\sigma_{my}}$	Koeffizient für die Membranspannung σ_{my} der Platte, entsprechend den in den Tabellen angegebenen Randbedingungen.

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

C.3 Auf die Gesamtfläche der Platte gleichmäßig verteilte Flächenlast

C.3.1 Plattendurchbiegungen

(1) Die Durchbiegung w eines Plattenfeldes unter einer gleichmäßig verteilten Flächenlast p kann wie folgt berechnet werden:

$$w = k_w \frac{q_{Ed} a^4}{E t^3} \quad (C.1)$$

C.3.2 Plattenspannungen

(1) Die Biegespannungen σ_{bx} und σ_{by} in einem Plattenfeld können mit folgenden Gleichungen bestimmt werden:

$$\sigma_{bx,Ed} = k_{\sigma_{bx}} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.2)$$

$$\sigma_{by,Ed} = k_{\sigma_{by}} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.3)$$

(2) Die Membranspannungen σ_{mx} und σ_{my} in einem Plattenfeld können wie folgt bestimmt werden:

$$\sigma_{mx,Ed} = k_{\sigma_{mx}} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.4)$$

$$\sigma_{my,Ed} = k_{\sigma_{my}} \frac{q_{Ed} a^2}{t^2} \quad (C.5)$$

(3) An der belasteten Oberfläche lassen sich die Gesamtspannungen aus den Biege- und Membranspannungen nach (1) und (2) wie folgt berechnen:

$$\sigma_{x,Ed} = -\sigma_{bx,Ed} + \sigma_{mx,Ed} \quad (C.6)$$

$$\sigma_{y,Ed} = -\sigma_{by,Ed} + \sigma_{my,Ed} \quad (C.7)$$

(4) An der nicht belasteten Oberfläche lassen sich die Gesamtspannungen aus den Biege- und Membranspannungen nach (1) und (2) wie folgt berechnen:

$$\sigma_{x,Ed} = \sigma_{bx,Ed} + \sigma_{mx,Ed} \quad (C.8)$$

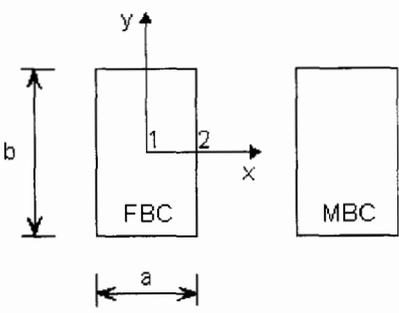
$$\sigma_{y,Ed} = \sigma_{by,Ed} + \sigma_{my,Ed} \quad (C.9)$$

(5) Mit den Spannungen nach (3) und (4) kann für eine Platte die Vergleichspannung $\sigma_{v,Ed}$ wie folgt berechnet werden:

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{y,Ed}} \quad (C.10)$$

ANMERKUNG Die in den Tabellen angegebenen Spannungen sind definiert für Punkte, die entweder auf den Plattenachsen oder an den Rändern liegen, so dass aufgrund von Symmetrieeigenschaften oder geforderten Randbedingungen die Membranschubspannungen τ_m und die Biegeschubspannungen τ_b null sind. Eine Aufsummierung der entsprechenden Biege- und Membranspannungen an den Punkten in den Tabellen ergibt die maximalen und minimalen Oberflächenspannungen an diesen Punkten.

C.3.3 Koeffizienten k für gleichmäßig verteilte FlächenlastenTabelle C.1 — Koeffizienten k

		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast					
		Randbedingungen: Platte: Alle Ränder sind frei drehbar gelagert. Membran: Normalspannungen = 0; Schubspannungen = 0.					
		Parameter: $Q = \frac{q E_d a^4}{E t^4}$					
b/a	Q	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx}1}$	$k_{\sigma_{by}1}$	$k_{\sigma_{mx}1}$	$k_{\sigma_{my}1}$	$k_{\sigma_{my}2}$
1,0	20	0,039 6	0,243 1	0,243 1	0,030 2	0,030 2	-0,058 9
	40	0,033 4	0,189 3	0,189 3	0,040 3	0,040 3	-0,084 1
	120	0,021 4	0,096 1	0,096 1	0,041 1	0,041 1	-0,102 4
	200	0,016 6	0,065 8	0,065 8	0,037 2	0,037 2	-0,100 4
	300	0,013 5	0,048 0	0,048 0	0,033 5	0,033 5	-0,095 8
	400	0,011 6	0,038 3	0,038 3	0,030 6	0,030 6	-0,091 5
1,5	20	0,068 5	0,371 3	0,215 6	0,024 3	0,069 4	-0,124 4
	40	0,054 6	0,277 0	0,154 6	0,023 8	0,082 2	-0,149 2
	120	0,033 2	0,144 8	0,080 7	0,017 0	0,078 9	-0,146 8
	200	0,025 7	0,100 1	0,058 3	0,014 1	0,071 5	-0,136 3
	300	0,020 7	0,072 4	0,044 0	0,012 6	0,064 6	-0,127 1
	400	0,017 6	0,056 9	0,035 9	0,011 7	0,059 5	-0,120 5
2,0	20	0,092 1	0,490 9	0,216 6	0,008 5	0,080 1	-0,134 6
	40	0,074 6	0,383 7	0,168 7	0,007 9	0,098 4	-0,165 7
	120	0,046 2	0,213 8	0,095 9	0,007 3	0,099 2	-0,170 7
	200	0,035 6	0,151 6	0,069 5	0,006 7	0,091 4	-0,161 0
	300	0,028 7	0,112 1	0,052 8	0,006 1	0,084 0	-0,151 0
	400	0,024 5	0,088 3	0,042 8	0,006 1	0,078 1	-0,143 4

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

Tabelle C.2 — Koeffizienten k

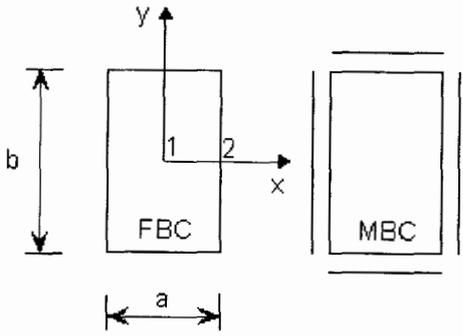
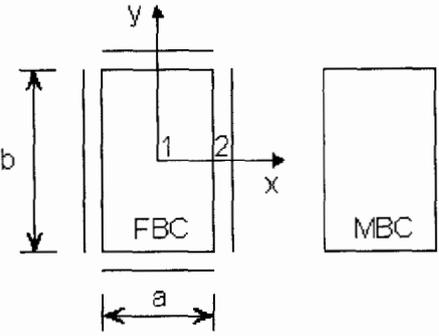
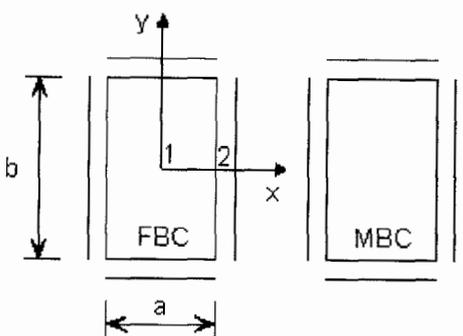
		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast						
		Randbedingungen: Platte: Alle Ränder sind frei drehbar gelagert. Membran: Alle Ränder bleiben gerade, Resultierende der Normalspannungen = 0; Schubspannungen = 0.						
		Parameter: $Q = \frac{q_{Ed} a^4}{E t^4}$						
b/a	Q	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{mx1}}$	$k_{\sigma_{my1}}$	$k_{\sigma_{mx2}}$	$k_{\sigma_{my2}}$
1	20	0,036 9	0,229 1	0,229 1	0,031 5	0,031 5	0,035 2	-0,034 3
	40	0,029 3	0,172 7	0,172 7	0,038 3	0,038 3	0,045 5	-0,042 9
	120	0,017 0	0,088 7	0,088 7	0,036 0	0,036 0	0,047 8	-0,042 3
	200	0,012 6	0,062 1	0,062 1	0,031 7	0,031 7	0,044 3	-0,038 0
	300	0,009 9	0,046 6	0,046 6	0,028 0	0,028 0	0,040 3	-0,033 7
	400	0,008 2	0,038 3	0,038 3	0,025 5	0,025 5	0,037 2	-0,030 9
1,5	20	0,055 4	0,302 3	0,161 2	0,061 7	0,028 7	0,070 5	-0,029 6
	40	0,040 0	0,211 4	0,100 2	0,058 3	0,028 4	0,071 0	-0,029 3
	120	0,021 4	0,107 9	0,042 8	0,041 8	0,022 4	0,055 9	-0,022 4
	200	0,015 7	0,077 8	0,029 6	0,034 5	0,019 1	0,047 1	-0,018 8
	300	0,012 2	0,060 3	0,022 4	0,029 6	0,016 7	0,040 8	-0,016 1
	400	0,010 3	0,050 5	0,018 8	0,026 7	0,015 2	0,036 9	-0,014 7
2	20	0,062 1	0,323 4	0,110 9	0,062 7	0,014 2	0,071 9	-0,014 2
	40	0,043 8	0,222 9	0,068 9	0,053 0	0,012 0	0,063 9	-0,012 0
	120	0,023 4	0,116 3	0,033 6	0,036 5	0,008 6	0,045 7	-0,008 3
	200	0,017 2	0,084 7	0,024 7	0,030 5	0,007 5	0,038 4	-0,006 7
	300	0,013 5	0,065 8	0,019 5	0,026 8	0,006 7	0,033 5	-0,005 8
	400	0,011 3	0,054 8	0,016 4	0,024 4	0,006 4	0,030 5	-0,005 0
3	20	0,068 6	0,351 0	0,102 2	0,047 7	0,002 0	0,050 6	-0,000 7
	40	0,049 0	0,247 1	0,072 5	0,042 0	0,002 0	0,044 1	0,000 0
	120	0,026 7	0,131 7	0,039 0	0,032 0	0,002 7	0,033 5	0,001 0
	200	0,019 6	0,095 4	0,028 3	0,027 1	0,004 4	0,028 5	0,002 7
	300	0,015 3	0,073 3	0,021 7	0,024 2	0,005 9	0,025 6	0,004 4
	400	0,012 7	0,060 5	0,017 8	0,022 1	0,006 6	0,023 5	0,005 1

Tabelle C.3 — Koeffizienten k

		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast						
		Randbedingungen: Platte: Alle Ränder sind eingespannt. Membran: Normalspannungen = 0; Schubspannungen = 0.						
		Parameter: $Q = \frac{q_{Ed} a^4}{E t^4}$						
bla	Q	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{mx1}}$	$k_{\sigma_{my1}}$	$k_{\sigma_{mx2}}$	$k_{\sigma_{my2}}$
1	20	0,013 6	0,133 6	0,133 6	0,006 1	0,006 1	-0,306 2	-0,007 3
	40	0,013 1	0,126 8	0,126 8	0,011 3	0,011 3	-0,300 6	-0,013 7
	120	0,010 8	0,093 3	0,093 3	0,021 2	0,021 2	-0,272 0	-0,028 6
	200	0,009 2	0,071 1	0,071 1	0,023 3	0,023 3	-0,248 6	-0,034 7
	300	0,007 8	0,054 7	0,054 7	0,023 3	0,023 3	-0,227 3	-0,038 3
	400	0,006 9	0,044 6	0,044 6	0,022 6	0,022 6	-0,211 3	-0,039 9
1,5	20	0,023 4	0,211 7	0,116 2	0,006 1	0,013 3	-0,447 2	-0,018 1
	40	0,022 2	0,196 4	0,105 0	0,009 8	0,023 4	-0,429 9	-0,032 2
	120	0,017 3	0,140 6	0,069 6	0,012 4	0,038 5	-0,359 1	-0,055 9
	200	0,014 4	0,110 3	0,053 7	0,011 6	0,041 5	-0,316 0	-0,062 0
	300	0,012 2	0,087 9	0,043 0	0,010 5	0,041 6	-0,281 5	-0,063 6
	400	0,010 7	0,073 7	0,036 4	0,009 8	0,040 9	-0,258 3	-0,063 5
2	20	0,027 3	0,241 8	0,093 2	0,001 0	0,010 8	-0,493 5	-0,015 0
	40	0,026 5	0,233 0	0,089 7	0,001 7	0,019 8	-0,481 6	-0,027 7
	120	0,022 3	0,190 1	0,074 0	0,003 2	0,039 2	-0,422 3	-0,055 1
	200	0,019 2	0,157 8	0,062 1	0,003 9	0,045 6	-0,378 0	-0,064 7
	300	0,016 5	0,130 6	0,051 8	0,004 2	0,048 3	-0,339 6	-0,069 0
	400	0,014 7	0,112 0	0,044 6	0,004 4	0,048 7	-0,313 2	-0,070 2
3	20	0,028 8	0,249 2	0,076 7	-0,001 5	0,002 7	-0,506 5	-0,003 3
	40	0,029 0	0,251 7	0,079 5	-0,00 22	0,006 6	-0,509 5	-0,008 4
	120	0,028 1	0,244 0	0,081 2	-0,00 10	0,024 7	-0,498 4	-0,033 1
	200	0,026 0	0,223 0	0,075 0	0,000 0	0,036 8	-0,470 2	-0,049 7
	250	0,024 7	0,209 6	0,070 7	0,000 2	0,041 5	-0,452 0	-0,056 4

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

Tabelle C.4 — Koeffizienten k

		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast							
		Randbedingungen: Platte: Alle Ränder sind eingespannt. Membran: Alle Ränder bleiben gerade, Resultierende der Normalspannungen = 0; Schubspannungen = 0.							
		Parameter: $Q = \frac{q_{Ed} a^4}{E t^4}$							
b/a	Q	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{mx1}}$	$k_{\sigma_{my1}}$	$k_{\sigma_{bx2}}$	$k_{\sigma_{mx2}}$	$k_{\sigma_{my2}}$
1	20	0,013 6	0,133 3	0,133 3	0,006 5	0,006 5	-0,305 8	0,003 1	-0,005 5
	40	0,013 0	0,125 8	0,125 8	0,011 8	0,011 8	-0,300 0	0,005 9	-0,010 3
	120	0,010 5	0,090 8	0,090 8	0,021 6	0,021 6	-0,270 4	0,012 3	-0,020 2
	200	0,008 7	0,068 8	0,068 8	0,023 4	0,023 4	-0,247 3	0,015 1	-0,023 3
	300	0,007 3	0,052 8	0,052 8	0,023 1	0,023 1	-0,226 7	0,016 9	-0,024 4
	400	0,006 3	0,043 0	0,043 0	0,022 3	0,022 3	-0,211 9	0,017 6	-0,024 6
1,5	20	0,023 0	0,206 4	0,112 5	0,013 7	0,009 7	-0,443 1	0,011 8	-0,008 2
	40	0,021 0	0,183 3	0,095 7	0,021 8	0,015 5	-0,419 5	0,020 0	-0,013 3
	120	0,014 9	0,117 5	0,053 2	0,027 5	0,020 2	-0,344 1	0,029 5	-0,018 5
	200	0,011 8	0,087 6	0,036 9	0,025 9	0,019 5	-0,302 8	0,030 4	-0,018 2
	300	0,009 6	0,067 8	0,027 5	0,023 8	0,018 0	-0,271 0	0,030 0	-0,017 3
	400	0,008 3	0,056 2	0,022 1	0,022 0	0,016 8	-0,249 2	0,029 1	-0,016 3
2	20	0,026 2	0,228 8	0,085 3	0,014 0	0,006 0	-0,481 1	0,014 9	-0,005 2
	40	0,023 4	0,199 4	0,070 1	0,020 6	0,008 6	-0,449 2	0,023 4	-0,007 7
	120	0,016 2	0,127 6	0,040 4	0,023 8	0,009 4	-0,361 1	0,029 9	-0,008 6
	200	0,012 9	0,096 3	0,029 6	0,022 3	0,008 5	-0,316 2	0,028 9	-0,007 9
	300	0,010 5	0,075 2	0,023 0	0,020 8	0,007 7	-0,282 4	0,027 4	-0,007 2
	400	0,009 0	0,062 7	0,019 0	0,019 6	0,007 1	-0,260 0	0,025 9	-0,006 6
3	20	0,027 2	0,233 1	0,070 0	0,010 2	0,0010	-0,487 8	0,011 1	-0,000 8
	40	0,024 7	0,207 1	0,061 5	0,014 9	0,001 1	-0,457 5	0,016 7	-0,000 9
	120	0,017 7	0,139 6	0,041 3	0,018 6	0,000 9	-0,372 7	0,020 2	-0,000 5
	200	0,014 3	0,107 4	0,031 9	0,018 4	0,000 9	-0,327 2	0,019 7	-0,000 3
	300	0,011 7	0,084 8	0,025 1	0,017 6	0,000 8	-0,292 4	0,019 2	-0,000 2
	400	0,010 1	0,070 9	0,021 0	0,016 9	0,000 8	-0,268 7	0,018 2	0,000 0

C.4 Auf eine Teilfläche der Platte gleichmäßig verteilte Flächenlast

C.4.1 Allgemeines

(1) Die Durchbiegung w eines Plattenfeldes unter einer Last p_{Ed} , die gleichmäßig über die Teilfläche $u \times v$ in Plattenmitte verteilt ist, kann wie folgt berechnet werden:

$$w = k_w \frac{p_{Ed} a^4}{E t^3} \quad (\text{C.11})$$

C.4.2 Plattenspannungen

(1) Die Biegespannungen σ_{bx} und σ_{by} in einem Plattenfeld dürfen mit folgenden Gleichungen bestimmt werden:

$$\sigma_{bx,Ed} = k_{\sigma_{bx}} \frac{p_{Ed} a^2}{t^2} \quad (\text{C.12})$$

$$\sigma_{by,Ed} = k_{\sigma_{by}} \frac{p_{Ed} a^2}{t^2} \quad (\text{C.13})$$

(2) Die Membranspannungen σ_{mx} und σ_{my} in einem Plattenfeld dürfen wie folgt bestimmt werden:

$$\sigma_{mx,Ed} = k_{\sigma_{mx}} \frac{p_{Ed} a^2}{t^2} \quad (\text{C.14})$$

$$\sigma_{my,Ed} = k_{\sigma_{my}} \frac{p_{Ed} a^2}{t^2} \quad (\text{C.15})$$

(3) An der belasteten Oberfläche lassen sich die Gesamtspannungen aus den Biege- und Membranspannungen nach (1) und (2) wie folgt berechnen:

$$\sigma_{x,Ed} = -\sigma_{bx,Ed} + \sigma_{mx,Ed} \quad (\text{C.16})$$

$$\sigma_{y,Ed} = -\sigma_{by,Ed} + \sigma_{my,Ed} \quad (\text{C.17})$$

(4) An der nicht belasteten Oberfläche lassen sich die Gesamtspannungen aus den Biege- und Membranspannungen nach (1) und (2) wie folgt berechnen:

$$\sigma_{x,Ed} = \sigma_{bx,Ed} + \sigma_{mx,Ed} \quad (\text{C.18})$$

$$\sigma_{y,Ed} = \sigma_{by,Ed} + \sigma_{my,Ed} \quad (\text{C.19})$$

(5) Mit den Spannungen nach (3) und (4) können für eine Platte die Vergleichsspannungen $\sigma_{v,Ed}$ wie folgt berechnet werden:

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{y,Ed}} \quad (\text{C.20})$$

ANMERKUNG Die in den Tabellen angegebenen Spannungen sind definiert für Punkte, die entweder auf den Plattenachsen oder an den Rändern liegen, so dass aufgrund von Symmetrieeigenschaften oder geforderten Randbedingungen die Membranschubspannungen τ_m und die Biegeschubspannungen τ_b null sind. Eine Aufsummierung der entsprechenden Biege- und Membranspannungen an den Punkten in den Tabellen ergibt die maximalen und minimalen Oberflächenspannungen an diesen Punkten.

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

C.4.3 Koeffizienten k für auf Teilflächen konzentrierte Last

Tabelle C.5 — Koeffizienten k

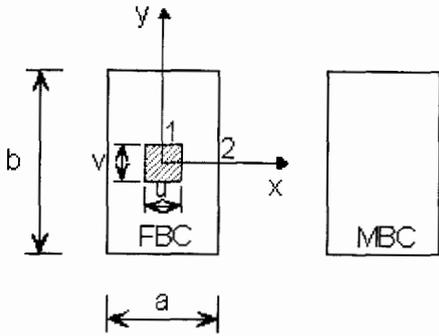
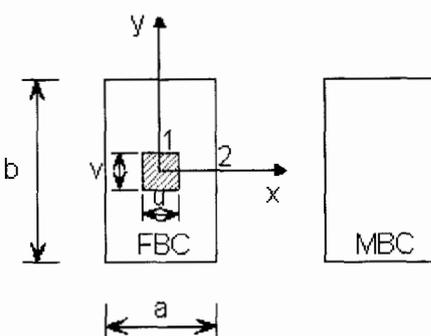
		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast				
		Randbedingungen: Platte: Alle Ränder sind frei drehbar gelagert. Membran: Normalspannungen = 0; Schubspannungen = 0.				
		Parameter:				
		$\alpha = u/a; \beta = v/a$				
		$P = \frac{p E d a^4}{E t^4}$				
		$b/a = 1$				
$\alpha \times \beta$	P	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{mx1}}$	$k_{\sigma_{my1}}$
0,1 × 0,1	10	0,102 1	1,458 6	1,458 6	0,154 8	0,154 8
	20	0,080 8	1,214 3	1,214 3	0,192 6	0,192 6
	60	0,048 5	0,827 3	0,827 3	0,204 7	0,204 7
	100	0,037 2	0,674 2	0,674 2	0,197 8	0,197 8
	150	0,029 8	0,569 3	0,569 3	0,189 2	0,189 2
	200	0,025 5	0,500 5	0,500 5	0,182 3	0,182 3
0,2 × 0,2	10	0,099 8	1,085 0	1,085 0	0,139 9	0,139 9
	20	0,079 5	0,859 3	0,859 3	0,172 9	0,172 9
	60	0,047 8	0,510 8	0,510 8	0,175 6	0,175 6
	100	0,036 4	0,388 1	0,388 1	0,162 4	0,162 4
	150	0,029 3	0,308 9	0,308 9	0,150 5	0,150 5
	200	0,024 9	0,261 4	0,261 4	0,141 2	0,141 2
0,3 × 0,3	10	0,094 5	0,850 7	0,850 7	0,114 4	0,114 4
	20	0,075 9	0,661 4	0,661 4	0,142 5	0,142 5
	60	0,045 9	0,370 2	0,370 2	0,142 5	0,142 5
	100	0,035 1	0,270 4	0,270 4	0,130 0	0,130 0
	150	0,028 2	0,210 1	0,210 1	0,118 6	0,118 6
	200	0,024 0	0,174 7	0,174 7	0,110 2	0,110 2
0,2 × 0,3	10	0,097 1	0,988 8	0,912 8	0,122 4	0,128 8
	20	0,077 6	0,780 0	0,710 1	0,151 2	0,160 2
	60	0,046 8	0,459 6	0,402 1	0,148 8	0,162 4
	100	0,035 8	0,346 8	0,295 7	0,136 8	0,151 2
	150	0,028 7	0,276 0	0,230 7	0,124 8	0,138 9
	200	0,024 5	0,234 0	0,192 6	0,115 2	0,131 0
0,2 × 0,4	10	0,093 9	0,911 9	0,796 1	0,107 8	0,118 3
	20	0,075 5	0,721 6	0,614 2	0,132 0	0,148 7
	60	0,045 7	0,423 5	0,335 5	0,128 7	0,151 6
	100	0,035 0	0,320 1	0,243 5	0,116 6	0,140 8
	150	0,028 0	0,254 1	0,186 8	0,104 5	0,130 1
	200	0,023 9	0,215 6	0,154 5	0,096 8	0,121 3

Tabelle C.6 — Koeffizienten k

		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast				
		Randbedingungen:				
		Platte: Alle Ränder sind frei gelagert.				
		Membran: Normalspannungen = 0; Schubspannungen = 0.				
Parameter:						
$\alpha = u/a; \beta = v/a$						
$P = \frac{p E d a^4}{E t^4}$						
$b/a = 1,5$						
$\alpha \times \beta$	P	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx}1}$	$k_{\sigma_{by}1}$	$k_{\sigma_{mx}1}$	$k_{\sigma_{my}1}$
0,1 × 0,1	10	0,130 3	1,578 2	1,385 5	0,151 7	0,192 1
	20	0,101 8	1,305 6	1,137 3	0,178 6	0,229 5
	60	0,061 2	0,898 6	0,770 1	0,182 4	0,238 0
	100	0,046 9	0,741 1	0,627 3	0,174 7	0,229 5
	150	0,037 8	0,629 8	0,528 7	0,167 0	0,219 3
	200	0,032 3	0,556 8	0,464 1	0,159 4	0,212 5
0,2 × 0,2	10	0,128 1	1,197 4	1,004 9	0,134 4	0,178 0
	20	0,100 7	0,945 3	0,776 6	0,155 5	0,211 6
	60	0,060 5	0,578 3	0,455 4	0,146 5	0,210 3
	100	0,046 2	0,448 5	0,345 7	0,132 9	0,197 4
	150	0,037 2	0,362 4	0,274 8	0,120 8	0,184 5
	200	0,031 7	0,311 1	0,232 2	0,113 3	0,174 2
0,3 × 0,3	10	0,122 9	0,958 9	0,773 7	0,107 4	0,152 5
	20	0,097 2	0,740 5	0,582 8	0,123 2	0,181 8
	60	0,058 5	0,428 2	0,316 1	0,111 0	0,178 8
	100	0,044 9	0,322 1	0,235 3	0,098 8	0,166 7
	150	0,036 1	0,255 0	0,1828	0,087 8	0,153 5
	200	0,030 9	0,214 7	0,152 5	0,080 5	0,144 4
0,2 × 0,3	10	0,126 0	1,103 7	0,836 0	0,115 4	0,165 7
	20	0,099 4	0,868 8	0,632 2	0,132 1	0,198 4
	60	0,059 8	0,529 6	0,355 3	0,116 8	0,197 3
	100	0,045 9	0,411 4	0,264 9	0,104 3	0,185 3
	150	0,036 9	0,333 6	0,208 2	0,093 1	0,172 2
	200	0,031 4	0,287 7	0,175 5	0,084 8	0,162 4
0,2 × 0,4	10	0,123 5	1,029 4	0,7271	0,099 3	0,156 3
	20	0,097 7	0,810 1	0,543 2	0,110 9	0,187 7
	60	0,059 0	0,495 4	0,298 3	0,095 5	0,187 7
	100	0,045 3	0,385 7	0,222 0	0,082 6	0,175 4
	150	0,036 5	0,314 8	0,174 4	0,072 2	0,163 0
	200	0,031 1	0,272 2	0,146 8	0,065 8	0,154 4

DIN EN 1993-1-7:2010-12
EN 1993-1-7:2007 + AC:2009 (D)

Tabelle C.7 — Koeffizienten k

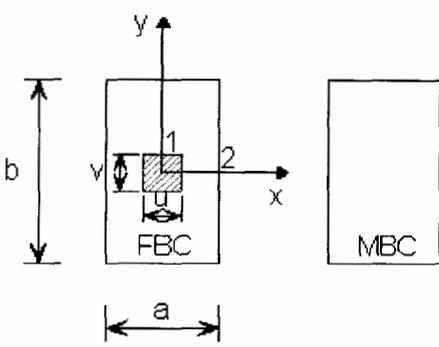
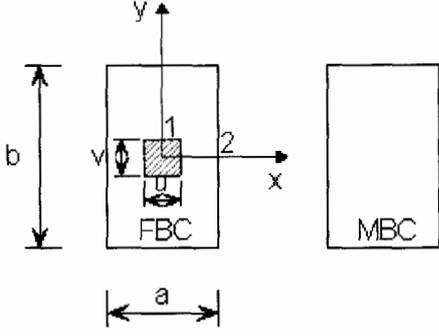
		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast				
		Randbedingungen: Platte: Alle Ränder sind frei gelagert. Membran: Normalspannungen = 0; Schubspannungen = 0.				
		Parameter: $\alpha = u/a; \beta = v/a$ $P = \frac{p E d a^4}{E t^4}$ $b/a = 2$				
$\alpha \times \beta$	P	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{mx1}}$	$k_{\sigma_{my1}}$
0,1 × 0,1	10	0,143 8	1,635 1	1,356 0	0,151 7	0,190 4
	20	0,115 4	1,369 2	1,110 6	0,177 3	0,228 8
	60	0,072 5	0,963 3	0,749 8	0,175 3	0,243 8
	100	0,056 4	0,797 9	0,611 2	0,167 5	0,235 5
	150	0,045 6	0,679 7	0,512 7	0,159 6	0,227 1
	200	0,039 0	0,602 8	0,449 2	0,151 7	0,218 8
0,2 × 0,2	10	0,141 4	1,254 2	0,975 2	0,132 6	0,175 1
	20	0,113 8	1,007 8	0,751 0	0,151 3	0,210 4
	60	0,071 6	0,642 7	0,441 0	0,137 3	0,216 7
	100	0,055 5	0,505 4	0,333 9	0,123 2	0,205 4
	150	0,044 9	0,413 4	0,264 6	0,110 8	0,192 8
	200	0,038 4	0,357 2	0,223 0	0,103 0	0,182 7
0,3 × 0,3	10	0,136 2	1,022 7	0,750 6	0,106 2	0,151 7
	20	0,110 4	0,809 0	0,561 5	0,119 0	0,182 2
	60	0,069 8	0,494 1	0,309 3	0,102 4	0,186 2
	100	0,054 2	0,378 9	0,227 5	0,088 3	0,175 3
	150	0,042 1	0,304 6	0,178 3	0,079 4	0,164 5
	200	0,037 4	0,258 6	0,148 7	0,071 7	0,154 6
0,2 × 0,3	10	0,139 5	1,170 2	0,816 4	0,114 6	0,123 1
	20	0,112 9	0,939 6	0,615 3	0,126 2	0,199 0
	60	0,071 2	0,600 3	0,348 8	0,108 8	0,204 4
	100	0,055 3	0,474 2	0,261 1	0,094 3	0,194 7
	150	0,044 7	0,390 1	0,206 5	0,084 1	0,183 0
	200	0,038 3	0,337 9	0,174 4	0,075 4	0,173 3
0,2 × 0,4	10	0,137 5	1,097 6	0,705 1	0,095 9	0,155 1
	20	0,111 7	0,882 9	0,526 7	0,105 3	0,188 6
	60	0,070 6	0,567 0	0,294 5	0,085 1	0,194 2
	100	0,054 9	0,449 6	0,222 0	0,072 9	0,184 9
	150	0,044 5	0,371 3	0,176 5	0,063 5	0,173 7
	200	0,038 1	0,322 7	0,149 6	0,055 4	0,164 4

Tabelle C.8 — Koeffizienten k

		Belastung: Gleichmäßig verteilte Flächenlast				
		Randbedingungen:				
		Platte: Alle Ränder sind frei gelagert.				
		Membran: Normalspannungen = 0; Schubspannungen = 0.				
Parameter:						
$\alpha = u/a; \beta = v/a$						
$P = \frac{PEd a^4}{Et^4}$						
$b/a = 2,5$						
$\alpha \times \beta$	P	k_{w1}	$k_{\sigma_{bx1}}$	$k_{\sigma_{by1}}$	$k_{\sigma_{mx1}}$	$k_{\sigma_{my1}}$
0,1 × 0,1	10	0,149 6	1,663 6	1,346 3	0,155 2	0,182 6
	20	0,123 5	1,410 9	1,100 6	0,181 1	0,217 5
	60	0,086 1	1,042 8	0,745 3	0,181 1	0,237 4
0,2 × 0,2	10	0,147 0	1,281 4	0,965 0	0,135 9	0,168 8
	20	0,121 8	1,049 1	0,740 0	0,154 8	0,200 0
	60	0,084 9	0,720 5	0,436 3	0,139 0	0,208 8
0,3 × 0,3	10	0,141 9	1,050 4	0,741 0	0,109 2	0,144 3
	20	0,118 2	0,848 9	0,551 9	0,122 2	0,172 6
	60	0,082 7	0,568 1	0,305 2	0,101 4	0,177 5
0,2 × 0,3	10	0,145 5	1,198 1	0,805 6	0,116 1	0,157 9
	20	0,121 0	0,982 0	0,605 3	0,129 4	0,187 6
	60	0,084 7	0,680 6	0,348 7	0,108 8	0,198 2
0,2 × 0,4	10	0,143 4	0,112 6	0,694 9	0,098 6	0,146 9
	20	0,119 9	0,926 1	0,516 8	0,106 9	0,176 3
	60	0,084 4	0,648 0	0,299 3	0,084 9	0,187 3

