

Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton

Teil 2: Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung,
Entwurf und Bemessung

DIN

4223-2

ICS 91.100.30

Mit
DIN 4223-1:2003-12
und
DIN 4223-5:2003-12
Ersatz für
DIN 4223:1958x-07

Prefabricated reinforced components of autoclaved aerated concrete —
Part 2: Design and calculation of structural components

Éléments préfabriqués armés en béton cellulaire autoclavé —
Partie 2: Construction et calcul des éléments de construction porteurs

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Symbole	7
3.2.1 Lateinische Buchstaben	7
3.2.2 Griechische Buchstaben	10
3.2.3 Indizes	11
3.3 Einheiten	11
3.4 Abkürzungen	11
4 Bautechnische Unterlagen	11
4.1 Umfang der bautechnischen Unterlagen	11
4.2 Statische Berechnungen	12
4.3 Zeichnungen	12
4.4 Baubeschreibung	12
5 Sicherheitskonzept	12
6 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit	12

Fortsetzung Seite 2 bis 44

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

7	Grundlagen der Schnittgrößenermittlung	12
7.1	Allgemeines	12
7.2	Einwirkungskombinationen	13
7.3	Imperfektionen	13
7.4	Idealisierungen	13
7.4.1	Tragwerksmodelle	13
7.4.2	Wirksame Stützweite	14
8	Verfahren zur Schnittgrößenermittlung	14
8.1	Allgemeines	14
8.2	Linear-elastische Berechnung	14
8.3	Schlanke Bauteile mit Längsdruck	14
8.3.1	Allgemeines	14
8.3.2	Verfahren auf der Grundlage der Euler-Formel	15
8.3.3	Modifiziertes Modellstützen-Verfahren	17
8.4	Bemessung des kritischen Querschnitts für Druck und Biegung	20
8.5	Vereinfachter Nachweis gegen seitliches Ausweichen	20
9	Baustoffe	21
9.1	Porenbeton	21
9.1.1	Allgemeines	21
9.1.2	Spannungs-Dehnungs-Beziehung für die Querschnittsbemessung	21
9.2	Betonstahl	23
9.2.1	Allgemeines	23
9.2.2	Spannungs-Dehnungs-Diagramm für die Querschnittsbemessung	23
10	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	24
10.1	Allgemeines	24
10.2	Biegung von Balken und Platten mit oder ohne Längskraft	24
10.3	Querkraft	25
10.3.1	Nachweisverfahren	25
10.3.2	Bemessungswert der Querkraft	26
10.3.3	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung	26
10.3.4	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung	27
10.3.5	Begrenzung der Stahlspannung in der Querkraftbewehrung	28
10.4	Torsion von Balken	29
10.5	Durchstanzen	31
10.5.1	Allgemeines	31
10.5.2	Lasteinleitung und Nachweisschnitte	31
10.5.3	Nachweisverfahren	33
10.6	Teilflächenbelastung	34
11	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	35
11.1	Spannungsbegrenzungen	35
11.1.1	Allgemeines	35
11.1.2	Begrenzung der Porenbetondruckspannungen	35
11.1.3	Begrenzung der Betonstahlspannungen	35
11.2	Begrenzung der Rissbreiten	35
11.2.1	Allgemeines	35
11.2.2	Mindestbewehrung	35
11.2.3	Nachweis der Rissbreiten	36
11.2.4	Mindestquerkraftbewehrung in Balken	36
11.3	Begrenzung der Verformungen	37
11.3.1	Allgemeines	37
11.3.2	Nachweis der Begrenzung der Verformung	38
12	Ausbildung der Bewehrung	39
12.1	Allgemeines	39
12.2	Stabachsabstände	39
12.2.1	Platten	39

12.2.2	Querkraftbewehrung	40
12.3	Biegerollendurchmesser.....	40
12.4	Verankerung	41
12.5	Schlitze, Aussparung und Durchbrüche	43
12.6	Auflagertiefe	43

Bilder

Bild 1	— Tragmodell und mögliche Lastfälle	17
Bild 2	— Bemessungsmodell zur Berechnung der Gesamtlastausmitte	18
Bild 3	— Zusammenhang zwischen Krümmung und Dehnung	19
Bild 4	— Bilineares Spannungs-Dehnungs-Diagramm für druckbeanspruchte Porenbetonquerschnitte zur Querschnittsbemessung	21
Bild 5	— Spannungsblock für die Druckzone für biegebeanspruchte Porenbetonquerschnitte	22
Bild 6	— Spannungs-Dehnungs-Diagramm für Stahl	23
Bild 7	— Mögliche Dehnungsdiagramme im Grenzzustand der Tragfähigkeit	25
Bild 8	— Benennungen bei querkraftbeanspruchten Bauteilen	27
Bild 9	— Idealisierter Kastenquerschnitt	30
Bild 10	— Festlegungen für den Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen in außergewöhnlichen Fällen	31
Bild 11	— Kritischer Rundschnitt um Lasteinleitungsflächen, die sich nicht in der Nähe eines freien Randes befinden.....	32
Bild 12	— Kritischer Rundschnitt in der Nähe einer Öffnung	32
Bild 13	— Kritischer Rundschnitt nahe freien Rändern.....	33
Bild 14	— Konzentrierte Teilflächenbelastung auf einem Bauteil	34
Bild 15	— Stabachsabstände.....	39
Bild 16	— Wirksame Länge der zur Verankerung verwendeten Querstäbe.....	42
Bild 17	— Auflagertiefe a_0	44

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss 07.09.00 „Porenbeton und haufwerksporiger Leichtbeton“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) ausgearbeitet.

DIN 4223 „Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton“ besteht aus:

- Teil 1: Herstellung, Eigenschaften, Übereinstimmungsnachweis
- Teil 2: Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung, Entwurf und Bemessung
- Teil 3: Wände aus Bauteilen mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung, Entwurf und Bemessung
- Teil 4: Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung, Anwendung in Bauwerken
- Teil 5: Sicherheitskonzept

Für vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton besteht auch ein europäischer Norm-Entwurf E DIN EN 12602:1997-01. Aus technischen Gründen ist es jedoch erforderlich, DIN 4223:1958x-07 zu überarbeiten und als DIN 4223-1 bis DIN 4223-5 zu veröffentlichen. Es ist beabsichtigt, mit Erscheinen der DIN EN 12602 als Norm die Normen der Reihe DIN 4223 zurückzuziehen.

Änderungen

Gegenüber DIN 4223:1958x-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm in mehrere Teile aufgeteilt;
- b) inhaltlich vollständig überarbeitet unter Beachtung von E DIN EN 12602:1997-01;
- c) Europäische Prüfnormen zur Bestimmung von Porenbetoneigenschaften berücksichtigt;
- d) Titel geändert.

Frühere Ausgaben

DIN 4223: 1958x-07

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für den Entwurf und die Bemessung von vorgefertigten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton mit statisch anrechenbarer Bewehrung.

Die Anforderungen an die Materialeigenschaften und die Dauerhaftigkeit der verwendeten Baustoffe und Bauteile sowie das Verfahren des Übereinstimmungsnachweises sind in DIN 4223-1 festgelegt.

Das für die Bemessung der Bauteile zu Grunde zu legende Sicherheitskonzept ist in DIN 4223-5 angegeben.

Die Grundlagen für Entwurf und Bemessung von Wänden aus Bauteilen mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung werden in DIN 4223-3 behandelt.

Die für die Bemessung erforderlichen Zahlenwerte für Einwirkungen auf Hochbauten sind der Normenreihe DIN 1055 zu entnehmen. Für seismische Einwirkungen ist DIN 4149-1 zu berücksichtigen.

2 Normative Verweisungen

Diese 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 Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 1045-1, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 1: Bemessung und Konstruktion.*

DIN 1055 (alle Teile), *Einwirkungen auf Tragwerke.*

DIN 4149-1, *Bauten in deutschen Erdbebengebiete — Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten.*

DIN 4223-1, *Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 1: Herstellung, Eigenschaften, Übereinstimmungsnachweis.*

DIN 4223-3, *Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 3: Wände aus Bauteilen mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung, Entwurf und Bemessung.*

DIN 4223-4, *Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 4: Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung, Anwendung in Bauwerken.*

DIN 4223-5, *Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 5: Sicherheitskonzept.*

DIN EN 206-1, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000.*

3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in DIN 4223-1 angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Tragwerk

planmäßige Anordnung miteinander verbundener Bauteile, die so bemessen sind, dass sie die geforderte Tragfähigkeit aufweisen

3.1.2

üblicher Hochbau

Hochbau, der für vorwiegend ruhende, gleichmäßig verteilte Nutzlasten bis $5,0 \text{ kN/m}^2$, gegebenenfalls auch für Einzellasten bis $7,0 \text{ kN}$ und für das Befahren mit Personenkraftwagen bemessen ist, wobei aus Einzellasten kein größerer Nutzlastanteil als $5,0 \text{ kN/m}^2$ entstehen darf

3.1.3

vorwiegend ruhende Last

Verkehrslast mit Ausnahme der nicht vorwiegend ruhenden Last nach 3.1.4

3.1.4

nicht vorwiegend ruhende Last

stoßende und sich häufig wiederholende Last (z. B. Massenkräfte nicht ausgewuchteter Maschinen, Verkehrslast auf Kranbahnen oder auf von Gabelstaplern befahrenen Decken)

3.1.5

Balken

einzelnes stabförmiges Biegebauteil mit einer Stützweite von wenigstens der zweifachen Bauteildicke und mit einer Bauteilbreite bis zu der zweifachen Bauteildicke. Bauteile, die Teile eines Flächentragwerks sind, gelten nicht als Balken

3.1.6

Platte

ebenes durch Kräfte senkrecht zur Mittelfläche beanspruchtes Bauteil, dessen kleinste Breite mindestens das Zweifache seiner Dicke beträgt.

3.1.7

zusammengesetzte Platte

Biegebauteil, das aus nebeneinander liegenden Bauteilen besteht und bei der Bemessung als Platte behandelt werden darf, wenn über die Kontaktflächen mit den benachbarten Bauteilen eine Querverteilung der Lasten möglich ist

3.1.8

Wandpfeiler

vorwiegend druckbeanspruchtes Bauteil mit mindestens $0,04 \text{ m}^2$ Querschnittsfläche und einer kleinsten Kantenlänge des Querschnitts von $0,2 \text{ m}$

3.1.9

Scheibe

ebenes, durch Kräfte parallel zur Mittelfläche beanspruchtes flächiges Bauteil zur Bauwerksaussteifung

3.2 Symbole

3.2.1 Lateinische Buchstaben

A	Fläche;
A_c	Fläche der Druckzone des Querschnitts;
A_{c0}	belastete Teilfläche;
A_{c1}	Verteilungsfläche bei Teilflächenbelastung;
A_s	Querschnittsfläche der Bewehrung;
A_{sl}	Querschnittsfläche der Längsbewehrung;
A_{sw}	Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung;
A_{crit}	kritische Fläche;
$A_{s,min}$	Querschnittsfläche der Mindestbewehrung;
a	Abstand;
a_0	Auflagertiefe;
b	Breite;
b_w	kleinste Querschnittsbreite;
d	statische Nutzhöhe, Durchmesser;
d_s	Durchmesser eines Bewehrungsstabs;
d_q	Durchmesser eines Querstabs;
d_{br}	Biegerollendurchmesser;
d_{sl}	Durchmesser eines Stabs der Längsbewehrung;
d_{sw}	Durchmesser eines Stabs der Querkraftbewehrung;
E	Elastizitätsmodul;
E_s	Elastizitätsmodul des Betonstahls;
E_{cm}	Rechenwert des Elastizitätsmoduls von Porenbeton;
F_{cd}	Bemessungswert der Betondruckkraft;
F_{sd}	Bemessungswert der Zugkraft des Betonstahls;
e	Ausmitte (Exzentrizität), Abstand;
e_a	angenommene zusätzliche Exzentrizität infolge von Imperfektionen;
e_m	Ausmitte nach Theorie I. Ordnung infolge Biegung aus horizontalen Lasten;

e_0	Exzentrizität der Längskraft;
e_t	Exzentrizität nach Theorie I. Ordnung rechtwinklig zu schwachen Achse;
e_{tot}	Gesamtlastausmitte der Längsdruckkraft;
F	Kraft;
F_{ld}	Bemessungswert der Zug- oder Druckkraft in der Längsbewehrung;
F_{RA}	aufnehmbare Verankerungskraft;
F_{Rdu}	aufnehmbare Teilflächenlast;
F_{wg}	deklarierte Scherfestigkeit eines Schweißknotens;
f_{cd}	Bemessungswert der Druckfestigkeit des Porenbetons;
f_{ck}	charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons;
f_{ld}	Bemessungswert des aufnehmbaren Lochleibungsdrucks des Porenbetons;
f_{yk}	charakteristische Streckgrenze des Betonstahls;
f_{ctfk}	charakteristische Biegezugfestigkeit des Porenbetons;
h	Höhe, Bauteildicke;
h_t	Gesamthöhe des Querschnitts;
I	Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment);
I_c	Flächenmoment 2. Grades der Druckzone des Querschnitts;
i	Trägheitsradius;
i_c	Trägheitsradius der Druckzone;
k	Koeffizient;
k_s	Knickbeiwert;
l	Länge, Stützweite;
l_0	wirksame Länge;
l_{0t}	wirksame Länge des Druckgurts;
l_{eff}	wirksame Stützweite;
l_w	lichte Weite;
M	Biegemoment;
M_d	Bemessungswert des Biegemoments;
M_{Rd}	Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemoments;

N	Längsdruckkraft;
N_d	Bemessungswert der Längsdruckkraft;
N_{Rd}	Bemessungswert der aufnehmbaren Längsdruckkraft;
n	Anzahl;
n_p	Anzahl der Schweißknoten;
n_q	Anzahl der Querstäbe;
r	Radius;
s	Achsabstand von Bewehrungsstäben;
s_l	Achsabstand der Längsstäbe;
s_q	Achsabstand von Querstäben;
s_w	Bügelabstand in Bauteillängsrichtung;
s_{wq}	Bügelabstand in Bauteilquerrichtung;
T	Torsionsmoment;
T_{Rd1}	aufnehmbares Torsionsmoment eines Querschnitts ohne Torsionsbewehrung;
T_{Rd3}	aufnehmbares Torsionsmoment eines Querschnitts mit Torsionsbewehrung;
T_{Sd}	Bemessungswert des Torsionsmoments;
V	Querkraft;
V_{cd}	Beitrag des Betons zur Querkrafttragfähigkeit;
V_{Rd1}	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit des Querschnitts ohne Querkraftbewehrung;
V_{Rd2}	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit, der ohne Versagen der gedachten Beton-Druckstreben aufgenommen werden kann;
V_{Rd3}	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit, der von einem Querschnitt mit Querkraftbewehrung aufgenommen werden kann;
V_{Sd}	Bemessungswert der Querkraft;
V_{wd}	Beitrag der Querkraftbewehrung zur Querkrafttragfähigkeit;
W	Flächenmoment 1. Grades (Widerstandsmoment);
W_T	Torsionswiderstandsmoment des ungerissenen Querschnitts;
w	Durchbiegung, Rissbreite;
w_k	Rechenwert der Rissbreite;
w_{el}	elastische Durchbiegung;

w_{∞}	Durchbiegung zum Zeitpunkt $t = t_{\infty}$;
x	Höhe der Druckzone, Abstand einer Einzellast zur Vorderkante des Auflagers;
z	Hebelarm der inneren Kräfte.

3.2.2 Griechische Buchstaben

α	Beiwert zur Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen und ungünstigen Einflüssen der Art der Lastaufbringung auf die Druckfestigkeit;
β	Beiwert;
Δ	Differenz;
ε	Dehnung;
ε_c	Dehnung des Porenbetons (Stauchung negativ);
ε_s	Dehnung des Betonstahls;
$\varepsilon_{s,0}$	Schwindmaß;
ε_{cu}	maximale Dehnung des Porenbetons;
ε_{sm}	mittlere Dehnung des Betonstahls;
ε_{yd}	Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls oder Bemessungswert der 0,2-%-Dehngrenze;
γ	Teilsicherheitsbeiwert;
γ_c	Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton;
γ_{c1}	Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei duktilem Versagen;
γ_{c2}	Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen;
γ_s	Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl;
φ	Kriechzahl;
λ	Schlankheitsgrad;
θ	Winkel;
ρ	Bewehrungsverhältnis;
ρ_l	Bewehrungsverhältnis der Längsbewehrung;
ρ_{Tl}	Bewehrungsverhältnis der zur Aufnahme der Torsion eingelegten Längsbewehrung;
ρ_{Ts}	Bewehrungsverhältnis der zur Aufnahme der Torsion eingelegten Bügel;
σ	Betonspannung;
σ_s	Betonspannung in der Druckstrebe;

σ_{sld}	aufnehmbare Stahlspannung in der Längsbewehrung;
σ_{swd}	aufnehmbare Stahlspannung in der Querkraftbewehrung;
τ_{Rd}	Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung;
ξ	Beiwert zur näherungsweise Berücksichtigung des Einflusses von Kriechen und Schwinden auf die Durchbiegung.

3.2.3 Indizes

c	Beton, Druck;
d	Bemessungswert;
fl	Biegung;
k	charakteristisch, Kernquerschnitt;
l	Längsstab;
s	Betonstahl, Schwinden;
t	Querstab;
u	Höchstwert (im Grenzzustand der Tragfähigkeit);
T	Torsion;
w	wirksamer Querschnitt, kleinste (Steg-)Breite;
y	Streckgrenze oder 0,2-%-Dehngrenze;
eff	effektiv;
crit	kritisch;
nom	Nennwert;
Rd	Bemessungswiderstand.

3.3 Einheiten

Es gilt DIN 4223-1:2003-12, 3.3.

3.4 Abkürzungen

Es gilt DIN 4223-1:2003-12, 3.4.

4 Bautechnische Unterlagen

4.1 Umfang der bautechnischen Unterlagen

Zu den bautechnischen Unterlagen gehören die Zeichnungen, die für die Ausführung des Tragwerks nötig sind, die statische Berechnung und, wenn erforderlich, eine ergänzende Baubeschreibung sowie etwaige Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen und Prüfzeugnisse.

4.2 Statische Berechnungen

Das Bauteil und seine Lastabtragung sind zu beschreiben. Die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit sowie die ausreichende Bemessung der baulichen Anlage und ihrer Bauteile sind in der statischen Berechnung übersichtlich und leicht prüfbar nachzuweisen.

Das Verfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen (nach Abschnitt 8) ist freigestellt. Die Bemessung ist nach den in dieser Norm angegebenen Grundlagen durchzuführen.

4.3 Zeichnungen

Die Bauteile und ihre Bewehrung sowie gegebenenfalls vorhandene Ein- bzw. Anbauteile sind auf Systemzeichnungen eindeutig und übersichtlich darzustellen und zu bemaßen. Für übliche Bauteile ist eine schematisierte Darstellung der Bewehrung ausreichend, sofern eine eindeutige Zuordnung zu der in der statischen Berechnung ausgewiesenen Bewehrung möglich ist. Die Darstellungen müssen mit den Angaben in der statischen Berechnung übereinstimmen und alle für die Ausführung der Bauteile und für die Prüfung der Berechnungen erforderlichen Maße enthalten.

Für die Baustelle sind Verlegezeichnungen für die Porenbetonbauteile mit den Positionsnummern der einzelnen Bauteile und eine Positions-/Stückliste anzufertigen. In der Verlegezeichnung sind auch die beim Zusammenbau erforderlichen Auflagertiefen und die gegebenenfalls erforderlichen Abstützungen der Bauteile einzutragen sowie die auf der Baustelle zusätzlich zu verlegende Bewehrung (z. B. Fugenbewehrung) in gesonderter Darstellung.

Die Stückliste enthält alle im Verlegeplan angegebenen Positionen mit Angabe der jeweiligen Porenbetonfestigkeitsklasse, Anzahl und Durchmesser der Stäbe der Längs- und Querbewehrung sowie der Stahlsorte und der Betondeckung.

4.4 Baubeschreibung

Angaben, die für die Bauausführung oder für die Prüfbarkeit der statischen Berechnung oder der Zeichnungen notwendig sind, aber aus den Unterlagen nach 4.2 und 4.3 nicht ohne weiteres entnommen werden können, müssen in einer Baubeschreibung enthalten und erläutert sein.

Bei Bauten mit Fertigteilen sind Angaben über den Montagevorgang einschließlich zeitweiliger Stützungen und Aufhängungen, über das Ausrichten und über die während der Montage auftretenden, für die Standsicherheit wichtigen Zwischenzustände erforderlich. Besondere Anforderungen an die Lagerung der Fertigteile sind in den Zeichnungen und in der Montageanleitung anzugeben.

5 Sicherheitskonzept

Es gilt DIN 4223-5.

6 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit

Es gilt DIN 4223-1.

7 Grundlagen der Schnittgrößenermittlung

7.1 Allgemeines

Zweck der Schnittgrößenermittlung ist die Bestimmung der inneren Kräfte und Momente oder der Spannungen, Dehnungen und Verschiebungen am gesamten Tragwerk oder an einem Teil davon.

Bei der Schnittgrößenermittlung werden sowohl eine idealisierte Tragwerksgeometrie als auch ein idealisiertes Tragverhalten angenommen. Das Verfahren der Schnittgrößenermittlung (siehe Abschnitt 8) mit den diesem zu Grunde liegenden Idealisierungen ist entsprechend der zu lösenden Aufgabe zu wählen.

Alle Berechnungsverfahren müssen den Gleichgewichtszustand sicherstellen.

Wenn die Verträglichkeit nicht unmittelbar für die jeweiligen Grenzzustände nachgewiesen wird, muss sichergestellt werden, dass das Tragwerk im Grenzzustand der Tragfähigkeit ausreichend verformungsfähig ist und ein unzulässiges Verhalten im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ausgeschlossen ist.

Der Gleichgewichtszustand wird im Allgemeinen am nichtverformten Tragwerk nachgewiesen (Theorie I. Ordnung). Wenn jedoch die Auslenkungen zu einem wesentlichen Anstieg der Schnittgrößen führen, ist der Gleichgewichtszustand am verformten Tragwerk zu überprüfen (Theorie II. Ordnung).

Die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung müssen ferner in Rechnung gestellt werden, wenn sie die Gesamtstabilität des Bauwerks oder das Erreichen des Grenzzustands der Tragfähigkeit in kritischen Abschnitten nachteilig beeinflussen.

Zeitabhängige Wirkungen müssen in Rechnung gestellt werden, wenn sie von Bedeutung sind.

Bei stabförmigen oder flächigen Bauteilen in Tragwerken des üblichen Hochbaus dürfen die folgenden Vereinfachungen genutzt werden:

- Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung dürfen vernachlässigt werden, wenn sie die Tragfähigkeit um weniger als 10 % verringern; für die Gesamtstabilität darf dies bei unverschieblichen Tragwerken vorausgesetzt werden (siehe DIN 4223-4).
- Der Einfluss der durch Quer- und Längskräfte entstehenden Verformungen auf die Schnittgrößen einzelner Bauteile darf vernachlässigt werden, sofern diese Verformungen weniger als 10 % der zugehörigen Biegeverformung nach Theorie I. Ordnung betragen.

Bei der Untersuchung eines Querschnitts zur Ermittlung seiner Tragfähigkeit sind für die Abmessungen die Nennmaße anzunehmen.

7.2 Einwirkungskombinationen

Zur Ermittlung der ungünstigsten Einwirkungskombinationen ist, sofern die maßgebenden Lastfälle nicht unmittelbar erkennbar sind, eine ausreichende Anzahl von Lastfällen zu untersuchen, um die maßgebenden Nachweisbedingungen für alle Querschnitte im betrachteten Tragwerk oder Tragwerksteil zu ermitteln.

Je nach Art des Tragwerks und dessen Funktion oder Bauverfahren wird die Bemessung entweder durch den Grenzzustand der Tragfähigkeit oder der Gebrauchstauglichkeit bestimmt.

7.3 Imperfektionen

Es gelten die Festlegungen nach DIN 4223-4.

7.4 Idealisierungen

7.4.1 Tragwerksmodelle

Die Tragwerksteile werden üblicherweise nach ihrer Beschaffenheit und Funktion in Balken, Platten, Wände und Scheiben usw. unterteilt (siehe 3.1).

Bei Stabtragwerken ist es zweckmäßig, zwischen Bereichen, in denen die Bernoulli-Hypothese vom Ebenbleiben der Querschnitte anwendbar ist, und Diskontinuitätsbereichen zu unterscheiden. Letztere entstehen an Unstetigkeiten der Tragwerksgeometrie und bei konzentrierten Krafteinleitungen.

7.4.2 Wirksame Stützweite

Die wirksame Stützweite l_{eff} eines Bauteils (Balken, Platte) darf wie folgt bestimmt werden:

$$l_{\text{eff}} = l_w + a_1 + a_2 \quad (1)$$

Dabei ist

l_w die lichte Weite zwischen den Auflagervorderkanten.

Die Werte von a_1 und a_2 an jedem Ende des Bauteils hängen von den Auflager- bzw. Einspannbedingungen ab und sind in geeigneter Weise festzulegen.

8 Verfahren zur Schnittgrößenermittlung

8.1 Allgemeines

Das zur Schnittgrößenermittlung verwendete Berechnungsverfahren muss das geforderte Sicherheitsniveau sicherstellen. Diese Anforderung gilt bei Einhaltung der in 8.2 bis 8.5 aufgeführten Regeln als erfüllt.

Das linear-elastische Verfahren geht von einer linearen Spannungs-Dehnungs-Beziehung und ungerissenen Querschnitten aus. Für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit dürfen nur linear-elastische Verfahren nach 8.2 angewendet werden.

Zwangsschnittgrößen brauchen in stabförmigen oder flächigen Bauteilen des Hochbaus im Allgemeinen nicht berücksichtigt zu werden, für sonstige Tragwerke dann nicht, wenn sichergestellt werden kann, dass Verformungen infolge Zwangeinwirkungen nicht zu Schäden führen.

Können Zwangsschnittgrößen nicht vernachlässigt werden, dürfen sie auf der sicheren Seite liegend mit den Steifigkeiten des ungerissenen Querschnitts und dem Rechenwert des Elastizitätsmoduls E_{cm} nach DIN 4223-1:2003-12, Tabelle 5, ermittelt werden.

8.2 Linear-elastische Berechnung

Obwohl die linear-elastische Berechnung für die Schnittgrößenermittlung von ungerissenen Querschnitten (Zustand I) ausgeht, darf dieses Verfahren auch für die Bemessung gerissener Querschnitte (Zustand II) verwendet werden. Es darf grundsätzlich nicht angewendet werden, wenn die nach Theorie II. Ordnung ermittelten Auswirkungen die Tragfähigkeit um mehr als 10 % verringern.

Die Anwendung der linear-elastischen Theorie erfordert im Allgemeinen keine besonderen Maßnahmen zur Sicherstellung angemessener Verformungsfähigkeit, sofern die Anforderungen an die Mindestbewehrung erfüllt werden.

8.3 Schlanke Bauteile mit Längsdruck

8.3.1 Allgemeines

Bei der Bestimmung der Tragfähigkeit von schlanken Bauteilen, die durch Längsdruck oder gleichzeitig durch Längsdruck und Biegung beansprucht werden, sind die Einflüsse der Verformungen und der Ausmitten der Lasten auf die Schnittgrößen zu berücksichtigen.

Der Nachweis der Stabilität von Tragwerken, bei denen Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung zu berücksichtigen sind, muss sicherstellen, dass für die ungünstigste Einwirkungskombination im Grenzzustand der Tragfähigkeit der Verlust des statischen Gleichgewichts (örtlich oder für das Gesamttragwerk) nicht auftritt