

	<b>Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton</b> Teil 2: Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung, Entwurf und Bemessung	<b>DIN</b>  <b>4223-2</b>
--	--	---------------------------------

ICS 91.100.30

Archiv

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

Fortsetzung Seite 2 bis 44

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

	Seite
<b>7 Grundlagen der Schnittgrößenermittlung .....</b>	<b>12</b>
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
<b>8 Verfahren zur Schnittgrößenermittlung .....</b>	<b>14</b>
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
<b>9 Baustoffe.....</b>	<b>21</b>
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
<b>10 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit .....</b>	<b>24</b>
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
<b>11 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit .....</b>	<b>35</b>
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
<b>12 Ausbildung der Bewehrung .....</b>	<b>39</b>
12.1 Allgemeines .....	39
12.2 Stabachsabstände .....	39
12.2.1 Platten .....	39

	Seite
12.2.2 Querkraftbewehrung .....	40
12.3 Biegerollendurchmesser.....	40
12.4 Verankerung .....	41
12.5 Schlitze, Aussparung und Durchbrüche .....	43
12.6 Auflagertiefe .....	43
<b>Bilder</b>	
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 — Spannungsbereich 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

## **DIN 4223-2:2003-12**

### **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.*

**DIN 4223-2:2003-12****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;

**DIN 4223-2:2003-12**

$e_0$	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;
$f_{ctlk}$	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;

**DIN 4223-2:2003-12**

$w_{\infty}$	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**

$\alpha$	Beiwert zur Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen und ungünstigen Einflüssen der Art der Lastaufbringung auf die Druckfestigkeit;
$\beta$	Beiwert;
$\Delta$	Differenz;
$\varepsilon$	Dehnung;
$\varepsilon_c$	Dehnung des Porenbetons (Stauchung negativ);
$\varepsilon_s$	Dehnung des Betonstahls;
$\varepsilon_{s,0}$	Schwindmaß;
$\varepsilon_{cu}$	maximale Dehnung des Porenbetons;
$\varepsilon_{sm}$	mittlere Dehnung des Betonstahls;
$\varepsilon_{yd}$	Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls oder Bemessungswert der 0,2-%-Dehngrenze;
$\gamma$	Teilsicherheitsbeiwert;
$\gamma_c$	Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton;
$\gamma_{c1}$	Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei duktilem Versagen;
$\gamma_{c2}$	Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen;
$\gamma_s$	Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl;
$\varphi$	Kriechzahl;
$\lambda$	Schlankheitsgrad;
$\theta$	Winkel;
$\rho$	Bewehrungsverhältnis;
$\rho_l$	Bewehrungsverhältnis der Längsbewehrung;
$\rho_{Tl}$	Bewehrungsverhältnis der zur Aufnahme der Torsion eingelegten Längsbewehrung;
$\rho_{Ts}$	Bewehrungsverhältnis der zur Aufnahme der Torsion eingelegten Bügel;
$\sigma$	Betonspannung;
$\sigma_s$	Betonspannung in der Druckstrebe;

$\sigma_{sld}$	aufnehmbare Stahlspannung in der Längsbewehrung;
$\sigma_{swd}$	aufnehmbare Stahlspannung in der Querkraftbewehrung;
$\tau_{Rd}$	Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung;
$\xi$	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.

## **DIN 4223-2:2003-12**

### **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 Kräfteinleitungen.

**DIN 4223-2:2003-12****7.4.2 Wirksame Stützweite**

Die wirksame Stützweite  $l_{\text{eff}}$  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 Zwangseinwirkungen 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  $E_{\text{cm}}$  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

und die Tragfähigkeit einzelner Querschnitte, die durch Biegung und Längskräfte beansprucht werden, nicht überschritten wird.

Die folgenden Festlegungen gelten für Bauteile unverschieblicher Tragwerke im Sinne von DIN 1045-1.

Die Schlankheit darf nicht größer sein als:

$$\lambda = l_0 / i \leq 100 \quad (2)$$

Dabei ist

$l_0$  die wirksame Länge des Bauteils;

$i$  der Trägheitsradius des Querschnitts.

Zur Vereinfachung darf im Folgenden der Rechenwert des Elastizitätsmoduls  $E_{cm}$  unter Kurzzeitbelastung zur Berechnung der Verformungen angewendet werden (unter Vernachlässigung von Kriechen), wenn die Zunahme des Biegemoments durch die Kriechverformung nicht mehr als 10 % des Biegemoments nach Theorie I. Ordnung beträgt.

Die folgenden Lastfälle sind im Allgemeinen zu untersuchen:

- der Größtwert für  $N_d$  und der entsprechende Kleinstwert für  $M_{1d}$ ;
- der Größtwert für  $N_d$  und der entsprechende Größtwert für  $M_{1d}$ ;
- der Größtwert für  $M_{1d}$  und der entsprechende Kleinstwert für  $N_d$ ;
- der Größtwert für  $M_{1d}$  und der entsprechende Größtwert für  $N_d$ .

Dabei ist

$M_{1d}$  der Bemessungswert des Biegemoments infolge der quer zur Bauteilebene wirkenden Belastung und der Exzentrizität der Längsdruckkraft;

$N_d$  der Bemessungswert der Längsdruckkraft.

In 8.3.2 und 8.3.3 werden zwei Bemessungsverfahren angegeben. Sie sind beide für die Bemessung von längsdruckbeanspruchten Bauteilen anwendbar, die als schlanke Einzelbauteile durch zentrische oder exzentrische Normalkräfte und mögliche Querbelastung (z. B. aus Wind oder Erddruck) belastet werden.

### 8.3.2 Verfahren auf der Grundlage der Euler-Formel

Dieses Verfahren eignet sich für tragende Bauteile aus Porenbeton, die vorwiegend durch zentrische oder an den Enden exzentrisch wirkende Längsdruckkräfte belastet werden. Bei dem Verfahren auf Grundlage der Euler-Formel handelt es sich um einen vereinfachten Nachweis nach Theorie II. Ordnung für einen ideellen Stab mit der Querschnittsgeometrie der Druckzone des betrachteten Bauteils. Für große Lastausmitten ist dieses Verfahren nicht anwendbar; für kleine Ausmitten liefert dieses Verfahren auf der sicheren Seite liegende Ergebnisse. Es basiert auf der Annahme einer gleichmäßigen Spannungsverteilung in der Druckzone des gerissenen Querschnitts. Bewehrung und Biegezugfestigkeit des Porenbetons werden nicht in Ansatz gebracht.

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Längsdruckkraft  $N_{Rd}$  kann als die Tragfähigkeit des Querschnittsbereichs, der als zentrisch belastet angesehen werden kann, bestimmt werden zu:

$$N_{Rd} = k_s \alpha f_{cd} A_c \quad (3)$$

**DIN 4223-2:2003-12**

Dabei ist

$k_s$  der nach Gleichung (4) bestimmte Knickbeiwert;

$$k_s = \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{f_{cd}}{E_{cm} \pi^2} \right) \left( \frac{I_0}{i_c} \right)^2 \right]} \quad (4)$$

Dabei ist

$E_{cm}$  der Rechenwert des Elastizitätsmoduls von Porenbeton;

$I_0$  die wirksame Länge des Bauteils;

$i_c$  der Trägheitsradius der Druckzone;

$i_c = \sqrt{(I_c / A_c)}$ , wobei  $I_c$  das Flächenmoment 2. Grades der Druckzone des Querschnitts ist;

$f_{cd}$  der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Porenbetons,  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{c2}}$ ;

$\alpha$  der Beiwert zur Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen auf die Druckfestigkeit, im Allgemeinen mit 0,85 angenommen (siehe Abschnitt 9);

$\gamma_{c2}$  der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-5;

$A_c$  die Fläche der Druckzone des Querschnitts;

$\pi = 3,1415926$

Für Rechteckquerschnitte gilt

$$A_c = b_w (h_t - 2e_t) \quad (5)$$

Dabei ist

$b_w$  die kleinste Querschnittsbreite;

$h_t$  die Gesamthöhe des Querschnitts;

$e_t$  die Exzentrizität nach Theorie I. Ordnung rechtwinklig zur schwachen Achse:

$$e_t = e_0 + e_a + e_m$$

Dabei ist

$e_0$  die Exzentrizität der Längsdruckkraft am Ende des Bauteils;

$e_a$  die angenommene zusätzliche Exzentrizität infolge von Imperfektionen;



$e_a = \left| \sqrt{(l_0 / 40)} \right|$ , in Millimeter, wobei  $l_0$  die wirksame Länge in Millimeter ist und  $e_a$  immer ungünstig wirkend anzusetzen ist;

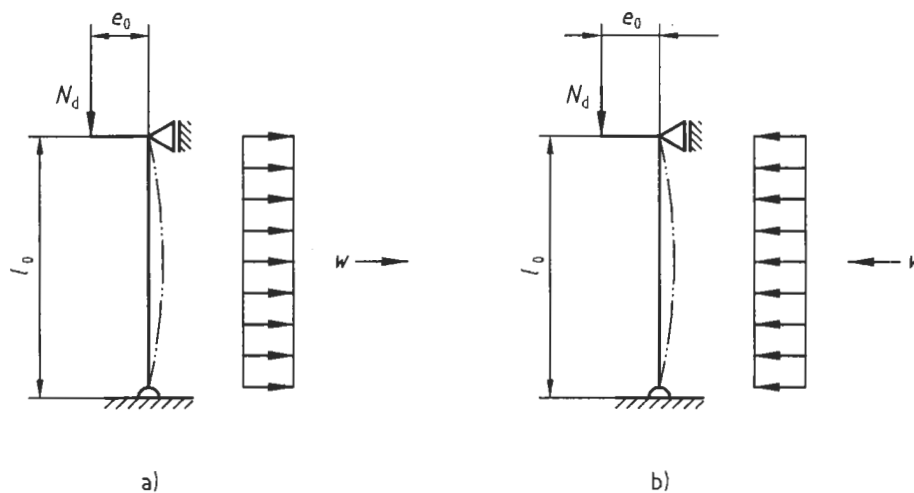
$e_m$  die Ausmitte nach Theorie I. Ordnung infolge Biegung aus horizontalen Lasten mit  $e_m = M_{1d} / N_d$ , wobei  $M_{1d}$  der Bemessungswert des Biegemomentes infolge horizontaler Belastung und  $N_d$  der Bemessungswert der Längsdruckkraft ist.

### 8.3.3 Modifiziertes Modellstützen-Verfahren

#### 8.3.3.1 Allgemeines

Es wird angenommen, dass beide Enden des Bauteils, wie in Bild 1 dargestellt, gelenkig gelagert sind. Dann entspricht die wirksame Länge  $l_0$  des Bauteils der freien Länge.

Da die Horizontalkraft in zwei entgegengesetzte Richtungen wirken kann (z. B. Winddruck und Windsog), ist zwischen zwei unterschiedlichen Lastfällen zu unterscheiden: Lastfall 1 und Lastfall 2 nach Bild 1.



- a) Lastfall 1  
b) Lastfall 2

**Bild 1 — Tragmodell und mögliche Lastfälle**

#### 8.3.3.2 Gesamtausmitte unverschieblicher Bauteile, Schlankheit

Die Gesamtausmitte von Bauteilen mit konstantem Querschnitt ergibt sich in dem am stärksten beanspruchten Querschnitt aus den Gleichungen (6) bis (13):

Lastfall 1

$$e_{\text{tot}} = e_a + e_2 + e_m + 0,6 \cdot e_0 \quad (6)$$

Lastfall 2 (der größere der beiden folgenden Werte ist zu verwenden)

$$e_{\text{tot}} = e_a + e_2 + e_m - 0,4 \cdot e_0 \quad (7)$$

$$e_{\text{tot}} = e_a + e_2 - e_m + 0,6 \cdot e_0 \quad (8)$$

Dabei ist

## DIN 4223-2:2003-12

$e_{\text{tot}}$  die Gesamlastausmitte der Längsdruckkraft;

Die Lastausmitte nach Theorie I. Ordnung  $e_0$  darf für Druckglieder vereinfachend nach Bild 2 und den Gleichungen (9) und (10) ermittelt werden.

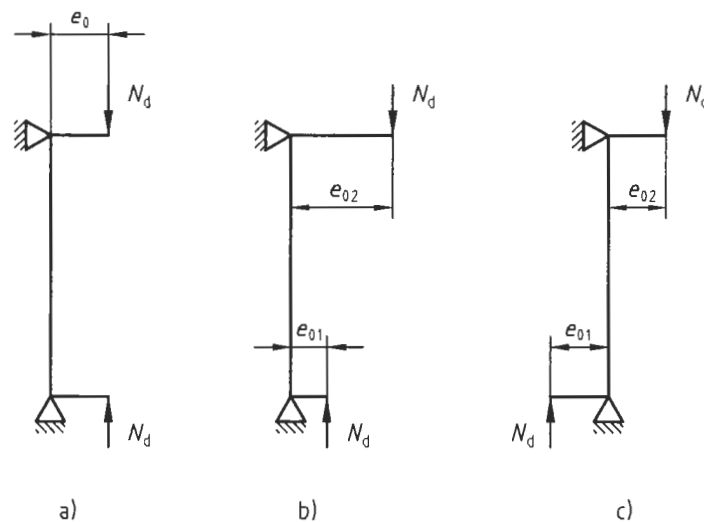
$e_a$  die angenommene zusätzliche Exzentrizität infolge von Imperfektionen;

$e_a = |\sqrt{(l_0/40)}|$  in Millimeter, wobei  $l_0$  die wirksame Länge in Millimeter ist und  $e_a$  immer ungünstig wirkend anzusetzen ist;

$e_2$  die zusätzliche Lastausmitte aus Verformungen nach Theorie II. Ordnung;

$e_m$  die Ausmitte nach Theorie I. Ordnung infolge Biegung aus horizontalen Lasten mit

$e_m = M_{1d} / N_d$ , wobei  $M_{1d}$  der Bemessungswert des Biegemomentes infolge horizontaler Belastung und  $N_d$  der Bemessungswert der Längsdruckkraft ist.



- a) Druckglied mit gleicher Lastausmitte an beiden Enden  
 b) Druckglied mit unterschiedlicher Lastausmitte gleichen Vorzeichens an beiden Enden  
 c) Druckglied mit unterschiedlicher Lastausmitte mit unterschiedlichen Vorzeichen an beiden Enden

**Bild 2 — Bemessungsmodell zur Berechnung der Gesamlastausmitte**

Für Druckglieder mit konstantem Querschnitt in horizontal unverschieblichen Tragwerken, die durch Biegemomente beansprucht werden, deren Verlauf über die Bauteillänge linear veränderlich ist und bei denen die Lastausmitten an den Enden unterschiedliche Werte und/oder Vorzeichen haben (siehe Bild 2), ist für den kritischen Querschnitt in Gleichung (6) und Gleichung (7) für  $e_0$  die Lastausmitte der Resultierenden zu verwenden. Für diese ist der größere der nachfolgenden Werte anzunehmen:

$$e_0 = 0,6 \cdot e_{02} + 0,4 \cdot e_{01} \quad (9)$$

$$e_0 = 0,4 \cdot e_{02} \quad (10)$$

Dabei ist

$e_{01}$  bzw.  $e_{02}$  die Ausmitte der Längsdruckkraft nach Theorie I. Ordnung an den beiden Bauteilenden mit

$|e_{02}| \geq |e_{01}|$  (siehe Bild 2).

### 8.3.3.3 Ausmitte nach Theorie II. Ordnung

Die maximale Durchbiegung eines Bauteils, die dem Betrag nach gleich der Ausmitte nach Theorie II. Ordnung ist, kann wie folgt angenommen werden:

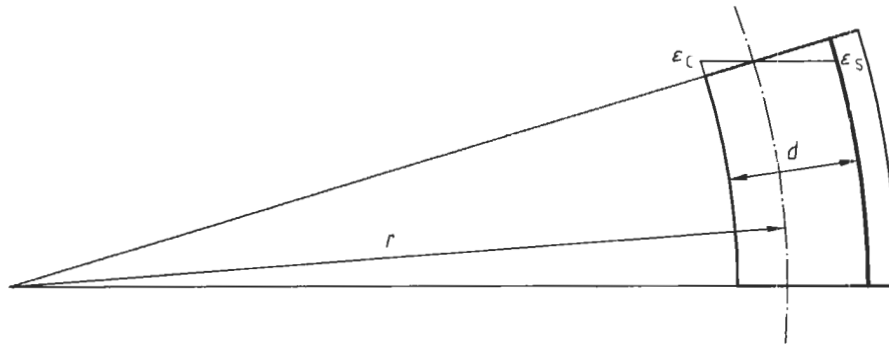
$$e_2 = \left( l_0^2 / 10 \right) \cdot (1/r) \quad (11)$$

Dabei ist

$l_0$  die wirksame Länge;

$(1/r)$  die Krümmung des Bauteils unter dem Bemessungswert der Biegebeanspruchung.

Die Krümmung des Bauteils wird aus den Dehnungen, wie in Bild 3 dargestellt, abgeleitet.



**Bild 3 — Zusammenhang zwischen Krümmung und Dehnung**

Auf diese Weise ergibt sich für  $e_2$ :

$$e_2 = \left( l_0^2 / 10 \right) \cdot (-\varepsilon_c + \varepsilon_s) / d \quad (12)$$

Dabei ist

$l_0$  die wirksame Länge des Bauteils;

$d$  die statische Nutzhöhe des bewehrten Querschnitts;

$\varepsilon_c$  die Dehnung des Porenbetons in der Randfaser, abgeleitet aus dem Gleichgewicht der inneren und der äußeren Kräfte;

$\varepsilon_s$  die Dehnung oder die Stauchung des Betonstahls auf der  $\varepsilon_c$  gegenüberliegenden Seite (abgeleitet aus dem Gleichgewicht der inneren und äußeren Kräfte; Zug positiv, Druck negativ).

Für die Ermittlung der Dehnungen aus den Spannungen darf der in DIN 4223-1 angegebene Rechenwert des Elastizitätsmoduls verwendet werden.

In der Praxis erfordert die Anwendung dieser Gleichungen ein iteratives Verfahren, bei dem zuerst die Dehnungsverteilung über den Querschnitt geschätzt werden muss, bevor die Krümmung aus dem Gleichgewicht der inneren und der äußeren Kräfte ermittelt werden kann.

### 8.3.3.4 Näherungsweise Ermittlung der Ausmitte II. Ordnung

Es besteht die Möglichkeit, einen Näherungswert für die Ausmitte  $e_2$  nach Theorie II. Ordnung für Rechteckquerschnitte ohne Iteration zu berechnen. Der so ermittelte Wert liegt stets auf der sicheren Seite.

**DIN 4223-2:2003-12**

$$e_2 = (l_0^2 / 10) \cdot (\varepsilon_{yd} - \varepsilon_{cu}) / d \quad (13)$$

Dabei ist

$l_0$  die wirksame Länge des Bauteils;

$d$  die statische Nutzhöhe des bewehrten Querschnitts;

$\varepsilon_{yd}$  der Bemessungswert der der Streckgrenze des Betonstahls entsprechenden Stahldehnung;

$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$ , wobei  $f_{yd}$  der Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls und  $E_s$  der Elastizitätsmodul des Betonstahls ist;

$\varepsilon_{cu}$  die maximale Dehnung des Porenbetons,  $\varepsilon_{cu} = -0,003$ .

**8.4 Bemessung des kritischen Querschnitts für Druck und Biegung**

Der Einfluss der Schlankheit und der Belastung quer zur Bauteilebene wird unter Zugrundelegung von  $e_{tot}$  (siehe 8.3.3) für die Ausmitte des Bemessungswerts der Längsdruckkraft erfasst. Der kritische Querschnitt ist für die Längsdruckkraft  $N_d$  und das Biegemoment  $M_d$  zu bemessen.

$$M_d = N_d \cdot e_{tot} \quad (14)$$

Dabei ist

$M_d$  der Bemessungswert des Biegemoments infolge der Gesamlastausmitte;

$N_d$  der Bemessungswert der Längsdruckkraft.

Die Berechnungen sind auf der Grundlage der in Abschnitt 10 angegebenen Bemessungsannahmen und Diagramme (siehe Bilder 7 bis 14) durchzuführen. Eine in der Druckzone vorhandene Bewehrung darf nicht in Ansatz gebracht werden.

**8.5 Vereinfachter Nachweis gegen seitliches Ausweichen**

Die Sicherheit schlanker Träger gegen seitliches Ausweichen ist nachzuweisen.

Sie darf als ausreichend angenommen werden, wenn die Anforderung nach Gleichung (15) erfüllt ist. Andernfalls ist ein genauerer Nachweis zu führen.

$$b \geq 4 \sqrt{\left(\frac{l_{0t}}{50}\right)^3} h \quad (15)$$

Dabei ist

$b$  die Breite des Druckgurts;

$h$  die Gesamthöhe des Trägers;

$l_{0t}$  die wirksame Länge des Druckgurts zwischen den seitlichen Abstützungen.

Schlank hohe Bauteile aus Porenbeton müssen während des Anhebens, des Transports und der Montage gegen seitliches Ausweichen ausreichend gesichert sein.

## 9 Baustoffe

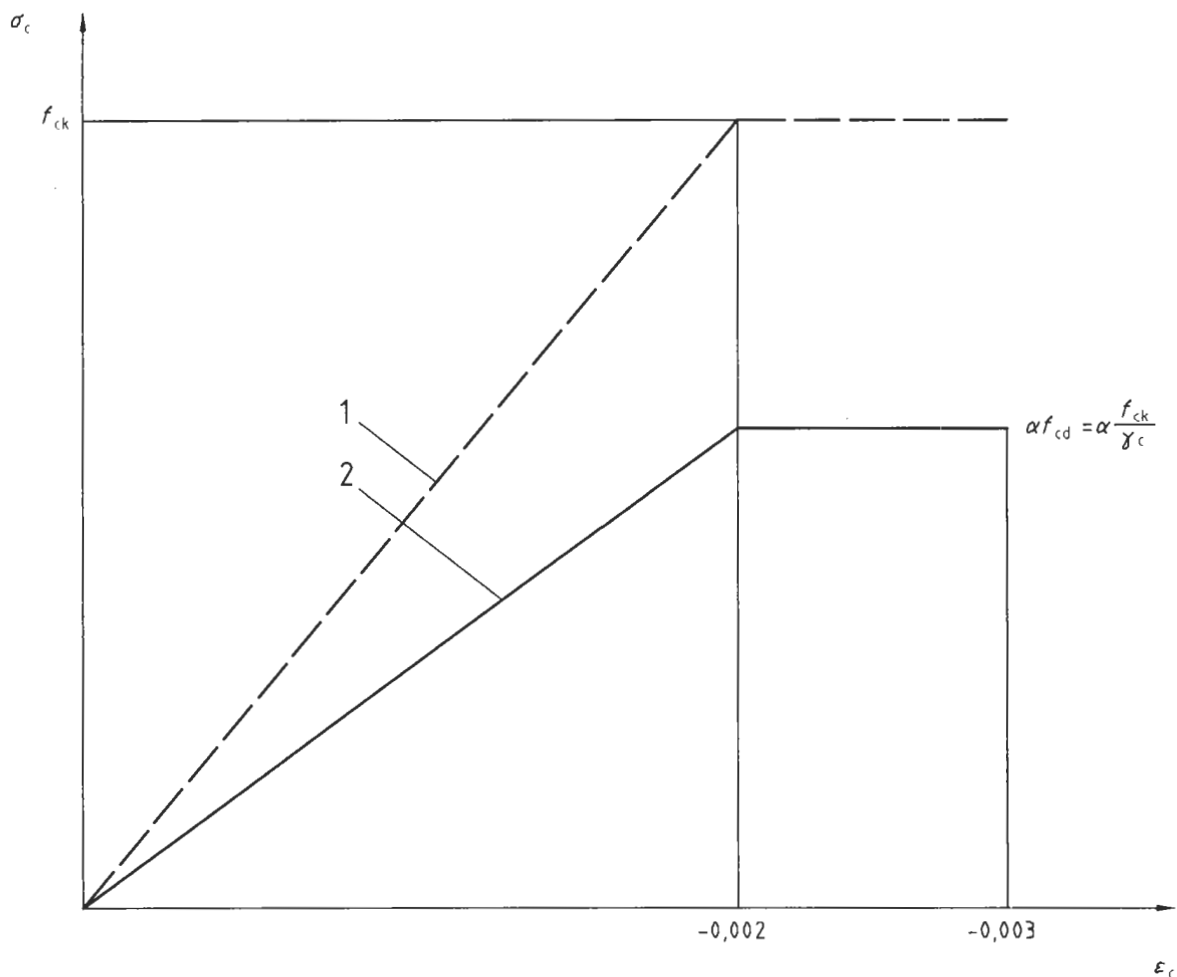
### 9.1 Porenbeton

#### 9.1.1 Allgemeines

Bezüglich der Festigkeit und der Verformungseigenschaften des Porenbetons gelten die Festlegungen nach DIN 4223-1, sofern in 9.1.2 bis 12.6 nichts anderes ausgesagt wird.

#### 9.1.2 Spannungs-Dehnungs-Beziehung für die Querschnittsbemessung

Das Spannungs-Dehnungs-Diagramm für Porenbeton zur Querschnittsbemessung ist in Bild 4 angegeben.



#### Legende

- |   |                        |          |   |
|---|------------------------|----------|---|
| 1 | Idealisiertes Diagramm | $f_{ck}$ | die charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons   |
| 2 | Bemessungsdiagramm     | $\alpha$ | der Beiwert zur Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen auf die Druckfestigkeit, im Allgemeinen mit 0,85 angenommen |

**Bild 4 — Bilineares Spannungs-Dehnungs-Diagramm für druckbeanspruchte Porenbetonquerschnitte zur Querschnittsbemessung**

## DIN 4223-2:2003-12

Der Bemessungswert für die Druckfestigkeit des Porenbetons ist definiert als:

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c \quad (16)$$

Dabei ist

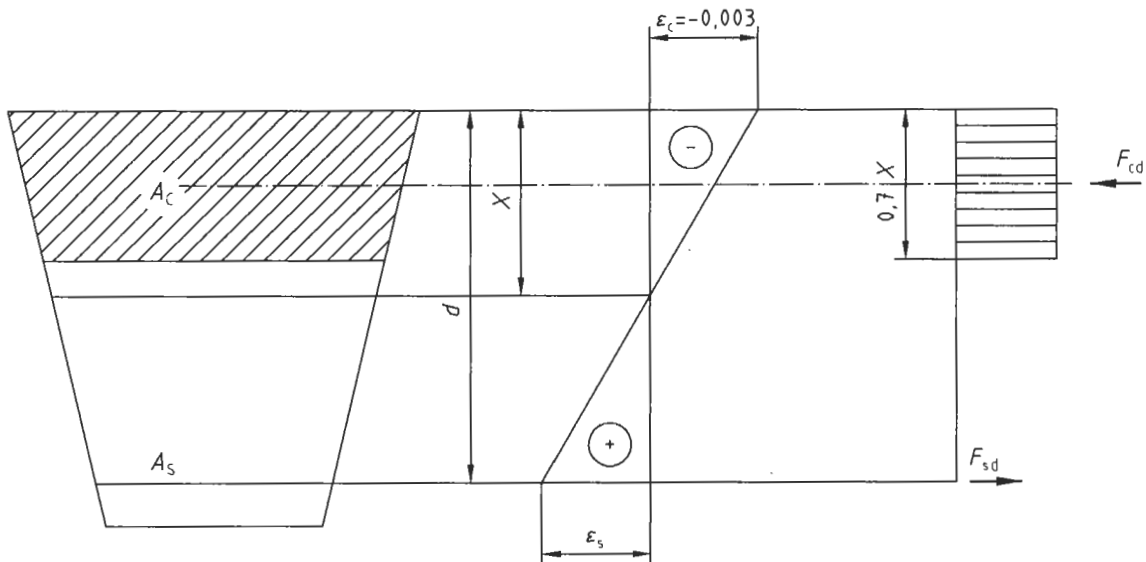
$f_{cd}$  der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Porenbetons;

$f_{ck}$  die charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons;

$\gamma_c$  der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{c1}$  oder  $\gamma_{c2}$  von Porenbeton nach DIN 4223-5.

Der Faktor  $\alpha$  in Bild 4 ist ein Beiwert zur Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen auf die Druckfestigkeit und von ungünstigen Einflüssen, die aus der Art der Lastaufbringung herrühren. Er darf im Allgemeinen mit 0,85 angenommen werden.

Abweichend von Bild 4 sind auch andere idealisierte Spannungs-Dehnungs-Diagramme zulässig, sofern sie dem bilinearen Spannungs-Dehnungs-Diagramm im Hinblick auf die Verteilung der Druckspannungen und die Lage der Resultierenden der Druckspannungen gleichwertig sind (z. B. der Spannungsblock nach Bild 5).



**Bild 5 — Spannungsblock für die Druckzone für biegebeanspruchte Porenbetonquerschnitte**

## 9.2 Betonstahl

### 9.2.1 Allgemeines

Soweit in 9.2.2 bis 12.6 nichts anderes ausgesagt wird, gelten die Festlegungen nach DIN 4223-1.

### 9.2.2 Spannungs-Dehnungs-Diagramm für die Querschnittsbemessung

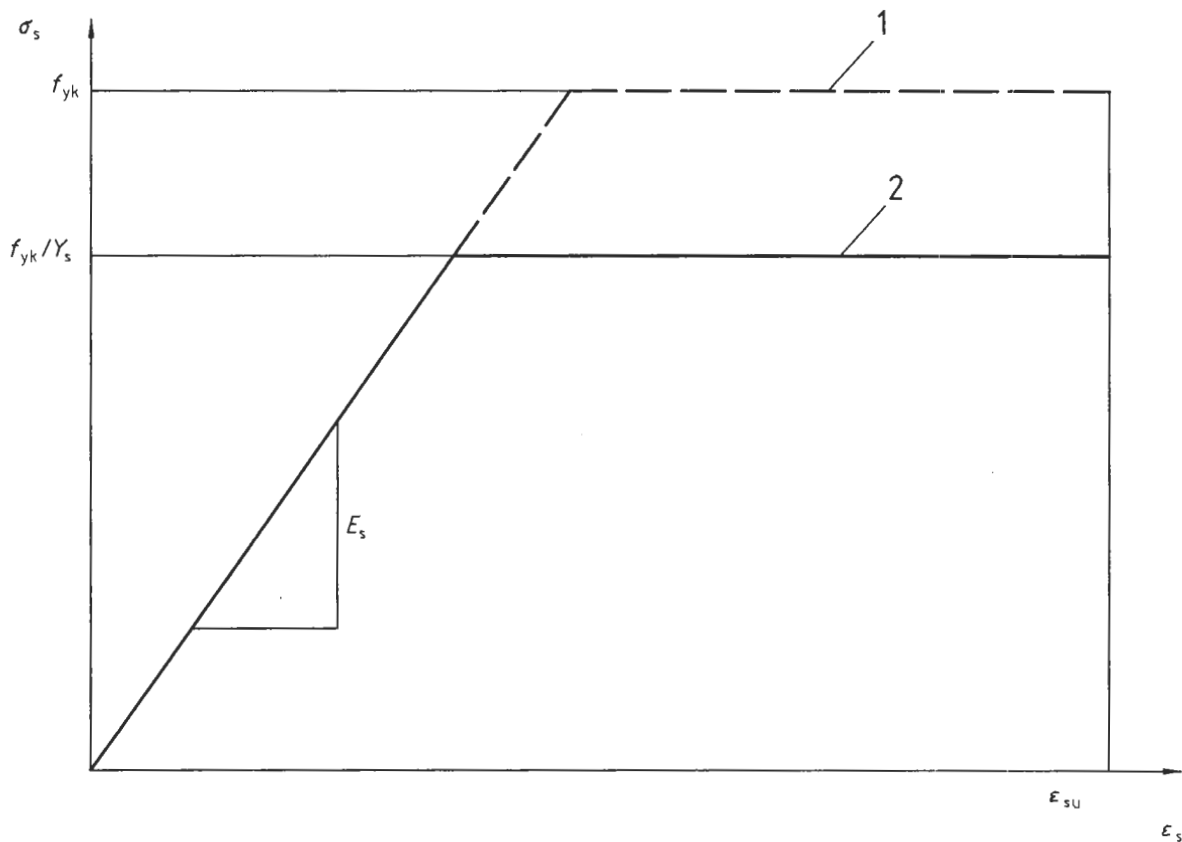
Die Bemessung ist auf der Grundlage der Nennquerschnittsfläche und des Nenndurchmessers unter Ansatz der idealisierten Spannungs-Dehnungs-Linie nach Bild 6 durchzuführen.

Soweit für Betonstahl nach DIN 488 und für Baustahl nach DIN EN 10025 oder geltenden Technischen Baubestimmungen nichts abweichendes festgelegt ist, dürfen für die Bemessung die folgenden physikalischen Eigenschaften angenommen werden:

$f_{yk}$  die charakteristische Streckgrenze des Stahls;

$E_s$  der Elastizitätsmodul des Stahls ( $2 \times 10^5$  MPa für Betonstahl nach DIN 488 für Baustahl nach DIN EN 10025);

$\epsilon_{su}$  die rechnerische Bruchdehnung des Stahls.



#### Legende

- 1 Idealisiertes Diagramm
- 2 Bemessungsdiagramm

**Bild 6 — Spannungs-Dehnungs-Diagramm für Stahl**

**DIN 4223-2:2003-12****10 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit****10.1 Allgemeines**

Die Druckspannungen im Porenbeton werden aus den in Bild 4 oder Bild 5 gezeigten Spannungs-Dehnungs-Diagrammen abgeleitet.

Die Spannungen in der Bewehrung ergeben sich aus dem in Bild 6 gezeigten Spannungs-Dehnungs-Diagramm.

Die Verformungen und Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung sind anhand der Rechenwerte der Materialeigenschaften (wie z. B.  $E_{cm}$  nach DIN 4223-1) zu berechnen. Für die Querschnittsbemessung sind die Bemessungswerte der Materialeigenschaften zu Grunde zu legen.

**10.2 Biegung von Balken und Platten mit oder ohne Längskraft**

Den Nachweisen sind die folgenden Annahmen zu Grunde zu legen:

- Ebenbleiben der Querschnitte;
- Nichtberücksichtigung der Zugfestigkeit des Porenbetons;
- Verteilung der Porenbetondruckspannungen entsprechend den Spannungs-Dehnungs-Diagrammen nach 9.1;
- Spannungs-Dehnungs-Diagramm für Betonstahl nach 9.2;

Für Querschnitte, die nicht ausschließlich durch Längsdruck beansprucht werden, ist die Dehnung des Porenbetons auf  $\varepsilon_c \geq -0,003$  zu begrenzen. Für Querschnitte, die ausschließlich durch zentrischen Längsdruck beansprucht werden, ist die Dehnung des Porenbetons auf  $\varepsilon_c \geq -0,002$  zu begrenzen. Für dazwischen liegende Fälle ist der Dehnungsverlauf festgelegt durch die Annahme, dass im Abstand von  $1/3$  der Querschnittshöhe von dem am stärksten gedrückten Rand die Dehnung  $\varepsilon_c = -0,002$  beträgt. Bei Biegung ohne Längsdruck ist als die Mindeststahldehnung  $\varepsilon_s = 0,001$  anzunehmen.

- unter Zugrundelegung der vorgenannten Annahmen ergibt sich der in Bild 7 gezeigte Bereich möglicher Dehnungsdiagramme;
- Die Wirkung einer in der Druckzone vorhandenen Längsbewehrung darf bei der Berechnung der Tragfähigkeit für Biegebeanspruchung mit der Hälfte ihres Querschnitts in Rechnung gestellt werden, wenn die Bewehrungsstäbe ausreichend verankert und gegen Ausknicken durch Querstäbe gesichert sind. Der Durchmesser der Querstäbe darf nicht größer als der Durchmesser der Längsstäbe sein;
- im Fall einer örtlichen Verminderung des wirksamen Querschnitts ist der ungünstigste Wert bei der Bemessung zu verwenden.





**DIN 4223-2:2003-12**

Ein Bemessungsverfahren ist in 10.3.4 angegeben.

Der Bemessungswert der Querkraft  $V_{Sd}$  in Bauteilen mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung darf in keinem Querschnitt den Wert  $V_{Rd2}$  überschreiten.

Die Aufnahme von  $V_{Rd1}$  hängt wesentlich von der ordnungsgemäßen Verankerung der Zugsbewehrung ab. In Abschnitt 12 sind Anforderungen angegeben, wie dies sichergestellt werden kann.

**10.3.2 Bemessungswert der Querkraft**

Bei gleichmäßig verteilter Last und direkter Auflagerung darf für die Ermittlung der Querkraftbewehrung der Bemessungswert der Querkraft  $V_{Sd}$  aufgrund der direkten Einleitung auflagnaher Lastanteile in das Auflager in einer Entfernung  $d$  vom Auflagerrand ermittelt werden.

Der Querkraftanteil einer im Abstand von  $x \leq 2,5d$  vom Auflagerrand wirkenden Einzellast darf bei direkter Auflagerung zur Ermittlung der Querkraftbewehrung mit dem Beiwert  $\beta$  nach Gleichung (17) abgemindert werden.

$$\beta = \frac{x}{2,5d} \leq 1 \quad (17)$$

Dabei ist

$x$  der Abstand der Einzellast zur Vorderkante des Auflagers;

$d$  die statische Nutzhöhe des Bauteils.

Wird der Bemessungswert der Querkraft  $V_{Sd}$  abgemindert, sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

- Art der Belastung und Auflagersituation (direkte Unterstützung) müssen die Ausbildung einer geneigten Druckstrebe und damit die direkte Abtragung der Last ins Auflager ermöglichen.
- An Endauflagern muss die Zugsbewehrung, die innerhalb des Abstands  $x$  erforderlich ist, bis zum Auflager geführt und dort verankert werden.

Der maximale Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit  $V_{Rd2}$ , der ohne Versagen der gedachten Porenbeton-Druckstreben aufgenommen werden kann, ergibt sich empirisch zu:

$$V_{Rd2} = 0,36 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{ck} / \gamma_{c2} \quad (18)$$

Dabei ist

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{30} \geq 0,5$$

**10.3.3 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung**

Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit  $V_{Rd1}$  ergibt sich aus der folgenden empirischen Gleichung:

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= \tau_{Rd} (1 - 0,83d) (1 + 240\rho_1) b_w d \\ &\geq 0,06 \frac{f_{ck}}{\gamma_{c2}} b_w d \end{aligned} \quad (19)$$

Dabei ist

$\tau_{Rd}$  der Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung =  $0,063\sqrt{f_{ck}} / \gamma_{c2}$ , in Megapascal  
(empirische Gleichung, Dimensionen sind zu beachten);

$f_{ck}$  die charakteristische Druckfestigkeit von Porenbeton, in Megapascal;

$\gamma_{c2}$  der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-5;

$d$  die statische Nutzhöhe, in Metern, (maximal anzusetzen mit  $d = 0,4$  m in der Gleichung (19), jedoch nicht für den Mindestwert der Querkrafttragfähigkeit);

$\rho_1$  das Bewehrungsverhältnis, definiert als:

$$\rho_1 = A_{s1} / b_w d$$

$$\leq 0,005;$$

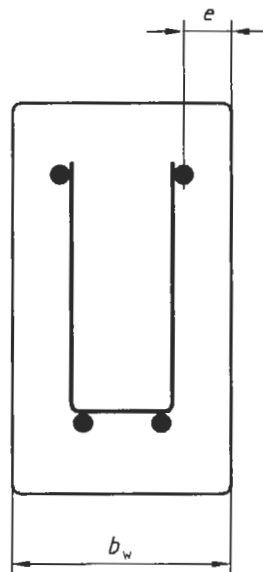
$b_w$  die kleinste Breite des wirksamen Querschnitts, jedoch  $b_w \leq 0,75$  m;

$A_{s1}$  die Querschnittsfläche der Zugbewehrung.

#### 10.3.4 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung

Wenn die Belastung nicht auf der Oberseite des Bauteils angreift oder wenn das Auflager nicht auf der Unterseite des Bauteils angeordnet ist, muss eine Rückhängebewehrung eingelegt werden, die die Belastung zur Oberseite des Bauteils überträgt.

Für die Querkraftbemessung wird vereinfachend angenommen, dass das System aus einer Druckzone und einer Zugzone besteht, deren Schwerpunkte im Abstand des inneren Hebelarms  $z$  auseinander liegen. Der querkraftübertragende Bereich hat eine Höhe von  $z$  und eine Breite von  $b_w$ . Der innere Hebelarm wird rechtwinklig zur Längsbewehrung bestimmt.



**Bild 8 — Benennungen bei querkraftbeanspruchten Bauteilen**

**DIN 4223-2:2003-12**

Die in Bild 8 angegebenen Parameter sind:

$b_w$  die kleinste Stegbreite, in Millimeter;

$e$  der kleinste Achsabstand der oberen oder unteren Längsbewehrung zum seitlichen Rand.

Für die Ausbildung der Querkraftbewehrung gelten die Anforderungen nach Abschnitt 12.

Die Querkrafttragfähigkeit eines Querschnitts mit Querkraftbewehrung ergibt sich aus Gleichung (20):

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + V_{wd} \quad (20)$$

Dabei ist

$V_{Rd1}$  der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit des Querschnitts ohne Anrechnung der Querkraftbewehrung nach 10.3.3;

$V_{wd}$  der Beitrag der Querkraftbewehrung zur Querkrafttragfähigkeit.

Der Beitrag der Querkraftbewehrung zur Querkrafttragfähigkeit ergibt sich aus Gleichung (21):

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} z \sigma_{swd} \quad (21)$$

Dabei ist

$A_{sw}$  die Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung;

$z$  der Hebelarm der inneren Kräfte;

$s$  der gegenseitige Abstand der Stäbe der vertikalen Querkraftbewehrung;

$\sigma_{swd}$  die aufnehmbare Stahlspannung in der Querkraftbewehrung (siehe 10.3.5).

**10.3.5 Begrenzung der Stahlspannung in der Querkraftbewehrung**

Die aufnehmbare Stahlspannung in der vertikalen Querkraftbewehrung ist nach Gleichung (22) zu ermitteln.

$$\sigma_{swd} = \frac{4}{\pi} \cdot \alpha \frac{f_{ck}}{\gamma_{c2}} K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{d_{sl}^2 + (K_3 d_{sw})^2}{d_{sw}^2} \leq 200 \text{ MPa} \quad (22)$$

Dabei ist

$f_{ck}$  die charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons;

$\gamma_{c2}$  der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-5;

$d_{sl}$  der kleinste Durchmesser der Stäbe der oberen oder unteren Längsbewehrung in den Ecken des Bewehrungskorbs;

$d_{sw}$  der Durchmesser der Stäbe der Querkraftbewehrung;

$e$  der kleinste Achsabstand der oberen oder unteren Längsbewehrung zum seitlichen Rand;

$s$  der gegenseitige Abstand der Stäbe der Querkraftbewehrung in Richtung der Bauteil-Längsachse;

$\alpha$  ein Beiwert zur Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen auf die Druckfestigkeit, im Allgemeinen zu 0,85 angenommen (siehe Abschnitt 9);

$$K_1 = 0,33 \frac{e}{d_{sl}} \leq 1$$

$$K_2 = \frac{s}{d_{sl}} \leq 14$$

$K_3 = 1$  gilt für geschlossene Bügel; für andere Fälle ist  $K_3 = 0$ .

#### 10.4 Torsion von Balken

Wenn das statische Gleichgewicht eines Tragwerks von der Torsionstragfähigkeit eines Balkens abhängt, ist eine Bemessung für Torsion erforderlich.

Der Bemessungswert des Torsionsmoments  $T_{Sd}$  kann ohne Torsionsbewehrung aufgenommen werden, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

$$\frac{T_{Sd}}{T_{Rd1}} \leq 0,2 \text{ und } \frac{V_{Sd}}{V_{Rd1}} \leq 0,95 \quad (23)$$

$$\frac{V_{Sd}}{V_{Rd1}} \leq 0,2 \text{ und } \frac{T_{Sd}}{T_{Rd1}} \leq 0,95 \quad (24)$$

$$\frac{T_{Sd}}{T_{Rd1}} + \frac{V_{Sd}}{V_{Rd1}} \leq 1,2 \quad (25)$$

Dabei ist

$V_{Sd}$  und  $V_{Rd1}$  wie in 10.3 festgelegt;

$T_{Rd1}$  das von einem Querschnitt ohne Torsionsbewehrung aufnehmbare Torsionsmoment, das mit

$$0,06 \frac{f_{ck}}{\gamma_{c2}} W_T \text{ anzunehmen ist;}$$

$f_{ck}$  die charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons;

$\gamma_{c2}$  der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-5;

$W_T$  das Torsionswiderstandsmoment des ungerissenen Querschnitts.

Ist keine der Bedingungen nach den Gleichungen (23), (24) und (25) erfüllt, ist eine Torsionsbewehrung erforderlich. Sie ist so zu bemessen, dass die folgende Bedingung eingehalten ist:

$$\frac{T_{Sd}}{T_{Rd3}} + \frac{V_{Sd}}{V_{Rd3}} \leq 1 \quad (26)$$

Dabei ist

$V_{Rd3}$  wie in 10.3 definiert;

$T_{Rd3}$  das von einem Querschnitt mit Torsionsbewehrung aufnehmbare Torsionsmoment,

$$T_{Rd3} = 2 A_k h_k \sigma_{swd} \rho_{Ts} ;$$

## DIN 4223-2:2003-12

$A_k$  die Fläche eines idealisierten Kastenquerschnitts, die durch die Schwerpunkte der in jeder Ecke des Querschnitts vorhandenen Längsbewehrung begrenzt wird, siehe Bild 9

$$A_k = b' d';$$

$h_k$  die Wanddicke des idealisierten Kastenquerschnitts

$$h_k = \min \{ b/6, h/6 \};$$

$\sigma_{sld}$  die aufnehmbare Stahlspannung in der Bewehrung infolge Torsion

$$\sigma_{sld} = \sigma_{swd} \frac{\rho_{Ts}}{\rho_{Tl}} \leq f_{yd};$$

$\sigma_{swd}$  die aufnehmbare Stahlspannung in der Querkraftbewehrung

$$\sigma_{swd} = \frac{1}{\gamma_{c2}} \cdot \frac{f_{ck}}{\sqrt{2}} (b'+d') / (\pi d_{sw}) \leq f_{yd};$$

$d_{sw}$  der Durchmesser der Bügel;

$\rho_{Tl}$  das Bewehrungsverhältnis der zur Aufnahme der Torsion vorhandenen Längsbewehrung,

$$\rho_{Tl} = A_{sl} / [2h_k (b'+d')], \text{ wobei } A_{sl} \text{ die Querschnittsfläche der Längsbewehrung ist;}$$

$\rho_{Ts}$  das Bewehrungsverhältnis der zur Aufnahme der Torsion eingelegten Bügel,

$$\rho_{Ts} = A_{sw} / (h_k s), \text{ wobei } A_{sw} \text{ die Querschnittsfläche eines Bügels ist;}$$

$s$  der Bügelabstand in Längsrichtung des Bauteils;

$\gamma_{c2}$  der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-5.

Die Torsionsbewehrung muss aus rechtwinklig zur Längsachse des Bauteils angeordneten geschlossenen Bügeln und einer Längsbewehrung bestehen. Geschlossene Bügel dürfen nicht durch paarweise überlappende U-Bügel gebildet werden. Der Abstand der Bügel muss  $\leq \min. (b, d)$  oder  $\leq 250$  mm sein. Die Längsstäbe sind so anzuordnen, dass in jeder Querschnittsecke mindestens ein Stab liegt, während die übrigen Stäbe gleichmäßig über den inneren Umfang der Bügel verteilt werden.

Die Verankerung der Längsbewehrung ist für die aus Biegung und Torsion herrührenden Zugkräfte zu bemessen.

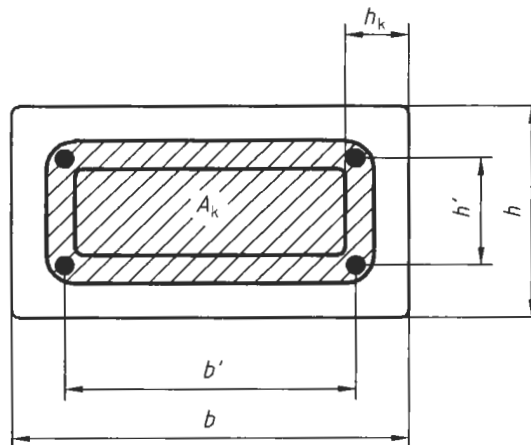


Bild 9 — Idealisierter Kastenquerschnitt

## 10.5 Durchstanzen

### 10.5.1 Allgemeines

Die in diesem Abschnitt angegebenen Grundsätze und Regeln ergänzen die Festlegungen in 10.3. Sie behandeln das Durchstanzen bei Platten, die eine nach 10.2 ermittelte Biegebewehrung enthalten.

Das Durchstanzen kann die Folge einer konzentrierten Last oder Auflagerreaktion sein, die auf eine relativ kleine Fläche, die „belastete Teilfläche“, einer Platte wirkt.

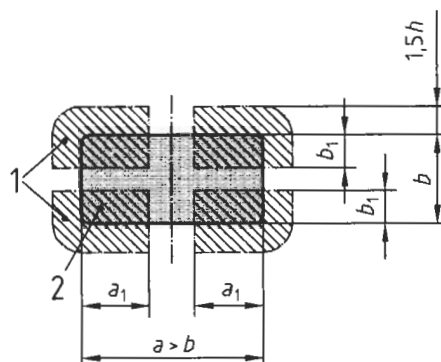
Der Nachweis der aufnehmbaren Querkraft ist innerhalb eines kritischen Rundschnitts zu führen. Außerhalb dieses Rundschnitts ist die Querkrafttragfähigkeit nach 10.3 nachzuweisen.

### 10.5.2 Lasteinleitung und Nachweisschnitte

Die Festlegungen dieses Abschnitts sind auf die folgenden Arten von Lasteinleitungsflächen anwendbar:

- a) Form ( $h$  bezeichnet die Dicke der Platte unter der Durchstanzlast)
  - kreisförmig mit einem Durchmesser, der  $3,5 h$  nicht überschreitet;
  - rechteckig mit einem Umfang nicht größer als  $11 h$  und einem Verhältnis von Länge zu Breite von maximal  $2,0$ ;
  - beliebige Form, die sinngemäß wie die zuvor erwähnten Formen begrenzt wird.
- b) Die Lasteinleitungsfläche befindet sich nicht in der Nähe anderer konzentrierter Lasten, so dass sich deren kritische Rundschnitte nicht überschneiden. Die Fläche befindet sich auch nicht in einem Bereich, der durch anderweitig verursachte, wesentliche Querkräfte beansprucht wird.

Wenn in außergewöhnlichen Fällen die Bedingungen nach a) bei Auflagerung auf Wänden und Stützen mit Rechteckquerschnitt nicht erfüllt sind, weil in diesem Fall die Querkraft in den Ecken der Auflagerflächen konzentriert ist, sind lediglich die kritischen Rundschnitte nach Bild 10 in Ansatz zu bringen, sofern kein genauere Nachweis geführt wird.



#### Legende

1 Kritische Fläche

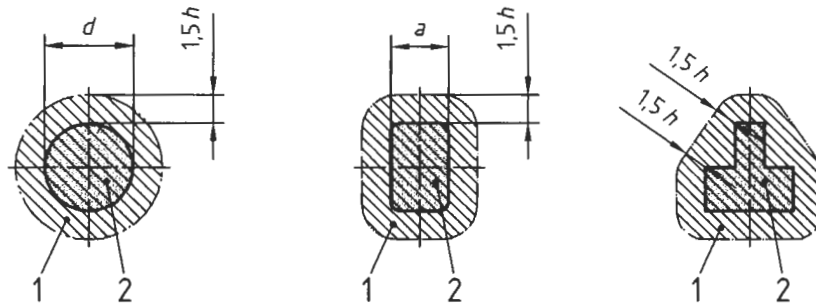
2 Lasteinleitungsfläche

$$a_1 \leq \begin{cases} a/2 \\ b \\ 2,8h - b_1 \end{cases} \quad b_1 \leq \begin{cases} b/2 \\ 1,4h \end{cases}$$

**Bild 10 — Festlegungen für den Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen in außergewöhnlichen Fällen**

## DIN 4223-2:2003-12

Der kritische Rundschnitt für runde und rechteckige Lasteinleitungsflächen, die sich nicht in der Nähe von freien Rändern befinden, ist als der Schnitt festgelegt, der die Lasteinleitungsfläche in einem festgelegten Abstand umgibt. Dieser wird zu  $1,5 h$  angenommen (siehe Bild 11).



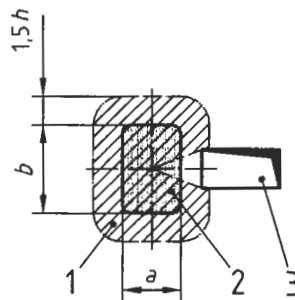
## Legende

- 1 Kritische Fläche  
 2 Lasteinleitungsfläche  $d < 3,5 h$   $2(a+b) < 11 h$   
 $b < 2 a$

**Bild 11 — Kritischer Rundschnitt um Lasteinleitungsflächen, die sich nicht in der Nähe eines freien Randes befinden**

Die kritische Fläche  $A_{\text{crit}}$  ist die Fläche innerhalb des kritischen Rundschnitts. Im Fall einer Zugbelastung ist die kritische Fläche gegebenenfalls um vorhandene Bohrungen zu vermindern.

Für Lasteinleitungsflächen, die sich in der Nähe von Öffnungen befinden, ist ein der Öffnung zugewandter Teil der kritischen Fläche als unwirksam zu betrachten. Er wird durch die Geraden, die am Umfang der Öffnung anliegen und zum Mittelpunkt der Lasteinleitungsfläche führen, begrenzt (siehe Bild 12).



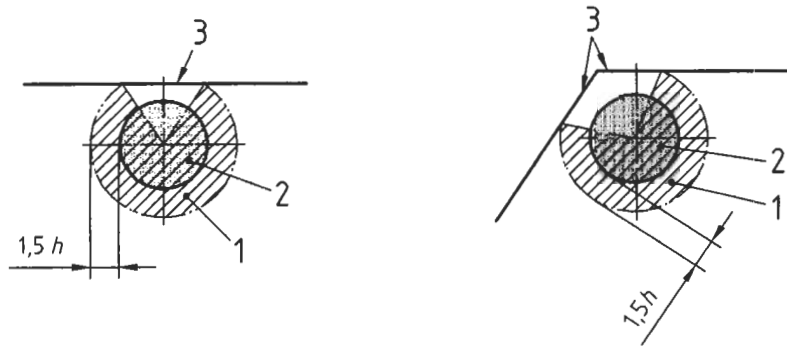
## Legende

- 1 Kritische Fläche  
 2 Lasteinleitungsfläche  
 3 Öffnung

**Bild 12 — Kritischer Rundschnitt in der Nähe einer Öffnung**

Bei Lasteinleitungsflächen, die sich in der Nähe eines freien Randes oder einer freien Ecke befinden, ist der kritische Rundschnitt nach Bild 13 anzusetzen, sofern dies eine kritische Fläche ergibt (freier Rand ausgeschlossen), die kleiner als diejenige nach den ersten beiden Absätzen von 10.5.2 ist.





### Legende

- 1 Kritische Fläche
- 2 Lasteinleitungsfläche
- 3 freier Rand

**Bild 13 — Kritischer Rundschnitt nahe freien Rändern**

### 10.5.3 Nachweisverfahren

Das Bemessungsverfahren für Durchstanzen gilt für Bauteile unabhängig vom Bewehrungsgrad. Dabei wird die Durchstanztragfähigkeit den kritischen Flächen zugeordnet. Der Bemessungswert für die aufnehmbare konzentrierte Last beträgt

$$V_{Rd1} = 0,42 \cdot 10^3 \cdot A_{crit} \cdot \tau_{Rd} \quad (27)$$

Dabei ist

- $V_{Rd1}$  der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit eines Querschnitts ohne Querkraftbewehrung, in Kilonewton;
- $A_{crit}$  die kritische Fläche nach 10.5.2, in Quadratmetern;
- $\tau_{Rd}$  der Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung  $= 0,063 \sqrt{f_{ck}} / \gamma_{c2}$ , in Megapascal;
- $f_{ck}$  die charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons, in Megapascal;
- $\gamma_{c2}$  der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-5.

Die einwirkende Durchstanzlast  $V_{Sd}$  muss die folgende Bedingung erfüllen:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd1} \quad (28)$$

Dabei ist

- $V_{Rd1}$  der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit nach Gleichung (27).

## DIN 4223-2:2003-12

## 10.6 Teilflächenbelastung

Wird eine Teilfläche  $A_{c0}$  durch eine gleichmäßig verteilte Last beansprucht, kann die aufnehmbare Teilflächenlast wie folgt ermittelt werden:

$$F_{Rdu} = 0,8 \cdot A_{c0} \cdot f_{cd} \sqrt[3]{A_{c1} / A_{c0}} \leq \kappa \cdot f_{cd} A_{c0} \quad (29)$$

Dabei ist

$f_{cd}$  der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Porenbetons  $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_{c2}$ ;

$\gamma_{c2}$  der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-5;

$A_{c0}$  die Belastungsfläche mit dem Radius  $r_{c0}$ ;

$A_{c1}$  die größte Verteilungsfläche mit dem Radius  $r_{c1}$ , die geometrisch  $A_{c0}$  bei gleichem Schwerpunkt entspricht, siehe Bild 14. Wirken auf einen Porenbetonquerschnitt mehrere Druckkräfte, so dürfen sich die rechnerischen Verteilungsflächen innerhalb der Höhe  $h_c$  nicht überschneiden;

$\kappa$  ein Beiwert für die Festigkeitserhöhung bei Teilflächenbelastung;  $\kappa = 2,0$ , falls örtliche Einpressungen vermieden werden sollen;  $\kappa = 3,3$ , falls örtliche Einpressungen zugelassen werden können;

$h_c \geq 3(r_{c1} - r_{c0})$ ;

$h_c$  der Abstand zwischen  $A_{c0}$  und  $A_{c1}$ .

Die Aufnahme der im Lasteinzugsbereich entstehenden Querkzugbeanspruchung ist nachzuweisen.

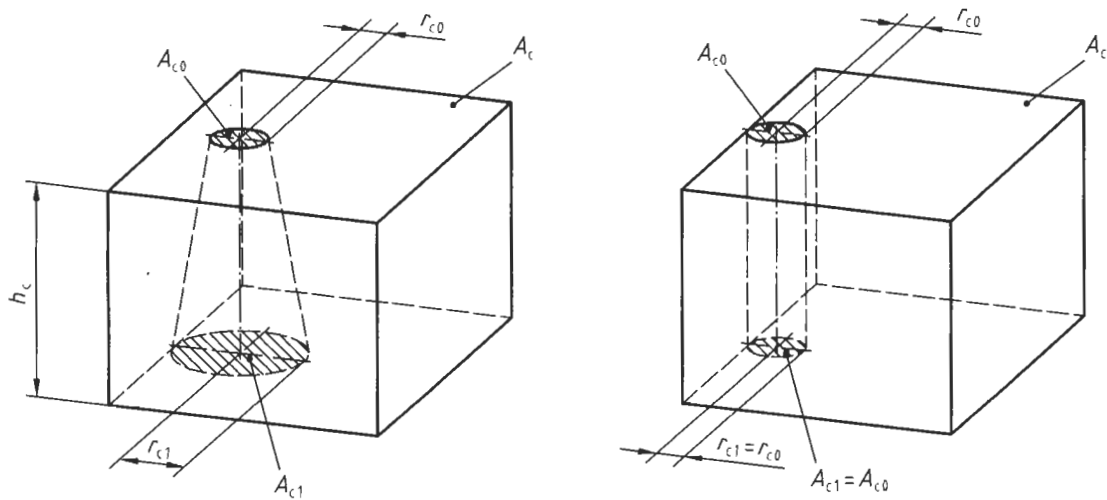


Bild 14 — Konzentrierte Teilflächenbelastung auf einem Bauteil

## 11 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

### 11.1 Spannungsbegrenzungen

#### 11.1.1 Allgemeines

Um die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit sicherzustellen, sind im Porenbeton die Spannungsgrenzen nach 11.1.2 und 11.1.3 einzuhalten.

- Die Spannungsnachweise nach 11.1.2 und 11.1.3 sind gegebenenfalls für Bauzustände und für den Endzustand zu führen.
- Die Spannungsnachweise nach 11.1.2 und 11.1.3 dürfen für Tragwerke des üblichen Hochbaus im Allgemeinen entfallen, wenn die Bemessung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit nach Abschnitt 10 erfolgt ist, die bauliche Durchbildung nach Abschnitt 12 durchgeführt wird und die Festlegungen für die Mindestbewehrung eingehalten sind.

#### 11.1.2 Begrenzung der Porenbetondruckspannungen

Falls durch Kriechen die Gebrauchstauglichkeit, Tragfähigkeit oder Dauerhaftigkeit des Bauwerks wesentlich beeinflusst wird, sind die Betondruckspannungen unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination zur Vermeidung von überproportionalen Kriechverformungen auf  $0,45 f_{ck}$  zu begrenzen.

#### 11.1.3 Begrenzung der Betonstahlspannungen

Die Zugspannungen in der Betonstahlbewehrung sind unter der seltenen Einwirkungskombination auf  $0,8 f_{yk}$  zu begrenzen.

### 11.2 Begrenzung der Rissbreiten

#### 11.2.1 Allgemeines

Rissbildung ist in der Betonzugzone nahezu unvermeidbar. Die Rissbreite ist so zu beschränken, dass die ordnungsgemäße Nutzung des Tragwerks sowie sein Erscheinungsbild nicht beeinträchtigt werden.

Risse im Porenbeton können auch ohne Lasteinwirkung, z. B. aus chemischer Reaktion mit Volumenänderung, auftreten. Ihre Vermeidung und die Begrenzung ihrer Breite liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Abschnitts.

Die Anforderungen an das Erscheinungsbild gelten als erfüllt, wenn die Rissbreiten nach Tabelle 1 nicht überschritten werden. Für besondere Bauteile können strengere Begrenzungen der Rissbreiten erforderlich sein. Diese sind jedoch nicht Gegenstand dieser Norm.

#### 11.2.2 Mindestbewehrung

Die Biegetragfähigkeit des gerissenen Querschnitts muss größer sein als das Rissmoment unter Ansatz der charakteristischen Biegezugfestigkeit des Porenbetons.

Ohne genaueren Nachweis darf die erforderliche Mindestbewehrung nach Gleichung (30) ermittelt werden:

$$A_{s,min} = k \cdot A_{ct} \cdot f_{ctlk} / f_{yk} \quad (30)$$

Dabei ist:

$A_{s,min}$  die Querschnittsfläche der Mindestbewehrung;

$A_{ct}$  die Querschnittsfläche der Zugzone des Porenbetonbaueils;

**DIN 4223-2:2003-12**

$f_{ctlk}$  die charakteristische Biegezugfestigkeit des Porenbetons, sie ist ausschließlich für diesen Nachweis wie folgt anzunehmen:  $f_{ctlk} = 0,22 f_{ck}$ ;

$f_{yk}$  die charakteristische Streckgrenze des Betonstahls;

$k$  ein Koeffizient zur Berücksichtigung der Spannungsverteilung in der Porenbetonzugzone

$k = 1,0$  für zentrischen Zug;

$k = 0,4$  für reine Biegung.

**11.2.3 Nachweis der Rissbreiten**

Die Begrenzung der Rissbreiten ist im Allgemeinen in den Querschnitten mit der größten Stahlzugspannung unter der maßgebenden Einwirkungskombination nachzuweisen.

Der Rechenwert der Rissbreite ist nach Gleichung (31) zu berechnen:

$$w_k = 0,5 \cdot s_q \cdot \varepsilon_{sm} \quad (31)$$

Dabei ist

$w_k$  der Rechenwert der Rissbreite;

$s_q$  der Abstand der Querstäbe im Bereich des betrachtenden Querschnitts;

$\varepsilon_{sm}$  die mittlere Dehnung des Betonstahls im Bereich des betrachteten Querschnitts im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit unter häufiger Kombination der Einwirkungen ohne Berücksichtigung der Mitwirkung des Porenbetons auf Zug zwischen den Rissen.

Die Begrenzung der Rissbreite gilt als nachgewiesen, wenn der Rechenwert der Rissbreite die Anforderungen nach Tabelle 1 erfüllt.

**Tabelle 1 — Anforderungen an die Begrenzung der Rissbreiten**

Expositionsklasse nach DIN EN 206-1	Rechenwert der Rissbreite $w_k$ mm
X 0, XC 1	0,4
XC 2, XC 3, XF 1, XF 3	0,3

**11.2.4 Mindestquerkraftbewehrung in Balken**

Die Mindestquerschnittsfläche der Querkraftbewehrung ergibt sich nach Gleichung (32):

$$A_{sw} = 1,1 \tau_{Rd} (1 - 0,83 d) (1 + 240 p_1) \cdot \frac{s \cdot b_w}{\sigma_{swd}} \quad (32)$$

$$\geq 1,1 \frac{V_{sd}}{d \sigma_{swd}} \cdot s$$

Dabei ist

$A_{sw}$  die Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung auf der Länge  $s$  ;

$\tau_{Rd}$  der Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung

$$= 0,063 \sqrt{f_{ck}} / \gamma_{c2}, \text{ in Megapascal;}$$

$s$  der Abstand der Stäbe der Querkraftbewehrung in Längsrichtung;

$f_{ck}$  die charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons;

$\gamma_{c2}$  der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-5;

$\rho_1$  das Bewehrungsverhältnis, definiert als

$$\rho_1 = A_{s1} / b_w d$$

$$< 0,005 ;$$

$A_{s1}$  die Querschnittsfläche der Zugbewehrung;

$b_w$  die kleinste Breite des wirksamen Querschnitts;

$d$  die statische Nutzhöhe, in Meter;

$V_{Sd}$  der Bemessungswert der Querkraft;

$\sigma_{swd}$  die aufnehmbare Stahlspannung der Querkraftbewehrung nach Gleichung (22).

### 11.3 Begrenzung der Verformungen

#### 11.3.1 Allgemeines

Die Verformungen eines Bauteils oder eines Tragwerks dürfen weder die ordnungsgemäße Funktion noch das Erscheinungsbild des Bauteils selbst oder angrenzender Bauteile (z. B. leichte Trennwände, Verglasungen, Außenwandverkleidungen, haustechnische Anlagen) beeinträchtigen.

Verformungen dürfen die ordnungsgemäße Funktion von Maschinen oder Geräten auf dem Tragwerk nicht stören. Verformungsbegrenzungen werden in dieser Norm nicht behandelt.

In diesem Abschnitt werden nur Verformungen von biegebeanspruchten Bauteilen behandelt. Unter Verformungen werden hier die Durchbiegungen bezogen auf die Verbindungslinie der Unterstützungspunkte verstanden.

Die Grenzen für die Durchbiegungen müssen unter Berücksichtigung der Art des Tragwerks, der Oberflächenausbildung angrenzender Bauteile sowie der Funktion des Tragwerks festgelegt werden. Sofern keine besonderen (erhöhte oder verminderte) Anforderungen bestehen, gelten die nachfolgenden Anforderungen.

In bestimmten Fällen kann es erforderlich sein, auch andere Verformungen als Biegeverformungen (z. B. eine Auflagerverdrehung) zu betrachten.

Die folgenden Durchbiegungsgrenzen stellen im Allgemeinen hinreichende Gebrauchseigenschaften von Bauwerken wie Wohnbauten, Bürobauten, öffentliche Bauten oder Fabriken sicher. Sofern besondere Verhältnisse die Verwendung dieser Durchbiegungsgrenzen für ein bestimmtes Tragwerk nicht zulassen, sind Grenzwerte mit dem Bauherrn zu vereinbaren.

**DIN 4223-2:2003-12**

Es darf angenommen werden, dass das Erscheinungsbild und die Gebrauchstauglichkeit eines Tragwerks nicht beeinträchtigt werden, wenn die Durchbiegung eines Balkens, einer Deckenplatte oder eines Kragträgers unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination  $1/250$  der Stützweite nicht überschreitet (bei Kragträgern ist für die Stützweite das 2,5fache der Kraglänge anzusetzen).

Der Nachweis der Begrenzung der Durchbiegung ist für die häufige Kombination der Einwirkungen nach DIN 4223-5 ohne Berücksichtigung von Langzeiteffekten (Kriechen) und für die quasi-statische Kombination der Einwirkungen mit Berücksichtigung von Langzeiteffekten zu führen.

**11.3.2 Nachweis der Begrenzung der Verformung**

- Der Nachweis der Begrenzung der Durchbiegung ist in jedem Einzelfall zu führen.
- Sofern kein genauer Nachweis geführt wird, darf die Durchbiegung wie folgt berechnet werden:
  - Die Durchbiegung darf auf Grundlage der linearen Elastizitätstheorie ermittelt werden. Es darf angenommen werden, dass sich der Porenbeton im Zustand I befindet (ungerissene Zugzone).
  - Für die Berechnung der Durchbiegung darf der Rechenwert des Elastizitätsmoduls nach DIN 4223-1:2003-12, Tabelle 5 angenommen werden.
  - Das ideelle Flächenmoment 2. Grades darf vereinfachend für einen Rechteckquerschnitt der Breite  $b$  und der Dicke  $h$  ermittelt werden, unter Vernachlässigung der Randprofilierung. Die vorhandene Bewehrung darf bei der Ermittlung berücksichtigt werden.
  - Für die Berechnung der Durchbiegung unter der quasi-ständigen Kombination der Einwirkungen sind bei Ermittlung des ideellen Flächenmomentes 2. Grades Langzeiteffekte (Kriechen) zu berücksichtigen.

Vereinfachend darf die Durchbiegung unter quasi-ständiger Kombination der Einwirkungen ohne genaueren Nachweis der Langzeiteinflüsse nach Gleichung (33) ermittelt werden:

$$w_{\infty} = \xi w_{el} \quad (33)$$

Dabei ist

$w_{\infty}$  die Durchbiegung unter quasi-ständiger Kombination der Einwirkungen nach Kriechen und Schwinden zum Zeitpunkt  $t = t_{\infty}$ ;

$$\xi = (\varphi_{\infty} + 1) \cdot (\varepsilon_{s,0} + 0,7);$$

$\varphi_{\infty}$  die Endkriechzahl nach DIN 4223-1:2003-12, Tabelle 5;

$\varepsilon_{s,0}$  das Schwindmaß in mm/m nach DIN 4223-1:2003-12, Tabelle 5;

$w_{el}$  die elastische Durchbiegung unter quasi-ständiger Kombination der Einwirkungen ermittelt unter den oben genannten Annahmen.

## 12 Ausbildung der Bewehrung

### 12.1 Allgemeines

Die in diesem Abschnitt aufgeführten Festlegungen gelten für Bewehrungsstähle nach DIN 4223-1 unter vorwiegend ruhender Belastung.

Die in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit erforderlichen Bewehrungen sind jeweils nach den Festlegungen dieses Abschnitts zu verankern.

Die nachfolgenden Regelungen gelten nur für Längsstabdurchmesser  $4 \text{ mm} \leq d_{sl} \leq 12 \text{ mm}$ , für eine rechnerisch angesetzte Bewehrung in der Druckzone beträgt der Durchmesser  $6 \text{ mm} \leq d_{sl} \leq 12 \text{ mm}$ .

### 12.2 Stabachsabstände

#### 12.2.1 Platten

##### 12.2.1.1 Längsstäbe

Die Bewehrung muss bei Dach- und Deckenplatten aus mindestens drei Stäben und bei Wandplatten aus mindestens zwei Stäben bestehen. Für Balken und Passplatten mit einer Breite von  $\leq 375 \text{ mm}$  sind als Zugbewehrung zwei Stäbe ausreichend.

Für den Achsabstand  $s_{11}$  der statisch erforderlichen Zugbewehrung sind folgende Werte einzuhalten (Bild 15):

$50 \text{ mm} \leq s_{11} \leq 300 \text{ mm}$  bei Platten mit einer Lastausmitte  $e_m/d \geq 3,5$ ; wobei  $e_m = M_d / N_d$ ;

$50 \text{ mm} \leq s_{11} \leq 700 \text{ mm}$  bei Wandbauteilen allgemein.

In tragenden Auskragungen (Balkonen usw.) darf der Achsabstand der Längsstäbe  $150 \text{ mm} + h/10$  nicht überschreiten.

Dabei ist

$h$  die Plattendicke, in Millimeter.

Für den Achsabstand  $s_{12}$  der statisch erforderlichen Druckbewehrung gilt:

$50 \text{ mm} \leq s_{12} \leq 500 \text{ mm}$ .

Diese Druckbewehrung ist durch konstruktive Maßnahmen gegen Ausknicken zu sichern. Im Allgemeinen sind Querstäbe in Verbindung mit angeschweißten Abstandhaltern an den Eckstäben ausreichend.

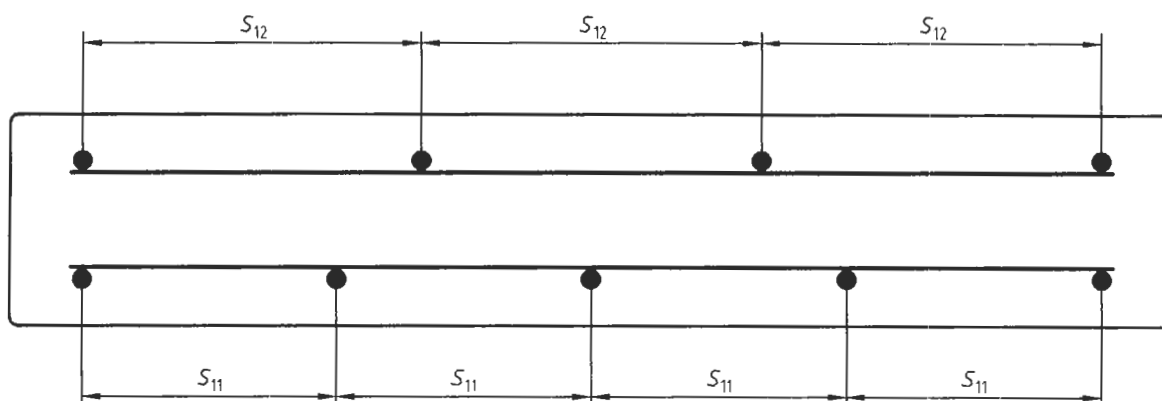


Bild 15 — Stabachsabstände

**DIN 4223-2:2003-12****12.2.1.2 Querstäbe bei Platten**

Für den Achsabstand  $s_q$  von Querstäben, die für die Verankerung der Längsbewehrung benötigt werden, gilt:

$$75 \text{ mm} \leq s_q \leq 500 \text{ mm bei } b_w \leq 750 \text{ mm};$$

$$s_q \leq 333 \text{ mm bei } b_w > 750 \text{ mm.}$$

Der Achsabstand  $s_q$  von sonstigen Querstäben darf 500 mm nicht überschreiten.

**12.2.2 Querkraftbewehrung**

Als Querkraftbewehrung sind offene oder geschlossene, mit den Längsstäben verschweißte Bügel vorzusehen, welche senkrecht zur Bauteilachse angeordnet sind.

Dabei sind nachfolgende Grenzen einzuhalten:

— in Bauteillängsrichtung:

$$5 \text{ cm} \leq s_w \leq \begin{cases} 200 \text{ mm} \\ d \end{cases}$$

— in Bauteilquerrichtung:

$$5 \text{ cm} \leq s_{wq} \leq \begin{cases} 300 \text{ mm} \\ d \end{cases}$$

Dabei ist

$s_w$  der Bügelabstand in Bauteillängsrichtung;

$s_{wq}$  der Bügelabstand in Bauteilquerrichtung;

$d$  die statische Nutzhöhe.

**12.3 Biegerollendurchmesser**

Der kleinste Biegerollendurchmesser für zugbeanspruchte Stäbe darf  $d_{br} = 4 d_s$  nicht unterschreiten.

Bei rechnerisch nicht zugbeanspruchten Stäben darf der Biegerollendurchmesser  $d_{br} = 2 d_s$  nicht unterschreiten.

Dabei ist

$d_{br}$  der Biegerollendurchmesser;

$d_s$  der Durchmesser des Bewehrungsstabs.



## 12.4 Verankerung

Die Verankerung der statisch erforderlichen Längsbewehrung ist durch angeschweißte Querstäbe vorzunehmen. Die Anzahl und Verteilung der Querstäbe sind so zu wählen, dass in jedem Querschnitt für jeden Bewehrungsstab die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$F_{RA} \geq F_{ld} \quad (34)$$

Dabei ist

$F_{RA}$  die aufnehmbare Verankerungskraft der zur Verankerung benutzten Querstäbe;

$F_{ld}$  der Bemessungswert der Zug- oder Druckkraft in der Längsbewehrung;

$F_{RA}$  und  $F_{ld}$  werden nach den Gleichungen (35) und (38) bestimmt:

$$\begin{aligned} F_{RA} &= 0,83n_q d_q l_q f_{ld} \\ &\leq 0,5n_q S / \gamma_s \end{aligned} \quad (35)$$

Dabei ist

$S$  die Scherfestigkeit eines Schweißknotens nach DIN 4223-1;

$n_q$  die Anzahl der Querstäbe zwischen dem betreffenden Querschnitt und dem benachbarten Ende des Bauteils;

$d_q$  der Durchmesser der zur Verankerung benutzten Querstäbe, bei Druckbewehrung nicht größer anzunehmen als der Durchmesser der in Rechnung gestellten Druckbewehrung;

$l_q$  die wirksame Länge der Querstäbe, die gleich dem Abstand der Längsstäbe, jedoch nicht größer als  $14 d_q$  anzunehmen ist;

$f_{ld}$  der Bemessungswert des aufnehmbaren Lochleibungsdrucks des Porenbetons;

$\gamma_s$  der Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl nach DIN 4223-5.

Der Bemessungswert des aufnehmbaren Lochleibungsdrucks  $f_{ld}$  des Porenbetons wird wie folgt bestimmt:

$$\begin{aligned} f_{ld} &= 1,35m(e/d_q)^{1/3} \alpha f_{ck} / \gamma_{c2} \\ &\leq 2,2 f_{ck} / \gamma_{c2} \end{aligned} \quad (36)$$

Dabei ist

$m$  ein Faktor zur Berücksichtigung eines ggf. vorhandenen Querdrucks (z. B. Auflagerpressung) in der Verankerungszone, der zu  $m = 1 + 0,3n_p / n_q$  anzunehmen ist;

$n_p$  die Anzahl der zur Verankerung benutzten Querstäbe im Bereich, in dem Querdruck herrscht (z. B. Auflager);

$n_q$  die Anzahl der Querstäbe zwischen dem betreffenden Querschnitt und dem benachbarten Ende des Bauteils;

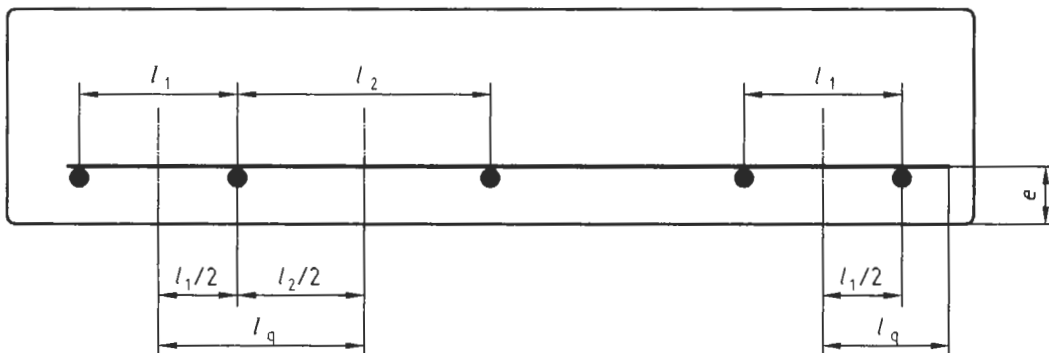
**DIN 4223-2:2003-12**

- $d_q$  der Durchmesser der zur Verankerung benutzten Querstäbe;
- $e$  der Abstand der Achse der Querstäbe in der Verankerungszone zur nächsten Bauteiloberfläche (siehe Bild 16);
- $f_{ck}$  die charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons;
- $\gamma_{c2}$  der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-5;
- $\alpha$  der Beiwert zur Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen auf die Druckfestigkeit, im Allgemeinen mit 0,85 angenommen.

Die wirksame Länge  $l_q$  der zur Verankerung benutzten Querstäbe ist, wie in Bild 16 gezeigt, zu bestimmen. Die ansetzbare wirksame Länge ist nach Gleichung (37) zu begrenzen.

$$l_q = 14 d_q \quad (37)$$

Bei ungleichen Abständen der benachbarten Längsstäbe  $l_1$  und  $l_2$  nach Bild 16 und am äußersten Längsstab ist zusätzlich der größere der zur Bestimmung von  $l_q$  in Rechnung gestellten Abschnitte des Querstabs und der Querstabüberstand auf  $8 d_q$  zu beschränken.



**Bild 16 — Wirksame Länge der zur Verankerung verwendeten Querstäbe**

Die Zugkraft im Längsstab darf unter dem Bemessungswert des Biegemoments wie folgt nach Gleichung (38) bestimmt werden:

$$F_{ld} = A_s f_{sd} M_d / M_{Rd} \quad (38)$$

Dabei ist

- $A_s$  die erforderliche Querschnittsfläche des Längsstabs;
- $M_d$  der Bemessungswert des Biegemoments in dem um das Versatzmaß  $d$  versetzten Querschnitt (das Versatzmaß entspricht der statischen Nutzhöhe);
- $f_{sd}$  die Stahlspannung unter dem Bemessungswert des Biegemoments;
- $M_{Rd}$  der Bemessungswert des vom Querschnitt aufnehmbaren Biegemoments.

Bei Bauteilen, die ausschließlich durch eine gleichmäßig verteilte Belastung beansprucht werden und bei welchen der Bemessungswert der Querkraft nicht nach 10.3.2 abgemindert wird, darf auf einen genaueren Nachweis der Verankerung der Zugkraft verzichtet werden, wenn die zur Verankerung von  $0,5 F_{1d}$  erforderlichen Querstäbe auf eine Länge von  $4d$  vom rechnerischen Auflager an eingelegt werden.  $F_{1d}$  ist dabei für den Bemessungswert des Biegemomentes im am höchsten beanspruchten Querschnitt zu ermitteln. Der Nachweis der Verankerung der Zugkraft über dem Auflager ist in jedem Fall zu führen.

Bei Bauteilen, bei welchen der Bemessungswert der Querkraft nach 10.3.2 abgemindert wird, ist eine durch diese Last hervorgerufene zusätzliche Zugkraft von  $\Delta F_{1d}$  auf eine Länge von  $d/2$ , beginnend vom rechnerischen Auflager, zu verankern.

$$\Delta F_{1d} = \Delta V_{Sd} \left( \frac{2x - d}{2d} \right) \quad (39)$$

Dabei ist

- $\Delta F_{1d}$  die durch die auflagernahe Einzellast verursachte zusätzlich zu verankernde Kraft;
- $\Delta V_{Sd}$  der Querkraftanteil, um welchen der Bemessungswert der Querkraft nach 10.3.2 abgemindert wurde;
- $x$  der Abstand der Einzellast zur Vorderkante des Auflagers;
- $d$  die statische Nutzhöhe des Bauteils.

## 12.5 Schlitz, Aussparung und Durchbrüche

Bei der Bemessung der Bauteile sind alle Verminderungen der Querschnittsfläche zu berücksichtigen, mit Ausnahme folgender Fälle:

- Schlitz in Tragrichtung der Porenbetonbauteile außerhalb der Bewehrung mit einer Breite von  $\leq 40$  mm und einer Tiefe von  $\leq 30$  mm oder einem Sechstel der Bauteildicke (der kleinere Wert ist maßgebend) und einem gegenseitigen Abstand von mindestens 1,0 m;
- einzelne kleine Löcher und Nuten in Dach- und Deckenplatten außerhalb der Bewehrung und des Verankerungsbereiches, wenn die Breite des Loches oder der Nut nicht mehr als 15 % der Bauteilbreite beträgt.

## 12.6 Auflagertiefe

Die Auflagertiefe  $a_0$  (siehe Bild 17) ist unter Berücksichtigung der folgenden Einflüsse zu bemessen:

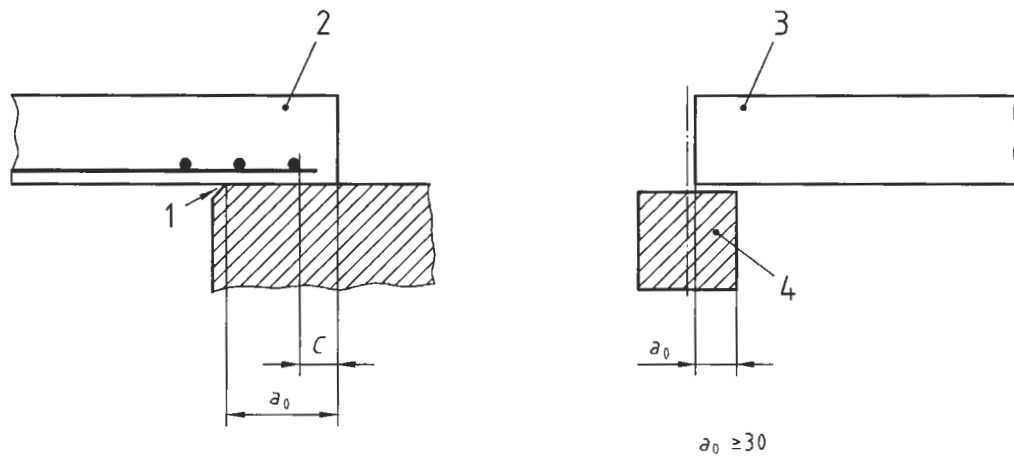
- Auflagerpressung;
- Maßabweichungen;
- Aufspalten oder Abplatzungen des Materials, aus dem das Auflager besteht;
- Abstand  $c$  zwischen dem ersten für die Verankerung benötigten Querstab und dem benachbarten Ende des Bauteils;
- Abfasungen.

**DIN 4223-2:2003-12**

Die Auflagertiefe  $a_0$  darf folgende Werte nicht unterschreiten:

- Balken: 100 mm auf Mauerwerk;
- Dach- und Deckenplatten sowie erddruckbelastete Wandplatten: 70 mm auf Mauerwerk, 50 mm auf ebenen Flächen, bzw.  $1/80$  der Stützweite und Abstand  $c < a_0$ ;
- horizontale belastete Wandplatten gegen Unterkonstruktion: 30 mm (Stützen, Wände).

Maße in Millimeter

**Legende**

- 1 Abfasung
- 2 Dach- und Deckenbauteil
- 3 Wandbauteil
- 4 Stütze

**Bild 17 — Auflagertiefe  $a_0$**