

## Referat I 1

Beton- und Stahlbetonbau,  
Spannbetonbau

Erstmals veröffentlicht: Heft 5/2011  
Unveränderter Neuabdruck

## DIBt-Richtlinie „Anwendungsregeln für nicht lasttragende verlorene Schalungsbausätze/-systeme und Schalungssteine für die Erstellung von Ortbeton-Wänden“

### Vorwort

Diese DIBt-Richtlinie gilt für die Verwendung bzw. Anwendung von Bauprodukten bzw. Bausätzen, die in den folgenden technischen Spezifikationen geregelt sind:

- I. nicht lasttragende verlorene Schalungssteine nach ETA erstellt auf der Grundlage von ETAG 009:2002 [1],
- II. nicht lasttragende verlorene Schalungssteine aus Normalbeton und Leichtbeton nach DIN EN 15435:2008-10 [2],
- III. nicht lasttragende verlorene Schalungssteine aus Holzspanbeton nach DIN EN 15498:2008-08 [3].

Gemeinsam ist den o.g. Bauprodukten bzw. Bausätzen, dass sie ein nicht lasttragendes verlorenes Schalungssystem ausbilden, das die Erstellung von Ortbeton-Wänden ermöglicht. Die Schalungssteine bzw. Schalungsbausätze/-systeme nach I), II) und III) – im Weiteren Schalungsbausteine genannt – bleiben nach der Betonage des Kernbetons Bestandteil der Wand.

Bei Abweichungen von dieser Richtlinie muss die Verwendung bzw. Anwendung der Schalungsbausteine nach einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung erfolgen.

### A) Spezielle Definitionen

*Geometrische Ausbildung des tragenden Kernbetons:*

Durch die (nicht lasttragenden) Schalungsbausteine und deren Anordnung wird die geometrische Ausbildung des tragenden Kernbetons definiert. Der Betonkörper darf, muss aber nicht, bewehrt sein.

Die *Kernbetondicke* ist definiert als kleinste durchgehende Dicke der geometrischen Ausbildung des tragenden Kernbetons.

*Typen je nach geometrischer Ausbildung des Kernbetons:*

#### 1. *Scheibenartiger Typ:*

Der tragende Kernbeton des scheibenartigen Typs ist eine Betonwand, die nur an einzelnen Stellen von Abstandhaltern punktförmig unterbrochen ist. Die Abstandhalter sind im Allgemeinen regelmäßig angeordnet. Die Summe der Querschnittsflächen der Abstandhalter darf dabei nur maximal 1 % der Wandfläche betragen.

## 2. *Gittertyp:*

Der tragende Kernbeton des Gittertyps besteht aus Betonstützen, die durch horizontale Beton-Riegel verbunden sind. Die Stützen und Riegel entstehen durch das Ausbetonieren der Hohlräume der Schalungsbausteine. Die vertikalen Stützen verlaufen über die gesamte Höhe der Wand, und zwar ohne Unterbrechung oder Verringerung der Querschnittsfläche.

## 3. *Säulentyp:*

Der tragende Kernbeton des Säulentyps besteht aus regelmäßig angeordneten Beton-Stützen ohne horizontale Beton-Riegel oder mit Beton-Riegeln, die keine rechnerisch tragende Verbindung zu den Beton-Stützen aufweisen. Die Stützen entstehen durch das Ausbetonieren der vertikalen Hohlräume der Schalungsbausteine. Die vertikalen Stützen verlaufen über die gesamte Höhe der Wand, und zwar ohne Unterbrechung oder Verringerung der Querschnittsfläche.

## 4. *Sonstige Typen:*

Sämtliche Typen, die vorstehend nicht definiert sind.

## **B) Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit**

**B1) Bemessung, Konstruktion und Ausführung**, der mit verlorenen Schalungssystemen nach o.g. technischen Spezifikationen hergestellten Ortbetonwände, erfolgt nach folgenden Normen:

DIN 1045:2008-08 – Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton –

Teil 1: Bemessung und Konstruktion [4]

Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität [5]

Teil 3: Bauausführung [6]

bzw.

DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau:2010 [7] mit DIN EN 1992-1-1/NA Nationaler Anhang:2010 (im Folgenden als EC2-1-1 bezeichnet) [8].

**Hinweise:** Die Bemessung der Schalungsbausteine muss entweder nach DIN 1045-1 [4] oder nach DIN EN 1992-1-1 [7] in Verbindung mit E DIN EN 1992-1-1/NA [8] erfolgen. Insofern auf technische Werte in DIN 1045-1 [4] bzw. DIN EN 1992-1-1 [7] in Verbindung mit E DIN EN 1992-1-1/NA [8] in dieser Richtlinie verwiesen wird, sind diese entsprechend dem jeweiligen Stand der bauaufsichtlichen Einführung zu wählen.

Schalungsbausteine dürfen nur trocken verlegt werden.

Außenwände, die mit Schalungsbausteinen errichtet werden, sind durch Putz oder Bekleidungen vor Umwelteinflüssen zu schützen.

Zur Sicherstellung des Verbunds der Betonstabstähle dürfen die Schalungsbausteine nicht auf die Betondeckung angerechnet werden.

Bei Schalungsbausätzen/-systemen nach ETA basierend auf der ETAG 009 [1] sind die Aussagen zum Widerstand gegen den Schalungsdruck und/oder die Aussagen zur maximalen zulässigen Füllhöhe der ETA zu entnehmen.

Bei Schalungssteinen nach DIN EN 15435 [2] bzw. DIN EN 15498 [3] sind die Widerstände gegen den Schalungsdruck (charakteristische Zugfestigkeit der Stege, charakteristische Biegezugfestigkeit der Wandungen) dem CE-Kennzeichen bzw. den begleitenden Dokumenten zu entnehmen.

Sofern keine maximale zulässige Füllhöhe angegeben ist, sind geeignete statische Systeme zu wählen, um die Beanspruchungen der Schalung mit den Lastannahmen infolge des Frischbetondrucks aus DIN 18218 [16] realitätsnah zu ermitteln, dabei ist Abschnitt B2) dieser Richtlinie zu beachten. Für den Nachweis gegen den Schalungsdruck sind die Bemessungswerte der Widerstände (z. B. Stegzugfestigkeit, Biegezugfestigkeit der Wandungen und ggf. Ausreißfestigkeit des Steges aus der Wandung) den Bemessungswerten der Beanspruchungen gegenüberzustellen. Die Teilsicherheitsbeiwerte sind DIN EN 1990 [17, 18] zu entnehmen.

Werden keine Aussagen zum Widerstand gegen den Schalungsdruck bzw. Aussagen zur maximalen zulässigen Füllhöhe in der ETA bzw. auf dem CE-Kennzeichen oder begleitenden Dokumenten gegeben, dann muss der Nachweis gegen den Schalungsdruck durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erbracht werden.

**B1.1) Bei der Bemessung und Konstruktion nach DIN 1045-1 [4] bzw. EC2-1-1 [7, 8] einer aus Schalungsbausteinen hergestellten Ortbetonwand des Gittertyps, des Säulentyps bzw. „Sonstigen Typs“ gilt zusätzlich Folgendes:**

1. Es sind nur vorwiegend ruhende Einwirkungen erlaubt. Die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken unter Erdbebeneinwirkung sind mit dieser Richtlinie nicht geregelt.
2. Die Schlankheit der Wand bzw. der Kernbetonstützen darf den Wert  $\lambda = 85$  nicht überschreiten.
3. Höhere Betonfestigkeiten des Ortbetons als C30/37 bzw. LC30/33 dürfen rechnerisch nicht in Ansatz gebracht werden.

**B1.2) Bei Schalungsbausteinen für Wände des Gittertyps bzw. des Säulentyps gilt zusätzlich:**

- Die Wände gehören nur dann zum Gittertyp, wenn der Querschnitt der horizontalen Beton-Verbindungsstege zwischen den vertikalen Stützen mindestens  $100 \text{ cm}^2$  beträgt, deren kleinste Dicke mindestens dem dreifachen Größtkorndurchmesser entspricht und pro m Wandhöhe mindestens vier solcher Stege angeordnet sind. Die Definition der Stegaussparungen ist der ETA bzw. DIN EN 15435, Abschnitt 3.1.10 [2] bzw. DIN EN 15498, Bild 3.b [3] zu entnehmen. Wird diese Bedingung nicht erfüllt, sind die errichteten Wände dem Säulentyp zuzuordnen.
- Die Querschnittsabmessungen der durchgehenden Stützen bei Wänden des Gitter- und Säulentyps müssen für tragende Wände über die gesamte Wandhöhe in jeder Querschnittsrichtung mindestens 120 mm betragen. Schalungsbausteine, für die diese Bedingung im Endzustand nicht zutrifft, sind damit für tragende Wände ausgeschlossen.
- Die Standsicherheit nichttragender Wände mit Abmessungen kleiner 120 mm in einer Querschnittsrichtung ist nach DIN 4103-1 [9] nachzuweisen.
- Für die Bemessung der Wände bei Querkraftbeanspruchung des Gittertyps in Wandebene gilt Anlage 1 dieser Richtlinie.
- Bei Beanspruchungen senkrecht zur Wandebene müssen Wände des Gitter- und Säulentyps immer zweiseitig gehalten sein, d. h. sie dürfen in der Regel nur in Bauwerken verwendet werden, in denen die Decken als Scheiben wirken.

- Es dürfen folgende Bewehrungen angeordnet werden:
  - in jedem Beton-Riegel der Systeme des Gittertyps maximal 2 Betonstäbe
  - in jeder Stütze der Systeme Gittertyp oder Säulentyp je Seite des Betonquerschnitts ein Vertikalstab oder zu einer Matte zusammengefasste Vertikalstäbe oder für den ganzen Betonquerschnitt ein Bewehrungskorb.
- Bei der Planung und Ausführung der Bewehrung ist Folgendes zu beachten:
  - Die horizontalen Abmessungen der Bewehrungsmatten und -körbe für die vertikale Bewehrung müssen einschließlich Abstandhalter um ein geeignetes Maß kleiner als die entsprechenden minimalen Abmessungen des Betonkerns sein.
  - Für die Betondeckungen gilt DIN 1045-1 [4] bzw. EC2-1-1 [7, 8].
  - Für den Abstand der Bewehrungsstäbe untereinander gelten die Regelungen nach DIN 1045-1 [4] bzw. EC2-1-1 [7, 8].
  - Wird mehr als ein Betonstabstahl auf einer Seite des Betonquerschnitts der Stütze angeordnet, sind diese zu einer Matte zu verbinden (z. B. durch aufgeschweißte oder angebundene Querstäbe).
  - Die Vertikalbewehrung darf nur statisch angerechnet werden, wenn sie den zugehörigen Bewehrungs- und Konstruktionsregeln für normalkraft- und/oder biegebeanspruchte Balken oder Stützen nach DIN 1045-1 [4] bzw. EC2-1-1 [7, 8] entspricht.

**B2) Zusätzlich zu DIN 1045-3 bzw. E DIN EN 13670 [10] gilt Folgendes:**

1. Die mindestens einzuhaltende Ausbreitmaßklasse und das Größtkorn der Gesteinskörnung des verwendeten Frischbetons müssen für alle Systeme (auch für Systeme vom „scheibenartigen Typ“) den Angaben der folgenden Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1:

	1	2
	Mindestabmessung des Füllbereichs	Betoneigenschaften
1	< 120 mm	Beton gemäß DIN EN 206-1 [11] in Verbindung mit DIN 1045-2 [5] Größtkorn der Gesteinskörnung 16 mm, Setzmaßklasse ≤ F5
2	120 bis 140 mm	Beton gemäß DIN EN 206-1 [11] in Verbindung mit DIN 1045-2 [5] Größtkorn der Gesteinskörnung 16 mm, Setzmaßklasse ≥ F3
3	≥ 140mm	Beton gemäß DIN EN 206 [11] in Verbindung mit DIN 1045-2 [5] Größtkorn der Gesteinskörnung 32 mm, Setzmaßklasse ≥ F2

Die maximale Ausbreitmaßklasse darf F5 nicht überschreiten.

Frischbeton im unteren Bereich der Ausbreitmaßklasse F3 und darunter muss durch Rütteln verdichtet werden.

Frischbeton im oberen Bereich der Ausbreitmaßklasse F3 und darüber darf durch Stochern verdichtet werden.

Die Festigkeitsentwicklung des Frischbetons muss „Mittel“ bis „Schnell“ nach DIN EN 206-1 [11] in Verbindung mit DIN 1045-2 [5], Tabelle 12 sein.

2. Waagerechte Arbeitsfugen sind vorzugsweise in Höhe der Geschosdecken anzuordnen. Sofern darüber hinausgehende Arbeitsunterbrechungen nicht vermieden werden können, sind vertikale Betonstabstähle (Steckeisen) in den Arbeitsfugen wie folgt anzuordnen:
  - Die Steckeisen müssen zueinander versetzt sein und der Abstand voneinander darf nicht größer als 500 mm sein.
  - Der Gesamtquerschnitt muss mindestens 1/2000 der Querschnittsfläche des anzuschließenden Betonkerns betragen, jedoch sind je Meter Wandlänge mindestens zwei Betonstabstähle B500 Ø 8 mm (oder gleichwertig) anzuordnen.
  - Die Steckeisen müssen jeweils mindestens 200 mm in die miteinander zu verbindenden Betonschichten reichen.
3. Der Beton darf frei nur bis zu einer Höhe von 2 m fallen, darüber hinaus ist der Beton durch Schüttröhre oder Betonierschläuche von maximal 100 mm Durchmesser zusammenzuhalten und bis kurz vor die Einbaustelle zu führen. Schüttkegel sind durch kurze Abstände der Einfüllstellen zu vermeiden. Es muss genügend Zwischenraum in der Bewehrung für Schüttröhre oder Betonierschläuche vorgesehen werden. Das DBV-Merkblatt „Betonierbarkeit von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton“ [12] ist zu beachten.
4. Die Wände dürfen nach dem Betonieren nicht mehr als 5 mm pro laufenden Meter Wandhöhe von der Lotrechten abweichen, ab einer Wandhöhe von 3 m allerdings insgesamt maximal 15 mm und müssen den Ebenheitstoleranzen für Wandoberflächen nach DIN 18202:2005-10, Tabelle 3, Zeile 6, [13] entsprechen.

### **C) Brandschutz**

Sollen bei der Verwendung von Schalungssteinen aus Normal- und Leichtbeton nach EN 15435 [2] bzw. Schalungssteinen aus Holzspanbeton nach EN 15498 [3] von den daraus hergestellten Wänden Anforderungen hinsichtlich des Feuerwiderstands erfüllt werden, muss die entsprechende Nachweisführung im Rahmen eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses oder einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung erfolgen.

Die Klassifizierung des Feuerwiderstands von Wänden aus Schalungsbausätzen/-systemen nach ETA basierend auf ETAG 009 [1] ist Bestandteil des Zulassungsverfahrens. Die nachgewiesene Feuerwiderstandsklasse ist dem CE-Zeichen bzw. den die Schalungsbausätze/-systeme begleitenden Dokumenten zu entnehmen. Sie gilt in der Regel nur für die geschlossene Wand, also ohne Öffnungen (z. B. Fenster und Türen).

Für Schalungsbausteine, die unter Verwendung von Polystyrol-Dämmstoffen mit Dicken > 100 mm oder anderen brennbaren Dämmstoffen als schwerentflammbar eingestuft werden sollen, muss die Verwendbarkeit als Außenwandbekleidung durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachgewiesen werden.

### **D) Schallschutz**

Werden Schalungsbausteine in Fällen verwendet, in denen Anforderungen an den Schallschutz bestehen, muss die Festlegung des Rechenwertes des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_{w,R}$  im Rahmen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung erfolgen.

## E) Wärmeschutz

Der in den o.g. technischen Spezifikationen (ETA nach [1], [2] und [3]) angegebene Nennwert des Wärmedurchlasswiderstandes des Schalungsbausteins ist für den Nachweis des Wärmeschutzes in einen Bemessungswert umzurechnen. Der Bemessungswert ist gleich dem Nennwert dividiert durch einen Sicherheitsbeiwert von  $\gamma = 1,2$ .

Für Schalungsbausteine darf der Nachweis des Wärmeschutzes alternativ mit den Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Komponenten nach DIN V 4108-4 [14] geführt werden.

Als integrierte Wärmedämmung, das sind Wärmedämmstoff-Einlagen im Inneren des Schalungsbausteins, die direkt dem Frischbetondruck ausgesetzt sind, dürfen nur Dämmstoffe verwendet werden, deren Druckspannung bei 10 % Stauchung nach DIN EN 13163, Tabelle 5, der Stufe CS(10)100 [15] entspricht.

### Literatur:

[1] ETAG 009:2002-06 – Nicht lasttragende verlorene Schalungsbausätze/-systeme bestehend aus Schalungs-/Mantelsteinen oder -elementen aus Wärmedämmstoffen und – mitunter – aus Beton

[2] DIN EN 15435:2008-10 – Betonfertigteile – Schalungssteine aus Normal- und Leichtbeton – Produkteigenschaften und Leistungsmerkmale

[3] DIN EN 15498:2008-08 – Betonfertigteile – Holzspanbeton-Schalungssteine – Produkteigenschaften und Leistungsmerkmale

[4] DIN 1045-1:2008-08 – Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion

[5] DIN 1045-2:2008-08 – Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1

[6] DIN 1045-3:2008-08 – Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung

[7] DIN EN 1992-1-1:2005-10 – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004

[8] E DIN EN 1992-1-1/NA Nationaler Anhang: 2010 – Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. *(Anmerkung: Bei Druck dieser Richtlinie lag der Nationaler Anhang in gedruckter, öffentlich zugänglicher Form noch nicht vor. Es wird der Wortlaut nach der Einspruchsitzung im November 2009 in Bezug genommen, der Basis der Ausgabe 2010 sein wird.)*

[9] DIN 4103-1:1984-07 – Nichttragende innere Trennwände; Anforderungen, Nachweise

[10] E DIN EN 13670:2009-05 – Ausführung von Tragwerken aus Beton; Deutsche Fassung FprEN 13670:2009

[11] DIN EN 206-1:2001-07 – Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000

[12] DBV-Merkblatt „Betonierbarkeit von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton“ – Fassung November 1996, redaktionell überarbeitet 2004

[13] DIN 18202:2005-10 – Toleranzen im Hochbau – Bauwerke

**[14]** DIN V 4108-4:2007-06 – Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte

**[15]** DIN EN 13163:2009-02 – Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS) – Spezifikation; Deutsche Fassung EN 13163: 2008

**[16]** DIN 18218:2010-01 – Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen

**[17]** DIN EN 1990:2002-10 – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002

**[18]** DIN EN 1990/NA:2009-05 – Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung



## ANLAGE 1

### Nachweis von horizontalen Einwirkungen ( $H_{Ed}$ ), in Wand-Längs-Ebene bei Wänden des Gittertyps, ausgenommen Einwirkungen aus Erdbeben

Die Ermittlung des Bemessungswiderstandes ist unter Wahl eines zutreffenden Modells (siehe nachfolgend, hier: a), b) oder c)) und des verwendeten Betons (Normalbeton oder Leichtbeton) vorzunehmen. Bei der Ermittlung der relevanten Einwirkungen ist DIN 1045-1 [4] oder DIN EN 1992-1-1 [7] in Verbindung mit E DIN EN 1992-1-1/NA [8] zu berücksichtigen.

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die „außergewöhnliche Bemessungssituation“ sind entsprechend denen für die „ständige und vorübergehende Bemessungssituation“ zu wählen.

Dabei können drei statische Modelle gemäß Abb. 1 angewandt werden:

- Rahmenmodell (unbewehrter Beton)
- Modell mit durchgehenden Streben (unbewehrter Beton)
- Balkenmodell (bewehrter Beton)

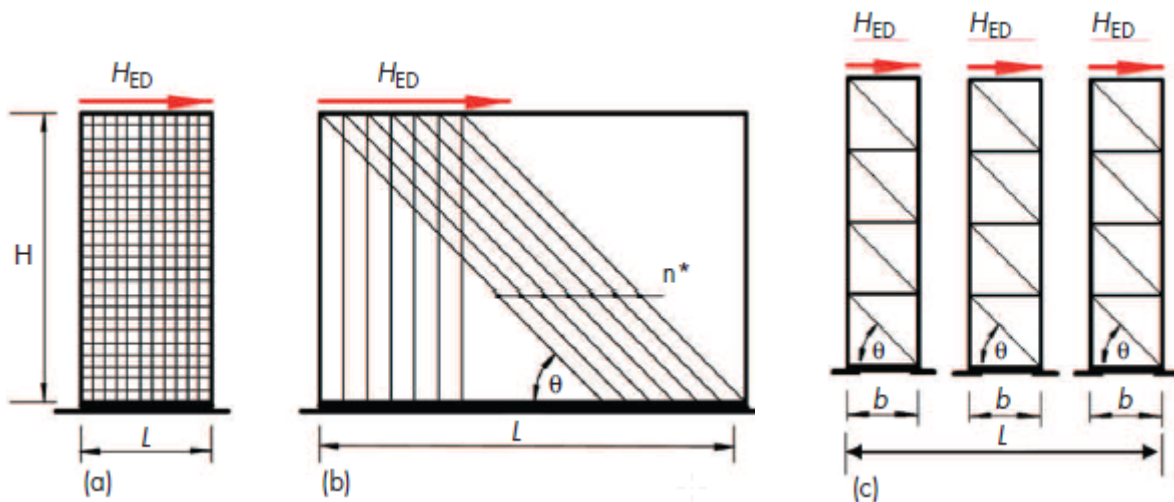


Abb. 1: Statische Modelle für horizontale Scherkräfte  $H_{Ed}$ ; a) Rahmenmodell, b) Modell mit durchgehenden Streben, c) Balkenmodell

Die Nachweis von Horizontalkräften in Wandlängsrichtung (Scherkräften)  $H_{Ed}$  ist wie folgt zu führen:

$$H_{Ed} \leq H_{Rd,i} \quad \text{mit } i = 1 \text{ bis } 3 \quad (\text{Bemessungswiderstände der u. g. einzelnen Modelle})$$

Unter der kombinierten Einwirkung von horizontalen und vertikalen Lasten müssen die Beton-Stützen in Zustand I bleiben, d. h. es dürfen keine Zugspannung auftreten, andernfalls muss der Planer in den Stützen vertikale Bewehrung zur Deckung der Zugkräfte anordnen.

Die Nachweise  $H_{Ed} \leq H_{Rd,i}$  der vorgeschlagenen statischen Modelle dürfen mittels folgender Ansätze geführt werden:



## A. Rahmenmodell

Der Bemessungswiderstand  $H_{Rd,1}$  des Rahmenmodells hängt von der Zugfestigkeit der Beton-Riegel ab. Nimmt man eine parabolische Schubflussverteilung über die Wandlänge  $L$  gemäß der Balkentheorie und einen Nullpunkt des Moments in der Mitte der Beton-Riegel an, so ist die Tragfähigkeit eines Beton-Riegels erreicht, wenn die Zugspannung auf Grund des maximalen Biegemoments am Schnittpunkt Riegel/Stütze die Zugfestigkeit des Betons überschreitet. Der maximale Wert der Schubbeanspruchung  $H'_{Ed}$  ergibt sich aus Gleichung (1):

$$\max H'_{Ed} = \frac{3}{2} \frac{H_{Ed}}{L}, \quad (1)$$

und führt so zu einer maximalen Schubkraft  $\max V_{Ed,r}$  in einem Beton-Riegel von

$$\max V_{Ed,r} = H'_{Ed} \cdot h_s = \frac{3}{2} \frac{H_{Ed}}{L} h_s \quad (2)$$

Das anliegende maximale Biegemoment  $\max M_{Ed,r}$  in einem Beton-Riegel ist

$$\max M_{Ed,r} = \max V_{Ed,r} \cdot \frac{l_r}{2} = \frac{3}{4} \frac{H_{Ed}}{L} h_s l_r \quad (3)$$

Mit einem vorgegebenen Widerstandsmoment  $Z_r$  des Beton-Riegels und einer charakteristischen Betonzugfestigkeit  $f_{ctk,0,05}$  ergibt sich für eine Wand folgender Bemessungswiderstand:

$$H_{Rd,1} = \frac{4}{3} \frac{L}{h_s} \frac{Z_r}{l_r} \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_{ct}} \quad (4)$$

In Gleichung (4) gelten folgende Bezeichnungen (vgl. Abb. 2):

$H_{Rd,1}$	Bemessungsscherfestigkeit gemäß Rahmenmodell;
$L$	Wandlänge;
$h_s$	Abstand zwischen den Achsen der Beton-Riegel;
$l_r$	lichte Länge des Beton-Riegels;
$Z_r$	Widerstandsmoment des Beton-Riegels;
$f_{ctk,0,05}$	charakteristische Betonzugfestigkeit;
$f_{ctk,0,05} =$	$\eta_1 \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = \eta_1 \cdot 0,21 \cdot f_{ck}^{2/3}$ [MN/m <sup>2</sup> ];
$f_{ck}$	charakteristische Druckfestigkeit des Betons (Zylinder);
$\gamma_{ct}$	mit 1,5 Teilsicherheitsbeiwert für die Betonzugfestigkeit Ortbetons;
$\eta_1$	mit 1,0 für Normal-Ortbeton; 0,40 + 0,60 · $\rho$ / 2200 für Ortbeton aus Leichtbeton mit einem Rechenwert der Trockenrohddichte von $\rho$ in [kg/m <sup>3</sup> ].

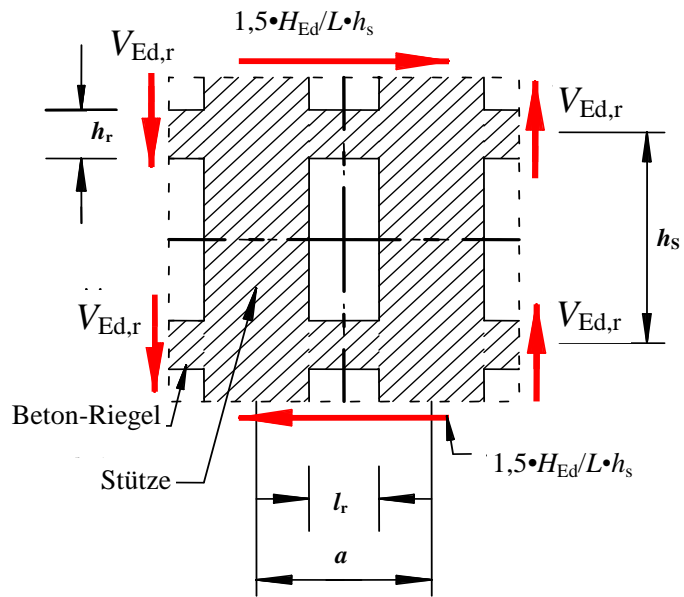


Abb. 2: Bezeichnungen

## B. Modell mit durchgehenden Druck-Streben

Der Bemessungswiderstand  $H_{Rd,2}$  des Modells mit durchgehenden Streben hängt von der Festigkeit der  $n$  Streben ab, die durchgehend von einem Geschoss zum nächsten durch die Wand verlaufen (vgl. Abb. 1 und 3).

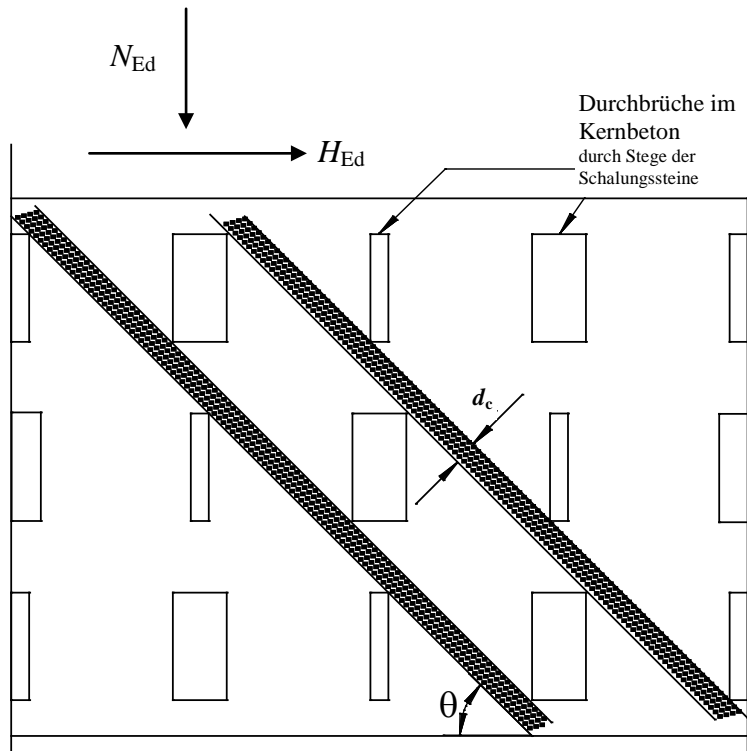


Abb. 3: Höhe  $d_c$  einer durchgehenden Strebe

Der Bemessungswiderstand einer Strebe wird gemäß Gleichung (5) ermittelt. Der Neigungswinkel  $\theta$  der Streben ergibt sich aus Abb. 3.

Der Bemessungswiderstand  $H_{Rd,2}$  ergibt sich aus Gleichung (5):

$$H_{Rd,2} = n^* \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot b_c \cdot d_c \cdot \cos \theta \leq N_{Ed} \cdot \cot \theta \quad (5)$$

mit

$H_{Rd,2}$  = Bemessungswiderstand gemäß dem Modell mit durchgehenden Streben;

$n^*$  = Anzahl der durchgehenden Streben in einer Wand;

$f_{cd}$  = Bemessungswert der Druckfestigkeit des Betons;

$\nu$  =  $0,60 \cdot (1 - f_{ck}[\text{MN/m}^2]/250)$  (entspricht Gleichung 6.6N in [7] bzw. [8]);

$b_c$  = Dicke der Strebe;

$d_c$  = Höhe der Strebe (mindestens 70 mm);

$\theta$  = Neigungswinkel der Streben  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ ;

$N_{Ed}$  = Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft.

### C. Balkenmodell

Der Bemessungswiderstand  $H_{Rd,3}$  gemäß dem Balkenmodell kann mit Hilfe der Bemessungsregeln bestimmt werden, die für Stahlbetonbalken gelten. Dabei verläuft die Beton-Druckstrebe nicht über das ganze Geschoss, sondern nur innerhalb der Beton-Stütze. Die Beton-Druckstrebe wird dabei mit Hilfe der Bewehrung zurückgehängt. Diese "Rückhänge-Bewehrung" wird dabei durch horizontale Betonstabstähle gebildet, die innerhalb der Beton-Riegel des Stützen/Riegel-Systems verlaufen. Eine ausreichende Endverankerung der horizontalen Stäbe - z. B. durch Schlaufen der Bewehrung - ist gemäß DIN 1045-1:2008, Abschnitt 12 bzw. EC2-1-1, Abschnitt 8 sicherzustellen.

Der Bemessungswiderstand  $H_{Rd,3a}$  der Rückhänge-Bewehrung ergibt sich aus Gleichung (6) zu:

$$H_{Rd,3a} = \min (A_{sh,r} \cdot f_{yd} ; A_{sv,r} \cdot f_{yd} \cdot H/b) \quad (6)$$

mit

$H_{Rd,3a}$  = Bemessungswiderstand der Rückhänge-Bewehrung gemäß dem Balkenmodell;

$A_{sh,r}$  = Querschnitt der horizontalen Rückhänge-Bewehrung;

$A_{sv,r}$  = Querschnitt der vertikalen Betonstab-Bewehrung;

$b$  = Breite der betrachteten Beton-Stütze

$f_{yd}$  = Bemessungswert der Festigkeit des Stahls der Rückhänge-Bewehrung.

Der Bemessungswiderstand  $H_{Rd,3b}$  der Druckstrebe ergibt sich analog aus Gleichung (5) zu

$$H_{Rd,3b} = n^* \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_c \cdot d_c \cdot \cos \theta \quad (7)$$

mit

$n^*$  = 1;

$\theta$  = Neigungswinkel der Strebe  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ .

Der Bemessungswiderstand  $H_{Rd,3}$  des Balkenmodells nach Abb 1c) ergibt sich nach Gleichung (8) zu

$$H_{Rd,3} = \min (H_{Rd,3a} ; H_{Rd,3b}) \quad (8)$$