

# Tech-News 06/05 - Fachgebiet: Stahlbeton

Von Dipl.-Ing. Jürgen Lorch  
Prüfingenieur für Baustatik VPI  
Eichenstrasse 11  
71149 Bondorf

## Mindestbewehrungen nach DIN 1045-1

In der DIN 1045-1 gibt es mehr als 20 Regeln für die Mindestbewehrung. Man kann sie grob in Einwirkungs- und Querschnittsabhängige Mindestbewehrungen aufteilen. Viele Regeln sind neu und gewöhnungsbedürftig. Es ist zu befürchten, dass einige Regeln nicht beachtet werden, weil sie nicht in ein EDV-Programm integriert wurden. Der Autor ist sich nicht einmal sicher, ob er alle Regeln für die Mindestbewehrungen gefunden hat.

Die Regeln für den Spannbeton werden nicht besprochen. Es wird auf die einschlägige Literatur verwiesen.

Für die Erläuterungen und Übersichtstabelle wird folgende Einteilung vorgenommen:

- Platten
- Balken, Plattenbalken
- Stützen
- Wände
- Allgemein

Zuerst werden die einzelnen Regeln erläutert und am Ende wird eine Übersichtstabelle erstellt, um in der täglichen Praxis ein schnelles Auffinden der einzelnen Regeln zu ermöglichen. Einige Regeln sind für mehrere Bauteilarten gültig.

### Platten:

13.3.2 (2) In einachsig gespannten Platten muss eine Querbewehrung vorgesehen werden, die mindestens 20% der Zugbewehrung betragen muss. Bei Betonstahlmatten muss der Mindestdurchmesser 5 mm betragen.

Diese Regelung entspricht dem Abschnitt 20.1.63 DIN 1045:1988, der Hinweis auf andere Stahlsorten ist hinfällig, da gemäß Abschnitt 9.2.2 DIN 1045-1 nur Betonstähle mit  $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$  zur Ausführung kommen.

13.3.2(3) In zweiachsig gespannten Platten darf die Bewehrung in der minder beanspruchten Richtung nicht weniger als 20% der in der höher beanspruchten Richtung betragen. Der Stababstand für die Querbewehrung darf 250 mm nicht überschreiten.

13.3.2(6) Die Drillbewehrung darf durch eine parallel zu den Seiten verlaufende obere und untere Netzbewehrung in den Plattenecken ersetzt werden, die in jeder Richtung die

gleiche Querschnittsfläche wie die größere Feldbewehrung hat. Dies gilt nicht für 3-seitig gelagerte Platten.

13.3.2(7) In Plattenecken, in denen ein frei aufliegender und ein eingespannter Rand zusammenstoßen, sollte die Hälfte der Bewehrung nach Absatz (6) rechtwinkelig zum freien Rand eingelegt werden.

13.3.2(12) Die Mindestlängsbewehrung beim Durchstanzen bei punktförmig gestützten Platten muss folgende Querschnittsfläche aufweisen:  $A_s = V_{EK} / f_{yk}$ . Gemäß Heft 525  $V_{EK} \approx V_{Ed} / 1,4$ , also  $\min A_s = V_{Ed} \text{ (kN)} \cdot 10 / (500 \cdot 1,4) \text{ cm}^2$ .

Die Feldbewehrung des Stützstreifen muss über die Innen- bzw. Randstützen hinweggeführt und verankert werden.

10.5.6(2) Die Mindestlängsbewehrung beim Durchstanzen bei punktförmig gestützten Platten muss für folgende Mindestmomente ermittelt werden:  $m_{Ed} = \eta \cdot V_{Ed}$  (kNm/m), wobei  $\eta_x$  bzw.  $\eta_y$  nach Tab. 14 und Bild 46 zu ermitteln ist. Erforderliche Verteilbreite wird auch nach Tab. 14 ermittelt. Es ist zu beachten, dass bei Rand – und Eckstützen auch auf der Plattenunterseite eine Mindestbewehrung anzuordnen ist. Die Mindestlängsbewehrung ist zum Teil größer als nach DIN 1045:1988 ( 0,5%)

Bei den Rand – bzw. Eckstützen steht für die anzusetzende Breite teilweise der Hinweis je m Plattenbreite; d.h. nicht, dass diese Bewehrung nur auf 1 m Breite anzusetzen ist. Nach Heft 240 Abschnitt 3.5 Formel 3.8 kann die Breite auf der sicheren Seite liegend abgeschätzt werden.

10.5.5(5) Die erforderliche Mindestdurchstanzbewehrung darf den Wert  $\min \rho_w$  nicht unterschreiten. In Verbindung mit Abschnitt 13.3.3(2) und der Tab. 29 und Gleichung 114 kann die Mindestdurchstanzbewehrung ermittelt werden.

Für Platten mit  $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$  ist  $\min \rho_w = 0,60 \cdot \rho$

Für Platten mit  $V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$  ist  $\min \rho_w = 0$ , d.h. keine Mindestdurchstanzbewehrung

Beispiel: C35/45,  $d=19 \text{ cm}$ ,  $h = 24 \text{ cm}$ ,  $s_w = 0,75 \cdot d$ ,  $u = 240 \text{ cm}$ ,  $\sin 90 = 1$  ( Bügel)

$\min A_{sw} = \min \rho_w \cdot s_w \cdot u = 0,00102 \cdot 0,60 \cdot 0,75 \cdot 19 \cdot 240 = 3,49 \text{ cm}^2$

max. Bügeldurchmesser =  $0,05 \cdot 19 = 9,5 \text{ mm}$

Der Stabdurchmesser darf max.  $0,05 \cdot d$  betragen,  $d =$  Nutzhöhe der Platte. Außerdem ist zu beachten, dass bügelbewehrte Platten nach 13.3.1 eine Mindestdicke  $h \geq 200 \text{ mm}$  aufweisen müssen.

13.3.3(3) Die Querkraftbewehrung kann durch Schrägstäbe, Querkraftzulagen und Bügel ausgeführt werden. Dieser Absatz regelt den Anteil der Bügel an der Querkraftbewehrung.

Bei Platten  $V_{Ed} > 0,30 \cdot V_{Rd,max}$  Anteil der Bügel mind. 50%  $V_{Ed}$

Bei Platten  $V_{Ed} \leq 0,30 \cdot V_{Rd,max}$  keine Bügel erforderlich, Querkraftzulagen oder Schrägstäbe allein ausreichend.

13.3.3(2) Die Mindestquerkraftbewehrung wird nach den gleichen Kriterien wie die Mindestdurchstanzbewehrung geregelt.

Für Platten  $b/h > 5$  mit  $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$  ist  $\min \rho_w = 0,60 * \rho$   
Für Platten  $b/h > 5$  mit  $V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$  ist  $\min \rho_w = 0$ , keine Querkraftbewehrung

Für Verhältnisse  $4 \leq b/h \leq 5$  muss zwischen  $1,0 * \rho$  und  $0,6 * \rho$  interpoliert werden.

- 13.3.2(1) Rechnerisch nicht erfasste Einspannungen am Endauflager sind für ein Bemessungsmoment  $M = 0,25 * M_{Ed,Feld}$  zu bemessen.

Die Hälfte der Feldbewehrung muss über das Auflager geführt werden und dort verankert werden.

- 13.4.3(5) Bei nachträglich mit Ortbeton ergänzten Platten ist bei Endauflagern ohne Wandauflast eine Verbundsicherungsbewehrung von mindestens  $6,0 \text{ cm}^2/\text{m}$  entlang der Auflagerlinie auf eine Breite von  $0,75 \text{ m}$  anzuordnen. Üblicherweise enthalten die Elementplatten eine Gitterträgerbewehrung. Es ist nun zu überprüfen, ob bei nicht vorhandener Wandauflast die Gitterträger die geforderte Verbundbewehrung sicher stellen. Bei einem Gitterträgerabstand von  $62,5 \text{ cm}$  ist ein Diagonaldurchmesser der Gitterträger von  $7 \text{ mm}$  erforderlich, um die geforderte Verbundbewehrung sicher zu stellen. Die Frage wie groß die Wandlast sein muss, damit diese Bewehrung nicht angeordnet werden muss, ist leider wie so vieles nicht geklärt.

## Balken und Plattenbalken:

- 8.6.8(5) Sofern keine genaueren Angaben vorliegen, ist die Auflagerkonstruktion für ein Torsionsmoment aus dem Träger zu bemessen:  $T_{Ed} = V_{Ed} l_{eff} / 300$ . Dieses Moment soll sicher stellen, dass kein Auflagerversagen (Versagen der Gabellagerung) auftritt.

- 8.2 (3) Bei Druckzonenhöhen  $x_d > 0,45 * d$  und  $C \leq 50/60$  ( $x_d > 0,35 * d$  und  $C \geq 55/67$ ) ist eine Umschnürung mit Bügeln Durchmesser  $10 \text{ mm}$  und  $s_{max}$  nach Tab. 31 Zeile 3 erforderlich,  $s_{max} = 0,25 * h$  oder  $s \leq 200 \text{ mm}$ . Diese Bewehrung soll ein schlagartiges Versagen der stark ausgenutzten Biegedruckzone vermeiden.

- 13.2.1(1) Einspannung am Endauflager sind für ein Bemessungsmoment  $M = 0,25 * M_{Ed,Feld}$  zu bemessen.

Ein Viertel der Feldbewehrung muss über das Auflager geführt werden und dort verankert werden gemäß 13.2.1(6)

- 13.2.3(5) Bei Balken  $b/h < 4$  darf die Querkraftbewehrung den Wert  $\min \rho_w = 1,0 * \rho$  nicht unterschreiten. In Verbindung mit der Tab. 29 und Gleichung 114 kann die Mindestquerkraftbewehrung ermittelt werden.

Beispiel: C20/25,  $b_w = 30 \text{ cm}$ ,  $\sin 90 = 1$  (Bügel)

$$\min A_{sw} / s_w = \min \rho_w * b_w = 0,0007 * 30 * 100 = 2,10 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Bügel  $\varnothing 6$ ,  $e = 25$  cm entspricht  $2,21$   $\text{cm}^2/\text{m}$

13.2.3(2) Mindestens 50 % der aufzunehmenden Querkraft müssen durch Bügel abgedeckt werden. Für den Rest können Querkraftzulagen oder Schrägstäbe verwendet werden.

13.2.5 Bei großen Stabdurchmessern  $d_s > 32$  mm oder Vergleichsdurchmesser ( Stabbündel)  $d_{sv} > 32$  mm ist eine Oberflächenbewehrung nach Bild 69 erforderlich.

$A_{s,\text{surf}} \geq 0,02 * A_{\text{ct,ext}}$ , wobei  $A_{\text{ct,ext}}$  die Betonfläche in der Zugzone außerhalb der Bügel ist.

## Stützen:

13.5.2(1) Der Mindestwert der gesamten Querschnittsfläche der Längsbewehrung  $A_{s,\text{min}}$  ist nach Gleichung 155 zu ermitteln:  $A_{s,\text{min}} = 0,15 * | N_{\text{Ed}} | / f_{\text{yd}}$

Beispiel :  $4 \varnothing 12 = 4,52$   $\text{cm}^2 \rightarrow N_{\text{Ed}} = 435 * 4,52 / (0,15 * 10^4) = 1,31$  MN

13.5.3 Bügelabstand  $a \leq 12 * \varnothing$  Längsbew. bzw  $\leq 300$  mm bzw  $\leq b_{\text{min,Stütze}}$   
Diese Bügelabstände sind unmittelbar über und unter Balken ( Platten ) über eine Höhe gleich der größeren Abmessung des Stützenquerschnitts mit dem Faktor 0,6 zu vermindern. Ab  $\varnothing 16$  mm ist dies auch im Übergreifungsstoß der Längsbewehrung erforderlich; d.h. der Bügelabstand beträgt  $12 * 16 * 0,6 = 115$  mm.

## Wände, wandartige Träger:

13.6(2) Mindestquerschnitt je Außenfläche und Richtung :  $a_s = 1,50$   $\text{cm}^2/\text{m}$  oder 0,075% des Betonquerschnitts  $A_c$ , Bewehrungsabstand  $\leq 300$  mm bzw  $\leq 2 * h$  ( Wanddicke)

Eine Q188A ist für eine Wanddicke von 25 cm ausreichend. Für eine Wanddicke von 30 cm ist eine Q257A erforderlich.

13.7.1(3) Die Mindestbewehrung in Wänden als Druckglieder beträgt:  $A_{s,\text{min}} = 0,15 \% * A_c$   
Für  $N_{\text{Ed}} \geq 0,3 * f_{\text{cd}} * A_c$  oder  $\lambda > \lambda_{\text{max}}$  nach Abschnitt 8.6.3  $A_{s,\text{min}} = 0,30 \% * A_c$

Beispiel: Wand  $h=24$  cm,  $sk = 250$  cm, C20/25, Q188A je Seite ergibt sich eine  
zul.  $N_{\text{Ed}} = 0,53$  MN/m;  $v_{\text{Ed}} = 0,53 / (0,24 * 11,33) = 0,195$ ,  $\lambda = 36$   
 $\lambda_{\text{max}} = 16 / \sqrt{0,195} = 36$ ,  $0,53 \geq N_{\text{Ed}} < 0,3 * f_{\text{cd}} * A_c$ , Q188 je Seite

Für eine 20 cm Wand ergibt sich zul.  $N_{\text{Ed}} = 0,37$  MN/m

Für  $N_{\text{Ed}} \geq 0,3 * f_{\text{cd}} * A_c$  oder  $\lambda > \lambda_{\text{max}}$  nach Abschnitt 8.6.3 ergibt sich die Querbewehrung zu 50 % der Längsbewehrung, ansonsten sind 20 % ausreichend.

Für Wände, die überwiegend durch Biegung beansprucht werden, gelten die Regeln für Platten.

## Allgemein:

- 13.1.1 Die Mindestbewehrung zur Aufnahme des Rissmomentes  $M_{cr}$  im jeweiligen Querschnitt zur Sicherstellung eines duktilen Verhaltens ist eine gravierende Erschwernis und hat dem Medienbeirat viele Anfragen beschert. Vor allem bei Bauteilen, die aus konstruktiven Gründen größer ausgeführt werden als statisch erforderlich, steigt die erforderliche Bewehrung gegenüber dem Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit teilweise enorm an. Die Auskunft, dass man die Bauteile als unbewehrte Bauteile nachweisen könnte, ist wenig hilfreich, da der Nachweis aufwändig ist.

$$M_{cr} = f_{ctm} * W_c \text{ bei reiner Biegung, } \min A_s \approx M_{cr} / (z * f_{yk})$$

Nicht für Einzelfundamente ohne Zwang, siehe Auslegung Nabau

- 11.2.2 Die Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite wird in einer gesonderten Tech-news dargestellt.
- 12.8.3 Die Querbewehrung bei Übergreifungsstößen wird ebenfalls in einer gesonderten Tech-News erläutert.

## Fundamente:

In Heft 240 wird im Abschnitt 2.5.1 eine untere Grenze des Verhältnisses  $d/a$  in Abhängigkeit von der Betonfestigkeitsklasse und Bodenpressung angegeben. Hier handelt sich um charakteristische Einwirkungen und charakteristische Bodenpressungen. Bei der Ermittlung der vorhandenen Bodenpressungen, die den zul. Werten gegenüber gestellt werden, wird man weiterhin mit den charakteristischen Einwirkungen rechnen. Entweder man dividiert  $N_d$  durch den Wert 1,4 ( sichere Seite) oder man macht für die Fundamente eine gesonderte Lastermittlung.

Im Betonkalender 2005 Seite 429 werden auf der Grundlage unbewehrter Betonbauteile Berechnungsformeln angegeben. Bei der Anwendung dieser Tabelle ist unbedingt zu beachten, dass es sich hier bei den Bodenpressungen um so genannte fiktive  $\bar{\sigma}_{B,d}$  handelt, nicht vergleichbar mit den genannten Bodenpressungen im Heft 240. Nach über 30 Jahren wird die Geschichte des unbewehrten Streifenfundament neu geschrieben.

### Verhältnis $h/a$ bei unbewehrten Fundamente

Beton	charakteristische Bodenpressungen $\bar{\sigma}_{B,k}$ (MN/m <sup>2</sup> )			
	0,20	0,30	0,40	0,50
C20/25	1,2	1,5	1,7	1,9
C30/37	1,0	1,3	1,5	1,6

$$h/a \approx \sqrt{(6 * \bar{\sigma}_{B,k} / f_{ctd})}, \bar{\sigma}_{B,k} \text{ und } f_{ctd} \text{ in MN/m}^2, f_{ctd} = f_{ctk,0,05}/1,8$$

Nr.	DIN 1045-1 Abschnitt	<b>Mindestbewehrungen und Anmerkungen für <u>Platten</u></b>
1	13.3.2 (2)	Mindestquerbewehrung in einachsigen gespannten Platten $A_{s,quer} \geq 0,2 * A_{s,x}$ bei Matten $\varnothing \geq 5$ mm
2	13.3.2 (3)	In zweiachsigen gespannten Platten $A_{s,x} \geq 0,2 * A_{s,y}$ , wenn $A_{s,x}$ die geringer beanspruchte Richtung
3	13.3.2 (6)	Vierseitig gelagerte Platten → Drillbewehrung (o+u) entspricht dem Wert der größten Feldbewehrung
4	13.3.2 (7)	Vierseitig gelagerte Platten, Ecke freier und eingespannter Rand → Drillbewehrung (o+u) entspricht dem Wert 50 % der größten Feldbewehrung
5	13.3.2 (12)	Mindestlängsbewehrung beim Durchstanzen, $A_s = V_{Ed} / f_{yk}$ aufweisen. Gemäß Heft 525 $V_{Ed} \approx V_{Ed} / 1,4$ , also $\min A_s = V_{Ed} \text{ (kN)} * 10 / (500 * 1,4) \text{ cm}^2$ . Diese Feldbewehrung muss im Stützstreifen über die Stützen geführt und verankert werden
6	10.5.6 (2)	Mindestmomente beim Durchstanzen $m_{Ed} = \eta * V_{Ed}$ (kNm/m), wobei $\eta_x$ bzw. $\eta_y$ nach Tab. 14 und Bild 46, Verteilbreiten nach Tab. 14, bei Rand- und Eckstützen auch untere Mindestbewehrung erforderlich
7	10.5.5 (5)	Mindestdurchstanzbewehrung: für Platten mit $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$ ist $\min \rho_w = 0,60 * \rho$ , für Platten mit $V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$ ist $\min \rho_w = 0$ , Bügeldurchmesser $\leq 0,05 * d$ (Nutzhöhe Platte), Plattendicke $\geq 20$ cm bei bügelbewehrter Platten
8	13.3.3 (3)	Erforderlicher Anteil der Bügel an der Querkraftbewehrung: Bei Platten $V_{Ed} > 0,30 * V_{Rd,max}$ Anteil der Bügel mind. 50% $V_{Ed}$ , bei Platten $V_{Ed} \leq 0,30 * V_{Rd,max}$ keine Bügel erforderlich, Querkraftzulagen oder Schrägstäbe allein ausreichend.
9	13.3.3 (2)	Mindestquerkraftbewehrung: Für Platten $b/h > 5$ mit $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$ ist $\min \rho_w = 0,60 * \rho$ , für Platten $b/h > 5$ mit $V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$ ist $\min \rho_w = 0$ , keine Querkraftbewehrung, für Verhältnisse $4 \leq b/h \leq 5$ muss zwischen $1,0 * \rho$ und $0,6 * \rho$ interpoliert werden.
10	13.3.2 (1)	ungewollte Einspannungen: Bemessungsmoment für Einspannung $M = 0,25 * M_{Ed,Feld}$ , 50 % Feldbewehrung über dem Auflager verankern
11	13.4.3 (5)	Verbundsicherungsbewehrung bei mit Ortbeton ergänzten Platten: $6,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ auf $0,75$ m Breite

Nr.	DIN 1045-1 Abschnitt	<b>Mindestbewehrungen und Anmerkungen für <u>Balken und Plattenbalken</u></b>
12	8.6.8 (5)	Gabellagerung für Torsionsmoment: $T_{Ed} = V_{Ed} l_{eff} / 300$
13	8.2 (3)	Bei Druckzonenhöhen $x_d > 0,45 * d$ und $C \leq 50/60$ ( $x_d > 0,35 * d$ und $C \geq 55/67$ ) ist eine Umschnürung mit Bügeln Durchmesser 10 mm und $s_{max}$ nach Tab. 31 Zeile 3 erforderlich, $s_{max} = 0,25 * h$ oder $s \leq 200$ mm.
14	13.2.1 (1)	ungewollte Einspannungen: Bemessungsmoment für Einspannung $M = 0,25 * M_{Ed,Feld}$ , 25 % Feldbewehrung über dem Auflager verankern
15	13.2.3 (5)	Bei Balken $b/h < 4$ darf die Querkraftbewehrung den Wert $\min \rho_w = 1,0 * \rho$ nicht unterschreiten. In Verbindung mit der Tab. 29 und Gleichung 114 kann die Mindestquerkraftbewehrung ermittelt werden.
16	13.2.3 (2)	Bügelanteil mindestens 50% der gesamten Querkraftbewehrung
17	13.2.5	Oberflächenbewehrung bei $d_s > 32$ mm oder $d_{sv} > 32$ mm ist eine Oberflächenbewehrung nach Bild 69 erforderlich. $A_{s,surf} \geq 0,02 * A_{ct,ext}$ , wobei $A_{ct,ext}$ die Betonfläche in der Zugzone außerhalb der Bügel ist.

Nr.	DIN 1045-1 Abschnitt	<b>Mindestbewehrungen und Anmerkungen für <u>Stützen</u></b>
18	13.5.2 (1)	Der Mindestwert der gesamten Querschnittsfläche der Längsbewehrung $A_{s,min}$ ist nach Gleichung 155 zu ermitteln: $A_{s,min} = 0,15 *  N_{Ed}  / f_{yd}$
19	13.5.3	Bügelabstand $a \leq 12 * \varnothing$ Längsbew. bzw. $\leq 300$ mm bzw. $\leq b_{min,Stütze}$ Diese Bügelabstände sind unmittelbar über und unter Balken (Platten) über eine Höhe gleich der größeren Abmessung des Stützenquerschnitts mit dem Faktor 0,6 zu vermindern. Ab $\varnothing 16$ mm ist dies auch im Übergreifungsstoß der Längsbewehrung erforderlich; d.h. der Bügelabstand beträgt $12 * 16 * 0,6 = 115$ mm.

Nr.	DIN 1045-1 Abschnitt	<b>Mindestbewehrungen und Anmerkungen für <u>Wände und wandartige Träger</u></b>
20	13.6 (2)	Wandartige Träger: Mindestquerschnitt je Außenfläche und Richtung: $a_s = 1,50 \text{ cm}^2/\text{m}$ oder 0,075% des Betonquerschnitts $A_c$ , Bewehrungsabstand $\leq 300$ mm bzw. $\leq 2 * h$ (Wanddicke)
21	13.7.1 (3)	Wände: die Mindestbewehrung in Wänden als Druckglieder beträgt: $A_{s,min} = 0,15 \% * A_c$ Für $N_{Ed} \geq 0,3 * f_{cd} * A_c$ oder $\lambda > \lambda_{max}$ nach Abschnitt 8.6.3 $A_{s,min} = 0,30 \% * A_c$

Nr.	DIN 1045-1 Abschnitt	<b>Mindestbewehrungen Allgemein</b>
22	13.1.1.	Mindestrissmoment $M_{cr} = f_{ctm} * W_c$ bei reiner Biegung, $\min A_s \approx M_{cr} / (z * f_{yk})$ , nicht für Einzelftdte ohne Zwang
23	11.2.2	Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite: $\min A_s = kc * k * A_{ct} * f_{ct,eff} / \sigma_s$ , nicht für Streifenfddte ohne Zwang