

Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 16 (1974)

Artikel: Bemessung von Stahlbeton-Fertigteilstützenstössen

Autor: Brandt, Bernd / Schäfer, Horst G.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-15749>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

IV

Bemessung von Stahlbeton-Fertigteilstützenstößen

Detailing of Precast Columns Reinforcement Near the Joints

Dimensionnement des raccords de colonnes préfabriquées en béton armé

Bernd BRANDT Horst G. SCHÄFER
TH Darmstadt, BRD

1. Einleitung

Im Hochhausbau dienen Fertigteilstützen vorwiegend zur Übertragung reiner Druck-Normalkräfte. Im Stoßbereich muß der Traganteil der Längsbewehrung und des eventuell abplatzenden Betonmantels von der Kernquerschnittsfläche mit übernommen werden. Dadurch treten sowohl erhöhte Betondruckbeanspruchungen als auch Spaltzugkräfte auf, die eine Querbewehrung erfordern, um die Tragfähigkeit einer ungestoßenen Stütze zu erreichen.

Im vorliegenden Bericht sollen für Stützen mit Kreis- und Quadratquerschnitt, die zentrisch belastet und nicht knickgefährdet sind, Bemessungsdiagramme zur Ermittlung der Querbewehrung im Stoßbereich angegeben werden.

2. Mörtelfuge

Versuche zur Ausbildung und Tragfähigkeit von Stützenstößen mit dünnen Mörtelfugen haben gezeigt, daß primär nicht die Mörtelfuge für die Tragfähigkeit des Stoßes verantwortlich ist, sondern die konstruktive Durchbildung des Stützenfußes [1 bis 3].

Bei einer satt verfüllten, dünnen Fuge ($d/c \geq 7$) behindern die an die Fuge anschließenden Fertigteile durch Reibungskräfte eine Querdehnung des Mörtels. Diese Querdehnungsbehinderung erhöht die Tragfähigkeit des Fugenmörtels, da sich ein dreiaxialer Spannungszustand einstellt. Bei verdeckten Fugen wird die Querdehnung zusätzlich durch den umgebenden Deckenbeton behindert, so daß theoretisch sogar eine Sandfüllung zur Lastübertragung ausreichen würde. Aufgrund der oben genannten Versuche reicht es aus, wenn die Güte des Fugenmaterials der Güte des Stützenbetons entspricht.

3. Einfache Modelle zur Herleitung von Bemessungsformeln

3.1 Prinzip der Lastabtragung

Im Bereich des Stützenfußes müssen die Traganteile der Längsbewehrung F und des Betonmantels F_m in den Stützenkern umgelenkt werden. Die gesamte umzulenkende Kraft F^* beträgt:

$$F^* = F_s + F_m = A_s \cdot \beta_{0.2} + A_m \cdot \beta_R \quad (1)$$

Der Lastanteil F wird im Einleitungsbereich über Haft- und Scherkräfte an die Bewehrungsstäbe abgegeben. Für die weiteren Überlegungen wird als Länge des Lasteinleitungsbereiches, die durch eine erhöhte Querbewehrung verkürzt werden kann [4], näherungsweise die Stützendicke d , mindestens jedoch 30 cm, angesetzt.

Versuche zeigen [5], daß die Kraft in der Längsbewehrung vom Ende an ($z = 0$) sehr rasch anwächst und sich der Verlauf recht gut durch einen Kreis beschreiben läßt. Das Verhältnis der örtlichen Betonüberlastung $F'(z)$ zum rechnerischen Stahltraganteil F_s beträgt also angenähert:

$$\frac{F'(z)}{F_s} = 1 - \sqrt{\frac{z}{d} \left(2 - \frac{z}{d}\right)} \quad (2)$$

Der Einfachheit halber wird für den Traganteil F des Betonmantels näherungsweise die gleiche Gesetzmäßigkeit zugrunde gelegt. Die gesamte betondruckerhöhende Belastung ergibt sich durch Summation über die Länge des Lasteinleitungsbereiches zu $0.215 F^*$.

Der Traganteil F des Betonmantels hängt von der Dicke und Lage der Fuge ab. Bei "freien" Fugen, die ober- oder unterhalb der Deckenscheibe liegen, wird angenommen, daß die Fuge um eine halbe Fugendicke ($c/2$) ausplatzen kann, mindestens jedoch um das Maß h' . Bei "verdeckten" Fugen, die innerhalb der Deckenscheibe liegen, ist die Dicke des Betonmantels immer mit h' anzusetzen.

Die Querbewehrung hat im Lasteinleitungsbereich also folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Wirksame Behinderung der Querdehnung; dadurch erreicht man eine Verkürzung des Lasteinleitungsbereiches und die Ausbildung eines dreiaxialen Spannungszustandes. Dieser ermöglicht die Aufnahme der erhöhten Betondruckbeanspruchungen.
- Aufnahme von Spaltzugkräften, die durch Umlenkung der Kräfte der Längsbewehrung und des Betonmantels in den Kernbereich der Stütze entstehen.

3.2 Ermittlung der Querbewehrung für Stützen mit Kreisquerschnitt

3.2.1 Aktivierung der dreiaxialen Festigkeit des Betons

Die Wendelbewehrung soll die Querdehnung des Betons wirksam behindern, so daß die dreiaxiale Festigkeit des Betons aktiviert wird. Dadurch kann der Kernbeton erheblich über die Prismenfestigkeit hinaus beansprucht werden, ehe der Bruch eintritt. Die Ringzugkraft Z_μ zur Behinderung der Querdehnung beträgt in Anlehnung an [6] mit einem mittleren Beiwert $\gamma = 1.7$:

$$Z_\mu = \frac{0.215 F^*}{\gamma \pi} = 0.040 F^* \quad (3)$$

Die dazu erforderliche Querbewehrung wäre entsprechend dem Kraftverlauf in den Längsstäben etwa im unteren Drittel des Lasteinleitungsbereiches anzuordnen.

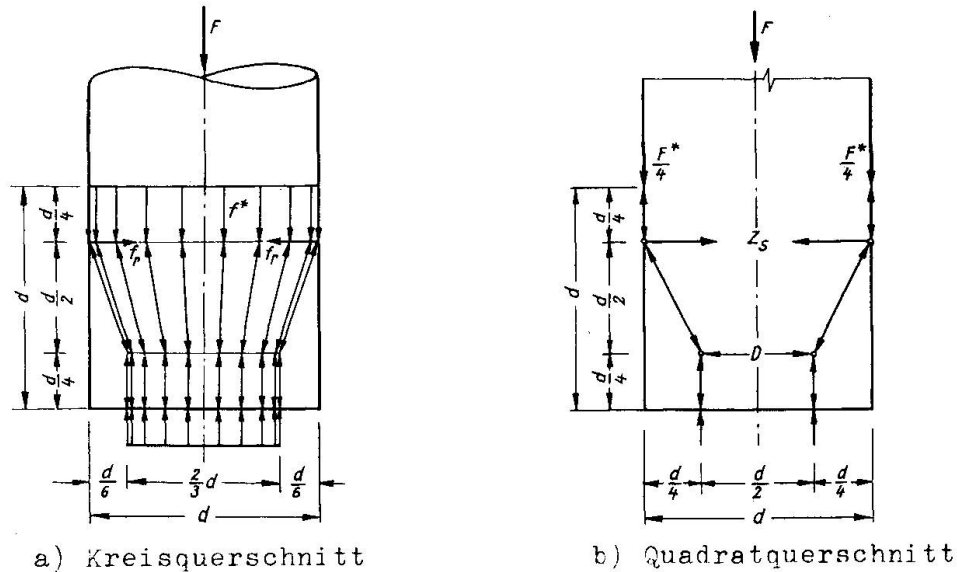


Bild 1: Fachwerkmodell zur Ermittlung der Spaltzugkräfte im Stützenfuß

3.2.2 Aufnahme der Spaltzugkräfte

Der Lastanteil $F_c - F_m$ wird von der Mörtelfuge in der Kernquerschnittsfläche A_n übertragen, ohne daß Spaltzugkräfte entstehen. Der Umlenkkräfte erzeugende Lastanteil F^* wird vereinfachend über den äußeren Umfang der Stütze als Linienlast f^* "verschmiert" angenommen.

Die Querzugkräfte können anschaulich und genügend genau mit dem Gedankenmodell eines Fachwerks ermittelt werden (Bild 1a). Das Fachwerk wird in den Störbereich, dessen Länge etwa dem Stützendurchmesser entspricht, so hineingelegt, daß Lage und Neigung der Fachwerkstäbe in groben Zügen dem Trajektorienverlauf angepaßt sind [7]. Zur Verteilung der Pressungen in der Fuge wird aufgrund der Ergebnisse einer Vergleichsrechnung mit Hilfe der Finite-Element-Methode eine gleichmäßige Spannungsverteilung angenommen [8].

Wie aus Bild 1a zu ersehen ist, erhält man unter Vernachlässigung der unterschiedlichen Stützen- und Fugendurchmesser aus der Lastumlenkung eine radial gerichtete Kraft $f_r = f^*/3$; diese bewirkt eine Ringzugkraft Z_s :

$$Z_s = \frac{F^*}{6\pi} = 0.053 F^* \quad (4)$$

3.3.2 Ermittlung der Querbewehrung für Stützen mit Quadratquerschnitt

Das räumliche Kräftespiel in Stützen mit Quadratquerschnitt kann näherungsweise durch eine getrennte Betrachtung der x- und y-Richtung erfaßt werden (Bild 1b). Es entstehen dann axial gerichtete Zugkräfte $Z_x = Z_y$.

Mit Hilfe der bereits erwähnten einfachen Modelle erhält man als Zugkräfte analog zu den Gln (3) und (4):

$$Z_{\mu x} = Z_{\mu y} = \frac{0.215 F^*}{2\gamma} = 0.063 F^* \quad (5)$$

$$Z_{sx} = Z_{sy} = F^*/8 = 0.125 F^* \quad (6)$$

Die Ermittlung der Spaltzugkräfte mit Hilfe eines Fachwerkmodells wurde durch Rechnungen an einem Scheibenmodell überprüft. Dabei wurden die Zugspannungen sowohl mit der Finite-Element-Methode als auch auf analytischem Wege bestimmt [8]. Der Vergleich ergab eine befriedigende Übereinstimmung für die Größe der Spaltzugkräfte. Abweichungen in der Lage der resultierenden Kräfte sind von untergeordneter Bedeutung, da man aus konstruktiven Gründen ohnehin eine gleichmäßig verteilte Querbewehrung anstreben wird. Dies bietet sich auch deshalb an, weil die Spaltzugbewehrung vorwiegend im oberen Teil und die "Umschnürungsbewehrung" im wesentlichen im unteren Teil des Einleitungsbereiches anzuordnen wäre.

Für Institutsbauten der Technischen Hochschule Darmstadt [1] und ein Verwaltungsgebäude im Olympischen Dorf in München [2] wurde die Tragfähigkeit von Fertigteil-Stützenstößen in Versuchen überprüft. Eine Nachrechnung mit Hilfe der hier mitgeteilten Formeln ergab eine gute Übereinstimmung [8].

3.4 Bemessungsvorschlag

Während die gesamte Ringzugkraft bei einer Stütze mit Kreisquerschnitt gemäß den Gln (3) und (4)

$$Z_t = 0.040 F^* + 0.053 F^* = 0.093 F^* \cong \frac{F^*}{10} \quad (7)$$

beträgt, ergibt sich bei einer Stütze mit Quadratquerschnitt als gesamte Querszugkraft in einem Axialschnitt gemäß den Gln (5) und (6)

$$Z_t = 0.063 F^* + 0.125 F^* = 0.188 F^* \cong \frac{F^*}{5} \quad (8)$$

Die zur Aufnahme der Ringzugkräfte erforderliche Wendelbewehrung schneidet einen Längsschnitt durch die Stützenachse an zwei Stellen. Wird die gesamte geschnittene Bewehrung mit A_t bezeichnet, kann man zur Bemessung kreisförmiger und quadratischer Stützenstöße die gleichen Formeln und Diagramme benutzen.

Die für die Bemessung angesetzte Stahlspannung sollte im Hinblick auf die Verformungen nicht zu hoch gewählt werden. Es wird vorgeschlagen, die Bruchzugkräfte mit $\beta_{0.2}$ aufzunehmen und als Sicherheitsfaktor $\gamma = 2.1$ anzusetzen. Die erforderliche Querbewehrung A_t folgt mit Gl (1) zu

$$A_t = A_{t1} + A_{t2} = \frac{A_s}{5} + \frac{A_m}{5} \frac{\beta_R}{\beta_{0.2}} \quad (9)$$

Bezieht man die erforderliche Bewehrung auf die Betonquerschnittsfläche A_c , dann erhält man für den erforderlichen Bewehrungsgrad:

$$\mu_t = \mu_{t1} + \mu_{t2} = \frac{1}{5} \mu_1 + \frac{1}{5} \frac{A_m}{A_c} \frac{\beta_R}{\beta_{0.2}} \quad (10)$$

Gl (10) kann in einem Diagramm dargestellt werden. Bild 2 zeigt ein solches Diagramm für in der BRD übliche Werkstoffe.

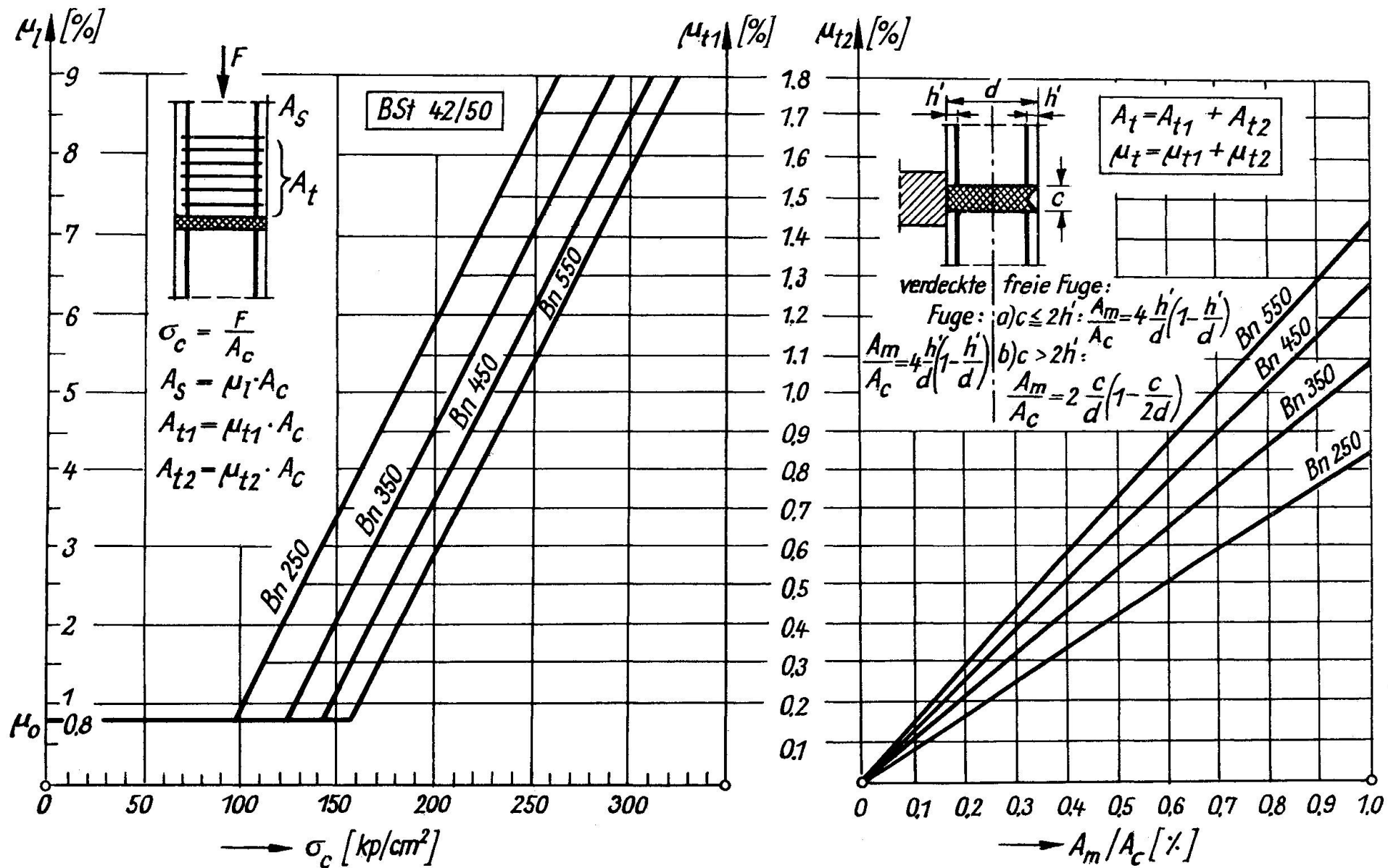


Bild 2: Bemessungsdiagramme für Stützen und Stützenstöße mit Kreis- und Quadratquerschnitt

4. Konstruktive Durchbildung

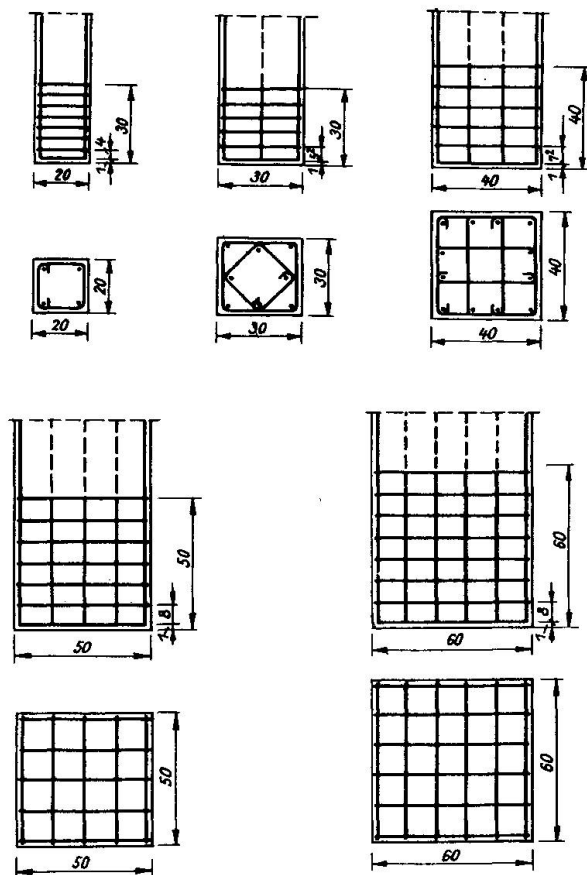
Die erforderliche Querbewehrung wird bei Stützen mit Kreisquerschnitt als Wendel eingelegt, bei Stützen mit Quadratquerschnitt als engmaschige Orthogonalbewehrung. Dabei wird die sofortige Lastaufnahme an den Stäben durch Bügelecken oder angeschweißte Querstäbe gewährleistet.

Im Lasteinleitungsbereich sollte eine Mindestquerbewehrung im Hinblick auf die Betondruckerhöhung und die Spaltzugkräfte eingehalten werden. Dafür wird vorgeschlagen:

$$\min \mu_t = 0.6 \frac{50}{d [\text{cm}]} \geq 0.6 [\%] \quad (11)$$

Bild 3 zeigt Vorschläge für die Anordnung der Mindestquerbewehrung bei Stützen mit Quadratquerschnitt. Eine Mindestquerbewehrung, die über die normale Verbügelung hinausgeht, kann entfallen, wenn der Kernbeton in der Lage ist, die gesamte Stützenlast allein aufzunehmen.

Ist aus statischen Gründen eine geringere Anzahl von Längsbewehrungsstäben erforderlich als in den Skizzen angegeben, so sind im Lasteinleitungsbereich zusätzliche Längsstäbe vom gleichen Durchmesser der Bügelbewehrung anzuordnen. Nur bei einer solchen kubischen Anordnung der Bewehrung kann der vorhandene räumliche Spannungszustand optimal durch Bewehrung abgedeckt werden. Für Stützen mit Kreisquerschnitt ist die Wendelbewehrung die beste Lösung.



a) $d \leq 40 \text{ cm}$:

Bügel oder geschweißte Netze

b) $d > 40 \text{ cm}$:

Geschweißte Netze

Bild 3: Vorschlag für eine Mindestquerbewehrung für Stützen mit Quadratquerschnitt (Bügeldurchmesser 8 mm)

Bezeichnungen

d	= Stützendicke	[cm]
c	= Fugendicke	[cm]
h'	= Betonüberdeckung der Längsbewehrung	[cm]
A_c	= Fläche des Stützenquerschnitts	[cm ²]
A_c^n	= Kernquerschnittsfläche der Fuge	[cm ²]
A_m^n	= $A_c - A_c^n$ = Querschnittsfläche des Betonmantels	[cm ²]
A_s	= erforderliche Längsbewehrung	[cm ²]
A_t	= erforderliche Querbewehrung in einem Längsschnitt mit der Länge d durch die Stützenachse	[cm ²]
$\beta_{0.2}$	= Stahlspannung bei einer Dehnung von 0.2 %	[kp/cm ²]
β_R	= Rechenwert der Betonfestigkeit	[kp/cm ²]
F_s	= Traganteil der Längsbewehrung	[kp]
F_c	= Traganteil des Stützenbetons	[kp]
F_m	= Traganteil des Betonmantels	[kp]
F^*	= $F_s + F_m$ = Umlenkkräfte erzeugender Lastanteil der Stütze	[kp]
f^*	= $F^*/\pi d$ = Umlenkkräfte erzeugender Lastanteil der kreisförmigen Stütze	[kp/cm]
Z_μ	= Zugkraftanteil infolge Querdehnungsbehinderung	[kp]
Z_s	= Zugkraftanteil infolge Lastumlenkung	[kp]
Z_t	= $Z_\mu + Z_s$ = Ringzugkraft bei kreisförmigen Stützen, Querkraft bei quadratischen Stützen	[kp]
f_r	= Radialkraft infolge Lastumlenkung bei der kreisförmigen Stütze	[kp/cm]
γ	= 2.1 = Sicherheitsbeiwert	[-]
μ_l	= $A_s/A_c \cdot 100$ = Längsbewehrungsgrad	[%]
μ_t	= $A_t/A_c \cdot 100$ = Querbewehrungsgrad	[%]

Literatur

- [1] Weigler, H., u. J. Nicolay: Prüfung von Fertigteil-Stützenstößen auf ihre Tragfähigkeit. Technische Hochschule Darmstadt, Institut für Massivbau, Prüfungsbericht Nr. 568.66 vom 15.8.1966.
- [2] Zimmermann, W., u. H. Dieterle: Belastungsversuche an gestoßenen Stützen. Otto-Graf-Institut an der Technischen Hochschule Stuttgart, Prüfungsbericht Nr. S 11659 vom 25.3.1970.
- [3] Stiller, M.: Die Bemessung von Mörtelfugen. Betonstein-Zeitung 1970, S. 366/69.
- [4] Leonhardt, F., u. K.-T. Teichen: Druck-Stöße von Bewehrungsstäben und Stahlbetonstützen mit hochfestem Stahl St 90. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 222. Berlin: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn 1972.
- [5] Franz, G., M. Sommer u. W. Eisenbiegler: Lasteintragung in die Bewehrung von Stahlbetondruckgliedern. Universität Karlsruhe (TH), Institut für Beton und Stahlbeton. Bericht für das AIF-Forschungsvorhaben Nr. 1689 vom 1.7.1970.
- [6] Müller, K.F.: Beitrag zur Berechnung der Tragfähigkeit wandelbewehrter Stahlbetonsäulen. CEB, Bulletin d'information, Nr. 69, 1968.
- [7] Leonhardt, F.: Spannbeton für die Praxis. Berlin: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn 1962.
- [8] Brandt, B., u. H.G. Schäfer: Verbindung von Stahlbetonfertigteilstützen. Technische Hochschule Darmstadt, Forschungsberichte der Arbeitsgruppe Massivbau, Nr. 12, 1973.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Fertigteilbau erfordert die Ausbildung der Stützenstösse in statistischer und konstruktiver Hinsicht besondere Sorgfalt. Durch Versuche kann nachgewiesen werden, dass es ausreicht, wenn die Güte des Fugenmaterials der Güte des Stützenbetons entspricht. Im Lasteinleitungsbereich von Stützen mit Kreisquerschnitt ist eine Wendelbewehrung zur Erhöhung der Betondruckfestigkeit und zur Aufnahme der Spaltzugkräfte vorzusehen, bei Stützen mit Quadratquerschnitt eine gleichmässig verteilte, kubische Bewehrung. Für die erforderliche Bewehrung werden einfache Formeln, Bemessungsdiagramme und Vorschläge zur konstruktiven Durchbildung angegeben.

SUMMARY

Detailing of precast column reinforcement near the joints requires special accuracy. Tests have shown that it is sufficient, when the quality of the joint mortar corresponds to the concrete of the columns. In the joint region of circular columns a spiral reinforcement is needed for increasing the compression-strength and against the splitting forces; for square columns a uniformly distributed cubic reinforcement is recommended. Simple formulas, design charts and suggestions for the layout of the reinforcement are given.

RESUME

Dans la préfabrication, la conception des raccords de colonnes requiert un soin particulier du point de vue statique et constructif. Les essais montrent que la qualité du matériel de raccord correspond à celle du béton de la colonne est suffisante. Dans la zone d'introduction des efforts, il faut prévoir pour des sections circulaires une armature en spirale qui augmente la résistance à la compression du béton et qui reprend les forces de traction fissurantes, et pour les sections carrées une armature cubique régulièrement répartie. On donne des formules simples, des diagrammes de dimensionnement et des conseils constructifs relatifs à l'armature nécessaire.