

**Deutsche
Demokratische
Republik**

Betonbau
Nachweis der Trag- und Nutzungsfähigkeit
Konstruktionen aus Beton und Stahlbeton

TGL
33405/01

Gruppe 20000

Uwe Friedrich

Бетонное и железобетонное строительство

**Расчёт по предельным
состояниям несущей
способности и эксплуатации**
Бетонные и железобетонные конструкции

Concrete Construction
**Ultimate and Serviceability
Limit State Design**
Concrete and Reinforced Concrete Structures

Kapellenstraße 12
1403 Bockau/Erzg.

Deskriptoren: Betonbau; Tragfähigkeit; Nutzungsfähigkeit;
Beton; Stahlbeton

Für neu auszuarbeitende Projektlösungen und Angebotsprojekte, ausgenommen für Straßen- und Eisenbahnbrücken sowie Betondeckschichten für Straßen
verbindlich ab 1.7.1981

Für bestehende Angebotsprojekte und wiederverwendungsfähige Projektlösungen ab deren planmäßiger Überarbeitung, spätestens jedoch verbindlich ab 1.1.1986

Verbindlich ab 1. 1. 1986

Abweichungen von diesem Standard sind zulässig, wenn sie durch Theorie oder Versuche ausreichend begründet sind und der Nachweis dafür erbracht wurde.

Dieser Standard gilt für die Nachweisführung nach Grenzzuständen und die bauliche Durchbildung von Bauwerken, Bauwerksteilen und Bauteilen aus Beton, Leichtbeton, Stahlbeton, Stahlleichtbeton, Glasstahlbeton sowie von Stahlsteindecken.

In diesem Standard sind die Festlegungen des
ST RGW 1406-78^{*1)}

enthalten entsprechend der Konvention über die Anwendung der Standards des Rates für gegenseitige Wirtschaftshilfe.

Weitere Informationen hierzu siehe Abschnitt "Hinweise".

Vorbemerkung

Für die Umrechnung der bisher gebräuchlichen Einheiten gilt folgende Beziehung:

$$10 \text{ kp/cm}^2 = 1 \text{ N/mm}^2 \text{ (gerundeter Wert)}$$

*1) für die vertragsrechtlichen Beziehungen zur ökonomischen und wissenschaftlich-technischen internationalen Zusammenarbeit verbindlich ab 1. 7. 1981

Fortsetzung Seite 2 bis 45

Verantwortlich: VEB Betonleichtbaukombinat, Dresden
Bestätigt: 27.10.1980 Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung, Berlin

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Begriffe und Formelzeichen	2
2. Nachweis der Tragfähigkeit	3
2.1. Grundsätze	3
2.2. Biegung, Biegung mit Längskraft, Längskraft	4
2.3. Querkraft, Torsion und Querkraft mit Torsion	7
2.4. Örtliche Beanspruchungen	12
2.5. Stabilität	14
3. Nachweis der Nutzungsfähigkeit	16
3.1. Grundsätze	16
3.2. Spannungsermittlung	16
3.3. Spannungsumlagerung	16
3.4. Rißbreite	16
3.5. Durchbiegung	18
4. Bewehrungskonstruktion	19
4.1. Betondeckung	19
4.2. Stababstände	20
4.3. Formgebung der Bewehrungsstäbe	20
4.4. Bewehrungsführung bei Biegebeanspruchung	21
4.5. Verankerung der Bewehrung	22
4.6. Verbundsicherung der Biegezugbewehrung	27
4.7. Bewehrungsstöße	27
4.8. Umlenkbewehrung	30
5. Besondere Forderungen an Bauteile	30
5.1. Platten und Rippendecken	30
5.2. Balken und Plattenbalken	36
5.3. Druckglieder	36
5.4. Ebene und räumliche Flächentragwerke	38
5.5. Konsolen und Krag­scheiben	39
5.6. Fundamente	40
6. Fertigteilkonstruktionen	40
6.1. Bauwerksaussteifung	40
6.2. Besonderheiten der Berechnung	40
6.3. Besonderheiten der konstruktiven Durchbildung	41
7. Brandschutztechnische Forderungen	41
7.1. Grundsätze	41
7.2. Einflußgrößen auf den Feuerwiderstand	41

1. BEGRIFFE UND FORMELZEICHEN

Tabelle 1 Begriffe

Bennennung

Erklärung

Beton-, Leichtbetonkonstruktionen
unbewehrte mit einer konstruktiven Bewehrung, siehe TGL 33402, versehene Konstruktionen aus Beton und gefügedichtem Leichtbeton

Stahlbeton-, Stahlleichtbetonkonstruktionen
mit einer Bewehrung zur Aufnahme der Schnittgrößen versehene Konstruktionen aus Beton und gefügedichtem Leichtbeton

Glasstahlbetonkonstruktionen
Stahlbetonrippenkonstruktionen mit auf Druck mitwirkenden Glaskörpern

Stahlsteindecken
einachsig gespannte, bewehrte Ziegeldecken, bei denen die Ziegel so ausgebildet und verlegt sind, daß sie zur Kraftübertragung mit herangezogen werden können

konstruktive Bewehrung
nicht aus Schnittgrößen rechnerisch ermittelte Bewehrung

Auflager
Ort der Unterstützung, z. B. einer Platte, eines Balkens, durch den die Resultierende der Auflagerreaktion verläuft

Tabelle 2 Formelzeichen

Formelzeichen	Benennung	Formelzeichen	Benennung
b	Querschnittbreite	$S'_{b,0}$	statisches Moment der Betondruckzone, bezogen auf die Nulllinie
b_w	Stegbreite		
b_{ef}	mitwirkende Breite	$S_{bt,0}$	statisches Moment der Betonzugzone, bezogen auf die Nulllinie
h	Querschnittshöhe	$S_{si,s}$	statisches Moment der Bewehrung in der Faser i, bezogen auf Achse s
h_s	Nutzhöhe	$I'_{b,0}$	Trägheitsmoment der Betondruckzone, bezogen auf die Nulllinie
h'_s	Abstand der Druckbewehrung vom gedrückten Rand	I_b	Trägheitsmoment des Betonquerschnittes, bezogen auf den Schwerpunkt des Betonquerschnittes
x	größter Abstand der Nulllinie vom Druckrand	I_s	Trägheitsmoment des Bewehrungsquerschnittes, bezogen auf den Schwerpunkt des Betonquerschnittes
x_R	rechnerische Höhe der Betondruckzone	α_s	Verhältnis der Elastizitätsmoduln von Bewehrung und Beton
z	innerer Hebelarm	σ	Spannung
d	Bewehrungsdurchmesser, allgemein	λ	Schlankheit
u	Bewehrungsumfang	μ	Bewehrungsverhältnis
e	Ausmittigkeit ($e_0 + e_a$)	M_u	Moment
i	Trägheitsradius	N_u	Normalkraft
l	Stützweite	Q_u	Querkraft
l_0	Knicklänge	T_u	Torsionsmoment
l_i	ideelle Länge		Tragfähigkeit des Querschnittes
s	Abstand der Bewehrung untereinander, allgemein	$M(R)$	Moment
c	Betondeckung	$N(R)$	Normalkraft
w	Rißbreite, allgemein	$Q(R)$	Querkraft
A_b	Betonfläche, allgemein	$T(R)$	Torsionsmoment
A_s	Querschnittsfläche der schlaffen Bewehrung, allgemein		
A_q	Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung		

2. NACHWEIS DER TRAGFÄHIGKEIT

2.1. Grundsätze

2.1.1. Nachweise ausreichender Tragfähigkeit sind unter Berücksichtigung von TGL 33402 und von TGL 33403, sowie hinsichtlich der Bewehrungskonstruktion unter Beachtung des Abschnittes 4 zu führen. Die Schnittgrößen sind nach TGL 33404/01 zu ermitteln.

2.1.2. Die bei der Wirkung von äußeren Druckkräften einzuführende Ausmittigkeit (e) ist aus der planmäßigen Ausmittigkeit (e_0) und der zufälligen Ausmittigkeit (e_a) zu bilden.

Die in jedem Querschnitt einschließlich der Anschlüsse zu berücksichtigende zufällige Ausmittigkeit ist entsprechend den Ausführungs- und Konstruktionsbedingungen, jedoch mindestens mit dem größten der nachfolgenden Werte in der Ebene der für den Lastfall jeweils zu berücksichtigenden Ausmittigkeit ungünstig wirkend, einzuführen.

$e_a = 1/30$ der zugeordneten Querschnittsmaße

$e_a = 10$ mm

$e_a = 1/600$ der Systemlänge als Abstand der Stabendpunkte

e_a bleibt unberücksichtigt bei

- aussteifenden senkrechten Bauteilen, wenn der Einfluß der zufälligen Ausmittigkeit und Maßabweichung in der betrachteten Nachweisrichtung durch eine Schiefstellung δ_2 nach TGL 33404/01 erfaßt wird
- umschnürten Druckgliedern, wenn deren Tragkraft nach Gleichung (13) ermittelt wird.

2.1.3. Bei der Ermittlung der Nutzhöhe ist diese um 5 mm zu verringern; um fertigungsbedingte Abweichungen von den Sollmaßen zu berücksichtigen, sofern nicht ein geringeres Maß durch die Fertigung garantiert werden kann.

2.2. Biegung, Biegung mit Längskraft, Längskraft

2.2.1. Betonkonstruktionen

2.2.1.1. Auf Biegung und Biegung mit Längsdruck beanspruchte Konstruktionen unter Ansatz der Betonzugfestigkeit

Für den Nachweis der Tragfähigkeit ist von einer voll plastifizierten Zugzone und elastischem Verhalten der Druckzone auszugehen. Für die Spannung am gedrückten Querschnittsrand gilt Gleichung (1).

$$|\sigma'_b| = 2 \cdot R_{bt} \cdot \frac{x}{h-x} \leq R_b \quad (1)$$

Bei reiner Biegung ist der Tragfähigkeitsnachweis erbracht, wenn das nach Gleichung (2) errechnete Moment $M(R)$ gleich oder größer M_u ist.

$$M(R) = R_{bt} \left(\frac{2 \cdot J'_{b,0}}{h-x} + S_{bt,0} \right) \quad (2)$$

Hierbei ist der Abstand der Nulllinie (x) vom gedrückten Rand nach Gleichung (3) zu ermitteln, siehe Bild 1.

$$\frac{2 S'_{b,0}}{h-x} + A_{bt} = 0 \quad (3)$$

Die Tragfähigkeit ausmittig gedrückter Betonkonstruktionen ist für $|\sigma'_b| \leq R_b$ nachgewiesen, wenn die nach Gleichung (4) errechnete Normalkraft $N(R)$ gleich oder größer N_u ist. Hierbei ist Bedingung, daß das Produkt aus $N(R)$ mal Abstand von N_u zur Nulllinie gleich $M_0(R)$ nach Gleichung (5) ist. Dabei ist der Ausweichfaktor nach Abschnitt 2.5.2.2. zu berücksichtigen.

$$N(R) = R_{bt} \left(\frac{2 \cdot S'_{b,0}}{h-x} + A_{bt} \right) \quad (4)$$

$$M_0(R) = R_{bt} \left(\frac{2 \cdot I'_{b,0}}{h-x} + S_{bt,0} \right) \quad (5)$$

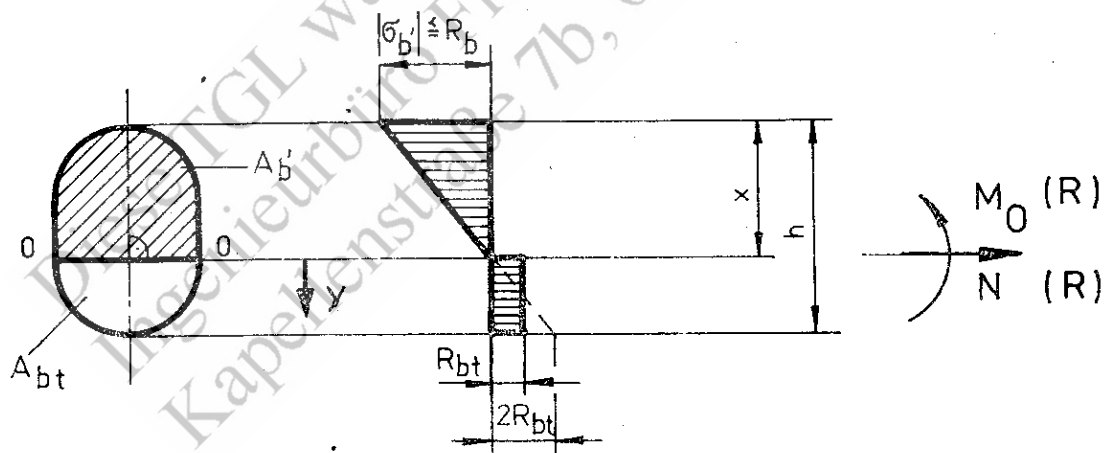


Bild 1

Die Tragfähigkeit ausmittig gedrückter Betonkonstruktionen ist für $|\sigma'_b| > R_b$ nach Gleichung (1) nachgewiesen, wenn die in Abhängigkeit von der Ausmittigkeit $\eta_{cr} \cdot e$ nach Gleichung (6) errechnete Normalkraft $N(R)$ gleich oder größer N_u ist.

$$N(R) = N_m - (N_m - N^*) \frac{\eta_{cr} \cdot e}{e^*} \quad (6)$$

In Gleichung (6) bedeuten:

N_m $-R_b A_{b0}$ (Normalkraft bei mittiger Beanspruchung);

N^* Längsdruckkraft nach Gleichung (4) für $x = \frac{R_b}{2 R_{bt} + R_b} h$

e^* Ausmittigkeit von N^* bezogen auf die Schwerachse

$e_0 + e_a$ Ausmittigkeiten von N_u bezogen auf die Schwerachse

η_{cr} Ausweichfaktor nach Abschnitt 2.5.2.2.

2.2.1.2. Auf Biegung mit Längsdruck beanspruchte Konstruktionen unter Ausschluß der Betonzugfestigkeit
Die Tragfähigkeit ist nachgewiesen, wenn die nach Gleichung (7) errechnete Normalkraft $N(R)$ gleich oder größer N_u ist. Dabei muß der Schwerpunkt der gedrückten Betonfläche A'_b siehe Bild 2, auf der Wirkungsgeraden von N_u liegen und $A'_b \geq 0,2 A_{b0}$ sein.

$$N(R) = -R_b \cdot A'_b \quad (7)$$

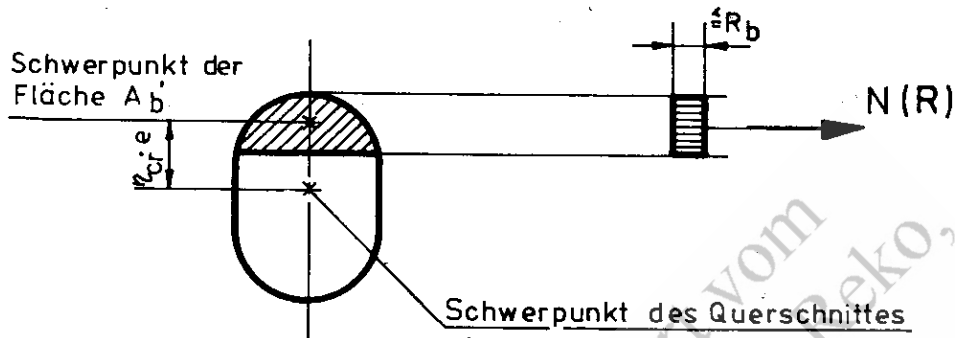


Bild 2

2.2.2. Stahlbetonkonstruktionen

2.2.2.1. Auf Biegung beanspruchte Stahlbeton- und Stahlleichtbeton- Querschnitte müssen eine Mindestbewehrung erhalten, die beim Übergang vom Zustand I in den Zustand II das Spröbruchversagen ausschließt. Diese Forderung gilt bei Einhaltung der auf den vorhandenen Querschnitt zu beziehenden Mindestbewehrung nach Tabelle 3 als erfüllt. Diese Bewehrung darf um 50 % unterschritten werden, wenn keine wesentlichen Zwangsbeanspruchungen vorhanden sind und die rechnerisch erforderliche Bewehrung um 15 % vergrößert wird. Dabei braucht aber keine größere Bewehrung als die Mindestbewehrung nach Tabelle 3 vorgesehen zu werden.

Bei profilierten Querschnitten, z. B. siehe Bild 6, darf die Mindestbewehrung auf die Breite des Querschnittes in Höhe der Bewehrungslage bezogen werden.

Tabelle 3 Mindestbewehrungsverhältnis

Stahl- klasse	min μ_s in % für die Betonklasse								
	Bk 10	Bk 12,5	Bk 15	Bk 20	Bk 25	Bk 30	Bk 35	Bk 40	Bk 45
0 und I	0,11	0,12	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29
III	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17
IV	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14
analy- tische Bezie- hung	$\min \mu_s = \frac{R_0}{R_{0s}} \left(1 - \sqrt{1 - 0,81 \frac{R_0}{R_b} \frac{bt}{b}} \right)$								

Die Mindestbewehrung druckbeanspruchter Querschnitte mit Ausmittigkeiten $e_0 \leq 0,5 h$ beträgt unabhängig von der Betonklasse und Stahlmarke 0,4 % des vorhandenen Betonquerschnittes und ist auf den Umfang gleichmäßig zu verteilen. Ist $e_0 > 2,5 h$ gilt die Mindestbewehrung für reine Biegung. Ist $0,5 h < e_0 \leq 2,5 h$ darf die Mindestbewehrung durch geradliniges Interpolieren bestimmt werden. Die Mindestbewehrung umschnürter Druckglieder beträgt 0,8 % des Kernquerschnittes.

2.2.2.2. Die Tragfähigkeit von Stahlbetonkonstruktionen ist nach den Gleichungen (8) und (9) zu ermitteln.

Bei reiner Biegung gilt mit $N(R) = 0$ die Gleichung (8) als Bedingung für die Lage der Spannungsnulllinie. Der Tragfähigkeitsnachweis ist erbracht, wenn $M_s(R)$ gleich oder größer M_u ist.

Bei Biegung mit Längskraft ist der Tragfähigkeitsnachweis erbracht, wenn $N(R)$ nach Gleichung (8) gleich oder größer N_u ist und die Bedingung der Gleichung (10a) oder (10b) erfüllt wird.

$$N(R) = -R_b A'_b + \sum \sigma_{si} A_{si} \quad (8)$$

$$M_s(R) = -R_b \cdot S'_{b,i} + \sum \sigma_{si} S_{si} \tag{9}$$

$$\frac{M_s(R)}{N(R)} = -\eta_{cr} \cdot e + y_{s1} \quad \text{bei Druckkraft} \tag{10a}$$

$$\frac{M_s(R)}{N(R)} = +e_0 + y_{s1} \quad \text{bei Zugkraft} \tag{10b}$$

In Gleichung (8) bis (10) bedeuten:

$$-R_s \leq \sigma_{si} = \frac{440}{1,1 - k_0} \cdot \left(\frac{k_0 \cdot h_{si}}{k_{xR} \cdot h_{s1}} - 1 \right) \leq R_s \quad \text{bei } k_{xR} \leq k_0 \tag{11}$$

$$\sigma_{si} = -500 \left[1 + \left(\frac{k_{xR} - k_0}{\frac{h}{h_{s1}} - k_0} - 1 \right) \cdot \frac{\frac{h_{si}}{h_{s1}} - 1,136 k_0 + 0,25}{1,25 - 1,136 k_0} \right] \geq -R_s \quad \text{bei } k_{xR} > k_0 \tag{12}$$

- σ_{si} Spannung in der Bewehrung im Abstand h_{si} vom Druckrand in N/mm^2
- A'_b Fläche der Betondruckzone
- A_{si} Bewehrungsfläche in der Faser i
- $S'_{b,1}$ statisches Moment der Betondruckzone bezogen auf die durch h_{s1} vorgegebene Achse 1
- $S_{si,1}$ statisches Moment der Bewehrung in der Faser i bezogen auf die durch h_{s1} vorgegebene Achse 1
- $\eta_{cr} \cdot e$ Produkt von dem Ausweichfaktor η_{cr} nach Abschnitt 2.5.2.2. und der Ausmittigkeit (e) nach Abschnitt 2.1.2.
- y_{s1} Abstand der Achse 1 vom Querschnittsschwerpunkt
- $k_{xR} \quad x_R : h_{s1}$

In Gleichung (11 und 12) ist $k_0 = \frac{x_R}{x}$ nach Tabelle 4 anzunehmen.
Tabelle 4 k_0 -Werte

Betonklasse	$\leq Bk 40$	Bk 60	analytische Beziehung
$k_0 = \frac{x_R}{x}$	0,80	0,60	$0,60 \leq 1,2 - \frac{R^n}{100} \leq 0,80$

Zwischenwerte sind linear zu interpolieren
Druckbewehrung bei Biegung ist grundsätzlich nur dann zu berücksichtigen, wenn

$$x_R \geq 2 h'_s \text{ ist.}$$

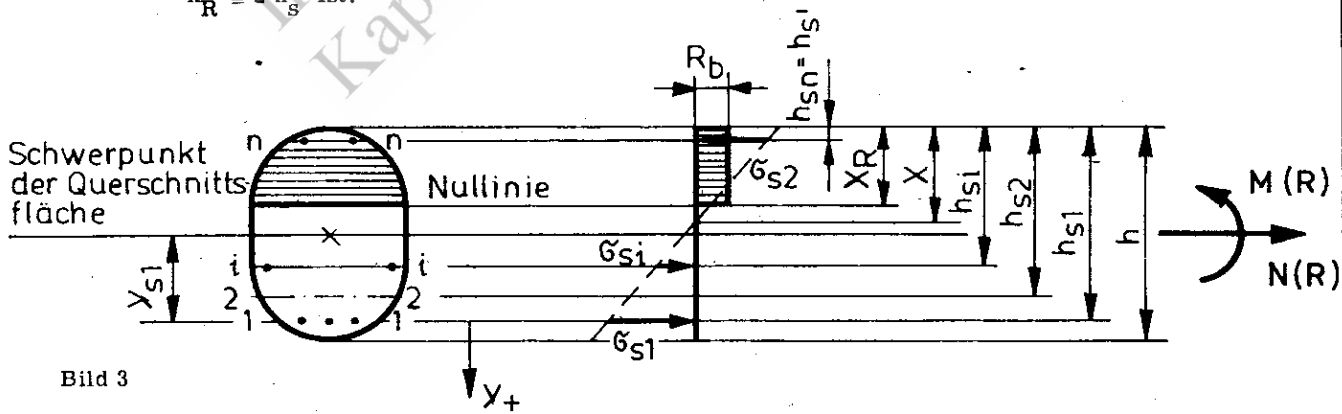


Bild 3

2.2.2.3. Bei dynamischer Beanspruchung ist zusätzlich zum Tragfähigkeitsnachweis für vorwiegend ruhender Beanspruchung nach Abschnitt 2.2.2.2. der Nachweis auf Ermüdungsfestigkeit zu führen. Hierbei dürfen die Spannungen σ_s und σ_b die Rechenfestigkeiten R_s und R_b nicht überschreiten. Die Spannungen sind nach der Elastizitätstheorie unter Ausschluß der Betonzugfestigkeit und unter Ansatz von Lastfaktoren gleich 1,0 zu ermitteln. Für nur auf Druck beanspruchte Stähle dürfen die Anpassungsfaktoren, die die Ermüdung berücksichtigen, zu $m_{s1} = 1$ angenommen werden. Sofern beim Tragfähigkeitsnachweis $x_R \leq 0,2 h'_s$ ist, darf statt mit den, den einzelnen Betonklassen zugeordneten α_s -Werten, mit $\alpha_s = 15$ gerechnet werden.

2.2.2.4. Die Tragfähigkeit umschnürter Druckglieder, die nur bei planmäßig mittigem Druck angewendet werden dürfen, ist nach Gleichung (13) zu bestimmen, siehe Bild 4.

$$N(R) = \psi_1 (N_b + N_s + N_{sk}) \quad (13)$$

In Gleichung (13) bedeuten:

$$N_b = R_b \cdot A_{bk} \quad (\text{Tragkraftanteil des umschnürten Betonkerns mit } A_{bk} = \frac{\pi}{4} d_{bk}^2)$$

$$N_s = R_s \cdot \sum A_{si} \quad (\text{Tragkraftanteil der Längsbewehrung})$$

$$N_{sk} = R_{sk} \cdot A_{sk} \quad (\text{Tragkraftanteil der Umschnürungsbewehrung mit } A_{sk} = \frac{2 \pi \cdot d_{bk} \cdot A_{s1}}{s_k} \text{ wobei } A_{s1} = \text{Querschnittsfläche des Umschnürungsstabes ist})$$

ψ_1 = Beiwert nach Tabelle 5

Der Tragkraftanteil N_{sk} darf nicht größer als $1,5 N_s$ sein.

Tabelle 5 Beiwert ψ_1

λ	≤ 20	40	60	80	100
ψ_1	0,95	0,88	0,77	0,64	0,52

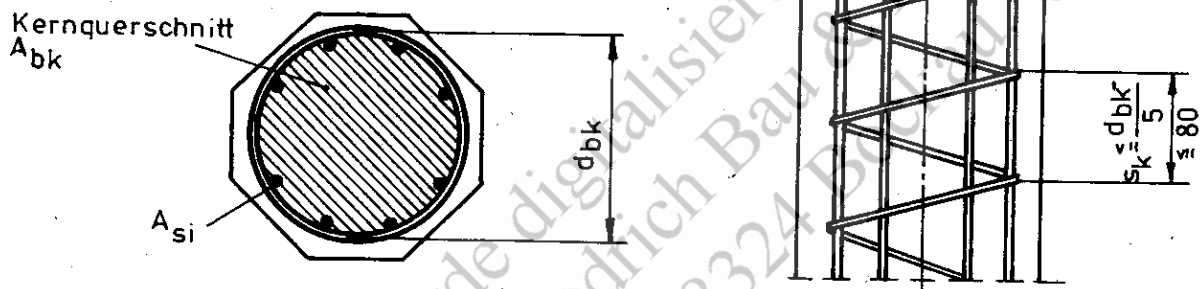


Bild 4

2.3. Querkraft, Torsion und Querkraft mit Torsion

2.3.1. Betonkonstruktionen

Die Tragfähigkeit ist nachgewiesen, wenn die Hauptspannungen die Rechenfestigkeiten nach TGL 33403 nicht überschreiten. In der Regel ist nur ein Nachweis in Höhe der Nulllinie zu führen.

2.3.2. Stahlbetonkonstruktionen mit Querkraftbeanspruchung

2.3.2.1. Rechenwert der Querkraft

Der Rechenwert der Querkraft Q_{ur} ist nach Gleichung (14) anzunehmen

$$Q_{ur} = \alpha_Q Q_u \pm \frac{|M_{us}| \tan \vartheta}{h_s} \quad (14)$$

In Gleichung (14) bedeuten:

- für direkt gestützte Bauteile mit direkter Lasteintragung bei gleichmäßig verteilten Lasten und bis zu den Auflagern durchgehender Feldbewehrung:

$$\alpha_Q = \frac{l}{4 h_s} \sqrt{h_s} \begin{matrix} \leq 1 \\ \geq 0,5 \end{matrix}$$

für Bauteile ohne oder mit konstruktiver Querkraftbewehrung nach Abschnitt 2.3.2.2. h_s in m

$$\alpha_Q = \frac{l}{8 \cdot h_s} \leq 1$$

für Bauteile mit rechnerischem Nachweis der Querkraftbewehrung nach Abschnitt 2.3.2.3.

Einzellasten im Abstand $s_F \leq 2 h_s$ vom theoretischen Auflager:

$$\alpha_Q = \frac{s_F}{2 \cdot h_s}$$

in anderen Fällen: $\alpha_Q = 1$

- für den 2. Term der negative Wert, wenn mit zunehmender Nutzhöhe auch der Absolutwert des Momentes zunimmt
- ϑ als Winkel zwischen Zug- und Druckgurt

Für Q_u ist in der Regel kein größerer Wert als der am Auflagerrand und bei Fundamenten als der im Abstand $0,5 \cdot h_s$ vom Lasteintragungsrand anzunehmen.

2.3.2.2. Konstruktionen ohne oder mit konstruktiver Querkraftbewehrung

Ist im betrachteten Bereich zwischen 2 Querkraftnullstellen der Rechenwert der Querkraft (Q_{ur}) nicht größer als der nach Gleichung (15) ermittelte Wert Q_1 , ist eine Querkraftbewehrung nicht oder nur konstruktiv erforderlich. Bei Querkraften (Q_{ur}) größer als Q_1 ist der Nachweis nach Abschnitt 2.3.2.3. zu führen.

$$Q_1 = \alpha_1 \cdot b_0 \cdot h_s \cdot R_{bt} \quad (15)$$

In Gleichung (15) bedeuten:

α_1 Beiwert nach Tabelle 6 unter Berücksichtigung der konstruktiven Forderungen.

b_0 geringste Querschnittsbreite zwischen dem Schwerpunkt der Zugbewehrung und der Betondruckzone

Tabelle 6 Beiwert α_1 und konstruktive Forderungen

Nr.	Bauteil, Querkraftbewehrung	Feldbewehrung		α_1
		gerade zum Auflager durchgeführt	Verankerung des Restanteiles in	
1	Balken, Plattenbalken und Rippendecken mit weniger als 3 Längsrippen je m ohne Querkraftbewehrung	$\cong 1/3$	Druckzone	0,3
2	Vollplatten, Hohlplatten und Rippendecken mit mindestens 3 Längsrippen je m ohne Querkraftbewehrung	$\cong 1/3$	Druckzone	0,6
3		$\cong 1/2$	Zugzone möglich	0,5
4	Stahlsteindecke ohne Querkraftbewehrung	$\cong 1/2$	Druckzone	0,6
5	Balken, Plattenbalken und Rippendecken mit konstruktiver Querkraftbewehrung je Bügelebene min. $A_{v1} = 0,25 \cdot b_0 \cdot s_v \cdot \frac{R_{bt}^0}{R_{sv}^0}$ und Bügelabstand $s_v \leq 1,5 h_s$	$\cong 1/3$	Druckzone	0,9
		$\cong 1/2$	Zugzone möglich	

2.3.2.3. Konstruktionen mit rechnerisch nachzuweisender Querkraftbewehrung

Der Betonquerschnitt ist so groß zu wählen, daß die Querkraft (Q_u) den Wert Q_2 nach Gleichung (16) nicht überschreitet

$$Q_2 = \alpha_2 \cdot b_0 \cdot h_s \cdot R_b \quad (16)$$

Dabei gilt für $R_b \leq 20 \text{ N/mm}^2$. Der Wert für α_2 ist, abhängig von der konstruktiven Ausbildung der Bewehrung, Tabelle 7 zu entnehmen.

Der erforderliche Querschnitt der Querkraftbewehrung A_q ist nach Gleichung (17) zu berechnen, siehe auch Bild 5.

$$A_q = \frac{A_v}{\sin \alpha_v} + A_d \frac{R_{sd}}{R_{sv}} = \frac{1}{R_{sv}} \int_{x_0}^{x_1} \eta \frac{Q_{ur}}{z} dx \quad (17)$$

Der Wert η darf im untersuchten Bereich als konstant mit dem maximalen Wert des Bereiches angenommen werden. Für glatte Stähle der Klasse IV ist R_{sv} und R_{sd} grundsätzlich nicht größer als 260 N/mm^2 anzunehmen.

In Gleichung (17) bedeuten:

- A_v Querschnitt der Bügelbewehrung im Abschnitt x_0 bis x_1
- A_d Querschnitt der Aufbiegungen im Abschnitt x_0 bis x_1
- α_v Winkel zwischen der Bügelebene und der Stabachse $\geq 45^\circ$
- R_{sd} Rechenfestigkeit der Aufbiegungen
- R_{sv} Rechenfestigkeit der Bügel
- η Korrekturwert, der die Mitwirkung der Betondruckzone und die Schrägrißneigung berücksichtigt, siehe Tabelle 8
- z Hebelarm der inneren Kräfte, angenähert $z = 0,9 h_s$

In Balkenabschnitten mit der Länge $2 h_s \leq \frac{l}{4}$ dürfen unabhängig vom Querkraftverlauf die Bügelabstände gleich gewählt werden.

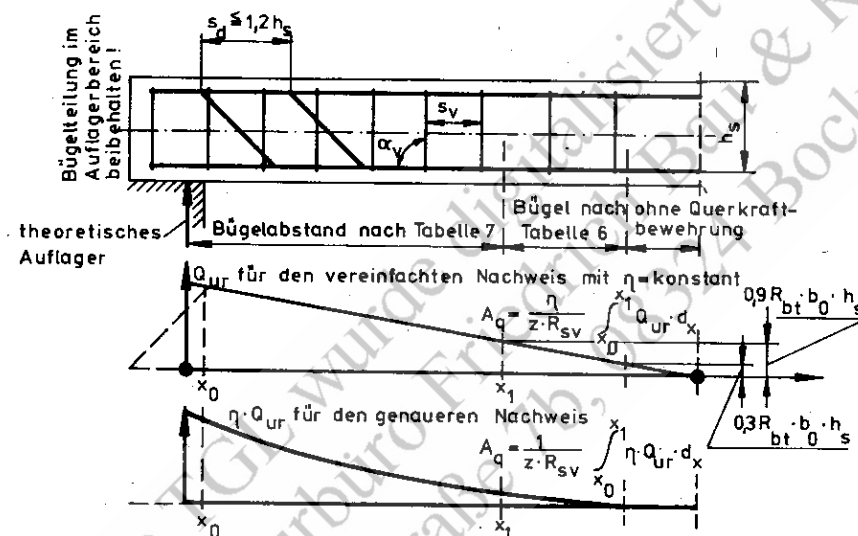


Bild 5

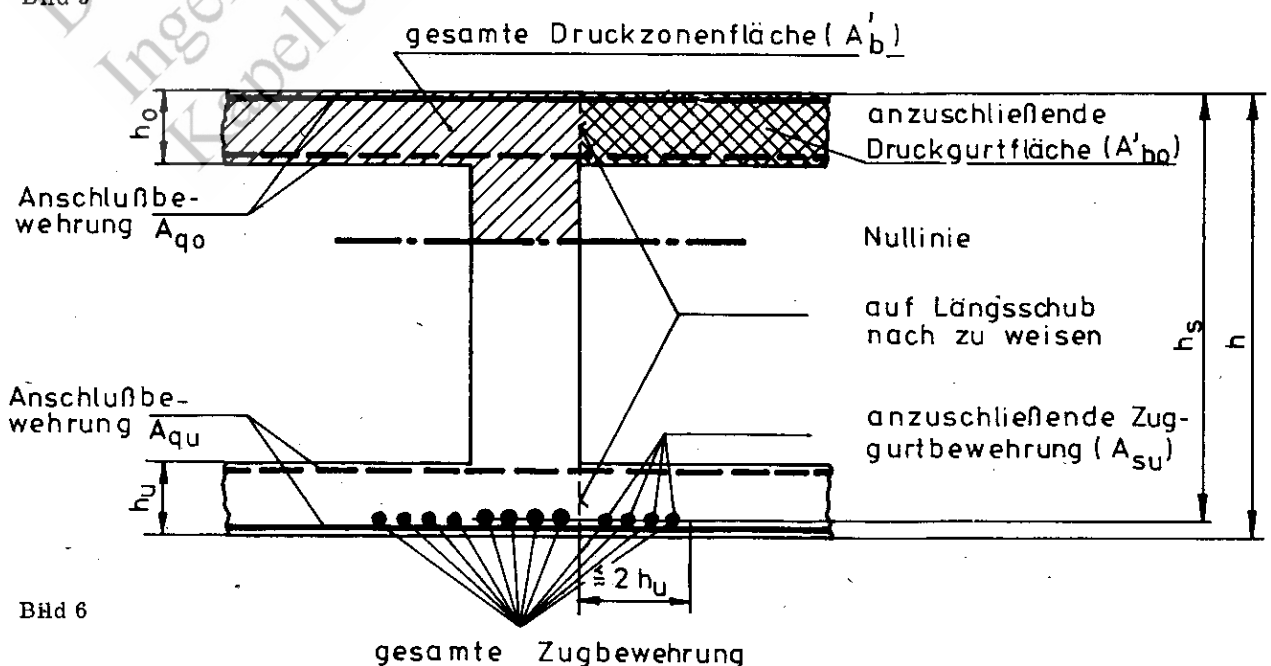


Bild 6

Tabelle 7 Beiwert α_2 und konstruktive Forderungen

Nr.	Bauteil Querkraftbewehrung	Feldbewehrung		konstruktive Forderungen an die Querkraftbewehrung			α_2
		gerade zum Auflager durchgeführt	Veranke- rung des Restan- teils in	Abstände	von Aufbie- gungen	von Bügeln	
1	Platten Aufbiegung allein; Aufbiegungen und Bügel; Bügel allein	$\geq 1/2$	Druckzone	in Spann- richtung	$\leq 2 h$	wie Nr. 2 und 3	0,16
				quer zur Spannrich- tung	$\leq 3 h$	$\leq 1,5 h$	
2	Balken Plattenbalken Rippendecken Platten ¹⁾ Aufbiegungen und Bügel; Bügel allein	$\geq 1/2$	Biegezug- zone möglich	Bügelanteil A_v : $\geq \frac{1}{3} A_q$, mindestens Bügel nach Ta- belle 6, Nr. 5 Bügelabstände in mm längs: $s_v = \frac{h_s}{\xi} \leq 1,5 \cdot h_s$ bzw. $\frac{750}{\xi}$ bei Zugnormalkraft $N_u > R_{bt}$ $b_0 \cdot h_s$ ist $s_v \leq \frac{1}{3} \cdot h_s$ für Leichtbeton gelten die 0,75fachen Werte für s_v $\xi = \frac{Q_{ur}}{R_{bt} \cdot b_0 \cdot h_s}$ quer: $s_{vt} \leq h_s$ Abstand der Aufbiegungen: $s_d \leq 1,2 \cdot h_s$			0,16
3	Druckzone					0,30	

Tabelle 8 Korrekturwert η

$\xi = \frac{Q_{ur}}{R_{bt} \cdot b_0 \cdot h_s}$	η - Werte für Konstruktionen			
	vorwiegend ruhend beansprucht bei N_u		dynamisch beansprucht bei N_u	
	$\leq 0,5 \cdot R_{bt} \cdot b_0 \cdot h_s$	$> R_{bt} \cdot b_0 \cdot h_s$	$\leq 0,5 \cdot R_{bt} \cdot h_s \cdot b_0$	$> R_{bt} \cdot b_0 \cdot h_s$
0,30	0	1,00	0	1,00
0,50	0,29		0,46	
0,75	0,48		0,69	
1,00	0,61		0,81	
1,25	0,71		0,87	
1,50	0,80		0,92	
1,75	0,88		0,95	
2,00	0,96		0,98	
$\geq 2,25$	1,00		1,00	
analytische Beziehung	$\eta =$ $(0,267 \cdot \xi + 0,6)(1 -$ $\frac{0,3}{\xi}) \geq 0$ $\xi \leq 1$		$\eta = 1$	

Zwischenwerte dürfen durch lineare Interpolation ermittelt werden.

1) für Platten darf $\alpha_2 > 0,16$ nur dann eingeführt werden, wenn alle Konstruktiven Forderungen wie für Balken erfüllt werden.

2.3.2.4. Anschluß von Druck- und Zuggurten

Bei Plattenbalken oder profilierten Trägern ist der Anschluß von Druck- und Zuggurten an den Steg auf Längsschub nachzuweisen.

Dieser Nachweis ist jeweils zwischen zwei Querkraftnullstellen zu führen. Ist die Querkraft (Q_u) nicht größer als Q_3 nach Gleichung (18), ist eine Anschlußbewehrung nicht erforderlich.

Bei Querkraften (Q_u) nicht größer als Q_4 nach Gleichung (19), ist nur eine konstruktive Anschlußbewehrung erforderlich, für die in der Regel die vorhandene Platten- oder Abreißbewehrung genügt.

$$Q_3 = 0,3 \varrho \cdot R_{bt} \cdot h \cdot z \quad (18)$$

$$Q_4 = 0,9 \varrho \cdot R_{bt} \cdot h \cdot z \quad (19)$$

Ist Q_u größer als Q_5 nach Gleichung (20), so muß die Dicke der Gurte vergrößert werden.

$$Q_5 = 0,3 \cdot \varrho \cdot R_b \cdot h \cdot z \quad (20)$$

Ist Q_u größer als Q_4 nach Gleichung (19), so ist jeweils in Bereichen zwischen maximalem Moment und Momentennullpunkt die Anschlußbewehrung A_{qo} und A_{qu} nach Gleichung (21) zu bestimmen. Sie darf in diesem Bereich gleichmäßig verteilt werden.

$$A_{qu} \text{ oder } A_{qo} = \frac{\Delta M_u}{z \cdot \varrho \cdot R_s} \quad (21)$$

In den Gleichungen (18) bis (21) bedeuten:

$\varrho = \frac{A'_b}{A'_{b0}}$ bei Druckgurtanschlüssen oder $\frac{A_s}{A_{su}}$ bei Zuggurtanschlüssen, siehe Bild 6

h Druckgurtdicke (h_o) oder Zuggurtdicke (h_u)

z Hebelarm der inneren Kräfte (angenähert $z = 0,9 \cdot h_s$)

ΔM_u Momentendifferenz des betrachteten Abschnittes

2.3.2.5. Aufhängebewehrung

Werden Lasten mittelbar in Bauteile eingetragen, z. B. beim Anschluß von Nebenbalken an Hauptbalken, ist zusätzlich zur Querkraftbewehrung eine Aufhängebewehrung anzuordnen, deren Querschnitt eine Einleitung der Lasten in die Bauteile gewährleistet.

2.3.3. Stahlbetonkonstruktionen bei Torsion mit oder ohne Querkraft

Treten Torsion und Querkraft gleichzeitig auf, darf die erforderliche Bewehrung für jede Beanspruchungsart getrennt ermittelt werden. Die im Element angeordnete Bewehrung muß in ihrem Querschnitt der Summe der getrennt ermittelten Querschnitte entsprechen.

2.3.3.2. Konstruktionen ohne Torsion- und Querkraftbewehrung

Ist im betrachteten Feldbereich zwischen 2 Querkraft-Nullstellen das Torsionsmoment T_u nicht größer als T_1 nach Gleichung (22) ist weder Torsions- noch Querkraftbewehrung erforderlich.

$$T_1 = 0,6 \cdot R_{bt} \cdot A_{nu} \cdot t_{ef} \left(1 - \frac{Q_{ur}}{Q_1}\right) \quad (22)$$

In Gleichung (22) bedeuten:

$A_{nu} = b_{nu} \cdot h_{nu}$, siehe Bild 7

t_{ef} wirksame Breite, siehe Bild 7

Q_1 Querkrafttragfähigkeit nach Gleichung (15) mit $\alpha_1 = 0,3$ als Konstante

Q_{ur} Rechenwert der Querkraft nach Gleichung (14)

2.3.3.2. Konstruktionen mit Torsionsbewehrung

Der Betonquerschnitt ist so groß zu wählen, daß das Torsionsmoment T_u den Wert T_2 nach Gleichung (23) nicht überschreitet.

$$T_2 = 0,5 \cdot R_b \cdot A_{nu} \cdot t_{ef} \left(1 - \frac{Q_u}{Q_2}\right) \quad (23)$$

Dabei gilt für $R_b \leq 24 \text{ N/mm}^2$.

In Gleichung (23) bedeutet:

Q_2 = Querkrafttragfähigkeit nach Gleichung (16)

Der erforderliche Querschnitt der Torsionsbewehrung ist nach den Gleichungen (24) und (25) zu errechnen.

$$A_{sl} = \frac{T_u \cdot u_{nu}}{2 \cdot A_{nu} \cdot R_{sl}} \quad (24)$$

$$A_{sc} = \frac{T_u \cdot s_c}{2 \cdot A_{nu} \cdot R_{sc}} \quad (25)$$

Die Torsions-Längsbewehrung ist gleichmäßig auf den Kernumfang zu verteilen.

In den Gleichungen (24) und (25) bedeuten:

A_{sl} Querschnittsfläche der Torsions-Längsbewehrung

A_{sc} Querschnittsfläche eines Bügelschenkels

u_{nu} $2(b_{nu} + h_{nu})$; Kernumfang, siehe Bild 7

A_{nu} $b_{nu} \cdot h_{nu}$, siehe Bild 7

R_{sl} Rechenfestigkeit der Torsions-Längsbewehrung

R_{sc} Rechenfestigkeit der Bügelbewehrung

Rechteckquerschnitt

Hohlkastenquerschnitt

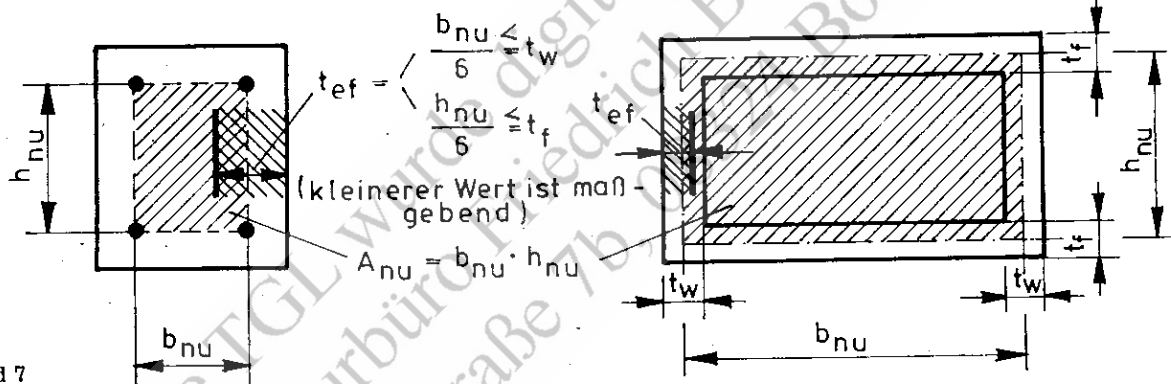


Bild 7

2.3.4. Nachweis bei dynamischer Beanspruchung

Bei dynamischer Beanspruchung ist zusätzlich zu den Nachweisen für vorwiegend ruhende Belastung ein Nachweis auf Ermüdungsfestigkeit zu führen. Dieser Nachweis ist nach den Festlegungen der Abschnitte 2.3.2. und 2.3.3. zu führen, wobei folgende Bedingungen einzuhalten sind:

- Die Schnittgrößen sind für Rechenlasten, die mit dem Lastfaktor $n = 1$ zu bilden sind, zu berechnen.
- Die Rechenfestigkeiten für Beton und Betonstahl sind mit den Anpassungsfaktoren für Materialermüdung nach TGL 33403 zu bestimmen, wobei

$$\alpha = \frac{\min. \sigma}{\max. \sigma} \approx \frac{\min. Q}{\max. Q}$$

angenommen werden darf.

- Korrekturwert η nach Tabelle 8

2.4. Örtliche Beanspruchungen

2.4.1. Durchstanzen

Wird eine Platte durch eine Einzellast F_u über eine begrenzte Teilfläche beansprucht, darf diese Last ohne die Anordnung einer Durchstanzbewehrung den Wert nach Gleichung (26)

$$F_{d,1} = 0,5 (1 + 30 \mu_{sd}) k_{dl} \cdot R_{bt} \cdot u_d \cdot h_{sm} \quad (26)$$

und bei Anordnung einer Durchstanzbewehrung den Wert nach Gleichung (27)

$$F_{d,2} = 0,1 R_b \cdot u_d \cdot h_{sm} \quad (27)$$

nicht überschreiten.

In den Gleichungen (26) und (27) bedeuten:

$$\mu_{sd} = \frac{\mu_{sx} + \mu_{sy}}{2} \leq 0,01$$

μ_{sx} , μ_{sy} bezogene Biegebewehrung in x- oder y-Richtung im Bereich der allseitig um $4h$ vergrößerten Aufstandsfläche

k_{dl} $1,6 - h \text{ in m} \geq 1,0$

u_d Umfang der allseitig um $s + \frac{h_s}{2}$ vergrößerten Lasteintragungsfläche

h_{sm} gemittelte Nutzhöhe

Liegt die Lasteintragungsfläche am freien Plattenrand, ist mit $0,6 \cdot u_d$ und im Eckbereich mit $0,3 \cdot u_d$ zu rechnen. Beträgt die kleinste Entfernung zwischen der Lasteintragungsfläche und dem freien Plattenrand mindestens $5 \cdot h$, siehe Bild 8, darf mit $1,0 \cdot u_d$ gerechnet werden. Für dazwischen liegende Abstände darf gradlinig interpoliert werden.

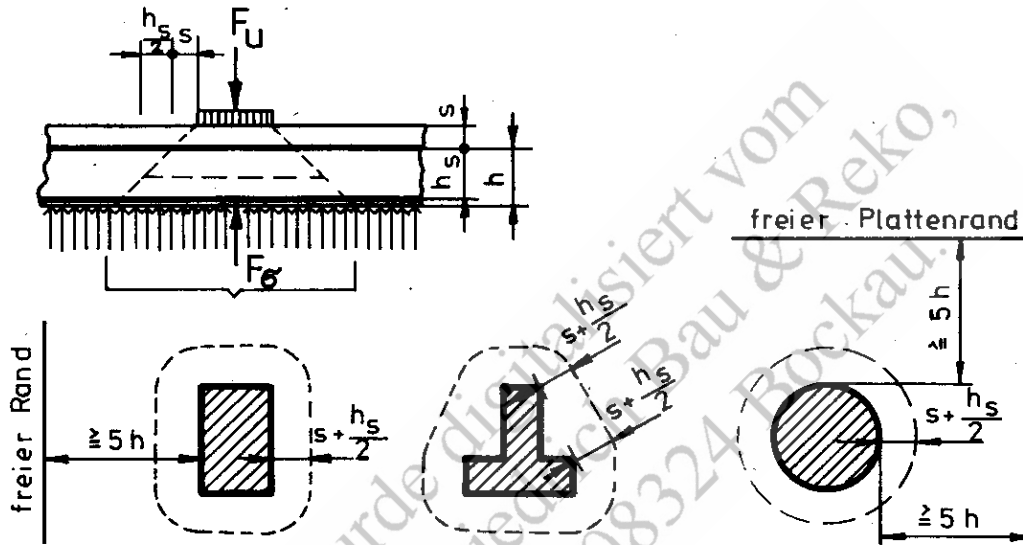


Bild 8

Wirkt eine ständige Last F_{σ} auf die Grundfläche des Durchstanzkörpers, siehe Bild 8, darf die Last F_u um diesen Betrag verringert werden. Die Grundfläche des Durchstanzkörpers ist gleich der allseitig um $s + h_s$ vergrößerten Lasteintragungsfläche. Überschreitet die Last $F_u - F_{\sigma}$ den Wert nach Gleichung (26), ist die erforderliche Bewehrung zur Durchstanzsicherung nach Gleichung (28) zu ermitteln:

$$A_{sd} = \frac{F_u - F_{\sigma} - 0,25 F_{d,1}}{R_s} \tag{28}$$

In Gleichung (28) bedeuten:

$F_{d,1}$ nach Gleichung (26)

F_u , F_{σ} nach Bild 8

R_s Rechenfestigkeit; für glatte Stähle der Klasse IV ist R_s grundsätzlich nicht größer als 260 N/mm^2 anzunehmen

Die erforderliche Durchstanzbewehrung kann durch Bügel, Aufbiegungen oder Bügel und Aufbiegungen gebildet werden. Die Bewehrungsabstände und der Verteilungsbereich sind Bild 9 zu entnehmen.

2.4.2. Druck bei Teilflächenbelastung

Die auf die Teilfläche A_f einwirkende Kraft (F_u) darf den Wert F_f nach Gleichung (29) nicht überschreiten, siehe Bild 10.

$$F_f = k_{d2} \cdot R_b \cdot A_f \tag{29}$$

Die Erhöhung der Tragfähigkeit, die sich durch die räumliche Lastverteilung ergibt, ist durch den Faktor k_{d2} nach Tabelle 9 in Abhängigkeit vom Verhältnis der Lastverteilungsfläche A_{f1} zur Aufstandsfläche A_f zu berücksichtigen.

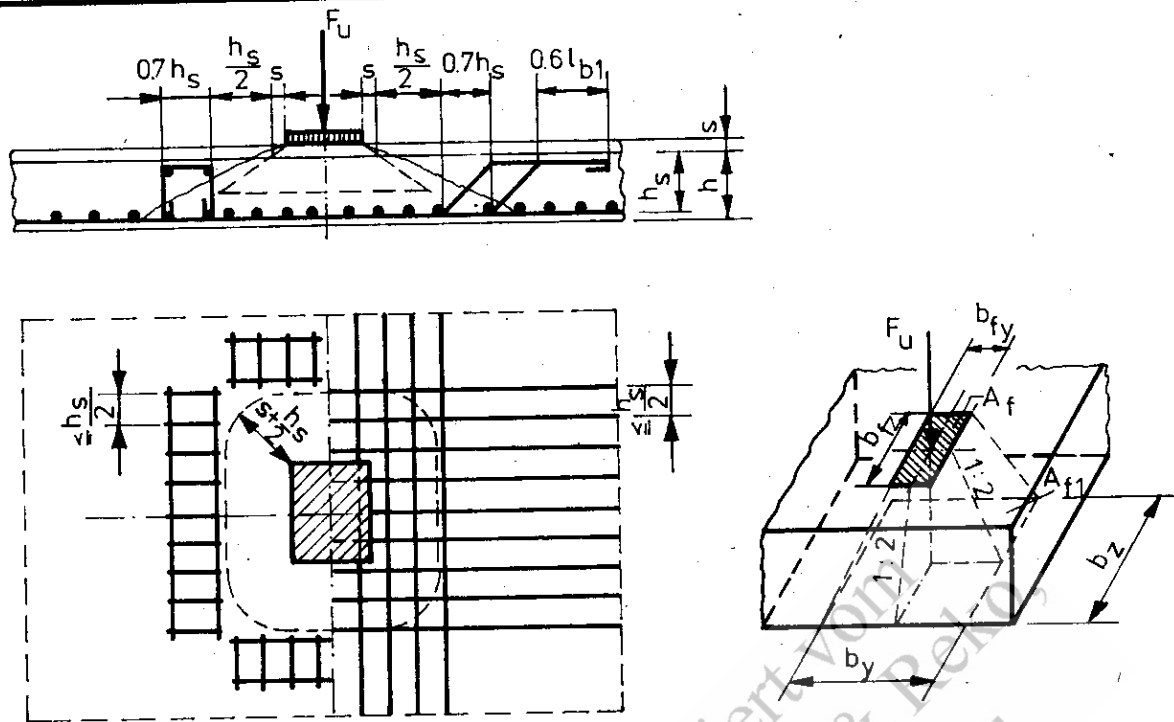


Bild 9

Tabelle 9 Faktor k_{d2}

A_{f1}/A_f	1	2	4	6	8	10	15	≥ 20
k_{d2}	1,0	1,4	2,0	2,3	2,5	2,7	2,9	3,0

Bei der Ermittlung der Lastverteilungsfläche A_{f1}

- müssen die Schwerpunkte der Flächen A_f und A_{f1} auf der Wirkungslinie der Kraft F_u liegen
- dürfen sich bei mehreren Einzellasten die Lastverteilungsflächen innerhalb der Verteilungshöhe nicht überschneiden.

Die auftretenden Querkzugkräfte sind, sofern sie nicht durch äußere Kräfte überdrückt werden, durch Bewehrung aufzunehmen. Die Querkzugkräfte sind nach TGL 33404/01 zu bestimmen.

2.5. Stabilität

2.5.1. Allgemeines

Versagensnachweise sind unter Berücksichtigung der Theorie II. Ordnung zu führen auf

- Ausweichen bei einzelnen und zu Systemen gekoppelten Druckgliedern sowie Wänden, die nur an den belasteten Rändern gehalten und gleichmäßig belastet sind
- Beulen bei druckbeanspruchten Flächentragwerken
- Kippen bei Biegegliedern

Für diese Nachweise dürfen Näherungsverfahren benutzt werden, sofern diese die Verformungen nach der Theorie II. Ordnung sowie das nichtlineare Verhalten des Betons berücksichtigen.

2.5.2. Ausweichen

2.5.2.1. Der Nachweis darf für das Druckglied an einem beiderseits gelenkig gelagerten Ersatzstab gleicher Querschnittsmaße mit der nach Gleichung (30) zu bestimmenden Knicklänge (l_0) geführt werden.

$$l_0 = \beta \cdot s \quad (30)$$

In Gleichung (30) bedeuten:

- β = Knicklängenbeiwert
- s = Systemlänge des Druckstabes

Der Knicklängenbeiwert β ist eine Funktion

- der Querschnitts- und Längenmaße des Systems dem der untersuchte Stab angehört
- des Einspanngrades der Stabebene
- der Eintragungspunkte der Belastung

Der Knicklängenbeiwert β darf nach der Elastizitätstheorie bestimmt werden. Bei der Ermittlung des Knicklängenbeiwertes ist die Ausnutzung von Systemreserven zulässig, z. B. nicht ideale Lagerungsbedingungen, Vorhandensein einer Vielzahl gleichartiger gekoppelter Druckglieder.

Die Schlankheit (λ) ist das Verhältnis der Knicklänge l_0 des untersuchten Druckstabes zu einem seiner Trägheitsradien i_z oder i_y . Bei der Ermittlung der Trägheitsradien bleiben die Querschnitte der Bewehrungsstähe unberücksichtigt. Die Grenzwerte der Schlankheiten nach Tabelle 10 dürfen nicht überschritten werden. Ein Nachweis auf Ausweichen braucht nicht geführt zu werden, wenn $\lambda \leq 10$ ist.

Tabelle 10 Grenzwerte für λ

Nr.	Konstruktionsart	Grenzwert
1	Beton, Pfeiler und Stützen	45
2	Beton, Wände	90
3	Stahlbeton, bügelbewehrt	150
4	Stahlbetonfertigteile, bügelbewehrt	200
5	Stahlbeton, umschnürt	100

2.5.2.2. Der Nachweis des Ausweichens darf durch Multiplikation der Ausmittigkeit e nach Abschnitt 2.1.2. mit dem von der Auslastung der Druckglieder abhängigen, nach Gleichung (31) zu ermittelnden, Ausweichfaktor erfolgen.

$$\eta_{cr} = \frac{1}{1 - \frac{N_u}{N_{cr}}} \tag{31}$$

In Gleichung (31) bedeuten:

N_u vorhandene Druckkraft, negativ

$$N_{cr} = - \frac{6,4 \cdot E_b}{l_0^2} \left[\frac{J_b}{k_d} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{e}{h}} + 0,1 \right) + \alpha_s \cdot J_s \right]$$

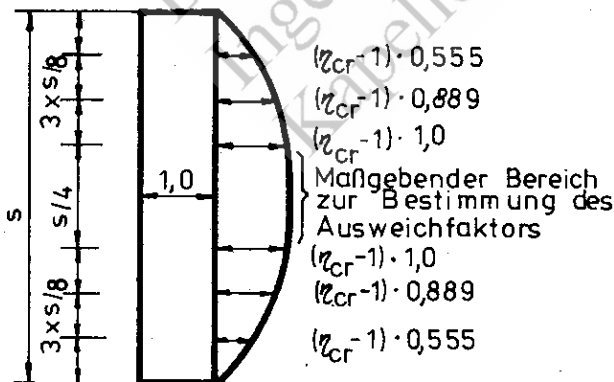
$$k_d = 1 + \frac{M_{u, ma, d}}{M_{u, ma}} \geq 1$$

$M_{u, ma, d}$ und $M_{u, ma}$ Moment der langfristig wirkenden und Moment der gesamten Belastung, bezogen auf den weniger gedrückten Querschnittsrand.

$e = e_0 + e_a$ nach Abschnitt 2.1.2.

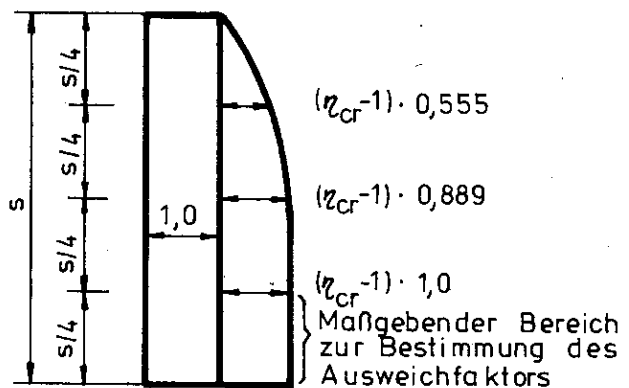
h Querschnittsmaß in Richtung e

Für die Bestimmung von η_{cr} ist die größte Ausmittigkeit in den in Bild 11 und 12 angegebenen Bereichen maßgebend. Zur Bemessung einzelner Querschnitte ist der entsprechende Wert für η_{cr} nach den Bildern 11 und 12 anzunehmen.



Verteilung des Ausweichfaktors bei zweiseitig gehaltenen Druckstäben

Bild 11



Verteilung des Ausweichfaktors bei unten eingespannten freistehenden Druckstäben

Bild 12

Kann ein Druckglied in zwei Richtungen ausweichen, darf bei planmäßig mittig und einachsrig ausmittig beanspruchten Bauteilen der Tragfähigkeitsnachweis unabhängig voneinander, in jeder Ebene für sich, mit dem jeweils zugehörigen Ausweichfaktor geführt werden. Bei planmäßig zweiachsiger Ausmittigkeit ist in jeder Ebene der zugehörige Ausweichfaktor zu berücksichtigen und der Tragfähigkeitsnachweis auf Doppelbiegung zu führen.

Bei planmäßig mittig beanspruchten Druckgliedern mit $\lambda \leq 70$ darf die Tragkraft $(N(R))$ ohne Berücksichtigung der zufälligen Ausmittigkeit (e_a) nach Gleichung 13 (Abschnitt 2.2.2.4.) ermittelt werden. Dabei gilt

$$N_b = -R_b \cdot A_{b0} \text{ und } N_{sk} = 0.$$

2.5.3. Beulen

2.5.3.1. Der Nachweis ist für im reinen Membranzustand wirkende Flächentragwerke nach Gleichung (32) zu erbringen:

$$\sigma \leq \sigma_{cr} \quad (32)$$

In Gleichung (32) bedeuten:

σ nach der Elastizitätstheorie ermittelte Spannung aus dem mit den Lastfaktoren für die 1. Gruppe der Grenzzustände vergrößerten Einwirkungen

σ_{cr} kritische Spannung unter Verwendung der Gleichungen nach der Elastizitätstheorie, in denen Elastizitätsmodul durch die Größe E_{cr} nach Gleichung (33) ersetzt wird

$$E_{cr} = E_b \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{cr}}{R_b}\right)^2 \quad (33)$$

Bei im reinem Membranzustand wirkenden Flächentragwerken ist die zufällige Ausmittigkeit e_a nach Abschnitt 2.1.2. nicht anzusetzen.

2.5.3.2. Bei ausmittig auf Druck beanspruchten Flächentragwerken darf der Nachweis in Anlehnung an Abschnitt 2.5.2. an einem Ersatzstab geführt werden, dessen Schlankheit nach Gleichung (34) unter Verwendung der kritischen Spannung σ_{cr} und der Größe E_{cr} nach Abschnitt 2.5.3.1. bestimmt werden darf.

$$\lambda = \pi \cdot \sqrt{\frac{E_{cr}}{\sigma_{cr}}} \quad (34)$$

2.5.4. Kippen

Sind biegebeanspruchte schmale Träger mit $l_1/b > 40$ nicht durch andere Konstruktionsteile ausgesteift, müssen diese auf Kippen nach Gleichung (32) untersucht werden. Dabei darf bei der Bestimmung von σ_{cr} immer der Gleitmodul als das 0,4fache des Elastizitätsmoduls angesetzt werden, siehe TGL 33403.

3. NACHWEIS DER NUTZUNGSFÄHIGKEIT

3.1. Grundsätze

Beim Nachweis ausreichender Nutzungsfähigkeit der Konstruktion sind TGL 33402; TGL 33403 sowie TGL 33404/01 zu berücksichtigen.

Bei dynamischen Einwirkungen ist in der Regel nur der Nachweis für statische Beanspruchung erforderlich.

3.2. Spannungsermittlung

Die Spannungen sind nach der Elastizitätstheorie mit den Elastizitätsmoduln nach TGL 33403 zu ermitteln. Im Zustand I ist die Berechnung mit ideellen Querschnittswerten vorzunehmen.

3.3. Spannungsumlagerung

Die durch Kriechen und Schwinden bedingten Spannungsumlagerungen dürfen vernachlässigt werden.

3.4. Rißbreite

3.4.1. Grenzwert der Rißbreiten

Die Grenzwerte der Rißbreiten (w_{lm}) sind vom Korrosions-Beanspruchungsgrad der Baukonstruktion abhängig und für den Beanspruchungsgrad I (nicht aggressiv) in Tabelle 11 angegeben. Ist bei Stahlbetonkonstruktionen mit Dichten $> 2 \text{ t/m}^3$ die Betondeckung (c) größer als der Mindestwert (min. c) nach Tabelle 16 so dürfen die Grenzwerte der Rißbreiten (w_{lm}) im Verhältnis $\frac{c}{\text{min. } c} \leq 1,5$ vergrößert werden, wobei die Werte des Feuchtebereiches $F_b 1$ nicht zu überschreiten sind.

Bei Konstruktionen mit dynamischer Beanspruchung sind grundsätzlich keine größeren Rißbreiten als w_{lm} nach Tabelle 11, Nr. 2 zulässig.

Tabelle 11 Grenzwerte der Rißbreite (w_{lm}) bei Beanspruchungsgrad I (nicht aggressiv)

Nr.	Lage der Konstruktion	Feuchtebereich Kurzzeichen	relative Luft- feuchte %	w_{lm} in mm	
				Dauerlast	Gesamtlast
1	in trockenen Innenräumen einschließlich Küchen und Bäder in Wohnungen	Fb 1 und Fb 2	≤ 75	0,3	0,4
2	in feuchten Innenräumen oder im Freien oder im Erdbereich 2)	Fb 3	≤ 90	0,2	0,3
3	in Naßräumen oder im Freien bei häufig wechselnder Feuchtigkeit	Fb 4	> 90	0,15	0,25

3.4.2. Nachweis der Rißbreiten infolge von Zugnormalkräften oder Biegung mit und ohne Normalkräfte

Die Beschränkung der Rißbreiten gilt als nachgewiesen, wenn in den Bereichen der größten Beanspruchung der Zugbewehrung (Feld, Stütze) die nach Gleichung (35) bis (37) ermittelten Grenzdurchmesser der Zugbewehrung ($d_{s, lm}$) nicht überschritten werden. Der Nachweis der Grenzdurchmesser ist unter Dauerlast und Gesamtlast zu führen. Der kleinere Grenzdurchmesser ist für die Konstruktion maßgebend. Für Konstruktionen mit wesentlichen Zwangskräften ist ein zusätzlicher Nachweis erforderlich.

Wird nach TGL 33404/01 vom elastizitätstheoretischen Verlauf der Schnittgrößen planmäßig abgewichen (z. B. durch die Anwendung der begrenzten Momentenumlagerung oder der Plastizitätstheorie) und das Bemessungsmoment gegenüber dem Moment nach der Elastizitätstheorie verringert, so ist der Grenzdurchmesser nach Gleichung (35) in der Regel ausreichend.

$$d_{s, lm} = \frac{w_{lm} \cdot \psi_2 \cdot \mu_{s, bt}}{\sigma_s} \quad (35)$$

für Nachweise unter Gesamtlast:

$$\sigma_s \approx \frac{R_s}{1,2} \cdot \frac{\text{erf. } A_s}{\text{vorh. } A_s} \quad (36)$$

für Nachweise unter Dauerlast:

$$\sigma_s \approx \frac{R_s}{1,2} \cdot \left(\frac{F_d}{\text{max. } F} \cdot \frac{\text{erf. } A_s}{\text{vorh. } A_s} \right) \quad (37)$$

In Gleichungen (35) bis (37) bedeuten:

w_{lm} Grenzwert der Rißbreite nach Abschnitt 3.4.1.

ψ_2 Beiwert nach Tabelle 12

$\mu_{s, bt} = \frac{\text{vorh. } A_s}{A_{bt}}$; Verhältnis der Flächen von vorhandener Zugbewehrung (vorh. A_s) und Betonzugzone (A_{bt}); es ist nicht kleiner als 0,0055 anzusetzen.

Wird der gesamte Betonquerschnitt auf Zug beansprucht, ist $\mu_{s, bt}$ getrennt für beide Bewehrungsstränge mit jeweiligem Bezug auf den Gesamtquerschnitt des Betons zu ermitteln.

Für die Ermittlung von A_{bt} darf bei reiner Biegung im Stahlbeton der Nulllinienabstand $x \approx 1,2 \cdot x_R$ angenommen werden.

$\frac{F_d}{\text{max. } F}$ Verhältnis Dauerlast (F_d) zu Gesamtlast (max. F); bei reiner Biegung darf

$$\frac{F_d}{\text{max. } F} = \frac{M_{d, u}}{\text{max. } M_u} \quad \text{eingeführt werden.}$$

2) Fundamente mit > 500 mm Erdüberschüttung und außerhalb des Grundwasser-Wechselbereiches dürfen nur bei der Festlegung von w_{lm} in den Fb 2 eingeordnet werden

Tabelle 12 Beiwert ψ_2

Art der Zugbewehrung	ψ_2 in N/mm^2	
glatter Rundstahl	Stahlbeton	$1,2 \cdot 10^6$
	Stahlleichtbeton	$0,8 \cdot 10^6$
Rippenstahl sowie voll verschweißte Bewehrungsmatten aus glattem Rundstahl mit Querstababständen ≤ 200 mm		$2,3 \cdot 10^6$

Auf den Nachweis nach Gleichung (35) darf bei biegebeanspruchten mit St A-I bewehrten Stahlbetonkonstruktionen bei $d_s \leq 25$ mm und bei Vollplatten aus Stahlbeton mit einer Dichte $> 2 \text{ t}/\text{m}^3$ und Dicken $h \leq 140$ mm verzichtet werden, wenn keine ungünstigeren Bedingungen als nach Tabelle 11, Nr. 1 vorliegen. Bei Druckgliedern entfällt der Rißbreitennachweis.

3.4.3. Nachweis der Schrägrißbreiten

Ein Nachweis der Beschränkung der Schrägrißbreiten ist nur dann zu führen, wenn die Querkraftbewehrung nach Abschnitt 2.3.2.3. nachzuweisen ist.

Die Beschränkung der Schrägrißbreite gilt als nachgewiesen, wenn der nach Gleichung (38) ermittelte Bügelgrenzdurchmesser nicht überschritten wird. Dieser Nachweis ist nur für den Zustand der Gesamtbelastung zu führen.

$$d_{v, \text{lm}} = \psi_3 \cdot w_{\text{lm}} \leq 18 \text{ mm} \quad (38)$$

In Gleichung (38) bedeuten:

ψ_3 Beiwert nach Tabelle 13

w_{lm} Grenzwert der Rißbreite unter Gesamtlast nach Abschnitt 3.4.1.

Bei Stahlbetonkonstruktionen mit Dichten $> 2 \text{ t}/\text{m}^3$ darf der nach Gleichung (38) ermittelte Grenzdurchmesser um 2 mm vergrößert werden. Soll statt des ermittelten Grenzdurchmessers $d_{v, \text{lm}}$ ein größerer d_v verwendet werden, ist die erforderliche Querkraftbewehrung im Verhältnis $\frac{d_v}{d_{v, \text{lm}}}$ zu erhöhen.

Bei Torsionsbeanspruchungen sind die Bügelabstände nicht größer als $0,125 \cdot u_{\text{mu}}$, sowie keine größeren Bügeldurchmesser als bei Querkraftbeanspruchungen zu wählen und bei dynamisch bzw. infolge Zwang beanspruchten Konstruktionen sind die Grenzwerte $d_{v, \text{lm}}$ möglichst zu unterschreiten.

Tabelle 13 Beiwert ψ_3

Bügel der Stahlklasse	ψ_3 für A_v / A_q		
	1,0	0,67	0,33
0; I	50	40	30
III	40	32,5	25
IV	30	25	20

Zwischenwerte dürfen durch lineare Interpolation ermittelt werden.

3.5. Durchbiegung

Die Durchbiegung ist nachzuweisen, wenn es TGL 33402 fordert. Wird die Größe der Durchbiegung für Stahlbetonkonstruktionen nicht nachgewiesen, ist die Schlankheit l_1/h_s nach Tabelle 14 einzuhalten.³⁾ Die Werte nach Tabelle 14 gelten auch, wenn nach TGL 33404/01 vom elastizitätstheoretischen Verlauf der Schnittgrößen planmäßig abgewichen wird.

³⁾ unter ungünstigen Verhältnissen, z. B. Dauerlast \approx Gesamtlast, großen Kriechzahlen und Schwindmaßen, sind bei Ausnutzung der in Tabelle 14 angegebenen Schlankheiten Endwerte der Durchbiegung bis

$\frac{l_1}{150}$ möglich.

Tabelle 14 Schlankheiten l_i/h_s für Stahlbetonkonstruktionen

$100 \mu_s = \frac{A_s}{b \cdot h_s}$ oder $= \frac{A_s}{b_{ef} \cdot h_s}$	$l_i = k_i \cdot l_y$ in mm für		l_i/h_s bei Biegezugbewehrung aus Betonstahl der Klasse		
	\leq Bk 30	$>$ Bk 30	0 und I	III	IV
beliebig	\leq 4500	\leq 4500	40	35	35
\leq 0,25	\leq 6000	\geq 7500	35	31	26
0,50			35	31	24
1,00			35	29	21
2,00			31	22	17
3,00			27	18	15
\geq 5,00			21	14	12

Zwischenwerte sind durch lineare Interpolation zu ermitteln.
 Der Beiwert k_i ist der Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 15 Beiwert k_i

statisches System	$k_i = \frac{l_i}{l_y}$	
Balken oder Platten auf 2 Stützen frei aufliegend	1,0	
Balken oder Platten einseitig eingespannt	0,8	
Balken oder Platten beiderseitig eingespannt	0,6	
Kragarm	starr eingespannt	2,0
	elastisch eingespannt	2,4
Endfelder von Durchlaufbalken oder -platten mit	$\frac{\min. l}{\max. l} \geq 0,8$	0,9
Mittelfelder von Durchlaufbalken oder -platten mit	$\frac{\min. l}{\max. l} \geq 0,8$	0,7

Zweiachsig gespannte Platten dürfen für den Nachweis der Schlankheitsbegrenzung vereinfachend in der Haupttragrichtung wie Stabtragwerke behandelt werden.

4. BEWEHRUNGSKONSTRUKTION

4.1. Betondeckung

Das Maß der Mindestbetondeckung (min. c) ist vom Korrosions-Beanspruchungsgrad und Feuchtebereich der Baukonstruktion abhängig und für den Beanspruchungsgrad I (nicht aggressiv) in Tabelle 16 angegeben. Eine Unterschreitung durch fertigungsbedingte Abweichungen ist nicht zulässig; siehe TGL 33418/01 und /02.

Die Betondeckung darf im Mittel nicht kleiner sein als

- der zugeordnete Bewehrungsdurchmesser, siehe Bild. 13
- die zur Erfüllung der brandschutztechnischen Forderungen nach Abschnitt 7, erforderliche
- der um 5 mm vergrößerte Größtkorndurchmesser der Zuschlagstoffe bei Stahlleichtbeton

Tabelle 16 Mindestbetondeckung (min. c) bei Beanspruchungsgrad I - (nicht aggressiv)

Feuchtebereich (F_b) nach Tabelle 11	Fb 1 und Fb 2	Fb 3	Fb 4
min. c in mm			
für \geq Bk 7,5	10	15	20
< Bk 7,5 und Leicht- beton	15	20	25

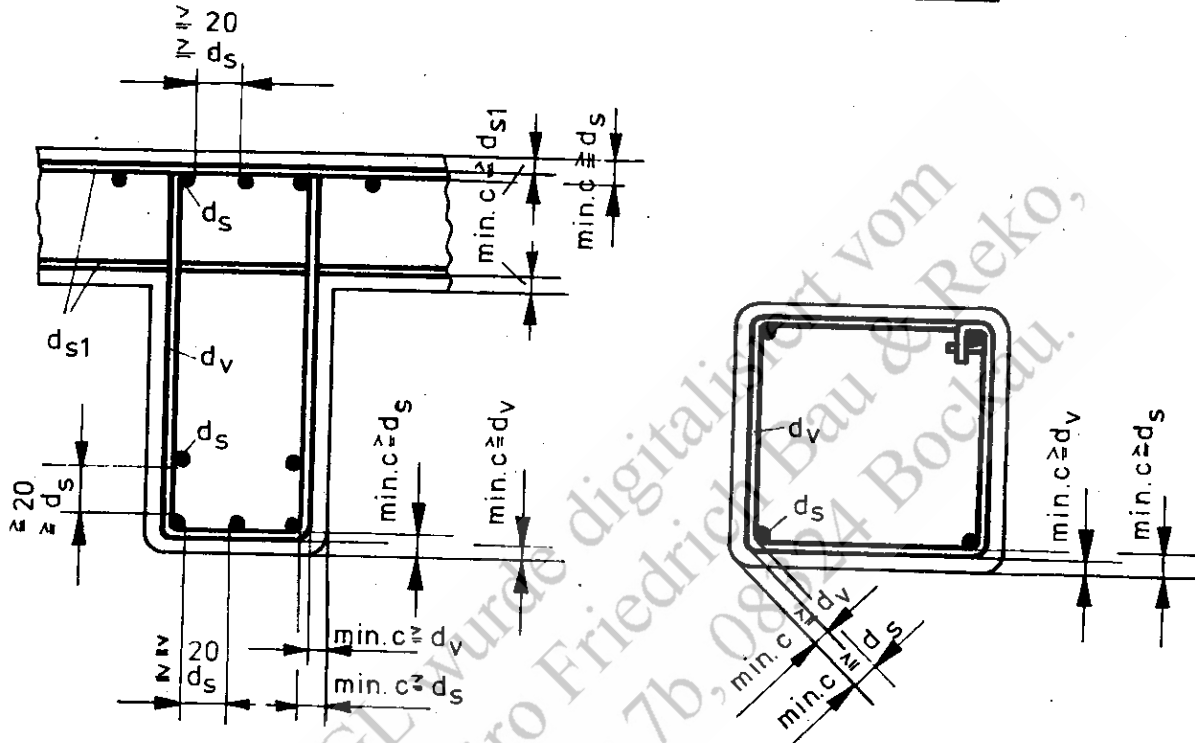


Bild 13

4.2. Stababstände

Der lichte Abstand von gleichlaufenden Bewehrungsstäben außerhalb von Stoßbereichen muß mindestens 20 mm betragen und darf nicht kleiner als der Stabdurchmesser sein, siehe Bild 13. Dies gilt nicht für Doppelstabmatten und für zweilagig verlegte Bewehrungsmatten.

4.3. Formgebung der Bewehrungsstäbe

Beim Biegen der Bewehrungsstäbe dürfen die lichten Krümmungsdurchmesser nach Tabelle 17 grundsätzlich nicht unterschritten werden. Für Biegungen an geschweißten Stäben und Bewehrungsmatten gelten zusätzlich die Festlegungen nach TGL 33405/03.

Für Bügel gelten die Angaben der Tabelle 17 nur, wenn in den Bügelecken Längsstäbe nach Abschnitt 4.5.6. angeordnet werden.

Als Haken dürfen die Formen nach Bild 14 verwendet werden.

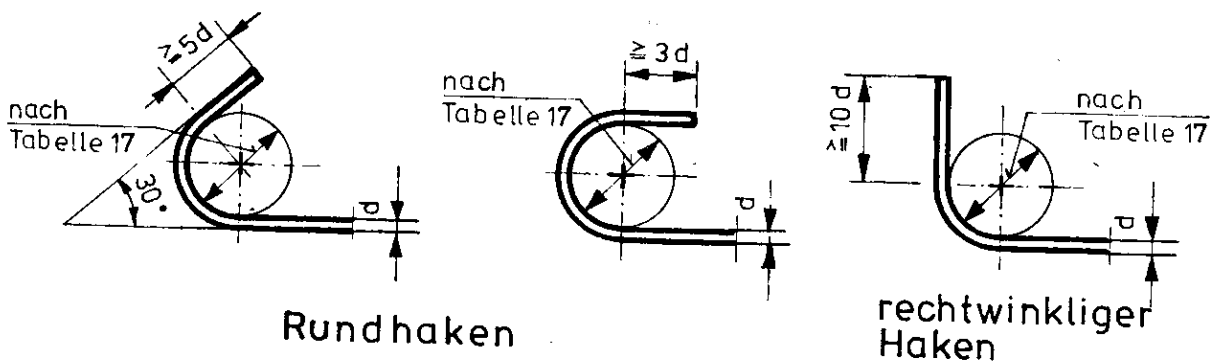


Bild 14

Tabelle 17 Lichter Krümmungsdurchmesser

Stahlklasse	Haken; Bügel		Auf- oder Abbiegungen und Schlaufen mit einer seitlichen Betondeckung $\geq 2d + 20 \text{ mm}^{\circ}$	
	d mm	lichter Krümmungsdurchmesser	Betonklasse	lichter Krümmungsdurchmesser
0 und I	≤ 20	2,5 d	< Bk 20	15 d
		4,5 d Bügel, dynamisch beansprucht	$\geq \text{Bk 20}$	10 d
	> 20	4,5 d		
III und IV	≤ 12	4,5 d	< Bk 20	20 d
	> 12	7,0 d	$\geq \text{Bk 20}$	15 d

4.4. Bewehrungsführung bei Biegebeanspruchung

Die Biegezugbewehrung ist so zu führen, daß die Zugkraftdeckung gesichert ist. Eine für die Konstruktion ausreichend genaue Zugkraftlinie der Längsbewehrung ist aus der um das Versatzmaß (l_v) parallel zur Tragwerksachse verschobenen Momentenlinie zu ermitteln, siehe Bild 15. Die Zugkraftlinie ist stets so anzunehmen, daß sich eine Vergrößerung der $(M_u/z + N_u)$ -Fläche ergibt.

Das Versatzmaß (l_v) zwischen 2 Querkraft-Nullstellen ist

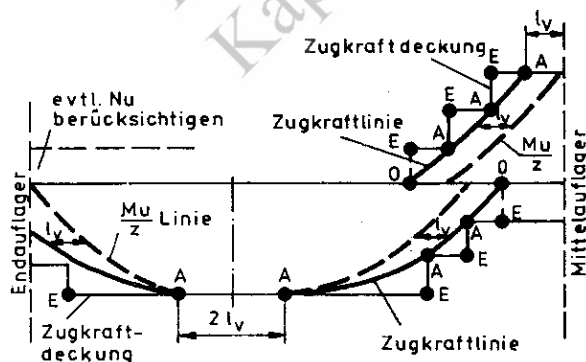
- für Konstruktionen ohne Querkraft-Bewehrung $l_v = 1,5 \cdot h_s$
- für Konstruktionen mit Querkraft-Bewehrung nach Gleichung (39) zu errechnen.

$$l_v = (1,8 - 0,72 \cdot \max \xi) \cdot h_s \quad \left\{ \begin{array}{l} \geq 0,5 h_s \\ \leq 1,5 h_s \end{array} \right. \quad (39)$$

In Gleichung (39) bedeuten:

$$\max \xi = \frac{Q_{ur}}{R_{bt} \cdot b_0 \cdot h_s}; \text{ Größtwert zwischen den betrachteten Querkraft-Nullstellen}$$

Q_{ur} nach Gleichung (14)



A = Punkt an dem der betreffende Stab rechnerisch voll ausgelastet ist

E = Punkt an dem der betreffende Stab rechnerisch nicht mehr benötigt wird

Bild 15

4.5. Verankerung der Bewehrung

4.5.1. Allgemeines

Auf Zug beanspruchte glatte Rundstäbe müssen Rundhaken nach Bild 14 erhalten, wenn nicht durch andere Maßnahmen, z. B. aufgeschweißte Querstäbe, die Wirkung der Haken ersetzt wird oder bei Schalen und Faltwerken Ausnahmen zulässig sind.

Der Grundwert der Verankerungslänge (l_{b0}) ist in Abhängigkeit des Verbundbereiches nach Tabelle 18 zu berechnen.

Guter Verbundbereich liegt vor, wenn

- die Bewehrungsstäbe beim Betonieren bis zu 250 mm über dem Schalungsboden oder einer sich nicht mehr setzenden Betonierebene liegen,
- die Bewehrungsstäbe zwischen 45° und 90° gegen die Waagerechte geneigt sind und
- keine Rißbildung parallel zur Stabachse auftritt.

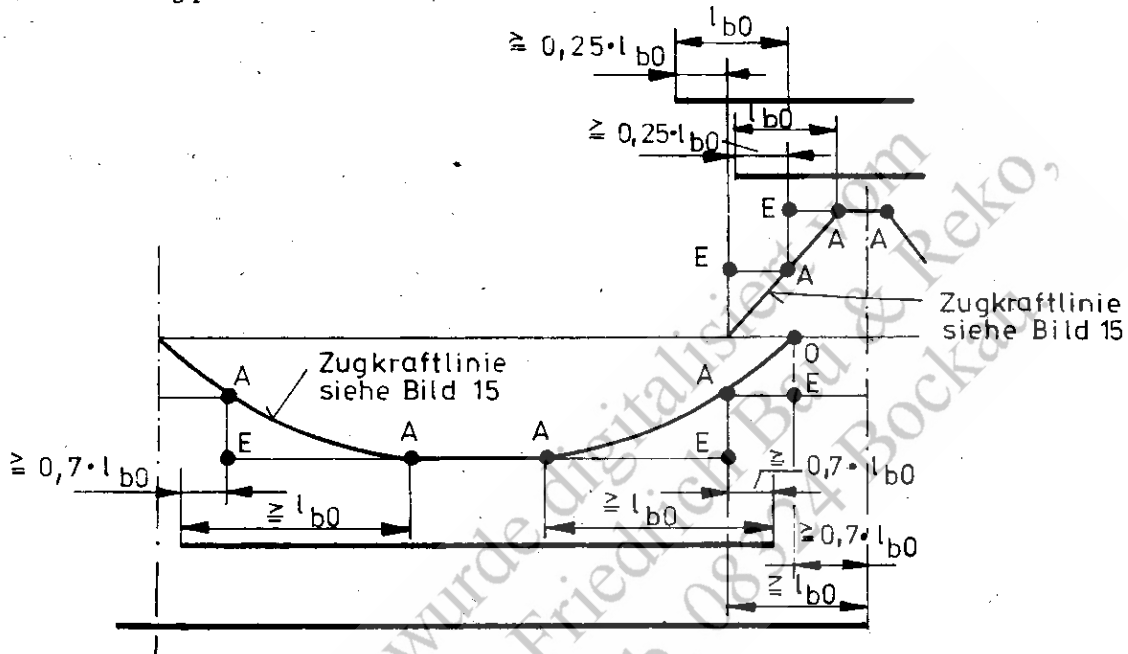


Bild 16a

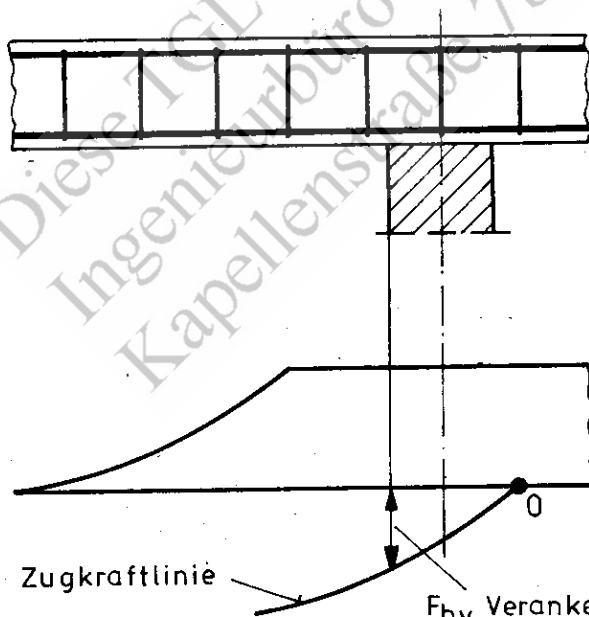
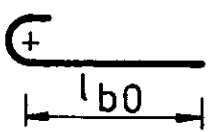
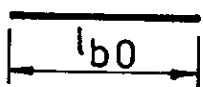
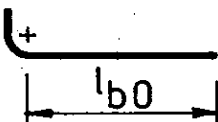
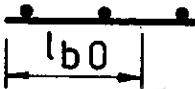


Bild 16b

F_{bv} Verankerungskraft am Rand des Mittelauflagers bei gedrückenen Konstruktionen

Tabelle 18 Grundwert l_{b0}

Nr.	Verankerungsart	l_{b0} - Wert in mm	
		im guten Verbundbereich	im schlechten Verbundbereich
1	glatte Rundstäbe mit Rundhaken 	$\left(\frac{R_s^0}{4 \cdot R_{bt}^0} - 20 \right) d_s \geq 20 \cdot d_s$	Die Verankerungslängen des guten Verbundbereiches sind zu verdoppeln mit Ausnahme der Mindestwerte $20 \cdot d_s$
2	Rippenstäbe ohne Haken 	$\frac{R_s^0}{9,6 \cdot R_{bt}^0} \cdot d_s \geq 20 \cdot d_s$	
3	Rippenstäbe mit Haken 	$\left(\frac{R_s^0}{9,6 \cdot R_{bt}^0} - 11 \right) d_s \geq 20 \cdot d_s$	
4	Bewehrungsmatten in der Ak II nach TGL 33405/03 mit $d_s \leq 14$ mm 	im Bereich $l_{b0} \geq 300$ mm muß je Längsstab die Zugkraft $\frac{\pi \cdot d_s^2 \cdot R_s^0}{4}$ durch mindestens 2 Querstäbe nach TGL 33405/03 übertragen werden können	

Bei Leichtbeton, bewehrt mit glatten Rundstäben, ist l_{b0} um 50 % zu vergrößern.

4.5.2. Verankerung der Biegezugbewehrung außerhalb von Auflagern

Zur Zugkraftdeckung nicht mehr benötigte Bewehrungsstäbe dürfen unter Beachtung der Forderungen in den Tabellen 6 und 7 gerade, auf der abgebogen im Feld enden. Bei dynamischer Beanspruchung sollen die Bewehrungsstäbe in der Regel im gedrückten Beton enden.

Die Verankerungslängen für gerade endende Stäbe sind dem Bild 16a und für Auf- oder Abbiegungen den Bildern 17, 18a und 18b zu entnehmen.

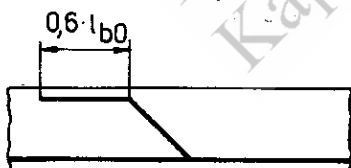


Bild 17

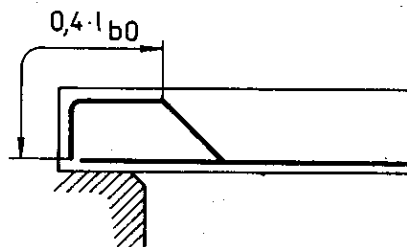


Bild 18a

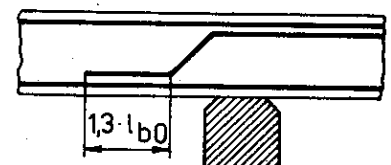


Bild 18b

Bewehrungsmatten der Ausführungsklasse AK II sind zwischen dem Punkt "E" und dem Mattenende, siehe Bild 16, durch in der AK II verschweißte Querstäbe zu verankern. Hierfür sind bei Matten der Feldbewehrung mindestens 2 Querstäbe und der Stützenbewehrung mindestens 1 Querstab anzuordnen.

4.5.3. Verankerung der Feldbewehrung an Endauflagern

An Endauflagern ist die zum Auflager durchgehende Feldbewehrung für die nach Gleichung (40) ermittelte Verankerungskraft (F_b) innerhalb des Auflagers zu verankern.

$$F_b = Q_{au} \cdot \frac{l_v}{h_s} + N_u \quad (40)$$

F_b ist nicht größer anzunehmen als die Zuggurtkraft in Feldmitte bei wandartigen Trägern
In Gleichung (40) bedeuten:

- Q_{au} Querkraft im rechnerischen Auflager
 l_v Versatzmaß nach Gleichung (39)
 N_u Zug-Normalkraft; auch infolge Torsion

Die Verankerungskraft (F_b) ist durch eine der nachstehend genannten Verankerungen auf den Beton zu übertragen:

- Haken und Haftverbund, siehe Bild 19
- Haftverbund allein bei Rippenstäben, siehe Bild 20
- Ankerkörper, z. B. aufgeschweißte Querstäbe in der AK II, siehe Bild 21
- aufgeschweißte Querstäbe und Haftverbund bei Bewehrungsmatten der AK II mit Längsstäben $d_{s1} \leq 14$ mm aus Rippenstahl und Querstäben $d_{s2} \geq 0,5 \cdot d_{s1}$, siehe Bild 21.

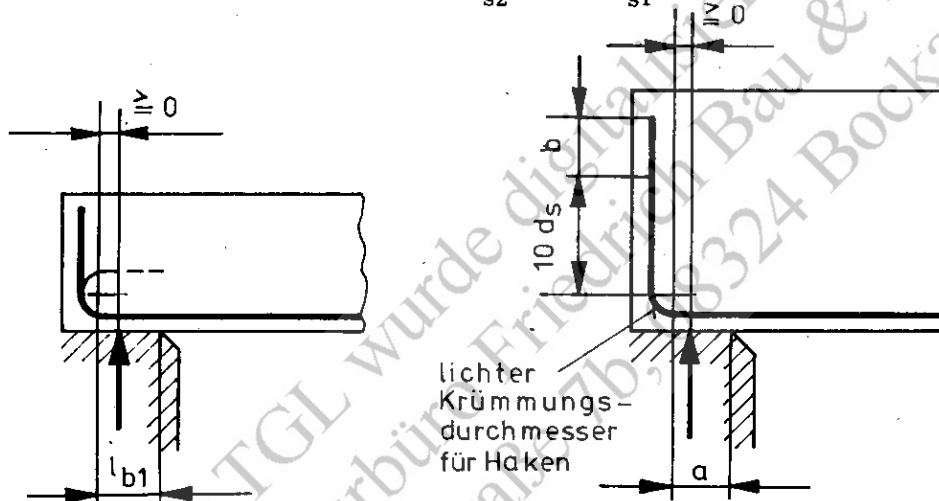


Bild 19

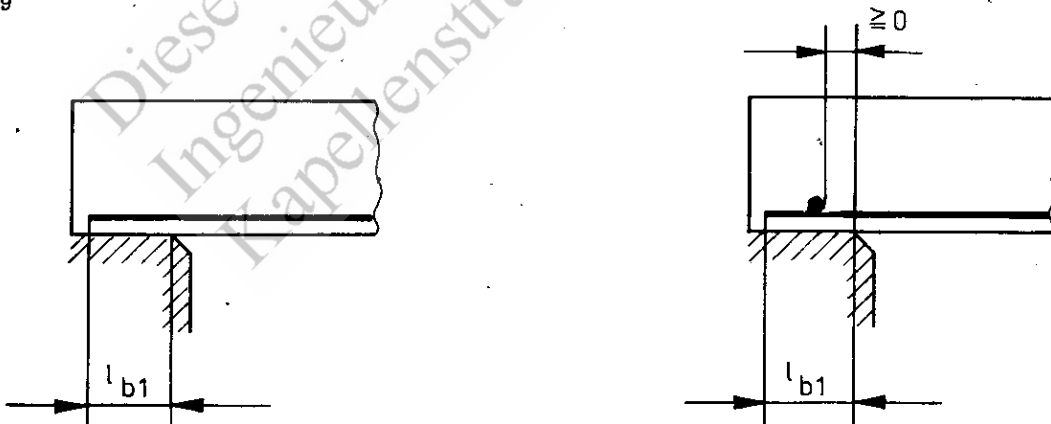


Bild 20

Bild 21

Die durch einen Haken aufnehmbare Kraft (F_h (R)) ist nach den Gleichungen (41) oder (42) zu ermitteln.

$$F_h$$
 (R) = $90 \cdot R_{bt} \cdot A_s$ für glatte Rundstähle (41)

$$F_h$$
 (R) = $150 \cdot R_{bt} \cdot A_s$ für Rippenstähle (42)

Die durch den Haftverbund aufnehmbare Kraft (F_b (R)) ist nach den Gleichungen (43) oder (44) zu ermitteln.

$$\left. \begin{aligned} F_b$$
 (R) &= $R_{bt} \cdot \pi \cdot d_s \cdot l_{b1}$ Stahlbeton \\ &= $0,6 R_{bt} \cdot \pi \cdot d_s \cdot l_{b1}$ Stahlleichtbeton \end{aligned} \right\} \text{ mit glatten Rundstählen} \quad (44)

$$F_b(R) = 2,4 \cdot R_{bt} \cdot \pi \cdot d_s \cdot l_{bl} \quad \text{für Rippenstähle} \quad (44)$$

4.5.4. Verankerung der Feldbewehrung an Zwischenauflägern, Rahmenecken und Endauflägern mit Kragarmen oder Einspannungen

Bei schlanken Konstruktionen sind die Längsstäbe grundsätzlich über die Auflagermitte zu führen. Hiervon darf abgewichen werden, wenn die Stäbe um das Maß $0,7 \cdot l_{b0}$ über den Zugkraftnullpunkt "0" weiter bis ins Auflager geführt werden, siehe Bild 16a.

Gedrungene Konstruktionen mit dem Zugkraftnullpunkt "0" im Auflagerbereich sind entsprechend Abschnitt 4.5.3. für die Zugkraft am Auflagerrand (F_{br}) zu verankern, siehe Bild 16b.

Bei wandartigen Trägern ist die Bewehrung wie an Endauflägern zu verankern.

4.5.5. Verankerung der Zugbewehrung an Einspannstellen

Voll auf Zug beanspruchte Bewehrungsstäbe, z. B. von Kragarmen oder Zuggliedern, sind entsprechend Bild 22 zu verankern. Steht kein Verankerungsbereich mit Querdruck zur Verfügung, sind die infolge Sprengwirkung auftretenden Querkzugsbeanspruchungen des Betons durch Querbewehrung aufzunehmen.

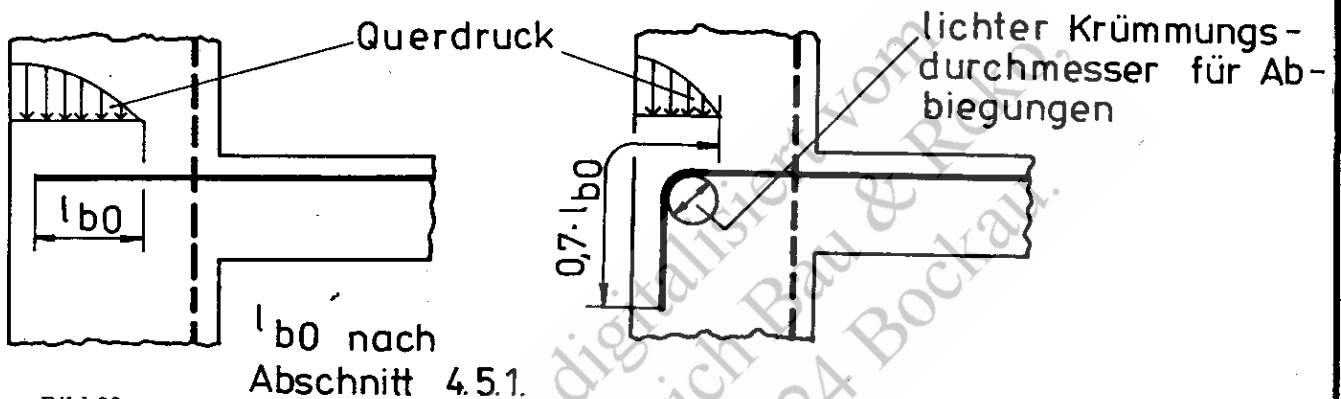


Bild 22

4.5.6. Verankerung der Bügelbewehrung

Die Bügel, auch konstruktiv angeordnete, sind in der Zug- und Druckzone zu verankern. Die Verankerungskraft F_v je Bügelschenkel ist nach Gleichung (45) zu bestimmen.

$$F_v = \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} \cdot R_s \quad (45)$$

Die Verankerung muß in der Druckzone (x_R/k_0) zwischen dem Schwerpunkt der Druckzonenfläche und dem Druckrand erfolgen. In der Zugzone darf der Schwerpunkt der Verankerungsstäbe nicht mehr als der Schwerpunkt der Längsbewehrung vom Zugrand entfernt liegen.

Werden Bügel oder Bügelmatten entsprechend den Bildern 23 bis 30 ausgebildet, braucht die Verankerung nicht nachgewiesen zu werden. Werden andere Bügelformen, z. B. nach Bild 31 oder 32 gewählt, ist die Verankerung rechnerisch nachzuweisen. Hierfür dürfen folgende Verankerungselemente zusammenwirkend angesetzt werden:

- Querstabverankerung
- Haftverbund des Bügelschenkels nach Gleichungen (43) oder (44). Als Verbundlänge l_{bl} darf nur die Stablänge in der oberen Druckzonenhälfte angesetzt werden, siehe Bild 31 oder 32
- Hakenverankerung nach den Gleichungen (41) oder (42)

In allen Bügelecken und Haken sind Längsstäbe anzuordnen mit

$$d_l \geq 1,2 \cdot d_v \quad \text{in der Zugzone und}$$

$$d_l \geq d_v \quad \text{in der Druckzone}$$

Querkraft - oder Stützenbügel

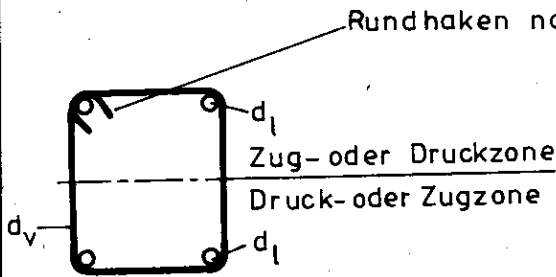
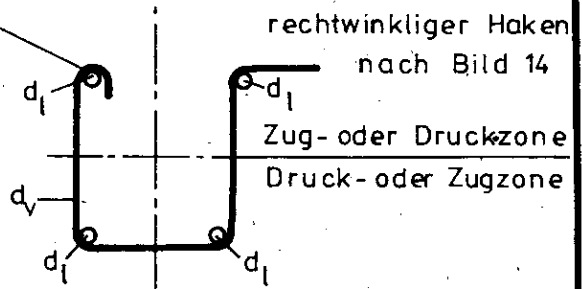


Bild 23

Querkraftbügel in Balken

Querkraftbügel bei Plattenbalken und Rippendecken



für alle Querkraftbeanspruchungen zulässig

nur als konstruktive Bügelbewehrung zulässig

Bild 24

Querkraft- oder Stützenbügel

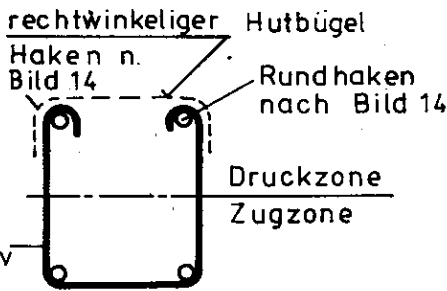


Bild 25

Torsionsbügel

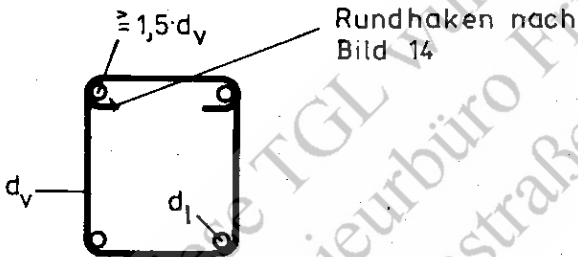


Bild 27

Querkraft- oder Stützenbügelmatte in der AK II nach TGL 33 405/03

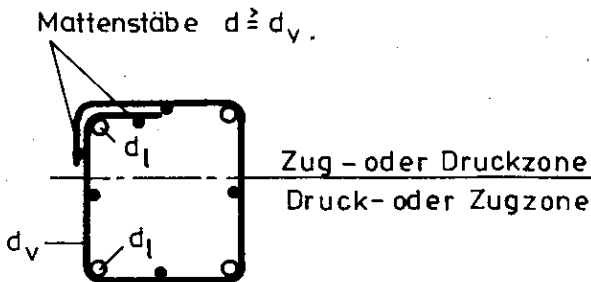


Bild 29

Quer- und Längsstäbe der Matte mit gleicher Stahlmarke wählen



Bild 26

Torsionsbügel

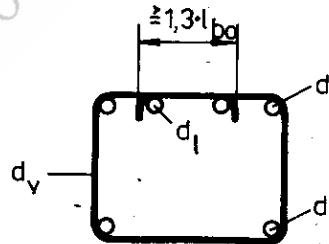


Bild 28

Querkraft- Bügelmatte in der AK I nach TGL 33 405/03, und Beton >= BK 20

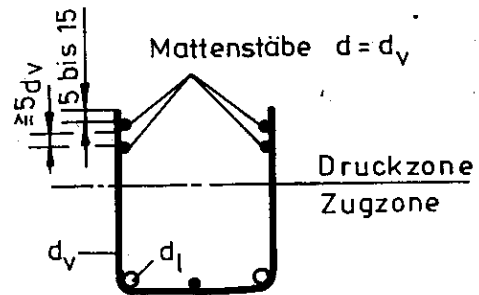
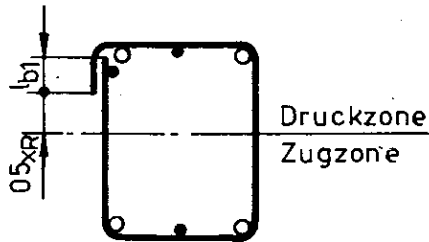


Bild 30

Quer- und Längsstäbe der Matte mit gleicher Stahlmarke wählen

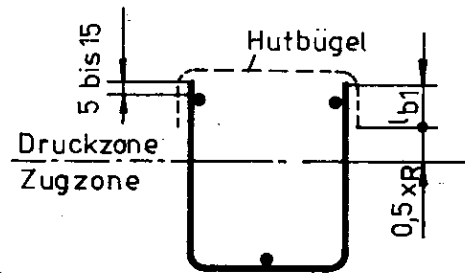
Querkraft- oder Stützenbügelmatte in der AK II nach TGL 33 405/03



Verankerungsnachweis erforderlich

Bild 31

Querkraftbügelmatte in der AK II nach TGL 33 405/03



Verankerungsnachweis erforderlich

Bild 32

4.6. Verbundsicherung der Biegezugbewehrung

Der Verbundnachweis darf entfallen, wenn bei Stahlbetonkonstruktionen die in Tabelle 19 angegebenen Grenzdurchmesser ($d_{s, lm}$) nicht überschritten werden.

Der Verbundnachweis ist für Biegezugbewehrungen nach den Gleichungen (46) und (47) zu führen bei

- Stahlbetonkonstruktionen mit $d_s > d_{s, lm}$ nach Tabelle 19
- Konstruktionen aus Stahlleichtbeton
- glatten Bewehrungsstäben der Stahlklasse IV
- auf Durchstanzen beanspruchten Konstruktionen mit rechnerisch erforderlicher Durchstanzbewehrung

$$\frac{Q_u}{u \cdot h_s} \leq \begin{cases} 1,4 \cdot R_{bt} \\ 0,9 \cdot R_{bt} \end{cases} \quad \text{für glatte Rundstähle bei} \quad \begin{cases} \text{Stahlbeton} \\ \text{Stahlleichtbeton} \end{cases} \quad (46)$$

$$\frac{Q_u}{u \cdot h_s} \leq 3,6 \cdot R_{bt} \quad \text{für Rippenstähle} \quad (47)$$

In den Gleichungen (46) und (47) bedeutet:

u Summe der Stabumfänge in der Zugzone

Tabelle 19 Grenzdurchmesser der Biegezugbewehrung

Biegezugbewehrung aus	Grenzdurchmesser $d_{s, lm}$ in mm bei	
	\leq Bk 15	\geq Bk 20
Rundstahl der Betonstahlklassen 0 und I	25	28
Rippenstahl der Betonstahlklasse III	20	25
Rippenstahl der Betonstahlklasse IV	16	

4.7. Bewehrungsstöße

4.7.1. Allgemeines

Stöße sind möglichst in nicht voll beanspruchten Querschnitten anzuordnen. Sie können durch

- Überdeckungen
- Schweißungen
- Schraubverbindungen
- Schlaufenverbindungen

hergestellt werden.

Überdeckungsstöße dürfen bei Zugnormalkräften mit Ausmittigkeiten kleiner $0,5 h_s$ nicht angewendet werden, sofern nicht der Stoßbereich zusätzlich umbügelt wird.

Bei geknüpften Hauptbewehrungen aus glatten Rundstäben der Klasse IV sind Überdeckungsstöße nur bei Auslastungen entsprechend Stählen der Klasse I zulässig.

Geschweißte Stoßverbindungen sind nach TGL 33405/03 auszubilden.

Geschraubte Bewehrungsstöße dürfen nur bei vorwiegend ruhender Belastung verwendet werden.

4.7.2. Überdeckungsstöße der Hauptbewehrung

Bei einlagigen Überdeckungsstößen der Hauptbewehrung darf im Stoßquerschnitt das Verhältnis der gestoßenen Bewehrung (A_{sv}) zur vorhandenen Gesamtbewehrung (A_s) nicht größer sein als in Tabelle 20 angegeben.

Tabelle 20 Verhältnis von $\frac{A_{sv}}{A_s}$ und Querbewehrung

Beanspruchungsart der zu stoßenden Bewehrung	d_s mm	$\frac{A_{sv}}{A_s}$	zusätzliche Querbewehrung
Zugbeanspruchung, statisch	≤ 14	1,0	-
	≥ 16	0,5	-
		0,5 bis 1,0	Umbügelung der Stoß-Endbereiche
Zugbeanspruchung, dynamisch	≤ 14	0,5	-
	≥ 16	0,2	-
		0,2 bis 0,5	Umbügelung der Stoß-Endbereiche
Druckbeanspruchung	-	1,0	Umbügelung der Stoß-Endbereiche bei $\mu_{s0} > 1,5 \%$ bzw. $\mu'_{s0} > 0,75 \%$

Eine nach Tabelle 20 erforderliche zusätzliche Querbewehrung ist je Stoßseite für eine Kraft

$$F = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot R_s^0$$

zu bemessen. Der Bügelabstand darf nicht mehr als 150 mm betragen.

Die Überdeckungslängen (l_{sv}) sind nach Tabelle 22 zu ermitteln. Überdeckungsstöße gelten als versetzt, wenn der Abstand der Stoßmitten $\geq 1,1 \cdot l_{sv}$ beträgt, siehe Bild 33. In vorwiegend ruhend beanspruchten Konstruktionen darf der Abstand der Stoßmitten auf $0,5 \cdot l_{sv}$ verringert werden, wenn im Stoßbereich zusätzlich im Abstand $15 \cdot d_s$ eine wirksame Querbewehrung vorhanden ist.

Der lichte Abstand der gestoßenen Bewehrungsstäbe darf nicht größer als $4 \cdot d_s$ und bei glatten Rundstäben grundsätzlich nicht kleiner als 20 mm sein, siehe Bild 33.

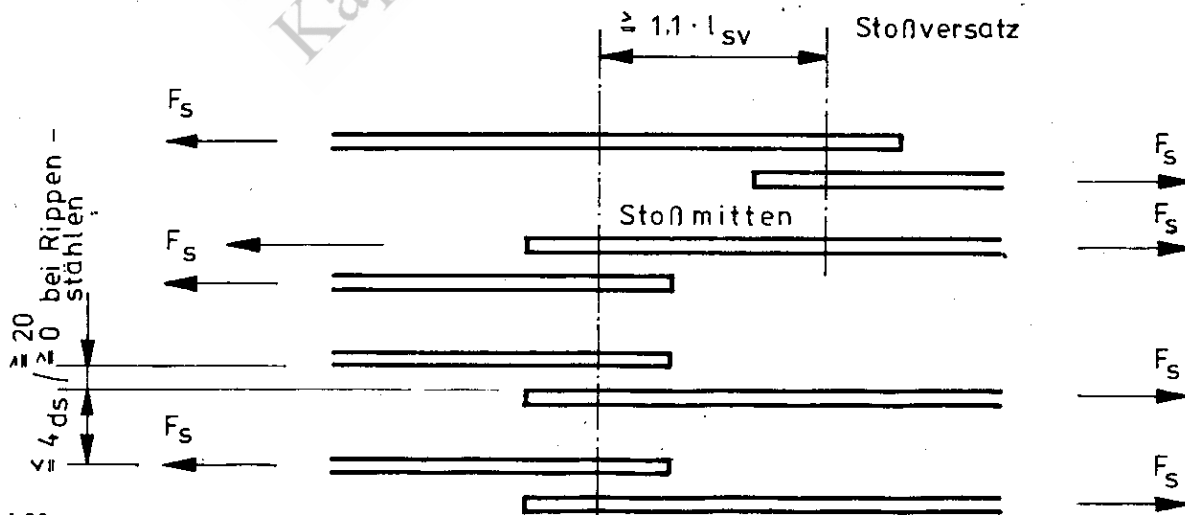


Bild 33

Mehrlagige Überdeckungsstöße sind in der Regel nicht auszubilden, anderenfalls ist der gesamte Stoßbereich zu umbügel.

Bei Zug- und Druckstößen geschweißter Bewehrungsmatten der Ausführungsklasse II müssen die im Stoßbereich auftretenden, mit dem Beiwert α_v nach Tabelle 21 multiplizierten Kräfte der Längsstäbe durch die im Stoßbereich aufgeschweißten Querstäbe auf den Beton übertragen werden. Die Nachweise sind nach TGL 33405/03 zu führen.

Tabelle 21 Beiwert α_v

Beanspruchung im Stoß	α_v bei Längsstäben aus	
	glattem Rundstahl	Rippenstahl
Zug	1,33	1,00
Druck	1,00	0,75

Tabelle 22 Überdeckungslängen (l_{sv})

Bewehrung	$\frac{A_{sv}}{\text{vorh } A_s}$	l_{sv} mm
Zugbewehrung, geknüpft oder heft- geschweißt	$\leq 0,2$	$1,3 \cdot l_{b0} \cdot \frac{\text{erf } A_s}{\text{vorh } A_s} \geq 250$ $\geq 15 \cdot d_s$
	1,0	$2,0 \cdot l_{b0} \cdot \frac{\text{erf } A_s}{\text{vorh } A_s} \geq 250$ $\geq 15 \cdot d_s$
Druckbewehrung, geknüpft oder heft- geschweißt	≤ 1	bei vorwiegend ruhender Beanspruchung $\geq 0,8 \cdot l_{b0} \geq 250$
		bei dynamischer Beanspruchung $\geq l_{b0} \geq 250$
zugbeanspruchte geschweißte Bewehrungsmatten der AK II mit $d_s \leq 14$ mm	≤ 1	Anzahl der Maschen $\geq 3,5 \cdot \frac{\text{erf } A_s}{\text{vorh } A_s}$ aufzurunden auf 1,5; 2,5 oder 3,5 Maschen, jedoch nicht kleiner als 300 mm
druckbeanspruchte geschweißte Bewehrungsmatten der AK II mit $d_s \leq 14$ mm	≤ 1	≥ 300 mm

Zwischenwerte sind linear zu interpolieren.

In Tabelle 22 bedeuten:

A_{sv} gestoßener Bewehrungsquerschnitt

vorh A_s im Stoß vorhandenen Bewehrungsquerschnitt

erf A_s im Stoß rechnerisch erforderlicher Bewehrungsquerschnitt

l_{b0} Grundwert nach Tabelle 18; bei Druckstößen darf die Abminderung für Haken von $20 \cdot d_s$ nach Tabelle 18, Nr. 1 und von $11 \cdot d_s$ nach Tabelle 18, Nr. 3 nicht berücksichtigt werden.

4.7.3. Überdeckungsstöße der Querbewehrung in Biegezugbereichen

Bei Überdeckungsstößen der Querbewehrung muß $l_{sv} \geq 0,6 l_{b0} \geq 250$ mm sein, wobei l_{b0} immer für guten Verbundbereich angesetzt werden darf.

Bei geschweißten Bewehrungsmatten der AK II darf l_{sv} auf 1,5 Maschenweiten abgemindert werden. Die Stöße sind möglichst zu versetzen.

4.7.4. Schlaufenstöße

Schlaufenstöße dürfen in der Regel nur bei vorwiegend ruhender Beanspruchung angewendet werden. Sie haben grundsätzlich die Festlegungen in den Bildern 34 und 35 sowie die folgenden konstruktiven Bedingungen zu erfüllen:

- $d_s \leq 16 \text{ mm}$, siehe Bild 34 und 35,
- lichter Abstand der Schlaufen einer Stoßseite mindestens $8 \cdot d_s$,
- lichter Abstand zwischen den zu stoßenden Schlaufen höchstens $4 \cdot d_s$,
- mindestens 4 Stähle als Querbewehrung in den Schlaufen bei Schlaufenstößen für Zug, siehe Bild 34, mindestens 3 Stähle als Querbewehrung in den Schlaufen bei Schlaufenstößen für Biegung, siehe Bild 35.

Der lichte Krümmungsdurchmesser (D) der Schlaufen ist so groß zu wählen, daß die Zugkräfte (F) durch den in den Schlaufen liegenden Beton übertragen werden.

Günstig wirkende Einflüsse, z. B. Querdruck, dürfen bei der Ausbildung der Stöße berücksichtigt werden.

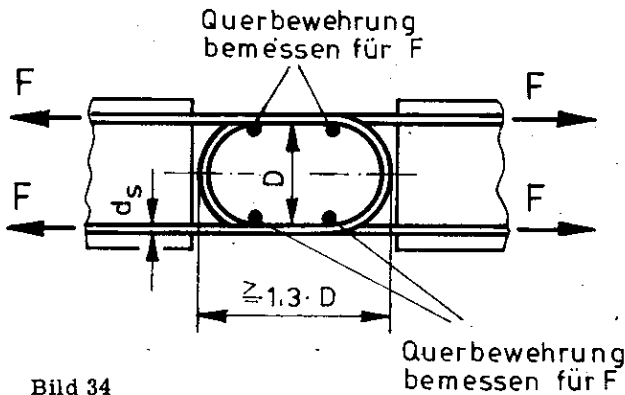


Bild 34

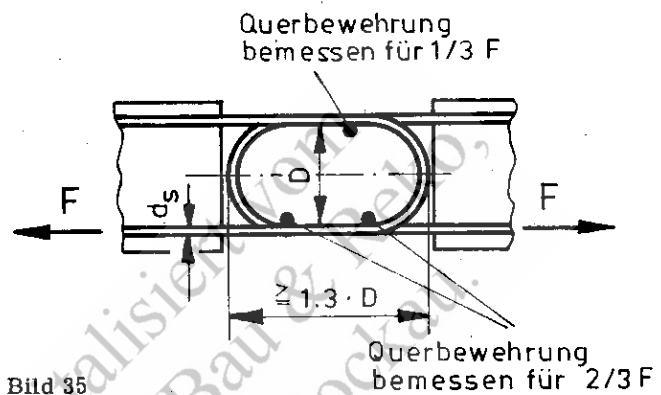


Bild 35

4.8. Umlenkbewehrung

Bei Bauteilen mit gebogenen oder geknickten Leibungen sind die sich aus der Richtungsänderung von Zug- oder Druckkräften ergebenden, nach außen wirkenden Kräfte grundsätzlich durch Bewehrung aufzunehmen.

5. BESONDERE FORDERUNGEN AN BAUTEILE

5.1. Platten und Rippendecken

Die Mindestdicke von Platten und Rippendecken ist der Tabelle 23 zu entnehmen.

Die Auflagerlänge, gemessen von der Vorderkante des unterstützenden Bauteils muß im eingebauten Zustand so gewählt werden, daß die Auflagerkräfte sicher übertragen und die Verankerungskräfte aufgenommen werden können. Mindestauflagerlängen nach Tabelle 23; diese dürfen nur unterschritten werden, wenn die Übertragung aller im Auflagerbereich vorhandenen Kräfte durch entsprechende konstruktive Durchbildung, z. B. Ankerwinkel, gewährleistet wird.

5.1.1. Platten aus Ortbeton

Der Durchmesser der Bewehrungsstähle soll grundsätzlich nicht mehr als $1/10$ der Nutzhöhe betragen, wenn nicht der Nachweis sicherer Verbundwirkung für größere Durchmesser geführt wird.

Im Bereich der größten Momente darf der Größtabstand der Bewehrungsstähle bei Platten mit einer Dicke $h \leq 750 \text{ mm}$ den Abstand $2 \cdot h \leq 250 \text{ mm}$ und bei Plattendicken $h > 750 \text{ mm}$ den Abstand $h/3$ nicht überschreiten.

Ist an den Plattenenden die freie Drehbarkeit behindert, muß auch bei Annahme freier Auflagerung eine etwa noch vorhandene unbeabsichtigte Einspannung durch obere Einlagen berücksichtigt werden.

In Platten ist eine Querbewehrung im Höchstabstand von 350 mm anzuordnen, jedoch nicht kleiner als der Abstand der Hauptbewehrung. Der Querschnitt der Querbewehrung muß bei vorwiegend gleichmäßig verteilter Belastung im Bereich der größten Feldmomente 10% und bei nicht gleichmäßig verteilter Belastung 20 % der Zugkraft der Hauptbewehrung, bezogen auf die Längeneinheit aufnehmen können.

Der auf 1 m Plattenlänge vorgesehene Querschnitt der Querbewehrung in cm^2 muß mindestens $200/R_s$ betragen, wobei R_s die Rechenfestigkeit der Querbewehrung in N/mm^2 ist.

Werden mitwirkende Plattenbreiten nach TGL 33404/01 zur Übertragung von Einzellasten herangezogen, so ist unter diesen eine zusätzliche Querbewehrung anzuordnen, die 50 % der Zugkraft der durch die Einzellast allein bedingten Hauptbewehrung aufnehmen kann, siehe Bild 36. In Kragplatten ist diese Querbewehrung an der Unterseite anzuordnen.

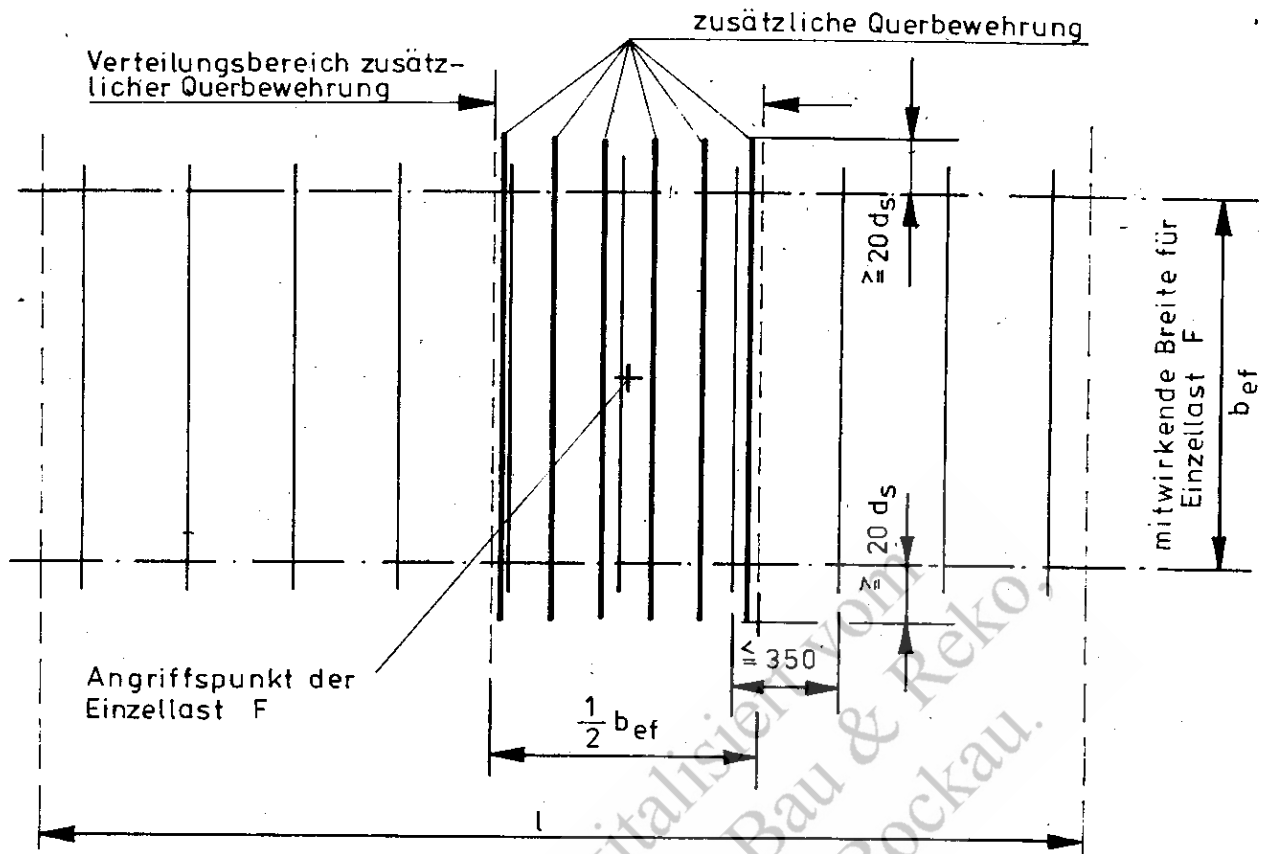


Bild 36

Ist eine rechnerisch nicht berücksichtigte Unterstützung parallel zur Hauptbewehrung vorhanden, ist zur Aufnahme der an der Plattenoberseite auftretenden Zugbeanspruchungen eine Abreißbewehrung anzuordnen. Wird diese nicht genauer ermittelt, sind auf 1 m Länge dieser Unterstützung 60 % der Hauptbewehrung der Platte in Feldmitte anzuordnen, siehe Bild 37.

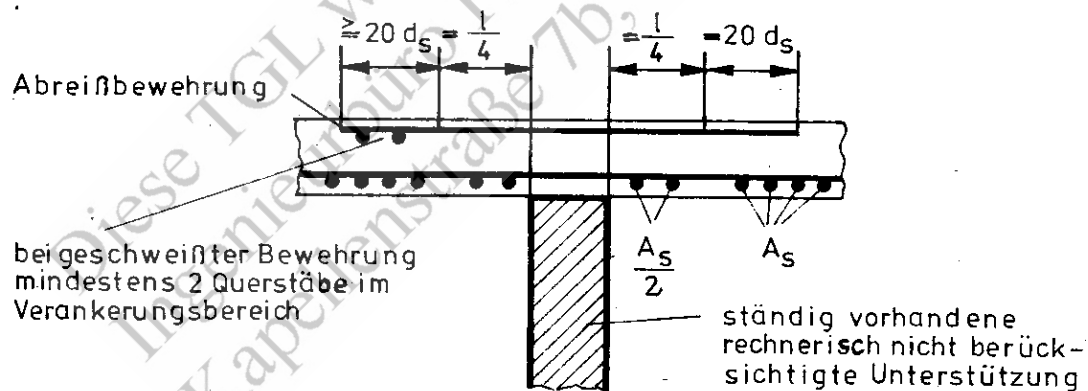


Bild 37

Beiderseits neben einer ständig vorhandenen Unterstützung darf der Querschnitt der Hauptbewehrung der Platte auf eine Länge von maximal $1/4$ der Plattenstutzweite auf die Hälfte abgemindert werden, siehe Bild 37.

Werden bei frei aufliegenden Rädern von zweiachsig gespannten Platten die Drillmomente zur Abminderung der Feldmomente berücksichtigt, müssen die freien Ecken nach den Angaben in Bild 38 eine besondere Drillbewehrung erhalten, deren Querschnitt mindestens gleich dem der größeren Bewehrung in Feldmitte sein muß.

Diese Drillbewehrung muß unten rechtwinklig, oben parallel zur anliegenden Diagonalen verlaufen. Sie darf auch durch sich kreuzende Bewehrung parallel zu den Plattenrändern ersetzt werden.

Bei zweiachsig gespannten Platten dürfen die Plattenstreifen am Rand auf eine Breite von min. $1/5$ mit der Hälfte des in Feldmitte erforderlichen Bewehrungsquerschnittes bewehrt werden.

Tabelle 23 Mindestdicke und Mindestauflagerlänge

Nr.	Konstruktion		Nutzung	min. h mm	Mindestauflagerlänge in mm bei			
					Beton, Stahl- beton	Mauerwerk	Stahl	
1	randgelagerte Ortbetonplatten		nur in Ausnahmefällen begehbar	50	60	h in Feldmitte ≧ 110 ≧ 70	40 ^{*4)}	
2			nicht befahrbar	60				
3			befahrbar mit	PKW				100
4				LKW				120
5	randgelagerte Fertigteil- platten	ohne Rand- verstär- kung	nicht befahrbar	50	50	70	30	
6			befahrbar mit	PKW	100	60	110	60
7		LKW		120				
8		mit Rand- verstär- kung	nicht befahrbar	30	50	70	30	
9	punktgestützte Platten aus Ortbeton oder Fertigteilen		nicht befahrbar	150	-	-	-	
10			befahrbar mit PKW oder Gabelstapler	220	-	-	-	
11	Stahlsteindecken		nicht befahrbar	90	60	mindestens h in Feldmitte, jedoch nicht < 70	40 ^{*4)}	
12	Decken aus Stahlbeton- hohldielen mit vergos- senen Fugen		nicht befahrbar	60	40		30	
13	Decken aus Glasstahl- beton	monoli- thisch		60	60		40	
14		aus Fer- tigteilen		40	50			
15	Balkendecken aus Fertigbalken mit	$b \leq h$	nicht befahrbar	120	60	110	40	
16			befahrbar	150	80		60	
17		$b > h$	nicht befahrbar	100	60		40	
18			befahrbar	120	80		60	
19	Rippendecken Druckplatten	monoli- thisch	nicht befahrbar	50	-	-	-	
20		Fertigteile		30				
21	Rippen	monolithisch Fertigteile		-				60

*4) zwischen Stahlträgern mindestens I 160

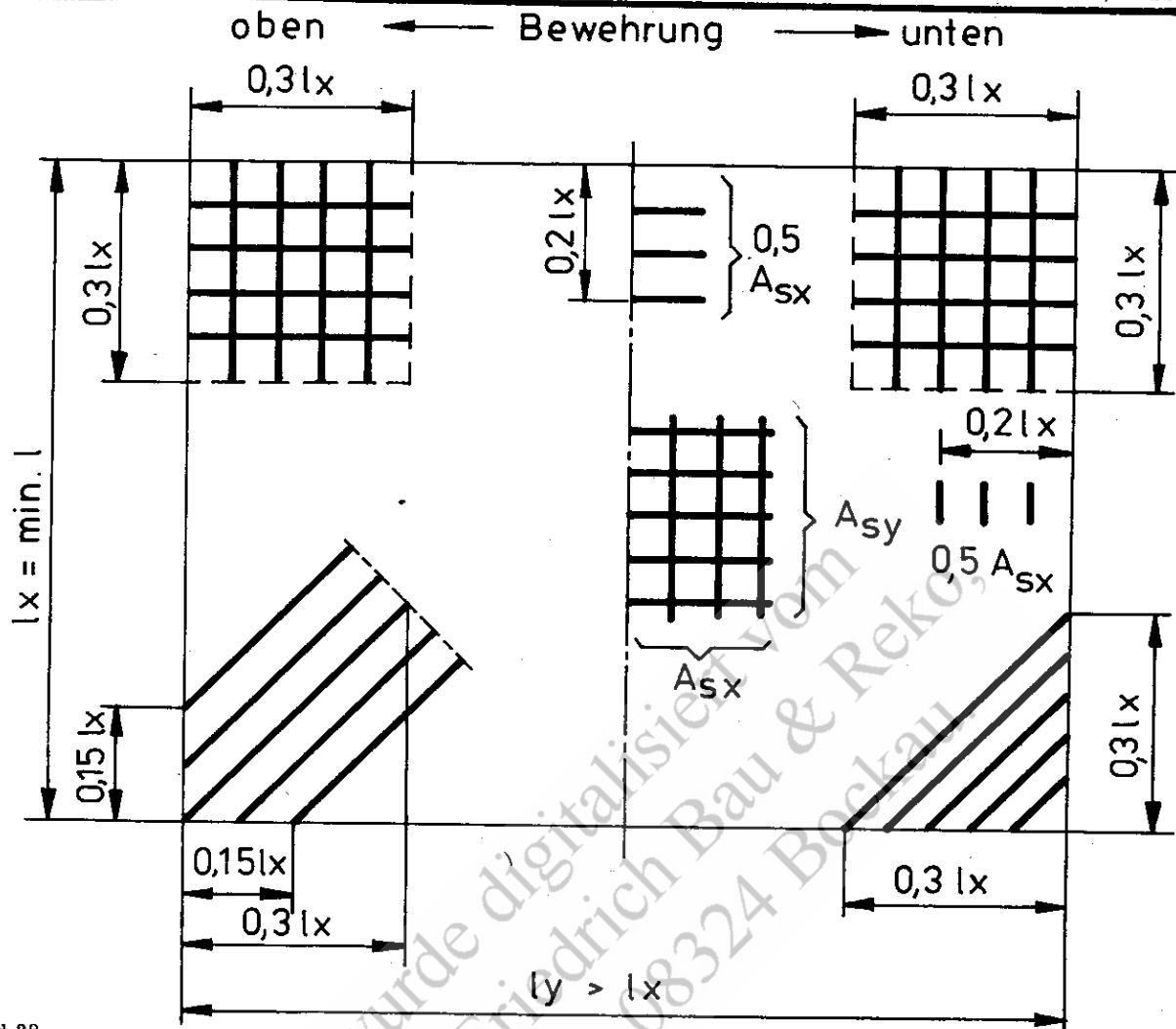


Bild 38

5.1.2. Voll- und Hohldeckenplatten aus Fertigteilen

Es gilt Abschnitt 5.1.1. sofern nachfolgend keine abweichenden Festlegungen getroffen werden.

Eine Querbewehrung ist bei gleichmäßig verteilter Belastung nicht erforderlich, wenn die Breite B einer

Platte $\leq \frac{1}{3} l$ und/oder $\leq 6,5 h$ bzw. wenn $m_y \leq 0,13 \cdot R_{bt}^0 \cdot h^2$ ist. Dabei ist m_y aus der Kopplung der ein-

zelnen Platten untereinander für Nutzlastunterschiede von 50 % im Wechsel auf den einzelnen Platten zu bestimmen. In allen anderen Fällen ist eine Querbewehrung je m Plattenlänge erforderlich, die mindestens den in Tabelle 24 angegebenen Anteil der Zugkraft der Hauptbewehrung im Bereich der größten Momente je m Plattenbreite aufnehmen muß. Diese Querbewehrung darf bei Hohldeckenplatten in Querrippen mit einem Höchstabstand gleich der 15fachen Plattendicke zusammengefaßt werden.

Tabelle 24 Zugkraft für Querbewehrung je m

Seitenverhältnis der Fertigteilplatte B/l	$\leq 0,33$	$\geq 0,50$
Anteil der Zugkraft der Hauptbewehrung	0,035	0,10

Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.

5.1.3. Rippendecken

Bei Rippendecken aus Ortbeton dürfen zur Erzielung einer ebenen Deckenunterschicht statisch wirksame Füllkörper zwischen den Rippen eingebaut werden, Siehe Bild 39.

Bei Fertigteil-Rippendecken dürfen die Zwischenbauteile zur statischen Wirkung mit herangezogen werden, wenn eine einwandfreie Kraftübertragung nachweislich gesichert ist, siehe Bild 40

Rippendecken können aus Fertigteilrippen mit Fertigteilplatten, Fertigteilrippen mit Ortbetonplatten, siehe Bild 41, oder Ortbetonrippen mit Fertigteilplatten, siehe Bild 42, gebildet werden, wobei **unter** der Bedingung einer einwandfreien Kraftübertragung in den Verbindungen bei der Berechnung für den Endzustand eine gemeinsame Wirkung angenommen werden darf.

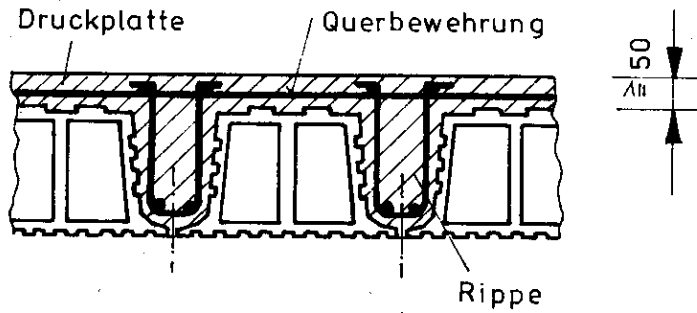


Bild 39

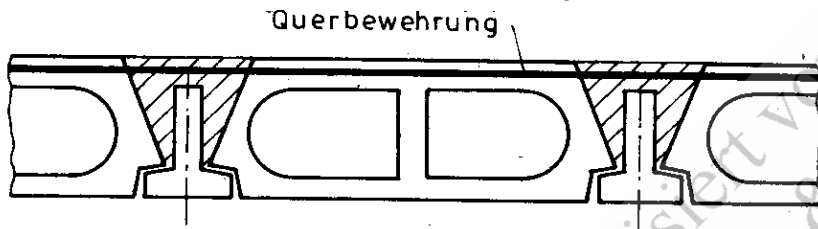


Bild 40

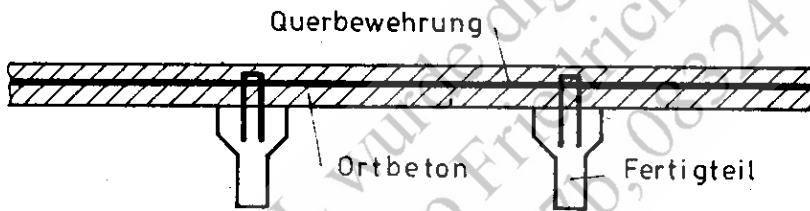


Bild 41



Bild 42

Die Mindestbreite und der Höchstabstand der Rippen nach Tabelle 25 sind einzuhalten.

Tabelle 25 Mindestbreite und Höchstabstand der Rippen

Nr.	Konstruktionsart	Rippen	
		Mindestbreite mm	Höchstabstand zwischen den Rippen mm
1	Ortbeton-Rippendecken	50	700
2	Fertigteil-Rippendecken	40	700
3		50	1200

Die Druckplatten oder Zwischenbauteile sind für die Lastübertragung zwischen Rippen auszubilden.

Querrippen zur Lastverteilung sind nach Tabelle 26 anzuordnen, wenn kein genauere Nachweis geführt wird. Einzellasten sind durch Querrippen oder andere geeignete Maßnahmen auf eine ausreichende Anzahl von Rippen zu verteilen. Querrippen müssen den gleichen Betonquerschnitt wie die Hauptrippen erhalten. Der Querschnitt ihrer unteren Bewehrung ist nach Tabelle 26 zu wählen. An der Querrippenoberseite ist mindestens die Hälfte der unteren Bewehrung anzuordnen.

Zwischenbauteile gelten als tragend, wenn sie die auf sie einwirkenden Eigenlasten und eine Einzellast in der Größe der vorgesehenen Nutzlast je m^2 aufnehmen können. Sie dürfen bis 750 mm Rippenabstand ohne Bewehrung ausgeführt werden.

In den Druckplatten von Ortbetonrippendecken sind Bewehrungsstäbe quer zur Rippenspannrichtung mit einem Höchstabstand von 350 mm mit einem Gesamtquerschnitt in cm^2 von mindestens $200 / R_s$ anzuordnen. Diese Bewehrung ist auch in Fertigteil-Rippendecken erforderlich, wenn keine anderen Maßnahmen zur Lastverteilung vorgesehen werden.

Die Tragfähigkeit der Druckplatte zwischen den Rippen ist erforderlichenfalls nachzuweisen. Dieser Nachweis ist bei Einzellasten immer zu führen.

Tabelle 26 Querrippen

Nr.	Konstruktionsart		Stützweite	Querrippenanzahl und A_s der unteren Querrippenbewehrung bei einer Deckenbelastung von					
				$f \leq 2 \text{ kN/m}^2$		$2 \text{ kN/m}^2 < f \leq 4 \text{ kN/m}^2$		$f > 4 \text{ kN/m}^2$	
				Anzahl	Bewehrung	Anzahl	Bewehrung	Anzahl	Bewehrung
1	Ortbeton-Rippendecken Fertigteilrippen mit Ortbetonplatten Ortbetonrippen mit Fertigteilplatten	Rippenabstand $\leq 330 \text{ mm}$	≤ 7000	-	-	-	-	-	-
2			> 7000	-	-	1	$A_s/2$	1	A_s
3		Rippenabstand $> 330 \text{ mm}$	< 5000	-	-	-	-	-	-
4			$5000 < l \leq 7000$	1	$A_s/2$	1	$A_s/2$	1	A_s
5			> 7000	1	A_s	3	$A_s/2$	3	A_s
6	Balken- und Rippendecken mit tragenden Zwischenbauteilen	Rippenabstände $\leq 750 \text{ mm}$	≤ 5000	-	-	-	-	-	-
7			> 5000	-	-	1	$A_s/2$	1	A_s
8		Rippenabstände $> 750 \text{ mm}$	≤ 5000	-	-	-	-	-	-
9			$5000 < l \leq 7000$	1	$A_s/2$	1	$A_s/2$	1	A_s
10			> 7000	1	$A_s/2$	1	A_s	1	A_s

A_s ist die Bewehrung einer Hauptrippe

5.1.4. Flach- und Pilzdecken

Die Bewehrung ist entsprechend den Momentenanteilen auf die Feld- und Gurtstreifen zu verteilen, siehe TGL 33404/01. Dabei sind mindestens 50 % der Gurtstreifenbewehrung auf die für das Durchstanzen maßgebende Breite mit einem maximalen Bewehrungsabstand gleich der Plattendicke h zu konzentrieren. Von der gesamten Feldbewehrung sind mindestens 50 % bis über die quer zur betrachteten Spannrichtung verlaufende Stützenachse zu führen.

Der Nachweis auf Durchstanzen braucht bei Pilzdecken mit Stützenkopfverstärkungen an den Stützenenden, die einen Neigungswinkel von 45° gegen die Horizontale nicht unterschreiten, nur für die Deckenplatte geführt zu werden.

5.1.5. Decken aus Glasstahlbeton

Die Dicke der zu verwendenden Glaskörper muß mindestens 20 mm betragen. Die Randausbildung der Glaskörper muß einen festen Sitz im umgebenden Beton gewährleisten, der als Bk 15 vorzusehen ist.

Der Abstand der Tragrippen darf nicht größer als 250 mm und der der Querrippe nicht größer als 300 mm sein. Die Rippenhöhe muß bei monolithischer Ausführung mindestens 60 mm und bei Fertigteilen 40 mm, die Rippenbreite mindestens 30 mm betragen.

Einzelne Tragteile sind mit Ringankern zur sicheren Verankerung der Rippenbewehrung zu umschließen. Die Bewehrung des Ringankers muß mindestens der der Tragrippen entsprechen.

Räumliche Tragwerke dürfen nur aus Glasstahlbeton mit runden Glaskörpern bestehen, wobei die Rippenhöhen mindestens 80 mm und die Dicke der Glaskörper mindestens gleich der Rippenbreite sein müssen.

Bei der Berechnung dürfen die in der Druckzone liegenden Querschnittsteile der Glaskörper als mitwirkend berücksichtigt werden. Die Rechenfestigkeit der Bewehrung (R_s) beträgt unabhängig von der Stahlklasse 140 N/mm^2 .

5.1.6. Stahlsteindecken

Stahlsteindecken sind grundsätzlich nur bei vorwiegend ruhenden, gleichmäßig verteilten Lasten anzuwenden. Die Deckenziegel müssen dem betreffenden Standard entsprechen; der Beton darf höchstens mit Bk 15 beim Tragfähigkeitsnachweis angesetzt werden.

Abweichend von Tabelle 14 dürfen bei Stahlsteindecken die Schlankheiten nur $l_1/h_s \leq 30$, bei nur zur Bau-reparatur und Wartung begehbaren Decken $l_1/h_s \leq 40$ betragen.

Bei der Berechnung dürfen zur Querkraftübertragung die Summe der Beton- und Ziegelstege, zur Biegedruckübertragung zusätzlich der außerdem vorhandene Ziegelquerschnitt und Betondruckschichten von mindestens 20 bis höchstens 50 cm Dicke angesetzt werden.

Werden bei zum Vergießen zugelassenen Deckenziegeln die unteren Stoffugen nicht besonders vermörtelt, darf zur Übertragung negativer Momente nur der Beton der Stege angesetzt werden.

Die seitliche Betondeckung der Bewehrung zu den Ziegelstegen muß mindestens 5 mm betragen.

Im Auflagerbereich ist Vollbeton vorzusehen.

Die Bewehrung ist so zu verteilen, daß im Bereich der maximalen Momente in jeder Fuge ein Bewehrungsstahl liegt. Im Auflagerbereich darf in jeder zweiten Fuge der Stahl aufgebogen werden, wenn er bis über das Auflager geführt wird.

Die Stähle müssen Endhaken erhalten, die bei Decken zwischen Stahlträgern bis an die Trägerstege reichen müssen. Die Rechenfestigkeit für Stähle der Klasse 0 und I ist mit 150 N/mm^2 , die der Klasse III und IV mit 180 N/mm^2 anzunehmen.

5.1.7. Unbewehrte Decken

Sofern eine seitliche Aussteifung zur Aufnahme des waagerechten Schubes vorhanden ist und die Bedingungen der Tabelle 27 erfüllt sind, dürfen auf Schalung hergestellte Decken ohne Bewehrung ausgeführt werden.

Tabelle 27 Grenzwerte unbewehrter Decken

Nr.	Bauart	Dicke mm	Druckfestigkeit N/mm^2		Stützweite m	gesamte Normlast kN/m^2
			Stein	Fugen- beton		
1	Lochziegel zum Vermau- ern von Stahl- steindecken	90	15,0	10,0	1,00	4,50
2		190			1,60	5,50
3	Vollziegel	11,5	15,0	5,0	1,30	5,50
4	Beton	100	-	15,0	1,50	5,50

5.2. Balken und Plattenbalken

Balken und Plattenbalken sind vorwiegend auf Biegung beanspruchte stabförmige Bauteile mit $l_1/h_s > 2,0$.

Bügel in Balken und Plattenbalken müssen grundsätzlich den Querschnitt umschließen. Offene Bügel dürfen verwendet werden, wenn in Höhe der fortgelassenen Bügelschenkel quer zur Balkenachse eine kraftschlüssig verankerte Bewehrung mindestens im Abstand der Bügel vorhanden oder $k_{xR} \leq 0,2$ ist.

Bei Querschnittshöhen größer als 1400 mm ist an den Außenseiten der Balkenstege über die Höhe der Zugzone eine Stegbewehrung anzuordnen. Der Querschnitt dieser Stegbewehrung soll 0,1 % der Fläche der Zugzone betragen und darf als Tragbewehrung mit herangezogen werden. Für Bewehrungsstähle dieser Stegbewehrung gilt als Höchstabstand 400 mm.

Liegen bei profilierten Balken Flansche in der Zugzone, ist die Zugbewehrung unter Berücksichtigung des Abschnittes 2.3.2.4. auch auf diese zu verteilen, siehe Bild 6.

Bei mehrlagiger Bewehrung, bzw. bei Bewehrung am oberen Balkenrand sind Rüttellücken zur Sicherung einer ausreichenden Verdichtung zu belassen.

5.3. Druckglieder

5.3.1. Unbewehrte Druckglieder

Die kleinste Seitenlänge von unbewehrten Druckgliedern muß 200 mm betragen. Sind bei unbewehrten Druckgliedern Querschnittssprünge vorhanden, müssen die auftretenden Querkzugspannungen nachgewiesen und erforderlichenfalls durch Bewehrung aufgenommen werden.

5.3.2. Bügelbewehrte Druckglieder

Bei bügelbewehrten Druckgliedern muß die Längsbewehrung durch Bügel oder Spiralen umschlossen werden. Mindestmaße nach Tabelle 28

Tabelle 28 Mindestmaße

Nr.	Herstellungsart	kleinste Seitenlänge, siehe Bild 43 mm	min. b und min. h von Profilierungen siehe Bild 44 mm	Minstdurchmesser	
				Längsbewehrung (min. d_s) mm	Bügel (min. d_v) mm
1	Ortbeton	200	100	12	$\frac{1}{4} d_s \geq 4$
2	Fertigteile	$\lambda \geq 70$	40	10	
3		$\lambda < 70$			

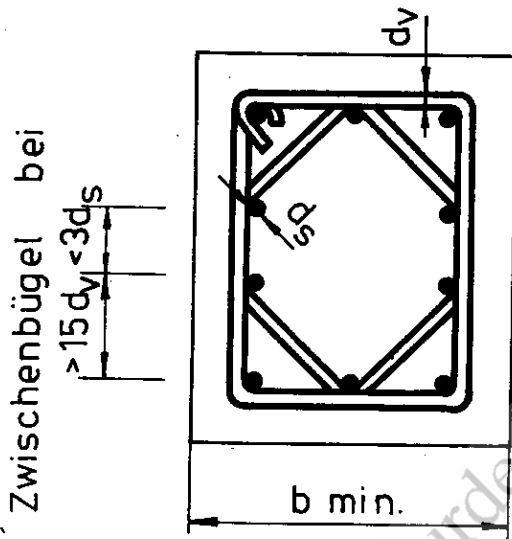


Bild 43

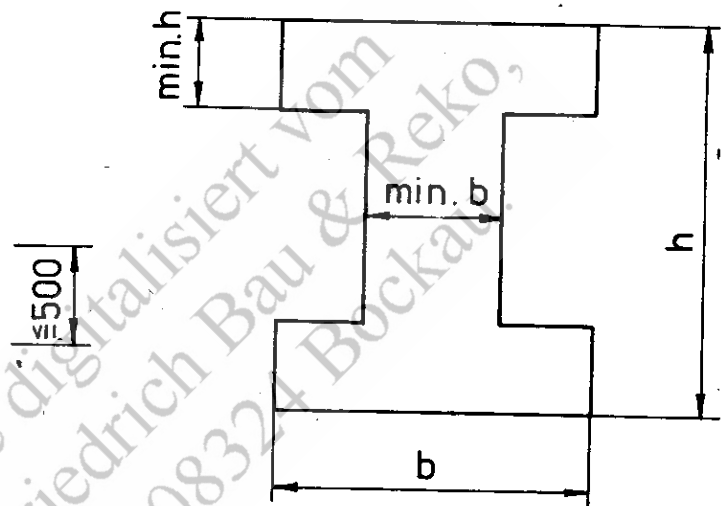


Bild 44

Für die Bewehrung am stärker gedrückten Rand gilt die Gleichung

$$A'_s \leq 0,225 \cdot A_b \cdot R_b^0 / R_s^0 \quad (48)$$

Sie darf außerdem nicht größer werden als das Dreifache der weniger gedrückten Bewehrung. Dabei darf A'_s im Einspannbereich an Stützenenden und in Ausnahmefällen bis auf den doppelten Betrag erhöht werden. Ausnahmefälle liegen vor bei kurzzeitig wirkenden Belastungen oder örtlichen Schwächungen von Druckgliedern.

Der größte Abstand der Längsstähle darf 500 mm nicht überschreiten, siehe Bild 43.

Der größte Achsabstand der Bügel (s_v) oder die Ganghöhe einer gleichwertigen Spiralbewehrung darf bei vorwiegend ruhender Belastung gleich der kleinsten Seitenlänge oder dem Durchmesser der Querschnitte sein, wenn

- der Durchmesser der Längsstähle nicht größer ist als
 - 32 mm bei St A-0 und St A-I
 - 25 mm bei St A-III und St T-III
 - 22 mm bei St T-IV
- der Achsabstand der Längsstähle s untereinander größer als das 3fache ihres Durchmessers ist
- die Betondeckung der Bügel c_v nicht kleiner ist als
 - 15 mm bei Betonklassen von \geq Bk 20
 - 20 mm bei Betonklassen $<$ Bk 20.

In allen anderen Fällen darf der Achsabstand außerdem den 15fachen Durchmesser der Längsstähle nicht überschreiten.

Bei durchgehenden Geschoßstützen müssen auch im Bereich von Balken und Riegelanschlüssen Stützenbügel angeordnet werden.

Unter Lasteintragungsbereichen sind zusätzlich zur normalen Bügelteilung mindestens 2 Zwischenbügel anzuordnen.

Liegen zwischen den Eckstäben weitere auf Druck beanspruchte Längsstäbe mit einem Achsabstand $< 3 d_s$ und $> 15 d_v$ von der BÜgelecke entfernt, müssen diese durch Zwischenbügel im doppelten Abstand der Hauptbügel gehalten werden, siehe Bild 43.

5.3.3. Umschnürte Druckglieder

Bei umschnürten Druckgliedern muß die Längsbewehrung durch eine ring- oder spiralenförmige Umschnürungsbewehrung in einem Abstand oder mit einer Ganghöhe von $1/5$ des Kerndurchmessers (d_{bk}) jedoch höchstens 80 mm umschlossen sein, siehe Bild 4. Die Betonklasse muß mindestens Bk 15 betragen.

Für umschnürte Druckglieder gelten folgende Mindestmaße

Durchmesser der Kernquerschnitte	$d_{bk} = 150 \text{ mm}$
Durchmesser der Umschnürungsbewehrung	$d_{s1} = 4 \text{ mm}$
Durchmesser der Längsbewehrung	$d_s = 12 \text{ mm}$

Die auf den Kernquerschnitt bezogene Längsbewehrung darf nicht größer sein als $0,45 \cdot R_b^0 / R_s^0$

5.4. Ebene und räumliche Flächentragwerke

5.4.1. Wandartige Träger

Die statisch erforderliche Bewehrung ist für die nach TGL 33404/01 zu ermittelnden Kräfte zu bestimmen.

Zusätzlich zu der statisch erforderlichen Bewehrung ist beiderseitig eine Netzbewehrung mit einer Maschenweite von höchstens 300 mm, jedoch nicht größer als die 2fache Wanddicke anzuordnen. Soweit diese Bewehrung im gezogenen Bereich liegt, darf sie auf die Zugbewehrung angerechnet werden.

Wird die Belastung in den unteren Trägerbereich eingetragen, ist hierfür eine Aufhängebewehrung vorzusehen. Diese ist in Trägermitte bis in Höhe gleich der Stützweite und am Auflagerrand bis auf $2/3$ dieser Höhe, höchstens jedoch bis zum oberen Scheibenrand zu führen. Die Beanspruchung des Trägersauflagers darf $0,7 R_b$ nicht überschreiten.

5.4.2. Wände

Die Mindestdicke belasteter Wände muß bei unbewehrten Wänden 120 mm und bei Stahlbetonwänden 100 mm betragen. Die Mindestdicken gelten auch für Wandteile zwischen oder neben Öffnungen, deren Länge kleiner als die 3fache Wanddicke ist, wenn in diesem Bereich

- unbewehrte Wände konstruktiv bewehrt werden,
- Stahlbetonwände die Bedingungen des Abschnittes 5.3.2. erfüllen.

In Stahlbetonwänden ist beidseitig ein Bewehrungsnetz anzuordnen. Dabei muß der Mindestdurchmesser der Tragbewehrung 8 mm, bei geschweißten Bewehrungsmatten 6 mm betragen. Der größte Abstand dieser Bewehrungsstäbe darf bei Wanddicken $h \leq 300 \text{ mm}$ das Maß 200 mm und bei Wanddicken $h > 300 \text{ mm}$ $2/3$ der Wanddicke nicht überschreiten.

Als Querschnitt der Querbewehrung muß mindestens $1/5$ des Querschnittes der Tragbewehrung angeordnet werden, wobei der Abstand der Bewehrungsstäbe 350 mm nicht überschreiten darf.

An den Wandrändern einschließlich Tür- und Fensteröffnungen müssen die Stäbe der Querbewehrung die der Längsbewehrung bügelartig umschließen. Querbewehrungsstäbe sind je m^2 Wandfläche durch mindestens 4 S-Haken zu halten. Ist die erforderliche Tragbewehrung je Wandseite größer als 1 %, sind S-Haken mindestens im Abstand der 2fachen Wanddicke, gemessen in horizontaler und vertikaler Richtung, anzuordnen.

5.4.3. Schalen und Falterwerke

Die Mindestdicke von Schalen und Falterwerken muß bei

Ortbeton	50 mm
und bei Fertigteilen	30 mm

betragen.

Der Abstand der Bewehrungsstäbe darf höchstens die 3,5fache Schalendicke, jedoch nicht mehr als 300 mm betragen. Liegt auf beiden Seiten ein Bewehrungsnetz, dürfen die innen liegenden Bewehrungsstäbe im doppelten Abstand versetzt, siehe Bild 45, angeordnet werden, wenn sie keine Hauptbewehrung sind. Bei geringer Schalendicke darf die gesamte Bewehrung in einem mittigen Bewehrungsnetz zusammengefaßt werden.

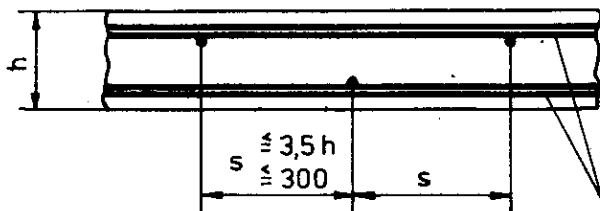


Bild 45

Hauptbewehrung

Bei glattem Rundstahl in Gleitbauten darf, wenn kein Leichtbeton angewandt wird, auf Haken verzichtet werden, wenn der größte Durchmesser der Bewehrungsstäbe (max. d_s) die folgende Bedingung erfüllt:

$$\max. d_s \leq \begin{cases} 0,1 h_s \\ 16 \text{ mm} \end{cases}$$

Die entsprechenden Maße für die Verankerungs- und Überdeckungslängen müssen auf das 1,5fache vergrößert werden.

5.5. Konsolen und Kragstbeiben

Kragkonstruktionen mit einem Abstand des Lastangriffspunkt $s_f \leq h$ sind wie Konsolen und mit $s_f \leq h/2$ wie Kragstbeiben zu bemessen.

Die nach Abschnitt 2.3. mit $\alpha_2 = 0,16$ ermittelten Querkräfte dürfen nicht überschritten werden. Hierbei ist als rechnerische Nutzhöhe $h_s \leq 2 \cdot s_f$ einzuführen, siehe Bilder 46 und 47.

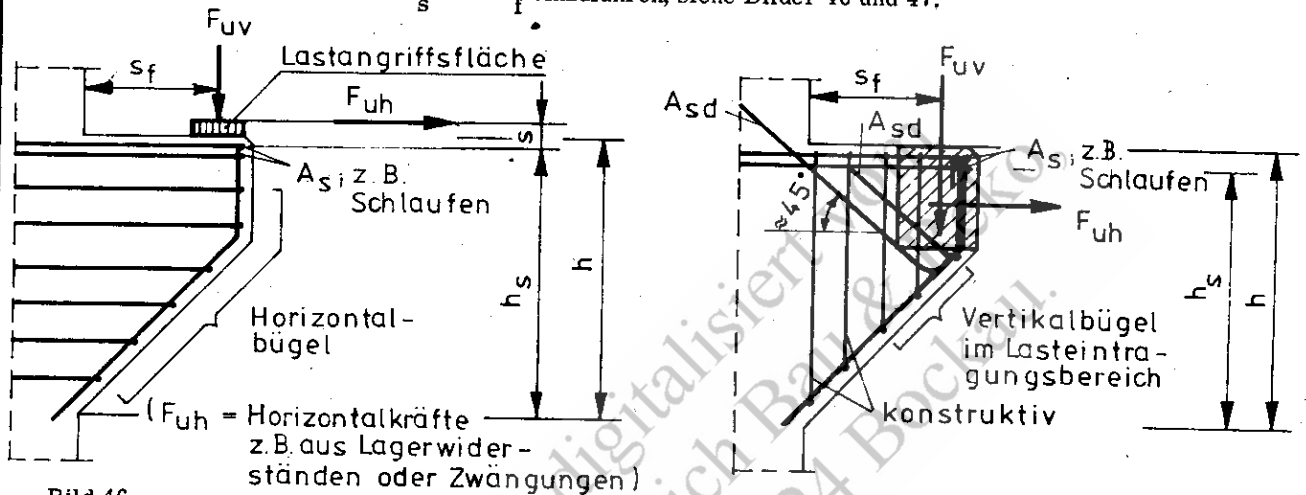


Bild 46

Bild 47

Bei direkt belasteten Konsolen, siehe Bild 46, ist die Zugbewehrung nach Gleichung (49) und bei indirekt belasteten Konsolen, siehe Bild 47, nach Gleichungen (50) und (51) zu ermitteln.

$$A_s = \frac{1}{R_s} \cdot \left(\frac{F_{uv} \cdot s_f + F_{uh} \cdot s}{0,8 h_s} + F_{uh} \right) \geq \frac{0,63 \cdot F_{uv} + F_{uh}}{R_s} \quad (49)$$

$$A_s = \frac{1}{R_s} \cdot \left(\frac{0,75 \cdot F_{uv} \cdot s_f}{h_s} + F_{uh} \right) \geq \frac{0,3 \cdot F_{uv} + F_{uh}}{R_s} \quad (50)$$

$$A_{sd} = \frac{F_{uv}}{R_s} \quad (51)$$

Bei direkt belasteten Konsolen

- ist die Lasteintragungsfläche durch die voll zu verankernde Zugbewehrung (A_s) zu umschließen,
- sind nicht auf die Zugbewehrung (A_s) anzurechnende Horizontalbügel für 33 % der Tragkraft von A_s anzuordnen, siehe Bild 46.

Bei indirekt belasteten Konsolen

- ist die Zugbewehrung voll zu verankern,
- ist die schräge Zugbewehrung (A_{sd}) annähernd unter 45° anzuordnen und muß in allen Horizontalschnitten über die Lasteintragungshöhe sowie in allen Vertikalschnitten vorhanden sein,
- sind im Bereich der Lasteintragung Vertikalbügel, siehe Bild 47, für $0,4 \cdot F_{uv}$ anzuordnen.

An die Konsole angehängte Lasten sind durch eine zusätzliche, die horizontale Zugbewehrung umschließende Aufhängebewehrung einzuleiten.

Kragstbeiben brauchen nur konstruktiv bewehrt zu werden, wenn die nach der Elastizitätstheorie errechneten Hauptzugspannungen die Rechenfestigkeiten (R_{bt}) für Betonkonstruktionen nicht überschreiten. Werden die Rechenfestigkeiten überschritten, darf die Bewehrung nach den Festlegungen für Konsolen bestimmt werden. Dabei muß bei indirekt belasteten Kragstbeiben die rechnerisch ermittelte Bewehrung A_{sd} über die untere Hälfte der Scheibe verteilt, und in der oberen Hälfte eine konstruktive Bewehrung angeordnet werden.

5.6. Fundamente

Die Tragfähigkeit unbewehrter Fundamente ist nachgewiesen, wenn die Hauptzugspannungen unter Beachtung von Eigen- und Zwängungsspannungen den Wert R_{bt} nicht überschreiten.

Bei Streifenfundamenten mit Auskragungen kleiner als die 4fache Fundamentdicke muß die Zugbewehrung bis zu den Rändern durchgeführt und durch mindestens rechtwinklig abgeboogene Haken oder aufgeschweißte Querstäbe verankert werden.

6. FERTIGTEILKONSTRUKTIONEN

6.1. Bauwerksaussteifung

Die räumliche Steifigkeit von Bauwerken aus Fertigteilen muß durch besondere Maßnahmen, z. B. Einspannungen der Stützen, Vertikalscheiben, Horizontalscheiben, gesichert werden. Als ausreichende Sicherung gelten Konstruktionsteile aus Beton, Stahlbeton, Mauerwerk oder Stahl, wenn

- diese alle Horizontalkräfte einschließlich der Schiefstellungskräfte nach TGL 33404/01 aufnehmen können.
- diese während der gesamten Nutzungszeit funktionstüchtig bleiben und
- die aussteifenden Bauteile kraftschlüssig so angeschlossen werden, daß sie auch bei außergewöhnlichen Einwirkungen, z. B. Setzungen, Erschütterungen ihre Bindung nicht verlieren.

6.2. Besonderheiten der Berechnung

Bauteile aus Ortbeton und Fertigteilen dürfen in der Regel als monolithische Konstruktionen bemessen werden. Wird dabei eine Querkraftbewehrung entsprechend Abschnitt 2.3. erforderlich, so ist diese grundsätzlich unter Ansatz von $\eta = 1,0$ zu ermitteln.

Die Spannung (σ'_b) gedrückter Fugen zwischen Fertigteilen muß die Beziehung (52) erfüllen.

$$\sigma'_b \leq \left[1 - 6 \left(1 - 0,8 \frac{R_{bt}^0}{R_{b2}^0} \right) \left(\frac{t}{h} \right)^2 \right] R_{b2} \quad (52)$$

In der Beziehung (52) bedeutet:

- R_{bt}^0 Grundwert der Rechenfestigkeit des Fugenbetons $\geq 0,4 R_{b2}^0$
- R_{b2}^0 Grundwert der Rechenfestigkeit des Betons der angrenzenden Fertigteile
- t tatsächlich vorhandene Fugendicke
- h kleinere Fugenbreite
- R_{b2} Rechenfestigkeit des Betons des betrachteten Fertigteiles

Ist die vorhandene Spannung größer als R_{bt}^0 des Fugenbetons, müssen die zu stoßenden Elemente an ihren Enden ein Bewehrungsnetz erhalten, das in jeder Richtung mindestens eine Zugkraft vom 0,1fachen der durch die Fuge zu übertragenden Druckkraft aufnehmen kann. Bei Fugendicken über 25 mm ist, wenn der Beton nicht zwischen Schalung eingebracht wird, als wirksame Übertragungsfläche die um die Fugendicke in beiden Richtungen reduzierte Fugenrundfläche anzunehmen.

Die Flächenreduzierung ist nicht durchzuführen, wenn in Abständen von 15 mm in der Fuge Streckmetall oder ein engmaschiges Bewehrungsnetz angeordnet wird.

Die in Fugen nebeneinander liegender Deckenplatten infolge unterschiedlicher, vorwiegend ruhender Lasten wirkende Querkraft $Q_{u,fi}$ darf ohne einen bewehrten Aufbeton Q_{fi} nach Gleichung (53) nicht überschreiten.

$$Q_{fi}(R) = 0,1 R_{bt}^0 \cdot l_{fi} \cdot h_{fi} \quad (53)$$

In Gleichung (53) bedeuten:

- R_{bt}^0 Grundwert der Rechenfestigkeit des Fugenbetons auf Zugbeanspruchung
Bei Fugenausbildungen nach Bild 48 oder Bild 49 ist der Wert grundsätzlich nicht größer als 2/3 der Rechenzugfestigkeit des Betons der Deckenplatten anzunehmen.
- l_{fi} zur Kraftübertragung mitwirkende Fugenlänge nach TGL 33404/02. Sie ist bei der Fugenausbildung nach Bild 49 um die im Übertragungsbereich vorhandenen Längsdübel zu verringern.
- h_{fi} Verdübelungshöhe $\approx 0,45 h$

Die Querkraft $Q_{u,di}$ in den Fugen von aus Fertigteilen zusammengesetzten Deckenscheiben darf bei Beanspruchung in der Deckenebene Q_{di} nach Gleichung (54) nicht überschreiten.

$$Q_{di}(R) = \alpha_{di} \cdot R_{bt}^0 \cdot h_{di} \cdot h \quad (54)$$

In Gleichung (54) bedeuten:

$$R_{bt}^0 \leq 0,9 \text{ N/mm}^2$$

α_{di} ein von der Fugenausbildung abhängiger Beiwert. Bei Fugen nach Bild 48 $\alpha_{di} = 0,27$ nach Bild 49 $\alpha_{di} = 0,54$.

h_{di} Scheibenhöhe

h Plattendicke am Fugenrand

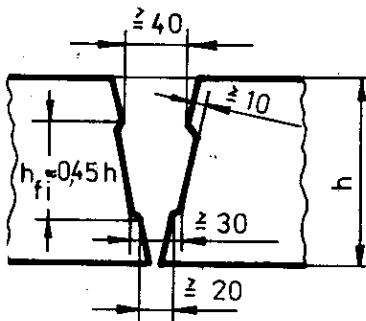


Bild 48

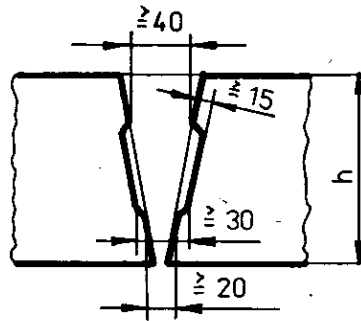
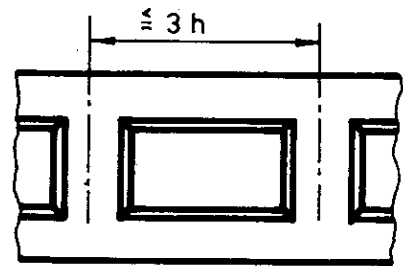


Bild 49



Ist $Q_{u, di} \leq 0,04 h_{di} \cdot h$, so darf auf eine Bewehrung der Deckenfugen zur Übertragung der Querkraft aus der Scheibenwirkung verzichtet werden. Ist $Q_{u, di} > 0,04 h_{di} \cdot h$, so ist eine über die ganze Scheibenhöhe durchgehende Bewehrung vorzusehen, die voll im Zuggurt, in der Regel ist dies der Ringanker, zu verankern ist. Außerdem ist nachzuweisen, daß der Verbund zwischen Zuggurt und den Deckenfertigteilen gesichert ist, z. B. durch profilierte Stirnseiten der Deckenplatten. Die Aufnahme von senkrecht zur Plattenlängsachse in der Fuge wirkenden Zugkräften ist nachzuweisen.

6.3. Besonderheiten der konstruktiven Durchbildung

Bauwerke aus Fertigteilen sind so zu konstruieren, daß infolge des Versagens eines Fertigteiles der Einsturz eines größeren Abschnittes oder des ganzen Bauwerkes ausgeschlossen ist. Werden Bauteile aus Ort- und Fertigteilen als ein gemeinsam wirkender Querschnitt bemessen, so sind zur Gewährleistung des Verbundes geeignete konstruktive Ausbildungen der Fertigteile, z. B. Profilierungen, erforderlich. Werden auf Druck beanspruchte Fugen nachträglich vermörtelt oder ausbetoniert, müssen die Fugen mindestens gleich der 0,1fachen Verfülltiefe, jedoch nicht weniger als 30 mm dick sein.

Auf Querkraft beanspruchte Fugen in aus Fertigteilen zusammengesetzten Scheiben sind gegen Aufreißen zu sichern, z. B. durch Ringanker. Die Auflager von Fertigteilen sind so auszubilden, daß ihre sichere Lage bei der Errichtung und Nutzung des Bauwerkes unter Berücksichtigung der Verformungen der Elemente, gewährleistet ist. Bei der Bemessung der Auflagerbereiche der Elemente, wie auch der Auflager selber sind die aus der Längenänderung der Elemente resultierenden Kräfte mit zu berücksichtigen.

7. BRANDSCHUTZTECHNISCHE FORDERUNGEN

7.1. Grundsätze

Die Bauteile sind so auszubilden, daß sie den für den jeweiligen Verwendungszweck geforderten Feuerwiderstand (fw) aufweisen.

Der Feuerausbreitungsgrad von Bauteilen aus allen im Geltungsbereich dieses Standards genannten Baustoffarten ist ohne Feuerausbreitung (ofa). Die Feuerwiderstandswerte dieses Abschnittes gelten nicht für Bauteile aus Glasstahlbeton.

Für Bauteile, deren Feuerausbreitungsgrad nicht eindeutig festgelegt werden kann, z. B. Mehrschichtelemente, oder deren Feuerwiderstand sich nach den Angaben dieses Abschnittes nicht ermitteln läßt, ist das Brandverhalten nach TGL 10685/12 und /13 oder durch ein Gutachten einer zugelassenen Prüfstelle nachzuweisen.

Die Feuerwiderstandswerte für Bauteile gelten unter der Bedingung, daß ihre Unterstützungen und/oder Befestigungen sowie die Fugen zwischen ihnen mindestens den gleichen Feuerwiderstand besitzen. Für mehrschichtige Bauteile mit Tragschichten aus Stahlbeton ist der Feuerwiderstand der Tragschicht maßgebend. Innen liegende Dämmschichten sind in diesem Falle wie Bekleidungen zu betrachten.

7.2. Einflußgrößen auf den Feuerwiderstand

7.2.1. Bauteilquerschnittsmaße und Bewehrungslage

Für den Nachweis des Feuerwiderstandes ist das Maß der Bewehrungslage (a_s) das Konstruktionsmaß für den Abstand des Schwerpunktes der Tragbewehrung von der brandbeanspruchten Oberfläche des Querschnittes, siehe Bild 50. Fertigungsbedingte Abmaße werden nicht berücksichtigt.

Bei mehrlagig angeordneter Bewehrung darf a_s auf die Schwerachse aller Bewehrungsstäbe der Zug- oder Druckbewehrung bezogen werden, jedoch muß a_s eines jeden Einzelstabes mindestens dem für fw 30 geforderten Wert entsprechen. Gleichzeitig ist auf die Einhaltung der erforderlichen Betondeckung nach Abschnitt 4.1. zu achten.

Für den jeweils erforderlichen Feuerwiderstand sind die Mindestmaße für a_s und die Querschnitte von Bauteilen Tabelle 29 oder 30 zu entnehmen. Die Werte gelten für die Grenztemperatur 500 °C und Beton mit quarzhaltigen Zuschlagstoffen. Bei Bauteilen aus Beton mit vorwiegend kalkhaltigen Zuschlagstoffen sowie aus Leichtzuschlagstoffbeton ist Abschnitt 7.2.2. zu berücksichtigen.

Bei zweiachsig gespannten Platten mit einem Seitenverhältnis $l_y/l_x \leq 1,5$ dürfen für die untere Bewehrungslage die Werte a_s nach Tabelle 29 auf 50 % reduziert werden. Für Seitenverhältnisse $l_y/l_x \geq 2,0$ gelten die Werte a_s nach Tabelle 29 für die untere Bewehrungslage. Für $1,5 < l_y/l_x < 2,0$ darf zwischen den vorgenannten Werten gradlinig interpoliert werden.

In Balken mit großer Querkraftbeanspruchung, $\alpha_2 > 0,16$ nach Tabelle 7, bei denen die Querkraftbewehrung nur aus Bügeln besteht, ist a_s auf die Bügel zu beziehen, sofern der Bezug auf die Hauptzugbewehrung keine ungünstigeren Werte ergibt.

Für Träger mit I-Querschnitt sind folgende zusätzliche Forderungen in Abhängigkeit vom Verhältnis der Untergurtbreite (b_u) zur Stegdicke (b_w) einzuhalten:

$$\frac{b_u}{b_w} > 1,4$$

a_s und a_h nach Tabelle 30 sind mit dem Faktor $0,85 \cdot \sqrt{b_u/b_w}$ zu vergrößern.

$$\frac{b_u}{b_w} > 2$$

Im Steg ist eine Netzbewehrung anzuordnen. Die Querschnittsfläche dieser Bewehrung muß mindestens 0,15 % der Grundrißfläche des Steges betragen. Diese Bewehrung darf zur Querkraftsicherung mit herangezogen werden.

$$\frac{b_u}{b_w} > 3$$

Der Untergurt ist als Zugglied nach Tabelle 29 zu betrachten.

Ist zur Erreichung des geforderten Feuerwiderstandes eine Betondeckung bis zur Oberfläche der Tragbewehrung von mehr als 50 mm bei Stahlbeton bzw. mehr als 60 mm bei Stahlleichtbeton erforderlich, so ist zur Vermeidung von Abplatzungen im Brandfall eine zusätzliche Schutzbewehrung innerhalb der Betondeckung anzuordnen, z. B. engmaschige Netzbewehrung.

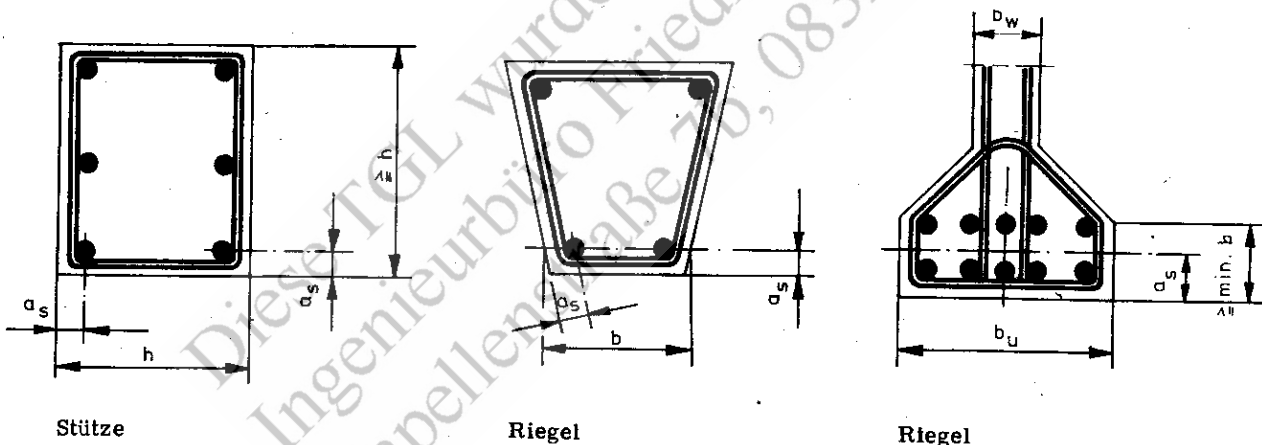


Bild 50

Tabelle 29 Mindestmaße der Querschnitte und $\min a_s$ für Stützen und Wände sowie statisch bestimmt gelagerte Platten und Zugglieder

Feuerwiderstand (fw)	Stützen mit Rechteckquerschnitt bei allseitiger Brandbeanspruchung		tragende Wände und Stützen mit Rechteckquerschnitt bei einseitiger Brandbeanspruchung 5)		Trennwände	Außenwände nicht tragend		Dach- und Deckenplatten 7)	Zugglieder		
	unbewehrt min. h mm	bewehrt min. h mm, $\min a_s$ mm	unbewehrt min. h mm	bewehrt min. h mm, $\min a_s$ mm		min. h der Trag-schicht mm	min. a mm		min. b mm	min. h und min. b mm	min. A, B mm ²
15	-	120	15	-	50	30	-	-	-	-	
30	-	150	15	-	60	50	10	10	80	13 000	25
45	200	170	20	-	70	60	15	15	100	20 000	30
60	220	190	25	100	80	70	15	20	120	29 000	40
90	260	230	35	120	100	90	20	30	150	45 000	55
120	300	260	40	135	120	120	20	40	200	80 000	65
150	340	300	40	150	135	135	30	50	220	97 000	70
180	380	340	40	165	150	150	30	60	240	115 000	80

- 5) gilt für Stützen, die in voller Höhe so in Wänden mit mindestens dem gleichen Feuerwiderstand wie die Stützen eingebaut sind, daß sie nur auf einer Seite dem Brand ausgesetzt sind. Öffnungen in der Wand müssen in diesem Fall mindestens um das Maß $\min. h$ von der Stütze entfernt sein.
- 6) bei tragenden Wänden mit Rippen- oder Hohlraumquerschnitten ist die effektive Betondecke (Nettobetongehalte bezogen auf die Wandfläche) maßgebend; bei Rippenquerschnitten sind außerdem die Rippen nach Tabelle 30 nachzuweisen.
- 7) für Deckenplatten ist außerdem $\min h$ wie für Trennwände einzuhalten. Dabei ist bei Hohlraumquerschnitten und bei Rippenplatten mit keramischen oder gleichwertigen Füllkörpern die effektive Betondecke maßgebend. Bei Stahlsteindecken ergibt sich die effektive Betondecke unter Ansatz des Nettovolumens aus Fugen-, Druckbeton- und Deckziegeln. Bei Rippenplatten ohne Füllkörper ist die Dicke der Druckplatte maßgebend; außerdem sind die Rippen nach Tabelle 30 nachzuweisen.
- 8) unter Berücksichtigung der Grenztemperaturen der Betonstähle nach Abschnitt 7.2.3. und der Festlegung über eine zusätzliche Bewehrung zur Verhinderung von Abplatzungen der Betondeckung nach Abschnitt 7.2.1.

Tabelle 30 Mindestmaße der Querschnitte und $\min a_s$ für statisch bestimmt gelagerte Balken und Plattenbalken sowie Rippen von Rippenquerschnitten

Feuerwiderstand (fw)	Kleinste Querschnittsbreite oder Gurtabmaße min. b_s ⁹⁾ min. a_s ¹⁰⁾ in mm					Stegdicke min. b_w für I-Querschnitte 11) mm
	min. b min. a_s	80 25	120 15	160 10	200 10	
30	min. b min. a_s	80 25	120 15	160 10	200 10	70
45	min. b min. a_s	100 30	140 25	180 20	250 20	80
60	min. b min. a_s	120 40	160 35	200 30	300 25	100
90	min. b min. a_s	150 55	200 45	280 40	400 35	100
120	min. b min. a_s	200 65	240 55	300 50	500 45	120
150	min. b min. a_s	220 70	270 60	350 55	550 50	120
180	min. b min. a_s	240 80	300 70	400 65	600 60	140

7.2.2. Art des Betons und der Zuschlagstoffe

Die Mindestmaße der Tabellen 29 und 30 dürfen mit den Faktoren nach Tabelle 31 in Abhängigkeit von der Zuschlagstoffart reduziert werden.

Tabelle 31 Abminderungsfaktoren in Abhängigkeit von der Zuschlagstoffart

Beton	Abminderungsfaktor
Beton mit vorwiegend kalkhaltigen Zuschlagstoffen	0,9
Beton mit Leichtzuschlagstoffen	
$k_{\varrho} = 1,25 \text{ kg/dm}^3$	0,8
$k_{\varrho} = 1,80 \text{ kg/dm}^3$	0,9

7.2.3. Stahlmarken, Auslastung der Bewehrung

Weicht die Grenztemperatur der Betonstähle bei Zuggliedern, Platten und Balken von 500°C ab, ist a_s nach Tabelle 29 oder a_s nach Tabelle 30 für je 50 K Verringerung um je 5 mm zu vergrößern bzw. für je 50 K Erhöhung der Grenztemperatur um je 5 mm zu verringern.

- 9) bei Querschnitten mit schrägen Seiten darf in Höhe der Schwerachse der Bewehrung gemessen werden.
- 10) unter Berücksichtigung der Festlegungen für Balken mit großer Querkraftbeanspruchung und einer zusätzlichen Bewehrung zur Verhinderung von Abplatzungen der Betondeckung sowie der Grenztemperatur der Betonstähle nach Abschnitt 7.2.3.
- 11) unter Berücksichtigung der zusätzlichen Forderungen in Abhängigkeit von b_u/b_w

Sofern keine genaueren Untersuchungsergebnisse vorliegen, dürfen die Richtwerte für die Stahlgrenztemperaturen unter Normlast in Abhängigkeit vom Verhältnis der erforderlichen zur vorhandenen Fläche der Biegezugbewehrung Tabelle 32 entnommen werden.

Tabelle 32 Grenztemperaturen der Betonstähle

Stahlmarke	Stahlgrenztemperatur in °C für erf. A_{s1} /vorh. A_{s1}		
	1,0	0,8	$\leq 0,5$
St A-I St A-III St B-IV (einschließlich S, RDP, S RDP)	500	525	550
St T-III St T-IV	550	575	600

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

7.2.4. Zusätzliche Schutzschichten

Durch zusätzliche Schutzschichten dürfen die nach Tabelle 29 oder 30 zur Einhaltung des Feuerwiderstandes erforderlichen Mindestmaße der Querschnitte und der Bewehrungslage a_s ergänzt oder ersetzt werden, soweit der Verbund zwischen Schutzschicht und Konstruktion bei Brandbeanspruchung gewährleistet ist.

Die in Tabelle 33 angegebenen äquivalenten Schutzschichtdicken entsprechen einer Schichtdicke von 10 mm Beton.

Tabelle 33 Äquivalente Schutzschicht für 10 mm Beton

Schutzschicht	Dicke mm
zweilagiger Putz (je eine Lage aus Mörtel MG III mit Sand 0/4 und aus Mörtel MG II mit Sand 0/2, Dicke 5 mm)	10
Verkleidung aus anorganischen Brandschutzplatten 12)	5
Verkleidung aus Leichtbauplatten Sokalit nach TGL 24452/01 12)	5

7.2.5. Lagerungsbedingungen

Sofern keine genaueren Untersuchungsergebnisse vorliegen, darf der günstige Einfluß einer vorhandenen Einspannung auf den Feuerwiderstand bei Platten und Balken im eingebauten Zustand durch Ansatz des nächsthöheren Feuerwiderstandes nach Tabelle 29 oder 30 in Rechnung gestellt werden.

12) Die Eignung der Befestigungsart der Verkleidungsplatten ist vom Anwender durch Prüfzeugnis oder Gutachten einer zugelassenen Prüfstelle nachzuweisen.

Hinweise

Gemeinsam mit TGL 33401/01, TGL 33402, TGL 33403, TGL 33404/01 und /02, TGL 33405/02, TGL 33411/01 und /02, TGL 33412/01, /02, /05 und /06, TGL 33418/01 und /02, TGL 33419/01 und TGL 33421/01 Ersatz für TGL 11422 Ausg. 3.64, TGL 22810 Ausg. 5.72, TGL 0-1044 Ausg. 1.63, TGL 0-1045 Ausg. 4.73, TGL 0-1046 Ausg. 1.63, TGL 0-1047 Ausg. 3.63, TGL 0-4225 Ausg. 4.63, TGL 0-4227 Ausg. 5.63 und TGL 116-0648 Ausg. 10.62

Änderungen gegenüber TGL 11422, TGL 0-1044, TGL 0-1045, TGL 0-1046, TGL 0-1047, TGL 0-4225 und TGL 116-0648; vollständig überarbeitet, Inhalt neu geordnet

Einführung der Trag- und Nutzungsfähigkeitsnachweise nach der Methode der Berechnung nach Grenzzuständen.

Vorliegender Standard enthält gemeinsam mit TGL 33402, TGL 33403, TGL 33404/01 und TGL 33405/02 die Festlegungen des ST RGW 1406-78:

Gegenüber ST RGW 1406-78 wurden die für die Anwendung der Berechnungsmethode nach Grenzzuständen erforderlichen Ergänzungen vorgenommen.

Im vorliegenden Standard ist auf folgende Standards Bezug genommen:

TGL 10685/12 und /13; TGL 24452/01; TGL 33402; TGL 33403; TGL 33404/01 und /02; TGL 33405/03; TGL 33418/01 und /02

Dieser Standard ist Bestandteil des ETY Beton, Teilkomplex
- Berechnung und bauliche Durchbildung -.