

Forschungsbericht

**Voruntersuchungen zur Erweiterung von
DIN 1045 2.1996 auf Hochleistungsbeton**

T 2742

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

1997, ISBN 3-8167-4916-X

Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail irb@irb.fhg.de

URL <http://www.irb.fhg.de>

DIN 1045 - Anhang Hochleistungsbeton

Vorbemerkung: Der Anhang ändert und ergänzt die zitierten Abschnitte aus DIN 1045/Entwurf 2/96 und fügt teilweise neue Abschnitte hinzu.

1 Allgemeine Angaben

1.1 Geltungsbereich

(1) Der Anhang gilt für tragende und aussteifende Bauteile aus bewehrtem Beton in den Festigkeitsklassen C 70/85 bis C 100/115. Beton der Festigkeitsklassen C 90/105 und C 100/115 bedarf weiterer und auf den Verwendungszweck abgestimmter Nachweise. Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile und unbewehrte Bauteile. Er gilt nicht für Bauteile, die unter Verwendung von Leichtzuschlägen hergestellt werden. Der Anhang gilt nicht für wärmebehandelten Beton.

(4) Für Bauteile unter Brandbeanspruchung wird auch auf Kapitel 11 dieses Anhangs verwiesen.

Neuer Absatz (20) Hochfester Beton / Hochleistungsbeton: Baustoff aus Zement, Zuschlagstoffen, Wasser, ev. auch Zusatzmitteln und Zusatzstoffen der Festigkeitsklassen C 70/85 bis C 100/115.

2 Sicherheitskonzept

2.2 Einwirkungen

2.2.1 Allgemeines

(3) Dieser Absatz gilt nicht.

2.3 Tragwiderstand

2.3.1 Charakteristische Werte

(1) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

Gleichung (3) wird ersetzt durch $R_k = R(f_{ck}, f_{yk})$ (A1)

Hierbei sind:

f_{ck} charakteristische Betonfestigkeit

f_{yk} charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls

(2) Die Ermittlung der Schnittgrößen mit einem nichtlinearen Verfahren ist nicht zulässig.

(3) Die charakteristischen Werte der Betonfestigkeiten sind in Tabelle A4 angegeben.

2.3.2 Bemessungswerte

(1) Dieser Absatz entfällt.

Neuer Absatz (3) Der Bemessungswert des Tragwiderstandes R_d bei linear elastischer Berechnung der Schnittgrößen ist nach Gleichung (A2) zu ermitteln:

$$R_d = R \left(\alpha \frac{\lambda f_{ck}}{\gamma_c}, \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \right) \quad (\text{A2})$$

Hierin sind γ_c und γ_s Teilsicherheitsbeiwerte nach Tabelle A1.
 α und λ siehe Abschnitt 6.

2.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit

2.4.2 Nachweisbedingungen

(3) Dieser Absatz gilt nicht.

2.4.3 Versagen ohne Vorankündigung

(2) bis (7) Diese Absätze gelten nicht.

2.4.4 Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und den Tragwiderstand

(1) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

(6) Tabelle 3 wird ersetzt durch Tabelle A1

Tabelle A1 Teilsicherheitsbeiwerte für die Bestimmung des Tragwiderstandes

Kombinationen	Beton γ_c	Betonstahl γ_s
Grundkombination	1,5 γ_{HSC}	1,15
Außergewöhnliche Kombination (ausgenommen Erdbeben)	1,3 γ_{HSC}	1,0

Hierbei ist:

$$\gamma_{HSC} = \frac{1}{\left(1,1 - \frac{f_{ck}}{500}\right)} \quad (A3)$$

(8) Dieser Absatz gilt nicht.

2.4.5 Kombinationen von Einwirkungen, Bemessungssituationen

(1) und (3) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

2.5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

2.5.4 Kombinationen von Einwirkungen, Bemessungssituationen

(1) und (3) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

3 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit

3.4 Betondeckung

(1) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

(4) und (5) Diese Absätze entfallen.

(9) und (10) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

(14) Hinsichtlich der Bestimmung der erforderlichen Mindestbetondeckung von Bauteilen unter Brandbeanspruchung wird auch auf Kapitel 11 des Anhangs verwiesen.

4 Grundlagen der Schnittgrößenermittlung

4.4 Idealisierungen

4.4.1 Tragwerksmodelle

(3) und (4) Rippen- oder Kassettendecken sind nicht zulässig.

4.5 Sonstige Vereinfachungen

(6) Rippen- oder Kassettendecken sind nicht zulässig.

5 Berechnungsverfahren der Schnittgrößenermittlung

5.1 Allgemeines

(2) Die Ermittlung der Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit linear-elastisch mit Umlagerung, auf Grundlage der Plastizitätstheorie oder mit nichtlinearen Verfahren ist nicht zulässig.

(4) bis (8) Linear-elastische Verfahren mit Umlagerung, Verfahren der Plastizitätstheorie und nichtlineare Verfahren sind nicht zulässig.

5.2 Linear-elastische Berechnung

(4) Die Anwendung nichtlinearer Verfahren ist unzulässig.

(8) Der Anhang gilt nicht für unbewehrte Betonbauteile.

5.3 Linear-elastische Berechnung mit Umlagerung

Dieser Abschnitt entfällt.

5.4 Verfahren nach der Plastizitätstheorie

Dieser Abschnitt entfällt, soweit er zur Ermittlung der Schnittgrößen herangezogen wird. Bezüglich der Bemessung über Stabwerkmodelle siehe Abschnitt 7.5.

5.5 Nichtlineare Verfahren

Dieser Abschnitt entfällt, sofern er nicht für Untersuchungen der Einflüsse nach Theorie II. Ordnung benötigt wird.

5.6 Stabförmige Bauteile mit und ohne Längsdruck (Theorie II. Ordnung)

5.6.1 Anwendungsbereich, Grundlagen

(7) Dieser Absatz entfällt.

(9) Verfahren der Plastizitätstheorie und nichtlineare Verfahren sind nicht zulässig.

Neuer Absatz (13) Die Bemessungswerte der aufzunehmenden Schnittgrößen (Einwirkungen) von Rahmentragwerken bzw. Einzelstützen sind auf Grundlage der Werkstoffbeziehungen in Abschnitt 6 zu ermitteln, wobei für die druckbeanspruchten Bauteile die Ausmitte nach Gleichung (26) zu berücksichtigen ist. Dabei darf die Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt werden.

5.6.3 Druckglieder und ihre Ersatzlänge (Modellstütze)

(2) Schlankheiten $\lambda > 100$ sind nicht zulässig.

Neuer Absatz (6) Ermittlung der Ersatzlänge l_0 für Brandbeanspruchung siehe Abschnitt 11.2.

5.6.7 Druckglieder aus unbewehrtem Beton

Dieser Abschnitt entfällt.

5.7 Vorgespannte Tragwerke

Dieser Abschnitt entfällt.

6 Baustoffe

6.1 Beton

6.1.1 Allgemeines

(1) und (2) Diese Absätze gelten nicht für Leichtbeton.

(3) Die Tabelle 13 gilt nicht. Der Bemessung ist eine Betonfestigkeitsklasse nach Tabelle A4 zugrunde zu legen.

(4) und (5) Diese Absätze gelten nicht.

6.1.2 Festigkeit

(1) Es gilt die Tabelle A4.

(2) Die Festigkeitsklassen für hochfesten Beton werden durch das vorangestellte Symbol C gekennzeichnet.

6.1.3 Elastische Verformungseigenschaften

(1) Es gilt Tabelle A4.

(3) und (4) Diese Absätze gelten nicht für Leichtbeton.

6.1.4 Kriechen und Schwinden

(2) Es gelten die Tabellen A2, A3 und A4.

(3) Dieser Absatz entfällt.

(4) Der Anhang gilt nicht für Bauteile aus Spannbeton.

(5) Dieser Absatz entfällt.

(6) Es gelten die Tabellen A2 und A3.

(7) Die Werte nach Tabelle A2 und A3 gelten für hochfesten Beton mit einer Frischbetonkonsistenz F45 oder F53. Hochfeste Betone anderer Konsistenz werden nicht zugelassen.

(8) und (9) Diese Absätze entfallen.

Neuer Absatz (10): Kriechen

In Tabelle A2 sind die Rechenwerte für die Endkriechzahl $\varphi(\infty, t_o)$ hochfester Betone angegeben, die beim Aufbringen der Belastung zum Zeitpunkt t_o einer Druckspannung von nicht mehr als $0,45 f_{ckj}$ unterworfen werden.

Die angegebenen Endkriechzahlen gelten für Beton der Festigkeitsklasse C 70/85.

Für Betone bis zu einer Festigkeitsklasse C 100/115 sind die Tabellenwerte mit dem Faktor $(70 / f_{ck,cyl})^{0,7}$ bzw. $(85 / f_{ck,cube})^{0,7}$ abzumindern ($f_{ck,cyl}$ bzw. $f_{ck,cube}$ in N/mm²). Zwischenwerte für andere Belastungsalter, relative Feuchten oder Bauteildicken dürfen interpoliert werden.

Tabelle A2 Endkriechzahl $\varphi(\infty, t_o)$ für hochfesten Beton

	wirksame Bauteildicke $2 A_e/u$ [mm]					
	50	150	600	50	150	600
Alter bei Belastung t_o (Tage)	trockene Umgebungsbedingungen (innen) (RH = 50%)			feuchte Umgebungsbedingungen (außen) (RH = 80%)		
1	2,1	1,8	1,5	1,5	1,4	1,3
7	1,7	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0
28	1,4	1,2	1,0	1,0	0,9	0,8
90	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7
365	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5

Schwinden: In Tabelle A3 sind die Rechenwerte für die Endschwindmaße $\epsilon_{s\infty}$ in Abhängigkeit von der Umgebungsbedingungen und der wirksamen Bauteildicke angegeben.

Die angegebenen Endschwindmaße gelten für Beton der Festigkeitsklasse C 70/85.

Für Betone bis zu einer Festigkeitsklasse C 100/115 sind die Tabellenwerte mit dem Faktor $(70 / f_{ck,cyl})^{0,7}$ bzw. $(85 / f_{ck,cube})^{0,7}$ abzumindern ($f_{ck,cyl}$ bzw. $f_{ck,cube}$ in N/mm²). Zwischenwerte für andere Belastungsalter, relative Feuchten oder Bauteildicken dürfen interpoliert werden.

Tabelle A3 Endschwindmaß ϵ_{cs} (in‰) für hochfesten Beton

Lage des Bauteils	Relative Luftfeuchte	Wirksame Bauteildicke $2 A_c/u$ [mm]	
		< 150	600
	[%]		
innen	50	-0,51	-0,42
außen	80	-0,28	-0,24

Hierin sind:

A_c Querschnittsfläche des Betons

u Querschnittsumfang

6.1.5 Spannungs-Dehnungslinie für die Schnittgrößenermittlung

Dieser Abschnitt entfällt.

6.1.6 Spannungsdehnungslinie für die Querschnittsbemessung

(1) Der für die Bemessung maßgebende Zusammenhang zwischen Spannung σ_c und der Dehnung ϵ_c ist im Bild A1 (ersetzt Bild 20) dargestellt. Er wird durch folgende Gleichung beschrieben:

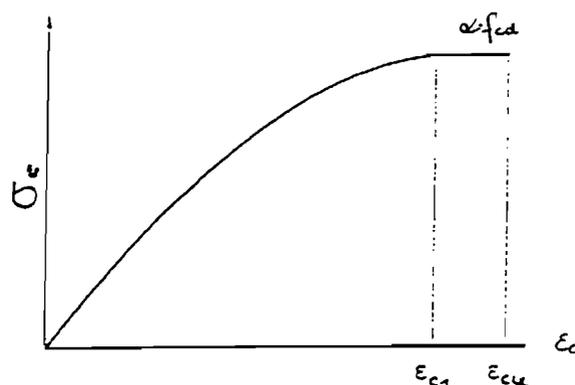


Bild A1 Schematische Darstellung einer Spannungs-Dehnungslinie für die Querschnittsbemessung.

$$\begin{aligned}
 0 \leq |\varepsilon_c| \leq |\varepsilon_{c1}|: & \quad \sigma_c = \alpha \cdot f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^n \right] \\
 |\varepsilon_{c1}| \leq |\varepsilon_c| \leq |\varepsilon_{cu}|: & \quad \sigma_c = \alpha \cdot f_{cd}
 \end{aligned}
 \tag{A4}$$

Die Kennwerte zur Ermittlung der Spannungs-Dehnungslinie sind in Tabelle A4 zusammengestellt.

(2) Dieser Absatz entfällt.

(3) Der Bemessungswert der Betondruckspannung αf_{cd} wird wie folgt festgelegt:

$$\alpha \cdot f_{cd} = \alpha \cdot \frac{\lambda f_{ck}}{\gamma_c}
 \tag{A5}$$

mit (f_{cd} , f_{ck} in $[\text{N}/\text{mm}^2]$)

Bemerkung:

Der Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung von Langzeitwirkungen auf die Druckfestigkeit sowie von anderen ungünstigen Einwirkungen, die von der Art der Lasteintragung herrühren, wurde in der Gleichung (A5) mit $\alpha = 0,80$ berücksichtigt.

Hierin sind:

λ Faktor $0,78/\beta$

β Verhältnis der charakteristischen Zylinder- zur Würfelfestigkeit, siehe Tabelle A4

(4) und (5) Diese Absätze gelten nicht für Leichtbeton.

6.1.7 Zusammenstellung der Betonkennwerte

(1) Die für die Bemessung benötigten Betonkennwerte sind in Tabelle A4 zusammengestellt.

Tabelle A4 Festigkeits- und Formänderungskennwerte von hochfestem Beton

		Festigkeitsklassen für hochfesten Beton				analytische Beziehung
		C70/85	C80/95	C90/105	C100/115	
f_{ck}	[N/mm ²]	70	80	90	100	$f_{ck} = f_{ck,cyl}$
$f_{ck,cube}$	[N/mm ²]	85	95	105	115	
β	[-]	0,82	0,84	0,86	0,87	$\beta = f_{ck} / f_{ck,cube}$
αf_{cd}	[N/mm ²]	34	37	39	43	
f_{cm}	[N/mm ²]	78	88	98	108	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ [N/mm ²]
f_{ctm}	[N/mm ²]	4,6	4,8	5,0	5,2	$f_{ctm} = 2,12 \ln(1 + f_{cm}/10)$
$f_{ctk:005}$	[N/mm ²]	3,2	3,4	3,5	3,7	$f_{ctk:005} = 0,7 f_{ctm}$
$f_{ctk:095}$	[N/mm ²]	6,0	6,3	6,6	6,8	$f_{ctk:095} = 1,3 f_{ctm}$
f_{ct}	[N/mm ²]	3,7	3,9	4,0	4,2	$f_{ct} = 0,8 f_{ctm}$
ϵ_{cl}	[‰]	-2,10	-2,14	-2,17	-2,20	
ϵ_{cu}	[‰]	-2,5	-2,4	-2,3	-2,2	
n	[-]	1,8	1,7	1,6	1,55	
E_{cm}	[kN/mm ²]	43,0	44,0	44,5	45,0	

*) Diese Werte in dieser Tabelle gelten für $|\sigma_c| < 0,4 \cdot f_{ck}$

6.1.8 Besondere Angaben zu zeitabhängigen Betonverformungen

Dieser Abschnitt entfällt.

6.2 Betonstahl

6.2.1 Allgemeines

Ergänzung zu (1): Es dürfen nur Betonstäbe und Betonstahlmatten nach DIN 488 Teil 1 verwendet werden.

6.3 Spannstahl

Dieser Abschnitt entfällt.

7 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

7.1 Biegung für Balken und Platten mit / ohne Längskraft

7.1.1 Allgemeines

(1) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

(2) Dieser Absatz gilt nicht.

(3) Bild 29 wird ersetzt durch Bild A2.

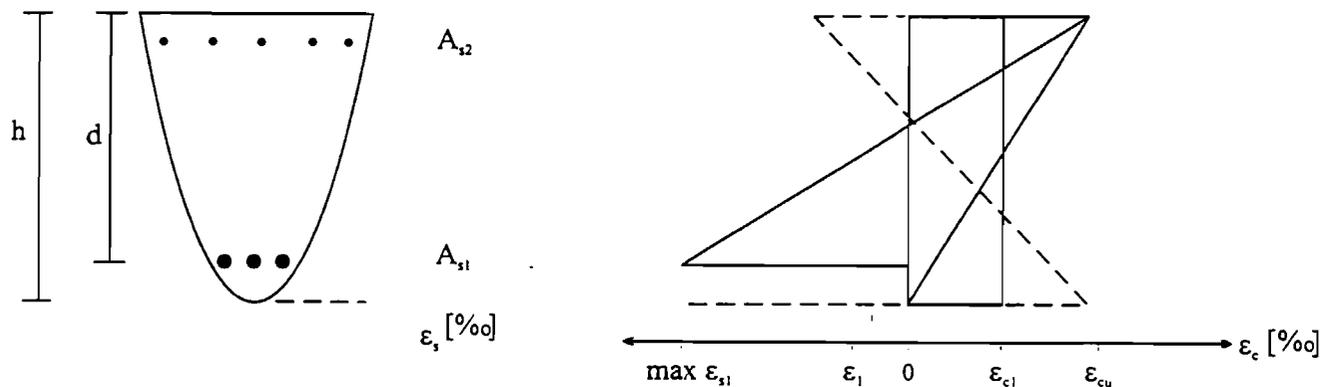


Bild A2 Dehnungsdiagramme im Grenzzustand der Tragfähigkeit
a) Querschnitt, b) Dehnungsverteilung

(4) bis (6) Diese Absätze gelten nicht.

Neuer Absatz (7) Bei Querschnitten, die unter mittigem Längsdruck stehen, ist die Stauchung in Abhängigkeit von der Festigkeitsklasse des Betons auf ϵ_{c1} (siehe Bild A1) zu begrenzen. Bei Querschnitten, die nicht vollständig unter Druck stehen, ist die Stauchung in Abhängigkeit der Betonfestigkeitsklasse auf ϵ_{cu} zu begrenzen.

7.1.2 Besonderheiten bei unbewehrtem Beton

Dieser Abschnitt entfällt.

7.2 Querkraft

7.2.1 Allgemeines

(1) Dieser Anhang gilt nicht für unbewehrte Betonbauteile.

(2) Rippendecken sind nicht zulässig.

7.2.2 Nachweisverfahren

(3) Dieser Absatz entfällt.

(6) und (7) Diese Absätze entfallen.

Neuer Absatz (8) In Querschnitten, in denen V_{Sd} den Wert V_{Rd1} überschreitet, muß Schubbewehrung derart vorgesehen werden, daß $V_{Sd} < V_{Rd3}$ ist. Für die Bemessung ist das Verfahren in Abschnitt 7.2.6 anzuwenden.

7.2.3 Bemessungswert der Querkraft

(1) und (2) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

(3) Dieser Absatz gilt nicht.

7.2.5 Bauteile ohne rechnerische Schubbewehrung

(1) Gleichung (84) wird ersetzt durch $V_{Rd1} = \left[0,12\kappa(100\rho_l f_{ck})^{1/3} - 0,1\sigma_{cp} \right] b_w d$ (A6)

(2) Dieser Absatz entfällt.

(3) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

(4) Gleichung (87) wird ersetzt durch $v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$ (A7)

Der Anhang gilt nicht für Bauteile aus Leichtbeton.

7.2.6 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung

(1) Dieser Absatz entfällt.

(3) bis (9) Diese Absätze entfallen.

Neuer Absatz (10) Die verwendeten Bezeichnungen sind in Bild A3 angegeben.

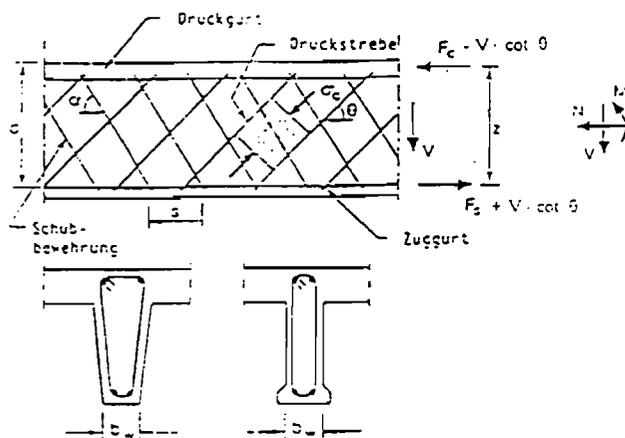


Bild A3 Bezeichnungen für querkraftbeanspruchte Bauteile

Die Kurzzeichen in Bild A3 sind:

- α Winkel zwischen Schubbewehrung und Bauteilachse
- θ Winkel zwischen den Betondruckstreben und der Bauteilachse, $\theta = 45^\circ$
- F_s Zugkraft der Längsbewehrung
- F_c Betondruckkraft in Richtung der Bauteilachse
- b_w kleinste Stegbreite
- z bezeichnet in einem Bauteil mit konstanter Dicke den inneren Hebelarm, der sich im betrachteten Bauteilabschnitt beim Größtmoment einstellt. Beim Schubnachweis kann näherungsweise der Wert $z = 0,9d$ angenommen werden

Neuer Absatz (11) Die Spannung in den Betondruckstreben sollte auf $\sigma \leq v f_{cd}$ begrenzt werden. Der Beiwert für die effektive Festigkeit v ergibt sich darin nach Gleichung (A7).

Neuer Absatz (12) Der Winkel θ zwischen der Betondruckstrebe und der Bauteilachse (Längsachse) ist sowohl bei Balken und Platten mit durchgehender Längsbewehrung als auch bei Balken mit gestaffelter Längsbewehrung mit $\theta = 45^\circ$ festgesetzt.

Neuer Absatz (13) Bei Bauteilen mit lotrechter Schubbewehrung ergibt sich die Querkrafttragfähigkeit nach folgenden Gleichungen:

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} b_w z v f_{cd} \quad (\text{A8})$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} + V_{cd} \quad (\text{A9})$$

mit $V_{cd} = V_{Rd1}$ nach Gleichung (A6).

Neuer Absatz (14) Bei Bauteilen mit geneigter Schubbewehrung ergibt sich die Querkrafttragfähigkeit nach folgenden Gleichungen:

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} b_w z v f_{cd} (1 + \cot \alpha) \quad (\text{A10})$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (1 + \cot \alpha) \sin \alpha + V_{cd} \quad (\text{A11})$$

mit $V_{cd} = V_{Rd1}$ nach Gleichung (A6).

Neuer Absatz (15) Die Zugkraft in der Längsbewehrung infolge der Querkraft, die zusätzlich zur Biegebeanspruchung auftritt, darf nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$\Delta T_d = \frac{1}{2} |V_{Sd}| (1 - \cot \alpha) \quad (\text{A12})$$

Neuer Absatz (16) Als Alternative zu Gleichung (A12) darf die T_d - Kurve durch Verschiebung der M_{Sd}/z - Kurve um das Maß $(1 - \cot \alpha)z/2$ in diejenige Richtung festgelegt werden, in der M_{Sd}/z anwächst (Versatzmaßregel siehe Abschnitt 10.2.2).

7.2.8 Schub zwischen Balkensteg und Gurt

(3) Gleichung (97) wird ersetzt durch $V_{Rd2} = 0,25 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) f_{cd} h_f$ (A13)

7.2.9 Schubfugen

(3) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

7.2.10 Unbewehrte Bauteile

Dieser Abschnitt entfällt.

7.3 Torsion

7.3.2 Nachweisverfahren

(2) und (3) Diese Absätze entfallen.

(4) Dieser Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

Neuer Absatz (5) Das durch die Druckstrebenfestigkeit beschränkte aufnehmbare Torsionsmoment T_{Rd2} ergibt sich durch folgende Gleichung:

$$T_{Rd2} = 2v f_{cd} t A_k / (\cot \Theta + \tan \Theta) \quad (\text{A14})$$

Hierin sind:

u äußerer Umfang

A Gesamtfläche des Querschnitts innerhalb des äußeren Umfangs (einschließlich hohler Innenbereiche)

A_k Fläche, die von der Mittellinie eines dünnwandigen Hohlquerschnitts umschlossen wird (einschließlich hohler Innenbereiche)

$t \leq A/u \leq$ vorhandene Wanddicke. Im Falle eines Vollquerschnitts bezeichnet t die Ersatzwanddicke. Eine Dicke kleiner als die zweifache Betondeckung c der Längsbewehrung ist nicht zulässig.

$$v = 0,7 \cdot 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) \quad (\text{A15})$$

Dieser Wert ist zu verwenden, wenn die Bügel nur am äußeren Umfang des Querschnitts liegen. Wenn geschlossene Bügel an beiden Seiten der Begrenzungswände des gedachten Hohlquerschnitts oder an jeder Wand des Hohlkastenquerschnitts vorgesehen sind, darf v entsprechend Gleichung (A7) angenommen werden.

Der Winkel zwischen den Betondruckstreben und der Längsachse eines Balkens wird mit $\theta = 45^\circ$ festgesetzt.

Neuer Absatz (6) Das durch das Fließen der Bügelbewehrung beschränkte, aufnehmbare Torsionsmoment T_{Rd3} ergibt sich nach folgender Gleichung:

$$T_{Rd3} = 2A_k (f_{ywd} A_{sw} / s) \cot \Theta \quad (\text{A16})$$

Die zusätzliche Querschnittsfläche der Längsbewehrung für Torsion ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$A_{sl} f_{yld} = (T_{Rd3} u_k / 2A_k) \cot \Theta \quad (\text{A17})$$

Hierin sind:

u_k	Umfang der Fläche A_k
s	Abstand der Bügel
f_{ywd}	Bemessungswert der Festigkeit der Bügel an der Streckgrenze
f_{yld}	Bemessungswert der Festigkeit an der Streckgrenze der Längsbewehrung A_{sl}
A_{sw}	Querschnittsfläche der Bügelstäbe
A_{sl}	zusätzlich erforderliche Querschnittsfläche als Torsionslängsbewehrung

7.3.3 Kombinierte Beanspruchungen

(3) und (4) Diese Absätze entfallen.

Neuer Absatz (5) Betonspannungen, die sich aus kombinierter Querkraft- und Torsionsbeanspruchung in den einzelnen Teilen eines Querschnitts ergeben, sollten den Wert $\sigma = v f_{cd}$ nicht überschreiten, wobei sich v nach Gleichung (A15) ergibt.

Neuer Absatz (6) Bei Kastenquerschnitten mit Bewehrung an den Innen- und Außenseiten darf für Wände, die Schubspannungen aus Querkraft und Torsion ausgesetzt sind, v entsprechend Gleichung (A7) angenommen werden.

7.3.4 Vereinfachtes Verfahren

(3) und (4) Diese Absätze entfallen.

Neuer Absatz (6) Das aufzunehmende Torsionsmoment T_{Sd} und die zugehörige aufnehmbare Querkraft V_{Sd} sollten die folgenden Bedingungen erfüllen:

- für Kompaktquerschnitte:

$$\left[\frac{T_{Sd}}{T_{Rd2}} \right]^2 + \left[\frac{V_{Sd}}{V_{Rd2}} \right]^2 \leq 1 \quad (\text{A18})$$

- für Hohlkastenquerschnitte

$$\left[\frac{T_{Sd}}{T_{Rd2}} \right] + \left[\frac{V_{Sd}}{V_{Rd2}} \right] \leq 1 \quad (\text{A19})$$

Hierin sind:

T_{Rd2} Bemessungswert des aufnehmbaren Torsionsmoments nach Gleichung (A14)

V_{Rd2} Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft gemäß Gleichung (A8) oder (A10)

Neuer Absatz (7) Die Bemessung von Bügeln darf getrennt für Torsion und Querkraft nach Gleichung (A9) oder Gleichung (A11) erfolgen.

7.3.6 Besonderheiten bei unbewehrtem Beton

Dieser Abschnitt entfällt.

7.4 Durchstanzen

7.4.1 Allgemeines

(1) und (8) Rippendecken sind nicht zulässig.

(10) Dieser Absatz entfällt.

7.4.4 Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung

(1) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

Gleichung (120) wird ersetzt durch $V_{Rd1} = \left[0,12\kappa(100\rho_l f_{ck})^{1/3} - 0,1\sigma_{cp} \right] d$ (A20)

7.5 Bemessung mit Stabwerkmodellen

(1) Dieser Absatz entfällt.

Neuer Absatz (4): Die Kräfte in den Zug- und Druckstreben eines Stabwerkmodells sind beim Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit zu beschränken. Um die Verträglichkeit näherungsweise sicherzustellen, sollten sich die Lage und die Richtung der Druck- und Zugstreben an der Schnittgrößenermittlung nach der Elastizitätstheorie orientieren. Dies muß im Fall von Hochleistungsbeton besonders sorgfältig geschehen.

7.6 Teilflächenbelastung

(1) Für die Teilflächenbelastung auf einer Fläche A_{c0} kann die aufnehmbare Teilflächenlast F_{Rdu} für Hochleistungsbeton wie folgt ermittelt werden:

$$F_{Rdu} = 0,57 A_{c0} \alpha_{fd} \sqrt{A_{c1} / A_{c0}} \leq 2,1 \alpha_{fd} A_{c0} \quad (\text{A21})$$

(2) Dieser Absatz entfällt.

7.7 Grenzzustand der Tragfähigkeit für Ermüdung

7.7.1 Einwirkungskombinationen und Teilsicherheitsbeiwerte für den Ermüdungsnachweis

(1) Dieser Absatz entfällt.

(4) und (5) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

Neuer Absatz (6) Die Teilsicherheitsbeiwerte für Last- und Modellunsicherheiten in bezug auf die Einwirkungen sind zu $\gamma_F = 1,0$ und $\gamma_{Sd} = 1,0$ und die Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffeigenschaften zu $\gamma_{c,fat} = 1,5\gamma_{HSC}$ (γ_{HSC} siehe Gleichung (A3)) und $\gamma_{s,fat} = 1,15$ anzunehmen.

7.7.2 Innere Kräfte und Spannungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Ermüdung

(3) Dieser Absatz entfällt.

7.7.3 Vereinfachte Nachweise

(2) Gleichung (127) wird ersetzt durch
$$\frac{|\sigma_c|_{\max}}{f_{ck,fat}} \leq 0,5 + 0,38 \frac{|\sigma_c|_{\min}}{f_{ck,fat}} \leq 0,8 \quad (A22)$$

mit $f_{ck,fat} = 0,85 f_{ck} \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$ (A23)

(3) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

8 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

8.1 Spannungsbegrenzung

8.1.1 Grundlagen

(4 b)) Dieser Absatz gilt nicht.

(6) Wenn die im ungerissenen Zustand berechneten Zugspannungen unter der seltenen Einwirkungskombination den Wert f_{ct} (siehe Tabelle A4) überschreiten, sollte in der Regel der gerissene Zustand angenommen werden.

(8) Dieser Absatz entfällt.

8.1.3 Begrenzung der Betonstahlspannungen

(2) Dieser Absatz entfällt.

8.2 Beschränkung der Rißbreiten

8.2.1 Allgemeines

(4) Dieser Absatz entfällt.

8.2.2 Mindestbewehrung für die Beschränkung der Rißbreite

(1) Die Mindestbewehrung ist nach Gleichung (A24) festzulegen. Mit dieser Mindestbewehrung wird die Rißschnittgröße aufgenommen. Dabei ist die Rißschnittgröße diejenige Schnittgröße M und N , die zu einer Randspannung gleich der Betonzugfestigkeit f_{ct} nach Tabelle A4 führt.

$$A_s = \frac{k_0 \cdot f_{ct}}{\sigma_s} \cdot A_{ct} \quad (\text{A24})$$

Hierbei sind:

- A_s Querschnittsfläche der Zugbewehrung
- A_{ct} Querschnittsfläche der Betonzugzone. Die Zugzone ist derjenige Teil des Querschnitts, der rechnerisch kurz vor dem Erstriß unter Zugbeanspruchung steht.
- σ_s Betonstahlspannung im Zustand II. Sie ist abhängig vom gewählten Stabdurchmesser der Tabelle 23 zu entnehmen, darf jedoch folgenden Wert nicht überschreiten:
 $\sigma_s = 0,8 f_{ys}$
- f_{ct} Wirksame Betonzugfestigkeit: $f_{ct} = 0,8 f_{ctm}$
- k_0 Beiwert zur Beschränkung der Breite von Erstrissen in Bauteilen
unter Biegezwang $k_0 = 0,4$
unter zentrischem Zwang $k_0 = 1,0$

(3) Dieser Absatz entfällt.

8.2.3 Rißbreitenbeschränkung ohne direkte Berechnung

(3) Dieser Absatz entfällt.

Neuer Absatz (8) Der Nachweis für Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme ist in Anlehnung an Heft 400 mit den $k_{z,t}$ -Werten aus Tabelle A5 zu führen.

Tabelle A5 $k_{z,t}$ -Werte für Portlandzemente (CEM I)

Zementfestigkeitsklasse	Alter des Betons in Tagen				
	1	2	3	7	28
CEM I 42,5 R	0,60	0,70	0,75	0,85	1,0
CEM I 52,5 R	0,85	0,90	0,93	0,97	1,0

8.3.3 Berechnung der Durchbiegung

(11) Es gilt Tabelle A4.

(12) Es gelten die Tabellen A2 und A3.

9 Allgemeine Bewehrungsregeln

9.1 Allgemeines

(1) Der Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

(2) Stabdurchmesser $\varnothing \geq 32$ mm sind nicht zulässig.

9.3 Zulässige Biegungen

9.3.1 Biegerollendurchmesser

(2) Der Anhang gilt nicht für Leichtbetone.

9.5 Bemessungswerte der Verbundspannung

(2) Die Bemessungswerte der Verbundspannung f_{bd} (N/mm²) bei guten Verbundbedingungen gemäß Tabelle 28 werden für hochfeste Betone um die in Tabelle A6 angegebenen Werte erweitert.

Für mäßige Verbundbedingungen sind die Werte der Tabelle A6 mit dem Faktor 0.5 zu multiplizieren.

Tabelle A6 Bemessungswert der Verbundspannung f_{bd} bei guten Verbundbedingungen

f_{ck}	70	80	90	100
f_{bd}	4,7	4,8	4,9	4,9

Diese Werte ergeben sich zu
$$f_{bd} = \frac{2.25 f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} \quad (A25)$$

(3) Stabdurchmesser $\varnothing \geq 32$ mm sind nicht zulässig.

(4) Dieser Absatz gilt nicht für Leichtbetone.

9.6 Verankerung der Längsbewehrung

9.6.1 Allgemeines, Verankerungsarten

(5) Stabdurchmesser $\varnothing \geq 32$ mm sind nicht zulässig.

9.6.4 Zusatzbewehrung bei Stabdurchmessern $\varnothing \geq 32$ mm

Stabdurchmesser $\varnothing \geq 32$ mm sind nicht zulässig.

9.8 Stöße

9.8.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Die Rißbreite gemäß Absatz 8.2 dieses Anhangs sollte nicht wesentlich überschritten werden.

(2) Stabdurchmesser $\varnothing \geq 32$ mm sind nicht zulässig.

9.8.3 Querbewehrung

(1) Dieser Absatz entfällt.

(2) Die Querbewehrung muß im Bereich der Stoßenden bei Stabdurchmessern $d_s \geq 12$ mm die Stäbe stets bügelartig umfassen.

9.10 Spannglieder

Dieser Anhang gilt nicht für Spannbetonbauteile.

10 Konstruktionsregeln

10.1 Mindest- und Höchstbewehrung biegebeanspruchter Bauteile

Es wird auf die Abschnitte Rißbreitenbeschränkung (8.2) und Erstrißversagen (2.4.3) der DIN 1045 Entwurf 2/96 verwiesen.

10.2 Platten und Plattenbalken

10.2.3 Längsbewehrung

(8) Wirken Einzellasten im Abstand von $a \leq 2,5d$ vom Auflagerrand, muß die Zugbewehrung, die innerhalb des Abstandes d vom Auflagerrand erforderlich ist, voll über dem Auflager verankert werden.

10.2.4 Schubbewehrung

(2) Der Winkel der Schrägstäbe zur Balkenachse sollte nicht kleiner als 45° sein. Die Mindestwerte des Schubbewehrungsgrades ρ_w hochfester Betone sind Tabelle A7 zu entnehmen.

Tabelle A7 Mindestwerte ρ_w für Betonstahl 500

C70/85	C 80/95	C 90/105	C 100/105
0,0020	0,0022	0,0024	0,0026

10.5 Druckglieder

10.5.2 Mindest- / Höchstbewehrung

(1) Der Mindestwert der Querschnittsfläche der Zugbewehrung in Längsrichtung $A_{s,min}$ für hochfeste Betone sollte nach Gleichung (A26) ermittelt werden :

$$A_{s,min} = 0,15 \cdot \frac{N_{sd}}{f_{yd}} \geq 0,005 \cdot A_c \quad (\text{A26})$$

10.5.3 Querbewehrung

(1) Der Mindestdurchmesser der Querbewehrung beträgt $d_s = 8$ mm.

(3) Der Bügelabstand s darf nicht größer als $h/3$, bzw. 150 mm gewählt werden, wobei h hierbei der kleinsten Dicke des Querschnittes entspricht.

10.8 Wände

10.8.1 Stahlbetonwände

(2) Die Mindestlängsbewehrung, bezogen auf den statisch erforderlichen Querschnitt in Abhängigkeit zur Betonfestigkeitsklasse kann Tabelle A8 entnommen werden.

Tabelle A8 Mindestlängsbewehrung

Betonfestigkeitsklasse	C 70/85	C 80/95	C 90/105	C 100/115
Mindestlängsbewehrung	0.65 %	0.70 %	0.75 %	0.80 %

(4) Der Abstand der lotrechten Stäbe darf höchstens 200 mm betragen.

(6) Der Abstand der waagerechten Stäbe darf höchstens 150 mm betragen.

(8) Wenn die Druckbewehrung je Wandseite größer als 1% des statisch erforderlichen Betonquerschnittes ist, so ist die Bewehrung gemäß Abschnitt 10.5.3 zu verbügeln. Weiterhin ist die Netzbewehrung je m² Wandfläche an mindestens 10 versetzt angeordneten Stellen durch Steckbügel zu verankern.

10.8.3 Sandwichtafeln

Dieser Abschnitt entfällt

Zusätzlicher Abschnitt:

11 Bauteile unter Brandbeanspruchung

11.1 Nachweis der Feuerwiderstandsklasse

Für den Nachweis der Feuerwiderstandsklasse von Bauteilen aus hochfesten Beton gelten bezüglich der Mindestquerschnittsmaße und Mindestabstände der Bewehrung die Regelungen von DIN 4102 Teil 4/03.94, Abschnitt 3. Für alle anderen brandschutztechnischen Anforderungen gelten die in den folgenden Abschnitten genannten Änderungen und Ergänzungen.

11.2 Ermittlung der Knicklänge für den Nachweis der Feuerwiderstandsklasse

Die Knicklänge für den Nachweis der Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Teil 4/03.94 ist wie bei Raumtemperatur (gemäß Abschnitt 5.6) zu bestimmen. Sie ist jedoch mindestens so groß wie die Stützenlänge zwischen zwei Auflagerpunkten (lichte Geschoßhöhe) anzunehmen. Wenn die Stützenenden konstruktiv als Gelenk ausgebildet sind, ist die so ermittelte Knicklänge um 50 % zu erhöhen, oder es ist ein genauere Nachweis nach Theorie II. Ordnung für Brandbeanspruchung zu führen.

11.3 Bewehrung von Balken und Plattenbalken

Bei Balken ist im Hinblick auf die Standsicherheit im Brandfall auf der brandbeanspruchten Seite eine Schutzbewehrung gemäß DIN 4102 Teil 4/03.94, Abschnitt 3.1.5.2, mit einer Betondeckung $\text{nom } c = 15 \text{ mm}$ einzubauen. Bei Bauteilen in feuchter und/oder chemisch angreifender Umgebung ist $\text{nom } c$ um 5 mm zu erhöhen. Die Schutzbewehrung ist nicht erforderlich, wenn zerstörende Betonabplatzungen bei der Brandbeanspruchung durch betontechnische Maßnahmen nachweislich verhindert werden.

11.4 Brandschutzbewehrungen von Druckgliedern

Bei Druckgliedern mit Querschnittsmaßen $d < 400 \text{ mm}$ und entweder Schlankheiten $\lambda > 20$ (gemäß Abschnitt 11.2) oder einer bezogenen Lastausmitte $e/d_i \geq 1/6$ ist eine Schutzbewehrung gemäß DIN 4102 Teil 4/03.94, Abschnitt 3.1.5.2, mit einer Betondeckung $\text{nom } c = 15 \text{ mm}$ einzubauen. Bei Bauteilen in feuchter und/oder chemisch angreifender Umgebung ist $\text{nom } c$ um 5 mm zu erhöhen. Die Schutzbewehrung ist nicht erforderlich, wenn zerstörende Betonabplatzungen bei Brandbeanspruchungen durch betontechnische Maßnahmen nachweislich verhindert werden.

11.5 Brandschutzbewehrung von Wänden

Für die brandbeanspruchte Seite von Wänden gilt Abschnitt 11.4 sinngemäß mit den Grenzwerten $d < 300 \text{ mm}$ und $\lambda > 45$.