



MINISTERIALBLATT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

41. Jahrgang

Ausgegeben zu Düsseldorf am 15. Dezember 1988

Nummer 80

Inhalt

I.

**Veröffentlichungen, die in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes
für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBL. NW.) aufgenommen werden.**

Glied-Nr.	Datum	Titel	Seite
232342	7. 11. 1988	RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr DIN 1045 Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung	1614
232342	7. 11. 1988	RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr DIN 4227 Teil 1 Spannbeton; Bauteile aus Normalbeton mit beschränkter oder voller Vorspannung	1699

I.

232342

DIN 1045
Beton und Stahlbeton;
Bemessung und Ausführung

RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung,
Wohnen und Verkehr v. 7. 11. 1988 –
V B 2 – 460.100.2

1 Die Norm

DIN 1045 (Auszgabe Juli 1988*)

Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung

wird hiermit nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung
(BauO NW) als technische Baubestimmung bauauf-
sichtlich eingeführt.

Anlage Die Norm ist als Anlage abgedruckt.

2 Der Erlass vom 6. 2. 1979, mit dem DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, bauaufsichtlich eingeführt worden war, und der Erlass vom 4. 7. 1983, mit dem die Ergänzenden Bestimmungen zu DIN 1045 (Auszgabe 12.78), Fassung März 1983, bauaufsichtlich eingeführt worden waren, werden hiermit aufgehoben.

3 Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen – Anlage zum RdErl. v. 22. 3. 1985 (MBI. NW. S. 942/SMBI. NW. 2323) – erhält in Abschnitt 5.3 bei DIN 1045 folgende Fassung:

Spalte 1: 1045

Spalte 2: Juli 1988

Spalte 3: Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausfüh-
rung

Spalte 4: 7. 11. 1988

Spalte 5: MBI. NW. S. 1614/
SMBI. NW. 232342

Spalte 6: x

*) Druckfehler des Erstdruckes (erste Auflage) dieser Ausgabe sind berück-
sichtigt – Stand Oktober 1988 –

Beton und Stahlbeton

Bemessung und Ausführung

DIN
1045

Reinforced concrete structures; design and construction

Ersatz für Ausgabe 12.78

Béton et béton armé; dimensionnement et réalisation

Diese Norm wurde im Fachbereich VII Beton und Stahlbeton/Deutscher Ausschuß für Stahlbeton des NABau ausgearbeitet. Die Benennung „Last“ wird für Kräfte verwendet, die von außen auf ein System einwirken; das gleiche gilt auch für zusammengesetzte Wörter mit der Silbe ... „Last“ (siehe DIN 1080 Teil 1).

Entwurf, Berechnung und Ausführung von baulichen Anlagen und Bauteilen aus Beton und Stahlbeton erfordern gründliche Kenntnis und Erfahrung in dieser Bauart.

Inhalt

1 Allgemeines

- 1.1 Anwendungsbereich
- 1.2 Abweichende Baustoffe, Bauteile und Bauarten

2 Begriffe

- 2.1 Baustoffe
 - 2.1.1 Stahlbeton
 - 2.1.2 Beton
 - 2.1.3 Andere Baustoffe
 - 2.1.3.1 Zementmörtel
 - 2.1.3.2 Betonzuschlag
 - 2.1.3.3 Bindemittel
 - 2.1.3.4 Wasser
 - 2.1.3.5 Betonzusatzmittel
 - 2.1.3.6 Betonzusatzstoffe
 - 2.1.3.7 Bewehrung
 - 2.1.3.8 Zwischenbauteile und Deckenziegel
- 2.2 Begriffe für die Berechnungen
 - 2.2.1 Lasten
 - 2.2.2 Gebrauchslast
 - 2.2.3 Bruchlast
 - 2.2.4 Übliche Hochbauten
 - 2.2.5 Zustand I
 - 2.2.6 Zustand II
 - 2.2.7 Zwang

2.3 Betonprüfstellen

- 2.3.1 Betonprüfstellen E
- 2.3.2 Betonprüfstellen F
- 2.3.3 Betonprüfstellen W

3 Bautechnische Unterlagen

- 3.1 Art der bautechnischen Unterlagen
- 3.2 Zeichnungen
 - 3.2.1 Allgemeine Anforderungen
 - 3.2.2 Verlegepläne für Fertigteile
 - 3.2.3 Zeichnungen für Schalungs- und Traggerüste
- 3.3 Statische Berechnungen
- 3.4 Baubeschreibung

4 Bauleitung

- 4.1 Bauleiter des Unternehmens

- 4.2 Anzeigen über den Beginn der Bauarbeiten
- 4.3 Aufzeichnungen während der Bauausführung
- 4.4 Aufbewahrung und Vorlage der Aufzeichnungen

5 Personal und Ausstattung der Unternehmen, Baustellen und Werke

- 5.1 Allgemeine Anforderungen
- 5.2 Anforderungen an die Baustellen
 - 5.2.1 Baustellen für Beton B I
 - 5.2.1.1 Anwendungsbereich und Anforderungen an das Unternehmen
 - 5.2.1.2 Geräteausstattung für die Herstellung von Beton B I
 - 5.2.1.3 Geräteausstattung für die Verarbeitung von Beton B I
 - 5.2.1.4 Geräteausstattung für die Prüfung von Beton B I
 - 5.2.1.5 Überprüfung der Geräte und Prüfeinrichtungen
 - 5.2.2 Baustellen für Beton B II
 - 5.2.2.1 Anwendungsbereich und Anforderungen an das Unternehmen
 - 5.2.2.2 Geräteausstattung für die Herstellung von Beton B II
 - 5.2.2.3 Geräteausstattung für die Verarbeitung von Beton B II
 - 5.2.2.4 Geräteausstattung für die Prüfung von Beton B II
 - 5.2.2.5 Überprüfung der Geräte und Prüfeinrichtungen
 - 5.2.2.6 Ständige Betonprüfstelle für Beton B II (Betonprüfstelle E)
 - 5.2.2.7 Personal auf Baustellen mit Beton B II und in der ständigen Betonprüfstelle
 - 5.2.2.8 Verwertung der Aufzeichnungen
- 5.3 Anforderungen an Betonfertigteilwerke (Betonwerke)
 - 5.3.1 Allgemeine Anforderungen
 - 5.3.2 Technischer Werkleiter
 - 5.3.3 Ausstattung des Werkes
 - 5.3.4 Aufzeichnungen
- 5.4 Anforderungen an Transportbetonwerke
 - 5.4.1 Allgemeine Anforderungen
 - 5.4.2 Technischer Werkleiter und sonstiges Personal
 - 5.4.3 Ausstattung des Werkes
 - 5.4.4 Betonsortenverzeichnis
 - 5.4.5 Aufzeichnungen
 - 5.4.6 Fahrzeuge für Mischen und Transport des Betons
- 5.5 Lieferscheine
 - 5.5.1 Allgemeine Anforderungen
 - 5.5.2 Stahlbetonfertigteile
 - 5.5.3 Transportbeton

6 Baustoffe

- 6.1 Bindemittel
 - 6.1.1 Zement
 - 6.1.2 Liefern und Lagern der Bindemittel
- 6.2 Betonzuschlag
 - 6.2.1 Allgemeine Anforderungen
 - 6.2.2 Kornzusammensetzung des Betonzuschlags
 - 6.2.3 Liefern und Lagern des Betonzuschlags
- 6.3 Betonzusätze
 - 6.3.1 Betonzusatzmittel
 - 6.3.2 Betonzusatzstoffe
- 6.4 Zugabewasser
- 6.5 Beton
 - 6.5.1 Festigkeitsklassen des Betons und ihre Anwendung
 - 6.5.2 Allgemeine Bedingungen für die Herstellung des Betons
 - 6.5.3 Konsistenz des Betons
 - 6.5.4 Mehlkorngehalt sowie Mehlkorn- und Feinstsandgehalt
 - 6.5.5 Zusammensetzung von Beton B I
 - 6.5.5.1 Zementgehalt
 - 6.5.5.2 Betonzuschlag

- 6.5.6 Zusammensetzung von Beton B II
 - 6.5.6.1 Zementgehalt
 - 6.5.6.2 Betonzuschlag
 - 6.5.6.3 Wasserzementwert (w/z -Wert) und Konsistenz
 - 6.5.7 Beton mit besonderen Eigenschaften
 - 6.5.7.1 Allgemeine Anforderungen
 - 6.5.7.2 Wasserundurchlässiger Beton
 - 6.5.7.3 Beton mit hohem Frostwiderstand
 - 6.5.7.4 Beton mit hohem Frost- und Tausalzwiderstand
 - 6.5.7.5 Beton mit hohem Widerstand gegen chemische Angriffe
 - 6.5.7.6 Beton mit hohem Verschleißwiderstand
 - 6.5.7.7 Beton für hohe Gebrauchstemperaturen bis 250 °C
 - 6.5.7.8 Beton für Unterwasserschüttung (Unterwasserbeton)
 - 6.6 Betonstahl
 - 6.6.1 Betonstahl nach den Normen der Reihe DIN 488
 - 6.6.2 Rundstahl nach DIN 1013 Teil 1
 - 6.6.3 Bewehrungsdrat nach DIN 488 Teil 1
 - 6.7 Andere Baustoffe und Bauteile
 - 6.7.1 Zementmörtel für Fugen
 - 6.7.2 Zwischenbauteile und Deckenziegel

7 Nachweis der Güte der Baustoffe und Bauteile für Baustellen

- 7.1 Allgemeine Anforderungen
- 7.2 Bindemittel, Betonzusatzmittel und Betonzusatzstoffe
- 7.3 Betonzuschlag
- 7.4 Beton
 - 7.4.1 Grundlage der Prüfung
 - 7.4.2 Eignungsprüfung
 - 7.4.2.1 Zweck und Anwendung
 - 7.4.2.2 Anforderungen
 - 7.4.3 Güteprüfung
 - 7.4.3.1 Allgemeines
 - 7.4.3.2 Zementgehalt
 - 7.4.3.3 Wasserzementwert
 - 7.4.3.4 Konsistenz
 - 7.4.3.5 Druckfestigkeit
 - 7.4.3.5.1 Anzahl der Probewürfel
 - 7.4.3.5.2 Festigkeitsanforderungen
 - 7.4.3.5.3 Umrechnung der Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung
 - 7.4.4 Erhärtungsprüfung
 - 7.4.5 Nachweis der Betonfestigkeit am Bauwerk
 - 7.5 Betonstahl
 - 7.5.1 Prüfung am Betonstahl
 - 7.5.2 Prüfung des Schweißens von Betonstahl
 - 7.6 Bauteile und andere Baustoffe
 - 7.6.1 Allgemeine Anforderungen
 - 7.6.2 Prüfung der Stahlbetonfertigteile
 - 7.6.3 Prüfung der Zwischenbauteile und Deckenziegel
 - 7.6.4 Prüfung der Betongläser
 - 7.6.5 Prüfung von Zementmörtel

8 Überwachung (Güteüberwachung) von Baustellenbeton B II, von Fertigteilen und von Transportbeton

9 Bereiten und Befördern des Betons

- 9.1 Angaben über die Betonzusammensetzung
- 9.2 Abmessen der Betonbestandteile
 - 9.2.1 Abmessen des Zements
 - 9.2.2 Abmessen des Betonzuschlags
 - 9.2.3 Abmessen des Zugabewassers

9.3 Mischen des Betons

9.3.1 Baustellenbeton

9.3.2 Transportbeton

9.4 Befördern von Beton zur Baustelle

9.4.1 Allgemeines

9.4.2 Baustellenbeton

9.4.3 Transportbeton

10 Fördern, Verarbeiten und Nachbehandeln des Betons

10.1 Fördern des Betons auf der Baustelle

10.2 Verarbeiten des Betons

10.2.1 Zeitpunkt des Verarbeitens

10.2.2 Verdichten

10.2.3 Arbeitsfugen

10.3 Nachbehandeln des Betons

10.4 Betonieren unter Wasser

11 Betonieren bei kühler Witterung und bei Frost

11.1 Erforderliche Temperatur des frischen Betons

11.2 Schutzmaßnahmen

12 Schalungen, Schalungsgerüste, Ausschalen und Hilfsstützen

12.1 Bemessung der Schalung

12.2 Bauliche Durchbildung

12.3 Ausrüsten und Ausschalen

12.3.1 Ausschalfzeiten

12.3.2 Hilfsstützen

12.3.3 Belastung frisch ausgeschalter Bauteile

13 Einbau der Bewehrung und Betondeckung

13.1 Einbau der Bewehrung

13.2 Betondeckung

13.2.1 Allgemeine Bestimmungen

13.2.2 Vergrößerung der Betondeckung

13.3 Andere Schutzmaßnahmen

14 Bauteile und Bauwerke mit besonderen Beanspruchungen

14.1 Allgemeine Anforderungen

14.2 Bauteile in betonschädlichen Wässern und Böden nach DIN 4030

14.3 Bauteile unter mechanischen Angriffen

14.4 Bauwerke mit großen Längenänderungen

14.4.1 Längenänderungen infolge von Wärmewirkungen und Schwinden

14.4.2 Längenänderungen infolge von Brandeinwirkung

14.4.3 Ausbildung von Dehnfugen

15 Grundlagen zur Ermittlung der Schnittgrößen

15.1 Ermittlung der Schnittgrößen

15.1.1 Allgemeines

15.1.2 Ermittlung der Schnittgrößen infolge von Lasten

15.1.3 Ermittlung der Schnittgrößen infolge von Zwang

15.2 Stützweiten

15.3 Mitwirkende Plattenbreite bei Plattenbalken

15.4 Biegemomente

15.4.1 Biegemomente in Platten und Balken

15.4.1.1 Allgemeines

15.4.1.2 Stützmomente

15.4.1.3 Positive Feldmomente

15.4.1.4 Negative Feldmomente

15.4.1.5 Berücksichtigung einer Randeinspannung

15.4.2 Biegemomente in rahmenartigen Tragwerken

15.5 Torsion

15.6 Querkräfte

- 15.7 Stützkräfte
- 15.8 Räumliche Steifigkeit und Stabilität
- 15.8.1 Allgemeine Grundlagen
- 15.8.2 Maßabweichungen des Systems und ungewollte Ausmitten der lotrechten Lasten
 - 15.8.2.1 Rechenannahmen
 - 15.8.2.2 Waagerechte aussteifende Bauteile
 - 15.8.2.3 Lotrechte aussteifende Bauteile

16 Grundlagen für die Berechnung der Formänderungen

- 16.1 Anwendungsbereich
- 16.2 Formänderungen unter Gebrauchslast
 - 16.2.1 Stahl
 - 16.2.2 Beton
 - 16.2.3 Stahlbeton
- 16.3 Formänderungen oberhalb der Gebrauchslast
- 16.4 Kriechen und Schwinden des Betons
- 16.5 Wärmewirkungen

17 Bemessung

- 17.1 Allgemeine Grundlagen
 - 17.1.1 Sicherheitsabstand
 - 17.1.2 Anwendungsbereich
 - 17.1.3 Verhalten unter Gebrauchslast
- 17.2 Bemessung für Biegung, Biegung mit Längskraft und Längskraft allein
 - 17.2.1 Grundlagen, Ermittlung der Bruchschnittgrößen
 - 17.2.2 Sicherheitsbeiwerte
 - 17.2.3 Höchstwerte der Längsbewehrung
- 17.3 Zusätzliche Bestimmungen bei Bemessung für Druck
 - 17.3.1 Allgemeines
 - 17.3.2 Umschnürte Druckglieder
 - 17.3.3 Zulässige Druckspannung bei Teilflächenbelastung
 - 17.3.4 Zulässige Druckspannungen im Bereich von Mörtelfugen
- 17.4 Nachweis der Knicksicherheit
 - 17.4.1 Grundlagen
 - 17.4.2 Ermittlung der Knicklänge
 - 17.4.3 Druckglieder aus Stahlbeton mit mäßiger Schlankheit
 - 17.4.4 Druckglieder aus Stahlbeton mit großer Schlankheit
 - 17.4.5 Einspannende Bauteile
 - 17.4.6 Ungewollte Ausmitte
 - 17.4.7 Berücksichtigung des Kriechens
 - 17.4.8 Knicken nach zwei Richtungen
 - 17.4.9 Nachweis am Gesamtsystem
- 17.5 Bemessung für Querkraft und Torsion
 - 17.5.1 Allgemeine Grundlage
 - 17.5.2 Maßgebende Querkraft
 - 17.5.3 Grundwerte τ_0 der Schubspannung
 - 17.5.4 Bemessungsgrundlagen für die Schubbewehrung
 - 17.5.5 Bemessungsregeln für die Schubbewehrung (Bemessungswerte τ)
 - 17.5.5.1 Allgemeines
 - 17.5.5.2 Schubbereich 1
 - 17.5.5.3 Schubbereich 2
 - 17.5.5.4 Schubbereich 3
 - 17.5.6 Bemessung bei Torsion
 - 17.5.7 Bemessung bei Querkraft und Torsion
- 17.6 Beschränkung der Rißbreite unter Gebrauchslast
 - 17.6.1 Allgemeines
 - 17.6.2 Mindestbewehrung
 - 17.6.3 Regeln für die statisch erforderliche Bewehrung

- 17.7 Beschränkung der Durchbiegung unter Gebrauchslast
 - 17.7.1 Allgemeine Anforderungen
 - 17.7.2 Vereinfachter Nachweis durch Begrenzung der Biegeschlankheit
 - 17.7.3 Rechnerischer Nachweis der Durchbiegung
 - 17.8 Beschränkung der Stahlspannungen unter Gebrauchslast bei nicht vorwiegend ruhender Belastung
 - 17.9 Bauteile aus unbewehrtem Beton
- 18 Bewehrungsrichtlinien**
- 18.1 Anwendungsbereich
 - 18.2 Stababstände
 - 18.3 Biegungen
 - 18.3.1 Zulässige Biegerollendurchmesser
 - 18.3.2 Biegungen an geschweißten Bewehrungen
 - 18.3.3 Hin- und Zurückbiegen
 - 18.4 Zulässige Grundwerte der Verbundspannungen
 - 18.5 Verankerungen
 - 18.5.1 Grundsätze
 - 18.5.2 Gerade Stabenden, Haken, Winkelhaken, Schlaufen oder angeschweißte Querstäbe
 - 18.5.2.1 Grundmaß l_0 der Verankerungslänge
 - 18.5.2.2 Verankerungslänge l_1
 - 18.5.2.3 Querbewehrung im Verankerungsbereich
 - 18.5.3 Ankerkörper
 - 18.6 Stöße
 - 18.6.1 Grundsätze
 - 18.6.2 Zulässiger Anteil der gestoßenen Stäbe
 - 18.6.3 Übergreifungsstöße mit geraden Stabenden, Haken, Winkelhaken oder Schlaufen
 - 18.6.3.1 Längsversatz und Querabstand
 - 18.6.3.2 Übergreifungslänge l_0 bei Zugstößen
 - 18.6.3.3 Übergreifungslänge l_0 bei Druckstößen
 - 18.6.3.4 Querbewehrung im Übergreifungsbereich von Tragstäben
 - 18.6.4 Übergreifungsstöße von Betonstahlmatten
 - 18.6.4.1 Ausbildung der Stöße von Tragstäben
 - 18.6.4.2 Ein-Ebenen-Stöße sowie Zwei-Ebenen-Stöße mit bügelartiger Umfassung der Tragbewehrung
 - 18.6.4.3 Zwei-Ebenen-Stöße ohne bügelartige Umfassung der Tragbewehrung
 - 18.6.4.4 Übergreifungsstöße von Stäben der Querbewehrung
 - 18.6.5 Verschraubte Stöße
 - 18.6.6 Geschweißte Stöße
 - 18.6.7 Kontaktstöße
 - 18.7 Biegezugbewehrung
 - 18.7.1 Grundsätze
 - 18.7.2 Deckung der Zugkraftlinie
 - 18.7.3 Verankerung außerhalb von Auflagern
 - 18.7.4 Verankerung an Endauflagern
 - 18.7.5 Verankerung an Zwischenauflagern
 - 18.8 Schubbewehrung
 - 18.8.1 Grundsätze
 - 18.8.2 Bügel
 - 18.8.2.1 Ausbildung der Bügel
 - 18.8.2.2 Mindestquerschnitt
 - 18.8.3 Schrägstäbe
 - 18.8.4 Schubzulagen
 - 18.8.5 Anschluß von Zug- oder Druckgurten
 - 18.9 Andere Bewehrungen
 - 18.9.1 Randbewehrung bei Platten
 - 18.9.2 Unbeabsichtigte Einspannungen

- 18.9.3 Umlenkkräfte
- 18.10 Besondere Bestimmungen für einzelne Bauteile
- 18.10.1 Kragplatten, Kragbalken
- 18.10.2 Anschluß von Nebenträgern
- 18.10.3 Angehängte Lasten
- 18.10.4 Torsionsbeanspruchte Bauteile
- 18.11 Stabbündel
- 18.11.1 Grundsätze
- 18.11.2 Anordnung, Abstände, Betondeckung
- 18.11.3 Beschränkung der Rißbreite
- 18.11.4 Verankerung von Stabbündeln
- 18.11.5 Stoß von Stabbündeln
- 18.11.6 Verbügelung druckbeanspruchter Stabbündel
- 19 Stahlbetonfertigteile**
- 19.1 Bauten aus Stahlbetonfertigteilen
- 19.2 Allgemeine Anforderungen an die Fertigteile
- 19.3 Mindestmaße
- 19.4 Zusammenwirken von Fertigteilen und Ortbeton
- 19.5 Zusammenbau der Fertigteile
- 19.5.1 Sicherung im Montagezustand
- 19.5.2 Montagestützen
- 19.5.3 Auflagertiefe
- 19.5.4 Ausbildung von Auflagern und druckbeanspruchten Fugen
- 19.6 Kennzeichnung
- 19.7 Geschoßdecken, Dachdecken und vergleichbare Bauteile mit Fertigteilen
- 19.7.1 Anwendungsbereich und allgemeine Bestimmungen
- 19.7.2 Zusammenwirken von Fertigteilen und Ortbeton in Decken
- 19.7.3 Verbundbewehrung zwischen Fertigteilen und Ortbeton
- 19.7.4 Deckenscheiben aus Fertigteilen
- 19.7.4.1 Allgemeine Bestimmungen
- 19.7.4.2 Deckenscheiben in Bauten aus vorgefertigten Wand- und Deckentafeln
- 19.7.5 Querverbindung der Fertigteile
- 19.7.6 Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht
- 19.7.7 Balkendecken mit und ohne Zwischenbauteile
- 19.7.8 Stahlbetonrippendecken mit ganz oder teilweise vorgefertigten Rippen
- 19.7.8.1 Allgemeine Bestimmungen
- 19.7.8.2 Stahlbetonrippendecken mit statisch mitwirkenden Zwischenbauteilen
- 19.7.9 Stahlbetonhohldecken
- 19.7.10 Vorgefertigte Stahlsteindecken
- 19.8 Wände aus Fertigteilen
- 19.8.1 Allgemeines
- 19.8.2 Mindestdicken
- 19.8.2.1 Fertigteilwände mit vollem Rechteckquerschnitt
- 19.8.2.2 Fertigteilwände mit aufgelöstem Querschnitt oder mit Hohlräumen
- 19.8.3 Lotrechte Stoßfugen zwischen tragenden und aussteifenden Wänden
- 19.8.4 Waagerechte Stoßfugen
- 19.8.5 Scheibenwirkung von Wänden
- 19.8.6 Anschluß der Wandtafeln an Deckenscheiben
- 19.8.7 Metallische Verankerungs- und Verbindungsmitte bei mehrschichtigen Wandtafeln
- 20 Platten und plattenartige Bauteile**
- 20.1 Platten
- 20.1.1 Begriff und Plattenarten
- 20.1.2 Auflager
- 20.1.3 Plattendicke
- 20.1.4 Lastverteilung bei Punkt-, Linien- und Rechtecklasten in einachsig gespannten Platten
- 20.1.5 Schnittgrößen

- 20.1.6 Bewehrung
 - 20.1.6.1 Allgemeine Anforderungen
 - 20.1.6.2 Hauptbewehrung
 - 20.1.6.3 Querbewehrung einachsiger gespannter Platten
 - 20.1.6.4 Eckbewehrung
- 20.2 Stahlsteindecken
 - 20.2.1 Begriff
 - 20.2.2 Anwendungsbereich
 - 20.2.3 Auflager
 - 20.2.4 Deckendicke
 - 20.2.5 Lastverteilung bei Einzel- und Streckenlasten
 - 20.2.6 Bemessung
 - 20.2.6.1 Biegebemessung
 - 20.2.6.2 Schubnachweis
 - 20.2.7 Bauliche Ausbildung
 - 20.2.8 Bewehrung
- 20.3 Glasstahlbeton
 - 20.3.1 Begriff und Anwendungsbereich
 - 20.3.2 Mindestanforderungen, bauliche Ausbildung und Herstellung
 - 20.3.3 Bemessung
- 21 Balken, Plattenbalken und Rippendecken**
 - 21.1 Balken und Plattenbalken
 - 21.1.1 Begriffe, Auflagertiefe, Stabilität
 - 21.1.2 Bewehrung
 - 21.2 Stahlbetonrippendecken
 - 21.2.1 Begriff und Anwendungsbereich
 - 21.2.2 Einachsige gespannte Stahlbetonrippendecken
 - 21.2.2.1 Platte
 - 21.2.2.2 Längsrippen
 - 21.2.2.3 Querrippen
 - 21.2.3 Zweiachsige gespannte Stahlbetonrippendecken
- 22 Punktförmig gestützte Platten**
 - 22.1 Begriff
 - 22.2 Mindestmaße
 - 22.3 Schnittgrößen
 - 22.3.1 Näherungsverfahren
 - 22.3.2 Stützenkopfverstärkungen
 - 22.4 Nachweis der Biegebewehrung
 - 22.5 Sicherheit gegen Durchstanzen
 - 22.5.1 Ermittlung der Schubspannung τ_r
 - 22.5.1.1 Punktförmig gestützte Platten ohne Stützenkopfverstärkungen
 - 22.5.1.2 Punktförmig gestützte Platten mit Stützenkopfverstärkungen
 - 22.5.2 Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen
 - 22.6 Deckendurchbrüche
 - 22.7 Bemessung bewehrter Fundamentplatten
- 23 Wandartige Träger**
 - 23.1 Begriff
 - 23.2 Bemessung
 - 23.3 Bauliche Durchbildung
- 24 Schalen und Faltwerke**
 - 24.1 Begriffe und Grundlagen der Berechnung
 - 24.2 Vereinfachungen bei den Belastungsannahmen
 - 24.2.1 Schneelast
 - 24.2.2 Windlast
 - 24.3 Beuluntersuchungen
 - 24.4 Bemessung

- 24.5 Bauliche Durchbildung
- 25 Druckglieder**
- 25.1 Anwendungsbereich
- 25.2 Bügelbewehrte, stabförmige Druckglieder
- 25.2.1 Mindestdicken
- 25.2.2 Bewehrung
- 25.2.2.1 Längsbewehrung
- 25.2.2.2 Bügelbewehrung in Druckgliedern
- 25.3 Umschnürte Druckglieder
- 25.3.1 Allgemeine Grundlagen
- 25.3.2 Mindestdicke und Betonfestigkeit
- 25.3.3 Längsbewehrung
- 25.3.4 Wendelbewehrung (Umschnürung)
- 25.4 Unbewehrte, stabförmige Druckglieder (Stützen)
- 25.5 Wände
- 25.5.1 Allgemeine Grundlagen
- 25.5.2 Aussteifung tragender Wände
- 25.5.3 Mindestwanddicke
- 25.5.3.1 Allgemeine Anforderungen
- 25.5.3.2 Wände mit vollem Rechteckquerschnitt
- 25.5.4 Annahmen für die Bemessung und den Nachweis der Knicksicherheit
- 25.5.4.1 Ausmittigkeit des Lastangriffs
- 25.5.4.2 Knicklänge
- 25.5.4.3 Nachweis der Knicksicherheit
- 25.5.5 Bauliche Ausbildung
- 25.5.5.1 Unbewehrte Wände
- 25.5.5.2 Bewehrte Wände

Tabellen

Tabelle

	Abschnitt
1 Festigkeitsklassen des Betons und ihre Anwendung	6.5.1
2 Konsistenzbereiche des Frischbetons	6.5.3
3 Höchstzulässiger Mehlkorngehalt sowie höchstzulässiger Mehlkorn- und Feinstsandgehalt für Beton mit einem Größtkorn des Zuschlaggemisches von 16 mm bis 63 mm	6.5.4
4 Mindestzementgehalt für Beton B I bei Betonzuschlag mit einem Größtkorn von 32 mm und Zement der Festigkeitsklasse Z 35 nach DIN 1164 Teil 1	6.5.5.1
5 Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau	6.5.7.3
6 Sorteneinteilung und Eigenschaften der Betonstähle	6.6.1
7 Beiwerte für die Umrechnung der 7-Tage- auf die 28-Tage-Würfeldruckfestigkeit	7.4.3.5.3
8 Ausschaffristen (Anhaltswerte)	12.3.1
9 entfällt	
10 Maße der Betondeckung in cm, bezogen auf die Umweltbedingungen (Korrosionsschutz) und die Sicherung des Verbundes	13.2.1
11 Rechenwerte des Elastizitätsmoduls des Betons	16.2.2
12 Rechenwerte β_R der Betondruckfestigkeit in N/mm ²	17.2.1
13 Grenzen der Grundwerte der Schubspannung τ_0 in N/mm ² unter Gebrauchslast	17.5.3
14 Grenzdurchmesser d_s (Grenzen für den Vergleichsdurchmesser d_{sv}) in mm. Nur einzuhalten, wenn die Werte der Tabelle 15 nicht eingehalten sind und stets einzuhalten bei Ermittlung der Mindestbewehrung nach Abschnitt 17.6.2	17.6.2
15 Höchstwerte der Stababstände in cm. Nur einzuhalten, wenn die Werte der Tabelle 14 nicht eingehalten sind	17.6.3
16 entfällt	
17 n -Werte für die Lastausbreitung	17.9
18 Mindestwerte der Biegerollendurchmesser d_{br}	18.3
19 Zulässige Grundwerte der Verbundspannung zul τ_1 in N/mm ²	18.4

Tabelle

20	Beiwerte α_1	18.5.2.2
21	Beiwerte $\alpha_{\bar{u}}$	18.6.3.2
22	Zulässige Belastungsart und maßgebende Bestimmungen für Stöße von Tragstäben bei Betonstahlmatten	18.6.4.1
23	Erforderliche Übergreifungslänge $l_{\bar{u}}$	18.6.4.4
24	Zulässige Schweißverfahren und Anwendungsfälle	18.6.6
25	Versatzmaß v	18.7.2
26	Obere Grenzwerte der zulässigen Abstände der Bügel und Bügelschenkel	18.8.2.1
27	Maßnahmen für die Querverbindung von Fertigteilen	19.7.5
28	Druckfestigkeiten der Zwischenbauteile und des Betons	19.7.8.2
29	Größter Querrippenabstand s_q	21.2.2.3
30	Mindestbewehrung von Schalen und Faltwerken	24.5
31	Mindestdicken bügelbewehrter, stabförmiger Druckglieder	25.2.1
32	Nenndurchmesser d_{si} der Längsbewehrung	25.2.2.1
33	Mindestwanddicken für tragende Wände	25.5.3.2

Zitierte Normen und andere Unterlagen**Weitere Normen und andere Unterlagen****1 Allgemeines****1.1 Anwendungsbereich**

Diese Norm gilt für tragende und aussteifende Bauteile aus bewehrtem oder unbewehrtem Normal- oder Schwerbeton mit geschlossenem Gefüge. Sie gilt auch für Bauteile mit biegesteifer Bewehrung, für Stahlsteindecken und für Tragwerke aus Glassstahlbeton.

1.2 Abweichende Baustoffe, Bauteile und Bauarten

(1) Die Verwendung von Baustoffen für bewehrten und unbewehrten Beton sowie von Bauteilen und Bauarten, die von dieser Norm abweichen, bedarf nach den bauaufsichtlichen Vorschriften im Einzelfall der Zustimmung der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde oder der von ihr beauftragten Behörde, sofern nicht eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder ein Prüfzeichen erteilt ist.

(2) Stahlträger in Beton, deren Steghöhe einen erheblichen Teil der Dicke des Bauteils ausmacht, sind so zu bemessen, daß sie die Lasten allein aufnehmen können. Sind Stahlträger und Beton schubfest zu gemeinsamer Tragwirkung verbunden, so ist das Bauteil als Stahlverbundkonstruktion zu bemessen.

2 Begriffe**2.1 Baustoffe****2.1.1 Stahlbeton**

(1) Stahlbeton (bewehrter Beton) ist ein Verbundbaustoff aus Beton und Stahl (in der Regel Betonstahl) für Bauteile, bei denen das Zusammenwirken von Beton und Stahl für die Aufnahme der Schnittgrößen nötig ist.

(2) Stahlbetonbauteile, die der Witterung unmittelbar ausgesetzt sind, werden als Außenbauteile bezeichnet.

2.1.2 Beton

(1) Beton ist ein künstlicher Stein, der aus einem Gemisch von Zement, Betonzuschlag und Wasser – gegebenenfalls auch mit Betonzusatzmitteln und Betonzusatzstoffen (Betonzusätze) – durch Erhärten des Zementleims (Zement-Wasser-Gemisch) entsteht.

(2) Nach der Trockenrohdichte werden unterschieden:

a) Leichtbeton

Leichtbeton ist Beton mit einer Trockenrohdichte von höchstens $2,0 \text{ kg/dm}^3$.

b) Normalbeton

Normalbeton ist Beton mit einer Trockenrohdichte von mehr als $2,0 \text{ kg/dm}^3$ und höchstens $2,8 \text{ kg/dm}^3$. In allen Fällen, in denen keine Verwechslung mit Leichtbeton oder Schwerbeton möglich ist, wird Normalbeton als Beton bezeichnet.

c) Schwerbeton

Schwerbeton ist Beton mit einer Trockenrohdichte von mehr als $2,8 \text{ kg/dm}^3$.

(3) Nach der Festigkeit werden unterschieden:**d) Beton B I**

Beton B I ist ein Kurzzeichen für Beton der Festigkeitsklassen B 5 bis B 25.

e) Beton B II

Beton B II ist ein Kurzzeichen für Beton der Festigkeitsklassen B 35 und höher und in der Regel für Beton mit besonderen Eigenschaften (siehe Abschnitt 6.5.7).

(4) Nach dem Ort der Herstellung oder der Verwendung oder dem Erhärzungszustand werden unterschieden:**f) Baustellenbeton**

Baustellenbeton ist Beton, dessen Bestandteile auf der Baustelle zugegeben und gemischt werden.

Als Baustellenbeton gilt auch Beton, der von einer Baustelle (nicht Bauhof) eines Unternehmens oder einer Arbeitsgemeinschaft an eine bis drei benachbarte Baustellen desselben Unternehmens oder derselben Arbeitsgemeinschaft übergeben wird. Als benachbart gelten Baustellen mit einer Luftliniendistanz bis etwa 5 km von der Mischstelle (siehe auch Abschnitt 9.4.2).

g) Transportbeton

Transportbeton ist Beton, dessen Bestandteile außerhalb der Baustelle zugemessen werden und der in Fahrzeugen an der Baustelle in einbaufertigem Zustand übergeben wird.

– Werkgemischter Transportbeton

Werkgemischter Transportbeton ist Beton, der im Werk fertig gemischt und in Fahrzeugen zur Baustelle gebracht wird.

– Fahrzeuggemischter Transportbeton

Fahrzeuggemischter Transportbeton ist Beton, der während der Fahrt oder nach Eintreffen auf der Baustelle im Mischfahrzeug gemischt wird.

- h) Frischbeton
Frischbeton heißt der Beton, solange er verarbeitet werden kann.
- i) Orbeton
Orbeton ist Beton, der als Frischbeton in Bauteile in ihrer endgültigen Lage eingebracht wird und dort erhärtet.
- k) Festbeton
Festbeton heißt der Beton, sobald er erhärtet ist.
- l) Beton für Außenbauteile
Beton für Außenbauteile ist Beton, der so zusammengesetzt, fest und dicht ist, daß er im oberflächennahen Bereich gegen Witterungseinflüsse einen ausreichend hohen Widerstand aufweist und daß der Bewehrungsstahl während der gesamten vorausgesetzten Nutzungsdauer in einem korrosionsschützenden, alkalischen Milieu verbleibt.
- (5) Nach der Konsistenz werden unterschieden:
- m) Fließbeton
Fließbeton ist Beton des Konsistenzbereiches KF mit gutem Fließ- und Zusammenhaltevermögen, dessen Konsistenz durch Zumischen eines Fließmittels eingestellt wird.
- n) Beton mit Fließmittel
Beton mit Fließmittel ist Beton der Konsistenzbereiche KP oder KR, dessen Konsistenz durch Zumischen eines Fließmittels eingestellt wird.
- o) Steifer Beton
Steifer Beton ist Beton des Konsistenzbereiches KS

2.1.3 Andere Baustoffe

2.1.3.1 Zementmörtel

Zementmörtel ist ein künstlicher Stein, der aus einem Gemisch von Zement, Betonzuschlag bis höchstens 4 mm und Wasser und gegebenenfalls auch von Betonzusatzmitteln und von Betonzusatzstoffen durch Erhärten des Zementleimes entsteht.

2.1.3.2 Betonzuschlag

Betonzuschlag besteht aus natürlichem oder künstlichem, dichtem oder porigem Gestein, in Sonderfällen auch aus Metall, mit Korngrößen, die für die Betonherstellung geeignet sind (siehe DIN 4226 Teil 1 bis Teil 4).

2.1.3.3 Bindemittel

Bindemittel für Beton sind Zemente nach den Normen der Reihe DIN 1164¹⁾.

2.1.3.4 Wasser

- (1) Wasser, das dem Beton im Mischer zugegeben wird, wird Zugabewasser genannt.
- (2) Zugabewasser und Oberflächenfeuchte des Betonzuschlags ergeben zusammen den Wassergehalt w .
- (3) Der Wassergehalt w zuzüglich der Kernfeuchte des Betonzuschlags wird Gesamtwassermenge genannt.

2.1.3.5 Betonzusatzmittel

Betonzusatzmittel sind Betonzusätze, die durch chemische oder physikalische Wirkung oder durch beide die Betoneigenschaften, z.B. Verarbeitbarkeit, Erhärten oder Erstarren, ändern. Als Volumenanteil des Betons sind sie ohne Bedeutung.

¹⁾ Die Normen der Reihe DIN 1164 werden künftig durch die Normen der Reihe DIN EN 196 und DIN EN 197 (z.Z. Entwurf) ersetzt. Die Anwendungsbereiche der in DIN EN 197 Teil 1/Entwurf Juni 1987, Tabelle 1, genannten Zementarten werden in einer Ergänzenden Bestimmung geregelt.

2.1.3.6 Betonzusatzstoffe

Betonzusatzstoffe sind fein aufgeteilte Betonzusätze, die bestimmte Betoneigenschaften beeinflussen und als Volumenbestandteile zu berücksichtigen sind (z.B. puzzolanische Stoffe, Pigmente zum Einfärben des Betons).

2.1.3.7 Bewehrung

(1) Bewehrung heißen die Stahleinlagen im Beton, die für Stahlbeton nach Abschnitt 2.1.1 erforderlich sind.

(2) Biegesteife Bewehrung ist eine vorgefertigte Bewehrung, die aus stählernen Fachwerken oder profilierten Stahlleichtträgern gegebenenfalls mit werkmäßig hergestellten Gurtstreifen aus Beton besteht und gegebenenfalls auch für die Aufnahme von Deckenlasten vor dem Erhärten des Ortbetons verwendet wird.

2.1.3.8 Zwischenbauteile und Deckenziegel

Zwischenbauteile und Deckenziegel sind statisch mitwirkende oder nicht mitwirkende Fertigteile aus bewehrtem oder unbewehrtem Normal- oder Leichtbeton oder aus gebranntem Ton, die bei Balkendecken oder Stahlbetonrippendecken oder Stahlsteindecken verwendet werden (siehe DIN 4158, DIN 4159 und DIN 4160). Statisch mitwirkende Zwischenbauteile und Deckenziegel müssen mit Beton verfüllbare Stoßfugenaussparungen zur Sicherstellung der Druckübertragung in Balken- oder Rippenlängsrichtung und gegebenenfalls zur Aufnahme der Querbewehrung haben. Sie können über die volle Dicke der Rohdecke oder nur über einen Teil dieser Dicke reichen.

2.2 Begriffe für die Berechnungen

2.2.1 Lasten

Als Lasten werden in dieser Norm Einzellasten in kN sowie längen- und flächenbezogene Lasten in kN/m und kN/m² bezeichnet. Diese Lasten können z.B. Eigenlasten sein; sie können auch verursacht werden durch Wind, Bremsen u.ä.

2.2.2 Gebrauchslast

Unter Gebrauchslast werden alle Lastfälle verstanden, denen ein Bauteil im vorgesehenen Gebrauch unterworfen ist.

2.2.3 Bruchlast

Unter Bruchlast wird bei der Bemessung nach den Abschnitten 17.1 bis 17.4 die Last verstanden, unter der die Grenzwerte der Dehnungen des Stahles oder des Betons oder beider nach Bild 13 rechnerisch erreicht werden.

2.2.4 Übliche Hochbauten

Übliche Hochbauten sind Hochbauten, die für vorwiegend ruhende, gleichmäßig verteilte Verkehrslasten $p \leq 5,0 \text{ kN/m}^2$ (siehe DIN 1055 Teil 3), gegebenenfalls auch für Einzellasten $P \leq 7,5 \text{ kN}$ und für Personenkraftwagen, bemessen sind, wobei bei mehreren Einzellasten je m^2 kein größerer Verkehrslastanteil als $5,0 \text{ kN}$ entstehen darf.

2.2.5 Zustand I

Zustand I ist der Zustand des Stahlbetons bei Annahme voller Mitwirkung des Betons in der Zugzone.

2.2.6 Zustand II

Zustand II ist der Zustand des Stahlbetons unter Vernachlässigung der Mitwirkung des Betons in der Zugzone.

2.2.7 Zwang

Zwang entsteht nur in statisch unbestimmten Tragwerken durch Kriechen, Schwinden und Temperaturänderungen des Betons, durch Baugrubenbewegungen u. a.

2.3 Betonprüfstellen

2.3.1 Betonprüfstellen E²⁾

Betonprüfstellen E sind die ständigen Betonprüfstellen für die Eigenüberwachung von Beton B II auf Baustellen, von Beton- und Stahlbetonfertigteilen und von Transportbeton.

2.3.2 Betonprüfstellen F

Betonprüfstellen F sind die anerkannten Prüfstellen für die Fremdüberwachung von Baustellenbeton B II, von Beton- und Stahlbetonfertigteilen und von Transportbeton, die die im Rahmen der Überwachung (Güteüberwachung) vorgesehene Fremdüberwachung an Stelle einer anerkannten Überwachungsgemeinschaft oder Güteschutzbewilligung durchführen können.

2.3.3 Betonprüfstellen W³⁾

Betonprüfstellen W stehen für die Prüfung der Druckfestigkeit und der Wasserundurchlässigkeit an in Formen hergestellten Probekörpern zur Verfügung.

3 Bautechnische Unterlagen

3.1 Art der bautechnischen Unterlagen

Zu den bautechnischen Unterlagen gehören die wesentlichen Zeichnungen, die statische Berechnung und – wenn nötig, wie in der Regel bei Bauten mit Stahlbetonfertigteilen – eine ergänzende Baubeschreibung sowie etwaige Zulassungs- und Prüfbescheide.

3.2 Zeichnungen

3.2.1 Allgemeine Anforderungen

- (1) Die Bauteile, ihre Bewehrung und alle Einbauteile sind auf den Zeichnungen eindeutig und übersichtlich darzustellen und zu bemäßen. Die Darstellungen müssen mit den Angaben in der statischen Berechnung übereinstimmen und alle für die Ausführung der Bauteile und für die Prüfung der Berechnungen erforderlichen Maße enthalten.
- (2) Auf zugehörige Zeichnungen ist hinzuweisen. Bei nachträglicher Änderung einer Zeichnung sind alle in Betracht kommenden Zeichnungen entsprechend zu berichtigen.
- (3) Auf den Bewehrungszeichnungen sind insbesondere anzugeben:
 - a) die Festigkeitsklasse und – soweit erforderlich – besondere Eigenschaften des Betons nach Abschnitt 6.5.7;
 - b) die Stahlsorten nach Abschnitt 6.6 (siehe auch DIN 488 Teil 1);
 - c) Anzahl, Durchmesser, Form und Lage der Bewehrungsstäbe, der mechanischen Verbindungsmittel, z.B. Muffenverbindungen oder Ankerkörper, gegenseitiger Abstand, Rüttellücken, Übergreifungslängen an Stößen und Verankerungslängen, z.B. an Auflagern, Anordnung und Ausbildung von Schweißstellen mit Angabe der Schweißzusatzwerkstoffe, Maße und Ausführung;
 - d) das Nennmaß nom c der Betondeckung und die Unterstützungen der oberen Bewehrung;
 - e) besondere Maßnahmen zur Lagesicherung der Bewehrung, wenn die Nennmaße der Betondeckung nach Tabelle 10 unterschritten werden (siehe „Merkblatt Betondeckung“ und DAfStb-Heft 400);
 - f) die Mindestdurchmesser der Biegerollen;
- (4) Bei Verwendung von Fertigteilen sind ferner anzugeben:
 - g) die auf der Baustelle zusätzlich zu verlegende Bewehrung in gesonderter Darstellung;

²⁾ Siehe auch „Merkblatt für Betonprüfstellen E“

³⁾ Siehe auch „Merkblatt für Betonprüfstellen W“

- h) die zur Zeit des Transports oder des Einbaues erforderliche Druckfestigkeit des Betons;
- i) die Eigenlasten der einzelnen Fertigteile;
- k) die Maßtoleranzen der Fertigteile und der Unterkonstruktion, soweit erforderlich;
- l) die Aufhängung oder Auflagerung für Transport und Einbau.

3.2.2 Verlegepläne für Fertigteile

Bei Bauten mit Fertigteilen sind für die Baustelle Verlegepläne der Fertigteile mit den Positionsnummern der einzelnen Teile und einer Positionsliste anzufertigen. In dem Verlegeplan sind auch die beim Zusammenbau erforderlichen Auflagerhöhen und die etwa erforderlichen Abstützungen der Fertigteile (siehe Abschnitt 19.5.2) einzutragen.

3.2.3 Zeichnungen für Schalungs- und Traggerüste

Für Schalungs- und Traggerüste, für die eine statische Berechnung erforderlich ist, z.B. bei freistehenden und bei mehrgeschossigen Schalungs- oder Traggerüsten, sind Zeichnungen für die Baustelle anzufertigen; ebenso für Schalungen, die hohen seitlichen Druck des Frischbetons aufnehmen müssen.

3.3 Statische Berechnungen

- (1) Die Standsicherheit und die ausreichende Bemessung der baulichen Anlage und ihrer Bauteile sind in der statischen Berechnung übersichtlich und leicht prüfbar nachzuweisen.
- (2) Das Verfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen nach der Elastizitätstheorie (siehe Abschnitt 15.1.2) ist freigestellt. Die Bemessung ist nach den in dieser Norm angegebenen Grundlagen durchzuführen. Wegen Näherungsverfahren siehe DAfStb-Heft 220 und DAfStb-Heft 240. Für außergewöhnliche Formeln ist die Fundstelle anzugeben, wenn diese allgemein zugänglich ist, sonst sind die Ableitungen soweit zu entwickeln, daß ihre Richtigkeit geprüft werden kann.
- (3) Wegen zusätzlicher Berechnungen bei Fertigteilkonstruktionen siehe auch Abschnitt 19.
- (4) Bei Bauteilen, deren Schnittgrößen sich nicht durch Berechnung ermitteln lassen, kann diese durch Versuche ersetzt werden. Ebenso sind zur Ergänzung der Berechnung der Schnittgrößen Versuche zulässig.

3.4 Baubeschreibung

- (1) Angaben, die für die Bauausführung oder für die Prüfung der Zeichnungen oder der statischen Berechnung notwendig sind, die aber aus den Unterlagen nach den Abschnitten 3.2 und 3.3 nicht ohne weiteres entnommen werden können, müssen in einer Baubeschreibung enthalten und – soweit erforderlich – erläutert sein.
- (2) Bei Bauten mit Fertigteilen sind Angaben über den Montagevorgang einschließlich zeitweiliger Stützungen, über das Ausrichten und über die während der Montage auftretenden, für die Sicherheit wichtigen Zwischenzustände erforderlich. Der Montagevorgang ist besonders genau zu beschreiben, wenn die Fertigteile nicht vom Hersteller, sondern von einem anderen zusammengebaut werden.

4 Bauleitung

4.1 Bauleiter des Unternehmens

Der Unternehmer oder der von ihm beauftragte Bauleiter oder ein fachkundiger Vertreter des Bauleiters muß während der Arbeiten auf der Baustelle anwesend sein. Er hat für die ordnungsgemäße Ausführung der Arbeiten nach den bautechnischen Unterlagen zu sorgen, insbesondere für

- a) die planmäßigen Maße der Bauteile;

- b) die sichere Ausführung und räumliche Aussteifung der Schalungen, der Schalungs- und Traggerüste und die Vermeidung ihrer Überlastung, z.B. beim Fördern des Betons, durch Lagern von Baustoffen und dergleichen (siehe Abschnitt 12);
- c) die ausreichende Güte der verwendeten Baustoffe, namentlich des Betons (siehe Abschnitte 6.5.1 und 7);
- d) die Übereinstimmung der Betonstahlsorte, der Durchmesser und der Lage der Bewehrung sowie gegebenenfalls der mechanischen Verbindungsmittel, z.B. Mufferverbindungen oder Ankerkörper und der Schweißverbindungen mit den Angaben auf den Bewehrungszeichnungen (siehe Abschnitte 3.2.1 b) bis e) und 13.2);
- e) die richtige Wahl des Zeitpunktes für das Ausschalen und Ausrüsten (siehe Abschnitt 12.3);
- f) die Vermeidung der Überlastung fertiger Bauteile;
- g) das Ausschalten von Fertigteilen mit Beschädigungen, die das Tragverhalten beeinträchtigen können und
- h) den richtigen Einbau etwa notwendiger Montagestützen (siehe Abschnitt 19.5.2).

4.2 Anzeigen über den Beginn der Bauarbeiten

Der bauüberwachenden Behörde oder dem von ihr mit der Bauüberwachung Beauftragten sind bei Bauten, die nach den bauaufsichtlichen Vorschriften genehmigungspflichtig sind, möglichst 48 Stunden vor Beginn der betreffenden Arbeiten vom Unternehmen oder vom Bauleiter anzuseigen:

- a) bei Verwendung von Baustellenbeton das Vorliegen einer schriftlichen Anweisung auf der Baustelle für die Herstellung mit allen nach Abschnitt 6.5 erforderlichen Angaben;
- b) der beabsichtigte Beginn des erstmaligen Betonierens, bei mehrgeschossigen Bauten auf Verlangen der Beginn des Betonierens für jedes einzelne Geschoß; bei längerer Unterbrechung – besonders nach längeren Frostzeiten – der Wiederbeginn der Betonarbeiten;
- c) bei Verwendung von Beton B II die fremdüberwachende Stelle;
- d) bei Bauten aus Fertigteilen der Beginn des Einbaus und auf Verlangen der Beginn der Herstellung der für die Gesamttragwirkung wesentlichen Verbindungen;
- e) der Beginn von wesentlichen Schweißarbeiten auf der Baustelle.

4.3 Aufzeichnungen während der Bauausführung

Bei genehmigungspflichtigen Arbeiten sind entsprechend ihrer Art und ihrem Umfang auf der Baustelle fortlaufend Aufzeichnungen über alle für die Güte und Standsicherheit der baulichen Anlage und ihrer Teile wichtigen Angaben in nachweisbarer Form, z.B. auf Vordrucken (Bautagebuch), vom Bauleiter oder seinem Vertreter zu führen. Sie müssen folgende Angaben enthalten, soweit sie nicht schon in den Lieferscheinen (siehe Abschnitt 5.5 und wegen der Aufbewahrung Abschnitt 4.4 (1)) enthalten sind:

- a) die Zeitabschnitte der einzelnen Arbeiten (z.B. des Einbringens des Betons und des Ausrüstens);
- b) die Lufttemperatur und die Witterungsverhältnisse zur Zeit der Ausführung der einzelnen Bauabschnitte oder Bauteile bis zur vollständigen Entfernung der Schalung und ihrer Unterstützung sowie Art und Dauer der Nachbehandlung. Frosttage sind dabei unter Angabe der Temperatur und der Ablesezeit besonders zu vermerken. Während des Herstellens, Einbringens und Nachbehandlens von Beton B II (auch von Transportbeton B II) sind bei Lufttemperaturen unter +8 °C und über +25 °C die Maximal- und Mindesttemperatur des Tages – gemessen im Schatten – einzutragen. Bei Lufttemperaturen unter +5 °C und über +30 °C ist auch die Temperatur des Frischbetons festzustellen und einzutragen;

- c) bei Verwendung von Baustellenbeton den Namen der Lieferwerke und die Nummern der Lieferscheine für Zement, Zuschlaggemische oder getrennte Zuschlagskorngruppen, werkgemischten Betonzuschlag, Betonzusätze; ferner Betonzusammensetzung, Zementgehalt je m³ verdichteten Betons, Art und Festigkeitsklasse des Zements, Art, Sieblinie und Korngruppen des Betonzuschlags, gegebenenfalls Zusatz von Mehlkorn, Art und Menge von Betonzusatzmitteln und -zusatzstoffen, Frischbetonrohdichte der hergestellten Probekörper und Konsistenzmaß des Betons und bei Beton B II auch den Wasserzementwert (w/z-Wert);
- d) bei Verwendung von Fertigteilen den Namen der Lieferwerke und die Nummern der Lieferscheine. Es ist ferner anzugeben, für welches Bauteil oder für welchen Bauabschnitt diese verwendet wurden. Wegen des Inhalts der Lieferscheine siehe Abschnitt 5.5.2;
- e) bei Verwendung von Transportbeton den Namen der Lieferwerke und die Nummern der Lieferscheine, das Betonsortenverzeichnis nach Abschnitt 5.4.4 und das Fahrzeugverzeichnis nach Abschnitt 5.4.6, falls die Fahrzeuge nicht mit einer Transportbeton-Fahrzeug-Bescheinigung ausgestattet sind. Es ist ferner anzugeben, für welches Bauteil oder für welchen Bauabschnitt dieser verwendet wurde. Wegen des Inhalts der Lieferscheine siehe Abschnitt 5.5.3;
- f) die Herstellung aller Betonprobekörper mit ihrer Bezeichnung, dem Tag der Herstellung und Angabe der einzelnen Bauteile oder Bauabschnitte, für die der zugehörige Beton verwendet wurde, das Datum und die Ergebnisse ihrer Prüfung und die geforderte Festigkeitsklasse. Dies gilt auch für Probekörper, die vom Transportbetonwerk oder von seinem Beauftragten hergestellt werden, soweit sie für die Baustelle angerechnet werden (siehe Abschnitt 7.4.3.5.1 (3)). Ferner sind aufzuzeichnen Art und Ergebnisse etwaiger Nachweise der Betonfestigkeit am Bauwerk (siehe Abschnitt 7.4.5);
- g) gegebenenfalls die Ergebnisse von Frischbetonuntersuchungen (Konsistenz, Rohdichte, Zusammensetzung), von Prüfungen der Bindemittel nach Abschnitt 7.2, des Betonzuschlags nach Abschnitt 7.3 (z.B. Sieblinie) – auch von werkgemischem Betonzuschlag –, der gewichtsmäßigen Nachprüfung des Zuschlaggemisches bei Zugabe nach Raumteilen (siehe Abschnitt 9.2.2), der Zwischenbauteile usw.;
- h) Betonstahlsorte und gegebenenfalls die Prüfergebnisse von Betonstahlschweißungen (siehe DIN 4099).

4.4 Aufbewahrung und Vorlage der Aufzeichnungen

(1) Die Aufzeichnungen müssen während der Bauzeit auf der Baustelle bereitliegen und sind den mit der Bauüberwachung Beauftragten auf Verlangen vorzulegen. Sie sind ebenso wie die Lieferscheine (siehe Abschnitt 5.5) nach Abschluß der Arbeiten mindestens 5 Jahre vom Unternehmen aufzubewahren.

(2) Nach Beendigung der Bauarbeiten sind die Ergebnisse aller Druckfestigkeitsprüfungen einschließlich der an ihrer Stelle durchgeführten Prüfungen des Wasserzementwertes der bauüberwachenden Behörde, bei Verwendung von Beton B II auch der fremdüberwachenden Stelle, zu übergeben.

5 Personal und Ausstattung der Unternehmen, Baustellen und Werke

5.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Herstellen, Verarbeiten, Prüfen und Überwachen des Betons erfordern von den Unternehmen, die Beton- und Stahlbetonarbeiten ausführen, den Einsatz zuverlässiger Führungskräfte (Bauleiter, Poliere usw.), die bei Beton- und

Stahlbetonarbeiten bereits mit Erfolg tätig waren und ausreichende Kenntnisse und Erfahrungen für die ordnungsgemäße Ausführung solcher Arbeiten besitzen.

(2) Betriebe, die auf der Baustelle oder in Werkstätten Schweißarbeiten an Betonstählen durchführen, müssen über einen gültigen „Eignungsnachweis für das Schweißen von Betonstählen nach DIN 4099“ verfügen.

5.2 Anforderungen an die Baustellen

5.2.1 Baustellen für Beton B I

5.2.1.1 Anwendungsbereich und Anforderungen an das Unternehmen

Auf Baustellen für Beton B I darf nur Baustellen- und Transportbeton der Festigkeitsklassen B 5 bis B 25 verwendet werden. Das Unternehmen hat dafür zu sorgen, daß die Anforderungen der Abschnitte 5.2.1.2 bis 5.2.1.5 erfüllt werden und daß die nach Abschnitt 7 geforderten Prüfungen durchgeführt werden.

5.2.1.2 Geräteausstattung für die Herstellung von Beton B I

(1) Für das Herstellen von Baustellenbeton B I müssen auf der Baustelle diejenigen Geräte und Einrichtungen vorhanden sein und ständig gewartet werden, die eine ordnungsgemäße Ausführung der Arbeiten und eine gleichmäßige Betonfestigkeit ermöglichen.

(2) Dies sind insbesondere Einrichtungen und Geräte für das

- a) Lagern der Baustoffe, z.B. trockene Lagerung der Bindemittel, saubere Lagerung des Betonzuschlags – soweit erforderlich getrennt nach Art und Korngruppen (siehe Abschnitte 6.2.3 und 6.5.5.2) – und des Betonstahls;
- b) Abmessen der Bindemittel, des Betonzuschlags, des Wassers und gegebenenfalls der Betonzusatzmittel und der Betonzusatzstoffe (siehe Abschnitt 9.2);
- c) Mischen des Betons (siehe Abschnitt 9.3).

5.2.1.3 Geräteausstattung für die Verarbeitung von Beton B I

Für das Fördern, Verarbeiten und Nachbehandeln (siehe Abschnitt 10) von Baustellenbeton B I und Transportbeton B I müssen auf der Baustelle diejenigen Einrichtungen und Geräte vorhanden sein und ständig gewartet werden, die einen ordnungsgemäßen Einbau und eine gleichmäßige Betonfestigkeit ermöglichen.

5.2.1.4 Geräteausstattung für die Prüfung von Beton B I

(1) Das Unternehmen muß über Einrichtungen und Geräte für die Durchführung der Prüfungen nach Abschnitt 7.4 und gegebenenfalls nach Abschnitt 7.3 verfügen⁴⁾. Das gilt insbesondere für das

- a) Prüfen der Bestandteile des Betons, z.B. Siebversuche an Betonzuschlag;
- b) Prüfen des Betons, z.B. Messen der Konsistenz, Nachprüfen des Zementgehalts am Frischbeton;
- c) Herstellen und Lagern der Probekörper zur Prüfung der Druckfestigkeit und gegebenenfalls der Wasserundurchlässigkeit.

(2) Die Aufzählungen b) und c) gelten auch für Baustellen, die Transportbeton B I verarbeiten.

5.2.1.5 Überprüfung der Geräte und Prüfeinrichtungen

Alle in den Abschnitten 5.2.1.2 bis 5.2.1.4 genannten Geräte und Einrichtungen sind auf der Baustelle vor Beginn des ersten Betonierens und dann in angemessenen Zeitabständen auf ihr einwandfreies Arbeiten zu überprüfen.

5.2.2 Baustellen für Beton B II

5.2.2.1 Anwendungsbereich und Anforderungen an das Unternehmen

(1) Auf Baustellen für Beton B II darf Baustellen- und Transportbeton der Festigkeitsklassen B 35 und höher verwendet werden, der unter den in den Abschnitten 5.2.2.2 und 5.2.2.3 genannten Bedingungen hergestellt und verarbeitet wird.

(2) Das Unternehmen hat dafür zu sorgen, daß die Anforderungen der Abschnitte 5.2.2.2 bis 5.2.2.8 erfüllt werden, daß die Überwachung (Güteüberwachung) nach Abschnitt 8 (vergleiche DIN 1084 Teil 1) durchgeführt wird und daß die Voraussetzungen für die Fremdüberwachung erfüllt sind.

(3) Wird auf diesen Baustellen auch Beton der Festigkeitsklassen bis B 25 verwendet, so gelten hierfür die Bestimmungen für Beton B I.

5.2.2.2 Geräteausstattung für die Herstellung von Beton B II

Für die Herstellung von Baustellenbeton B II muß die Geräteausstattung nach Abschnitt 5.2.1.2 vorhanden sein, jedoch Mischmaschinen mit besonders guter Wirkung und bei ausnahmsweiser Zuteilung des Betonzuschlags nach Raumteilen selbsttätige Vorrichtungen nach Abschnitt 9.2.2 für das Abmessen der Zuschlagkorngruppen und des Zuschlaggemisches.

5.2.2.3 Geräteausstattung für die Verarbeitung von Beton B II

Für die Verarbeitung von Beton B II müssen die in Abschnitt 5.2.1.3 genannten Einrichtungen und Geräte vorhanden sein.

5.2.2.4 Geräteausstattung für die Prüfung von Beton B II

(1) Für die Überwachung (Güteüberwachung) (siehe Abschnitte 7 und 8) ist außer den in Abschnitt 5.2.1.4 geforderten Einrichtungen und Geräten eine ausreichende Ausrüstung während der erforderlichen Zeit vorzuhalten für die

- a) Ermittlung der abschlämmbaren Bestandteile (siehe DIN 4226 Teil 3);
- b) Bestimmung der Eigenfeuchte des Betonzuschlags;
- c) Prüfung der Zusammensetzung des Frischbetons und der Rohdichte des verdichteten Frischbetons (siehe DIN 1048 Teil 1);
- d) Bestimmung des Luftgehalts im Frischbeton bei Verwendung von luftporenbildenden Betonzusatzmitteln (z.B. nach dem Druckausgleichverfahren, siehe DIN 1048 Teil 1);
- e) zerstörungsfreie Prüfung von Beton (siehe DIN 1048 Teil 2 und Teil 4);
- f) Kontrolle der Meßanlagen (z.B. durch Prüfgewichte).

(2) Zur Überprüfung in Zweifelsfällen gelten c) bis e) auch für Baustellen, die Transportbeton B II verarbeiten.

5.2.2.5 Überprüfung der Geräte und Prüfeinrichtungen

Alle in den Abschnitten 5.2.2.2 bis 5.2.2.4 genannten Geräte und Einrichtungen sind auf der Baustelle vor Beginn des ersten Betonierens und dann in angemessenen Zeitabständen auf ihr einwandfreies Arbeiten zu überprüfen.

⁴⁾ Diese Bedingung ist im allgemeinen erfüllt, wenn die Prüfschränke des Deutschen Beton-Vereins sowie ein großer klimatisierter Behälter (Lagerungstruhe) oder Raum für die Lagerung der Probekörper (siehe DIN 1048 Teil 1) vorhanden sind.

5.2.2.6 Ständige Betonprüfstelle für Beton B II (Betonprüf- stelle E)²⁾

- (1) Das Unternehmen muß über eine ständige Betonprüf-
stelle verfügen, die mit allen Geräten und Einrichtungen
ausgestattet ist, die für die Eignungs- und Güteprüfungen
und die Überwachung von Beton B II notwendig sind. Die
Prüfstelle muß so gelegen sein, daß eine enge Zusammen-
arbeit mit der Baustelle möglich ist. Bedient sich das Unter-
nehmen einer nicht unternehmenseigenen Prüfstelle, so sind
die Prüfungs- und Überwachungsaufgaben vertraglich der
Prüfstelle zu übertragen. Diese Verträge sollen eine längere
Laufzeit haben.
- (2) Mit der Eigenüberwachung darf das Unternehmen
keine Prüfstelle E beauftragen, die auch einen seiner Zu-
lieferer überwacht.
- (3) Die ständige Betonprüfstelle hat insbesondere fol-
gende Aufgaben:
 - a) Durchführung der Eignungsprüfung des Betons;
 - b) Durchführung der Güte- und Erhärtingsprüfung, soweit
sie nicht durch das Personal der Baustelle – gegebenen-
falls in Verbindung mit einer Betonprüfstelle W – durch-
geführt werden;
 - c) Überprüfung der Geräteausstattung der Baustellen nach
den Abschnitten 5.2.2.2 bis 5.2.2.4 vor Beginn der Beton-
arbeiten, laufende Überprüfung und Beratung bei Herstel-
lung, Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons. Die
Ergebnisse dieser Überprüfungen sind aufzuzeichnen;
 - d) Beurteilung und Auswertung der Ergebnisse der Bau-
stellenprüfungen aller von der Betonprüfstelle betreuten
Baustellen eines Unternehmens und Mitteilung der Ergeb-
nisse an das Unternehmen und dessen Bauleiter;
 - e) Schulung des Baustellenfachpersonals.

5.2.2.7 Personal auf Baustellen mit Beton B II und in der ständigen Betonprüfstelle

- (1) Das Unternehmen darf auf Baustellen mit Beton B II nur
solche Führungskräfte (Bauleiter, Poliere usw.) einsetzen, die
bereits an der Herstellung, Verarbeitung und Nachbehand-
lung von Beton mindestens der Festigkeitsklasse B 25 ver-
antwortlich beteiligt gewesen sind.
- (2) Die ständige Betonprüfstelle muß von einem in der
Betontechnologie und Betonherstellung erfahrenen Fach-
mann (z.B. Betoningenieur) geleitet werden. Seine für diese
Tätigkeit notwendigen erweiterten betontechnischen Kennt-
nisse sind durch eine Bescheinigung (Zeugnis, Prüfungs-
urkunde) einer hierfür anerkannten Stelle nachzuweisen.
- (3) Das Unternehmen hat dafür zu sorgen, daß die Füh-
rungskräfte und das für die Betonherstellung maßgebende
Fachpersonal (z.B. Mischmaschinenführer) der Baustelle
und das Fachpersonal der ständigen Betonprüfstelle in Ab-
ständen von höchstens 3 Jahren über die Herstellung, Ver-
arbeitung und Prüfung von Beton B II so unterrichtet und
geschult werden, daß sie in der Lage sind, alle Maßnahmen
für eine ordnungsgemäße Durchführung des Bauvorhabens
einschließlich der Prüfungen und der Eigenüberwachung zu
treffen.
- (4) Das Unternehmen oder der Leiter der ständigen Beton-
prüfstelle hat die Schulung seiner Fachkräfte in Aufzeich-
nungen festzuhalten.
- (5) Bei fremden Betonprüfstellen E hat deren Leiter für die
Unterrichtung und Schulung seiner Fachkräfte zu sorgen.
- (6) Eine fremde Betonprüfstelle E darf ein Unternehmen
nur benutzen, wenn feststeht, daß diese Prüfstelle die vor-
genannten Anforderungen und die des Abschnitts 5.2.2.6
erfüllt.

5.2.2.8 Verwertung der Aufzeichnungen

Die von der ständigen Betonprüfstelle mitgeteilten Prüf-
ergebnisse und die Erfahrungen der Baustellen sind von dem
Unternehmen für weitere Arbeiten auszuwerten.

5.3 Anforderungen an Betonfertigteilwerke (Betonwerke)

5.3.1 Allgemeine Anforderungen

Werke, deren Erzeugnisse als werkmäßig hergestellte Fertig-
teile aus Beton oder Stahlbeton gelten sollen, müssen den
Anforderungen der Abschnitte 5.3.2 bis 5.3.4 genügen, auch
wenn sie nur vorübergehend, z.B. auf einer Baustelle oder in
ihrer Nähe, errichtet werden. In diesen Werken darf Beton
aller Festigkeitsklassen hergestellt und verwendet werden.

5.3.2 Technischer Werkleiter

(1) Während der Arbeitszeit muß der technische Werkleiter
oder sein fachkundiger Vertreter im Werk anwesend sein. Er
hat sinngemäß die gleichen Aufgaben zu erfüllen, die (z.B.
nach Abschnitt 4.1) dem Bauleiter des Unternehmens auf
der Baustelle obliegen, soweit sie für die im Werk durchzu-
führenden Arbeiten in Betracht kommen.

(2) Der Werkleiter hat weiterhin dafür zu sorgen, daß

- a) die Anforderungen der Abschnitte 5.3.3 und 5.3.4 erfüllt
werden;
- b) nur Bauteile das Werk verlassen, die ausreichend erhärtet
und nach Abschnitt 19.6 gekennzeichnet sind und die
keine Beschädigungen aufweisen, die das Tragverhalten
beeinträchtigen;
- c) die Lieferscheine (siehe Abschnitt 5.5) alle erforderlichen
Angaben enthalten.

5.3.3 Ausstattung des Werkes

Die Ausstattung des Werkes muß den folgenden Bedingun-
gen und sinngemäß den Anforderungen des Abschnitts 5.2.2
genügen:

- a) Für die Herstellung müssen überdachte Flächen vor-
handen sein, soweit nicht Formen verwendet werden, die
den Beton vor ungünstiger Witterung schützen.
- b) Soll auch bei Außentemperaturen unter +5 °C gearbeitet
werden, so müssen allseitig geschlossene Räume – auch
für die Lagerung bis zum ausreichenden Erhärten der
Fertigteile – vorhanden sein, die so geheizt werden, daß
die Raumtemperatur dauernd mindestens +5 °C beträgt.
- c) Sollen Fertigteile im Freien nacherhärten, so müssen
Vorrichtungen vorhanden sein, die sie gegen ungünstige
Witterungseinflüsse schützen (siehe Abschnitte 10.3 und
11.2).

5.3.4 Aufzeichnungen

Im Betonwerk sind fortlaufend Aufzeichnungen sinngemäß
nach Abschnitt 4.3, z.B. auf Vordrucken (Werktagebuch),
zu machen. Wegen ihrer statistischen Auswertung siehe
DIN 1084 Teil 2. Für die Vorlage und Aufbewahrung dieser
Aufzeichnungen gilt Abschnitt 4.4 (1) sinngemäß.

5.4 Anforderungen an Transportbetonwerke

5.4.1 Allgemeine Anforderungen

Werke, die Transportbeton herstellen und zur Baustelle lie-
fern oder an Abholer abgeben, müssen die Bestimmungen
der Abschnitte 5.4.2 bis 5.4.6 erfüllen, auch wenn sie nur
vorübergehend errichtet werden. In Transportbetonwerken
darf Beton aller Festigkeitsklassen hergestellt werden. Ab-
schnitt 5.4.6 gilt auch für den Abholer, falls der Beton vom
Verbraucher oder einem Dritten vom Transportbetonwerk
abgeholt wird.

5.4.2 Technischer Werkleiter und sonstiges Personal

- (1) Für die Aufgaben und die Anwesenheit des technischen
Werkleiters und seines fachkundigen Vertreters gilt Ab-
schnitt 5.3.2 sinngemäß. Der technische Werkleiter hat
ferner dafür zu sorgen, daß die Anforderungen der Ab-
schnitte 5.4.3 bis 5.4.6 erfüllt werden.

²⁾ Siehe Seite 1626

(2) Für das mit der Herstellung von Beton B II betraute Fachpersonal gelten die Anforderungen des Abschnitts 5.2.2.7 (3) sinngemäß.

5.4.3 Ausstattung des Werkes

Für die Ausstattung des Werkes gelten die Anforderungen der Abschnitte 5.2.2.2, 5.2.2.4 bis 5.2.2.8 sinngemäß.

5.4.4 Betonsortenverzeichnis

In einem im Transportbetonwerk zur Einsichtnahme vorliegenden Verzeichnis müssen für jede zur Lieferung vorgesehene Betonsorte (unterschieden nach Festigkeitsklasse, Konsistenz und Betonzusammensetzung) die unter a) bis i) genannten Angaben enthalten sein, wobei alle Mengenangaben auf 1 m³ des aus der Mischung entstehenden verdichteten Frischbetons – bei Betonzusatzmitteln auf seinen Zementgehalt – zu beziehen sind:

- a) Eignung für unbewehrten Beton, für Stahlbeton oder für Beton für Außenbauteile (siehe auch die Abschnitte 6.5.1, 6.5.5.1, 6.5.6.1 und 6.5.6.3);
- b) Festigkeitsklasse des Betons nach Abschnitt 6.5.1;
- c) Konsistenz des Frischbetons;
- d) Art, Festigkeitsklasse und Menge des Bindemittels;
- e) Wassergehalt w und der w/z -Wert;
- f) Art, Menge, Sieblinienbereich und Größtkorn des Betonzuschlags sowie gegebenenfalls erhöhte oder vermindernde Anforderungen nach DIN 4226 Teil 1 und Teil 2;
- g) gegebenenfalls Art und Menge des zugesetzten Mehkkorns;
- h) gegebenenfalls Art und Menge der Betonzusätze;
- i) Festigkeitsentwicklung des Betons für Außenbauteile (siehe Abschnitt 2.1.1) nach Tafel 2 der „Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton“.

5.4.5 Aufzeichnungen

(1) Im Transportbetonwerk sind für jede Lieferung Aufzeichnungen, z.B. auf Vordrucken (Werktagbuch), zu machen. Für ihren Inhalt gilt Abschnitt 4.3, soweit er die Herstellung und Prüfung des Betons regelt. Wegen ihrer statistischen Auswertung siehe DIN 1084 Teil 3.

(2) Für Vorlage und Aufbewahrung dieser Aufzeichnungen gilt Abschnitt 4.4 (1) sinngemäß.

5.4.6 Fahrzeuge für Mischen und Transport des Betons

(1) Mischfahrzeuge müssen für alle vorgesehenen Betonsorten (Festigkeitsklasse, Konsistenz und gegebenenfalls Zusammensetzung des Betons) die Herstellung und die Übergabe eines gleichmäßig und gut durchmischten Betons ermöglichen. Sie müssen mit Wassermeßvorrichtungen (Abweichungen der abgegebenen Wassermenge nur vom angezeigten Wert bis 3% zulässig) ausgestattet sein. Mischfahrzeuge dürfen zur Herstellung von Beton B II nur verwendet werden, wenn der Füllungsgrad der Mischtrommel 65% nicht überschreitet und die technische Ausrüstung der Mischer – insbesondere der Zustand der Mischwerkzeuge – so ist, daß auch bei erschwerten Bedingungen die Übergabe eines gleichmäßig durchmischten Betons sichergestellt werden kann.

(2) Fahrzeuge für den Transport von werkgemischemtem Beton müssen so beschaffen sein, daß beim Entleeren auf der Baustelle stets ein gleichmäßig durchmischter Beton übergeben werden kann. Fahrzeuge für den Transport von werkgemischemtem Beton der Konsistenzbereiche KP, KR und KF müssen entweder während der Fahrt die ständige Bewegung des Frischbetons durch ein Rührwerk (Fahrzeug mit Rührwerk oder Mischfahrzeug) oder das nochmalige Durchmischen vor Übergabe des Betons auf der Baustelle (Mischfahrzeug) ermöglichen.

(3) Beton der Konsistenz KS darf auch in Fahrzeugen ohne Rührwerk (siehe Abschnitt 9.4.3) angeliefert werden. Die

Behälter dieser Fahrzeuge müssen innen glatt und so ausgestattet sein, daß sie eine ausreichend langsame und gleichmäßige Entleerung ermöglichen.

(4) Die Misch- und Röhrgeschwindigkeit von Mischfahrzeugen muß einstellbar sein. Die Röhrgeschwindigkeit soll etwa die Hälfte der Mischgeschwindigkeit betragen, und zwar soll sie beim Mischen im allgemeinen zwischen 4 und 12, beim Rühren zwischen 2 und 6 Umdrehungen je Minute liegen.

(5) Art, Fassungsvermögen und polizeiliches Kennzeichen der Transportbetonfahrzeuge sind in einem besonderen Verzeichnis numeriert aufzuführen. Dieses Verzeichnis ist spätestens mit der ersten Lieferung dem Bauleiter des Unternehmens zu übergeben.

(6) Auf die Vorlage des Verzeichnisses kann verzichtet werden, wenn das Fahrzeug mit einer gültigen, sichtbar am Fahrzeug angebrachten Transportbeton-Fahrzeug-Bescheinigung ausgestattet ist (siehe „Merkblatt für die Ausstellung von Transportbeton-Fahrzeug-Bescheinigungen“).

5.5 Lieferscheine

5.5.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Jeder Lieferung von Stahlbetonfertigteilen, von Zwischenbauteilen aus Beton und gebranntem Ton und von Transportbeton ist ein numerierter Lieferschein beizugeben. Er muß die in den Abschnitten 5.5.2 und 5.5.3 genannten Angaben enthalten, soweit sie nicht aus anderen, dem Abnehmer zu übergebenden Unterlagen, z.B. einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, zu entnehmen sind. Wegen der Lieferscheine für Zement – namentlich auch wegen des am Silo zu befestigenden Scheines – siehe DIN 1164 Teil 1; für Betonzuschlag DIN 4226 Teil 1 und Teil 2, für Betonstahl DIN 488 Teil 1, für Betonzusatzmittel „Richtlinien für die Zuteilung von Prüfzeichen für Betonzusatzmittel“, für Zwischenbauteile aus Beton DIN 4158, für solche aus gebranntem Ton DIN 4159 und DIN 4160 sowie für Betongläser DIN 4243.

(2) Jeder Lieferschein muß folgende Angaben enthalten:

- a) Herstellwerk, gegebenenfalls mit Angabe der fremdüberwachenden Stelle oder des Überwachungszeichens oder des Gütezeichens;
- b) Tag der Lieferung;
- c) Empfänger der Lieferung.

(3) Jeder Lieferschein ist von je einem Beauftragten des Herstellers und des Abnehmers zu unterschreiben. Je eine Ausfertigung ist im Werk und auf der Baustelle aufzubewahren und zu den Aufzeichnungen nach Abschnitt 4.3 zu nehmen.

(4) Bei losem Zement ist das nach DIN 1164 Teil 1 vom Zementwerk mitzuliefernde farbige, verwitterungsfeste Blatt sichtbar am Zementsilo anzuhafte.

5.5.2 Stahlbetonfertigteile

Bei Stahlbetonfertigteilen sind neben den im Abschnitt 5.5.1 geforderten Angaben noch folgende erforderlich:

- a) Festigkeitsklasse des Betons;
- b) Betonstahlsorte;
- c) Positionsnummern nach Abschnitt 3.2.2;
- d) Betondeckung nom c nach Abschnitt 13.2.

5.5.3 Transportbeton

(1) Bei Transportbeton sind über Abschnitt 5.5.1 hinaus folgende Angaben erforderlich:

- a) Menge, Festigkeitsklasse und Konsistenz des Betons; Eignung für unbewehrten Beton oder für Stahlbeton; Eignung für Außenbauteile (siehe Abschnitt 2.1.1) einschließlich Festigkeitsentwicklung des Betons nach Tafel 2 der „Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton“;

Nummer der Betonsorte nach dem Verzeichnis nach Abschnitt 5.4.4, soweit erforderlich auch besondere Eigenschaften des Betons nach Abschnitt 6.5.7;

- b) Uhrzeit der Be- und Entladung sowie Nummer des Fahrzeugs nach dem Verzeichnis nach Abschnitt 5.4.6;
 - c) Im Falle des Abschnitts 7.4.3.5.1 (4) Hinweis, daß eine fremdüberwachte statistische Qualitätskontrolle durchgeführt wird;
 - d) Verarbeitbarkeitszeit bei Zugabe von verzögernden Betonzusatzmitteln (siehe „Vorläufige Richtlinie für Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton); Eignungsprüfung, Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung“);
 - e) Ort und Zeitpunkt der Zugabe von Fließmitteln (siehe „Richtlinie für Beton mit Fließmittel und für Fließbeton; Herstellung, Verarbeitung und Prüfung“).
- (2) Darüber hinaus ist für Beton B I mindestens bei der ersten Lieferung und für Beton B II stets das Betonsortenverzeichnis entweder vollständig oder ein entsprechender Auszug daraus mit dem Lieferschein zu übergeben.

6 Baustoffe

6.1 Bindemittel

6.1.1 Zement

Für unbewehrten Beton und für Stahlbeton muß Zement nach den Normen der Reihe DIN 1164 verwendet werden.

6.1.2 Liefern und Lagern der Bindemittel

Bindemittel sind beim Befördern und Lagern vor Feuchtigkeit zu schützen. Behälterfahrzeuge und Silos für Bindemittel dürfen keine Reste von Bindemitteln oder Zement anderer Art oder niedrigerer Festigkeitsklasse oder von anderen Stoffen enthalten; in Zweifelsfällen ist dies vor dem Füllen sorgfältig zu prüfen.

6.2 Betonzuschlag

6.2.1 Allgemeine Anforderungen

Es ist Betonzuschlag nach DIN 4226 Teil 1 zu verwenden. Das Zuschlaggemisch soll möglichst grobkörnig und hohlräumarm sein (siehe Abschnitt 6.2.2). Das Größtkorn ist so zu

wählen, wie Mischen, Fördern, Einbringen und Verarbeiten des Betons dies zulassen; seine Nenngröße darf $\frac{1}{3}$ der kleinsten Bauteilmaße nicht überschreiten. Bei engliegender Bewehrung oder geringer Betondeckung soll der überwiegende Teil des Betonzuschlags kleiner als der Abstand der Bewehrungsstäbe untereinander und von der Schalung sein.

6.2.2 Kornzusammensetzung des Betonzuschlags

- (1) Die Kornzusammensetzung des Betonzuschlags wird durch Sieblinien (siehe Bilder 1 bis 4) und – wenn nötig – durch einen darauf bezogenen Kennwert für die Kornverteilung oder den Wasseranspruch⁵⁾⁶⁾ gekennzeichnet. Bei Betonzuschlag, der aus Korngruppen mit wesentlich verschiedener Kornrohdichte zusammengesetzt wird, sind die Sieblinien nicht auf Massenanteile des Betonzuschlags, sondern auf Stoffraumanteile⁷⁾ zu beziehen.
- (2) Die Zusammensetzung einzelner Korngruppen und des Betonzuschlags wird durch Siebversuche nach DIN 4226 Teil 3 mit Prüfsieben nach DIN 4188 Teil 1 oder DIN 4187 Teil 2 ermittelt⁸⁾. Die Sieblinien können stetig oder unstetig sein.

⁵⁾ Zum Beispiel F-Wert, Körnungsziffer, Feinheitsziffer, Feinheitsmodul, Sieblinienflächen, Wasseranspruchszahlen.

⁶⁾ Zur Ermittlung der Kennwerte für die Kornverteilung oder den Wasseranspruch ist der Siebdurchgang für 0,125 mm auszulassen. Als Kornanteil bis 0,5 mm ist im allgemeinen der tatsächlich vorhandene Kornanteil zu berücksichtigen. Lediglich bei Vergleich der Kennwerte mit denen der Sieblinien nach den Bildern 1 bis 4 ist in beiden Fällen der sich bei geradliniger Verbindung zwischen dem 0,25- und dem 1-mm-Prüfsieb bei 0,5 mm ergebende Kornanteil einzusetzen; für die Sieblinien nach den Bildern 1 bis 4 sind dies die Klammerwerte.

⁷⁾ Die Stoffraumanteile sind die durch die Kornrohdichte geteilten Massenanteile. An der Ordinatenachse der Siebliniendarstellung ist dann statt „Siebdurchgang in Massen-%“ anzuschreiben „Siebdurchgang in Stoffraum-%“.

⁸⁾ Die Grenzkorngröße 32 mm wird mit einem Prüfsieb mit Quadratlochung (im folgenden Text kurz Quadratlochsiebe genannt) und einer Lochweite von 31,5 mm nach DIN 4187 Teil 2 geprüft.

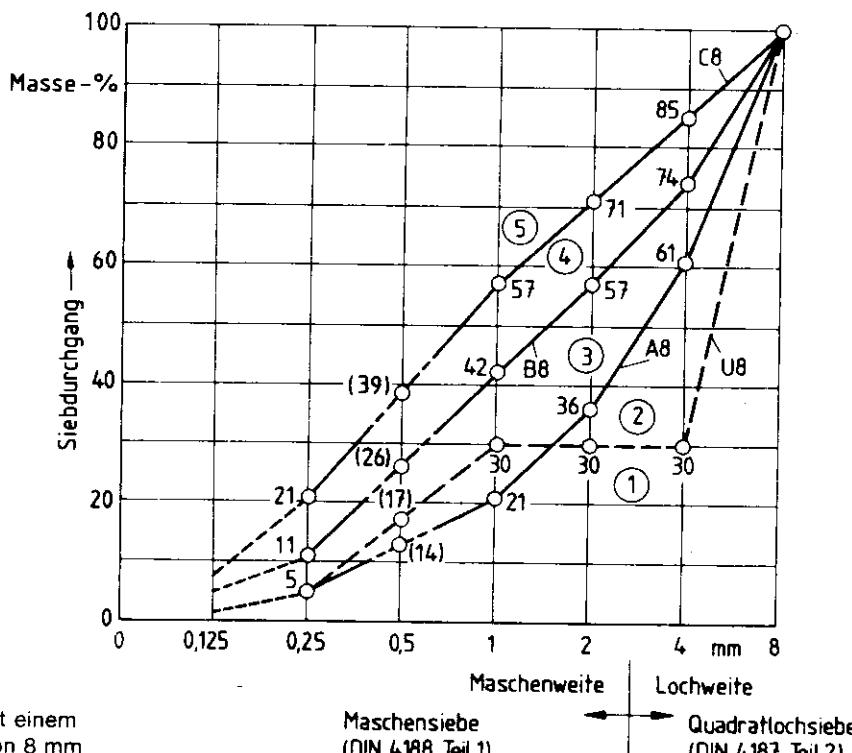


Bild 1. Sieblinien mit einem Größtkorn von 8 mm

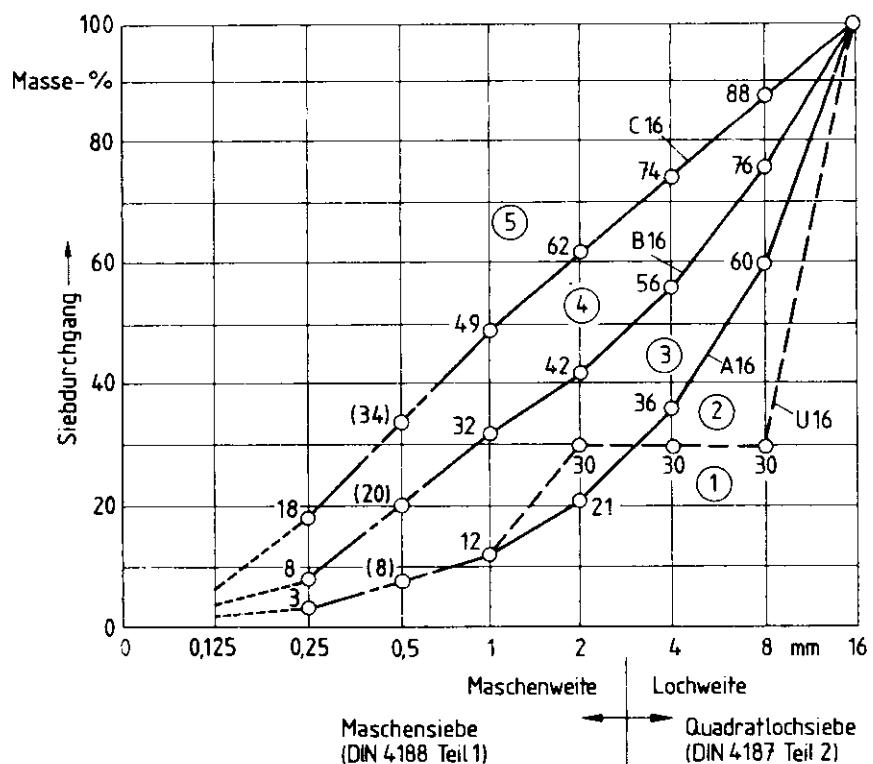


Bild 2. Sieblinien mit einem Größtkorn von 16 mm

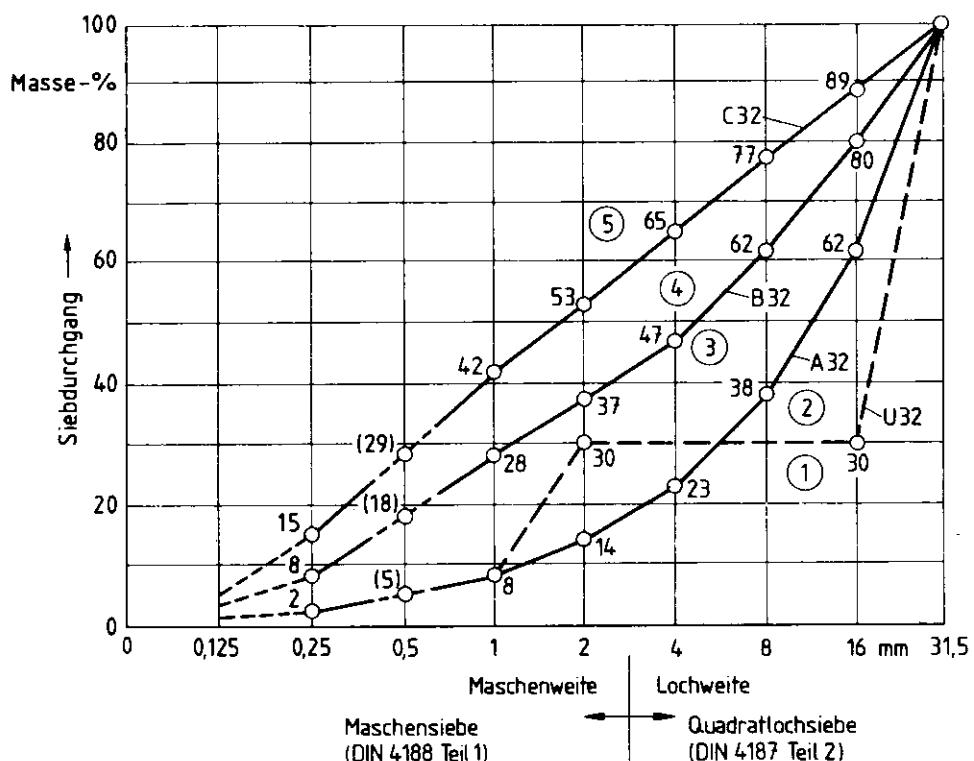


Bild 3. Sieblinien mit einem Größtkorn von 32 mm

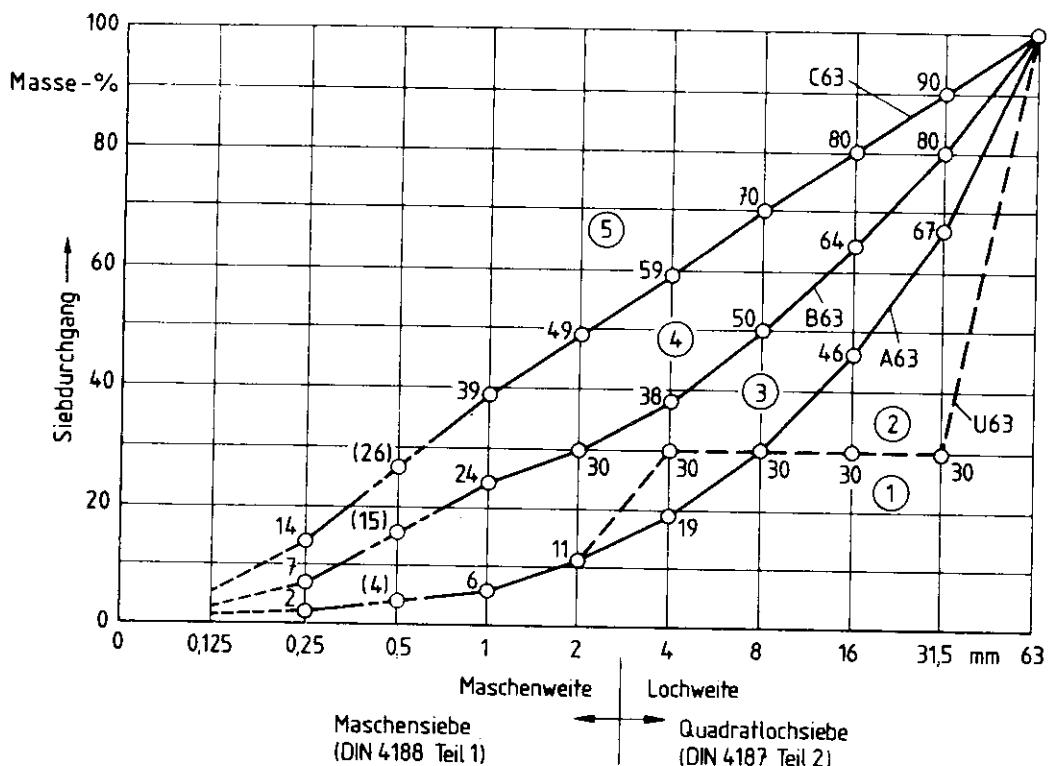


Bild 4. Sieblinien mit einem Größtkorn von 63 mm

Tabelle 1. Festigkeitsklassen des Betons und ihre Anwendung

	1	2	3	4	5	6
	Beton- gruppe	Festigkeits- klasse des Betons	Nennfestigkeit ¹⁰⁾ β_{WN} (Mindestwert für die Druckfestigkeit β_{W28} jedes Würfels nach Abschnitt 7.4.3.5.2) N/mm ²	Serienfestigkeit β_{WS} (Mindestwert für die mittlere Druck- festigkeit β_{Wm} jeder Würfelserie) N/mm ²	Zusammen- setzung nach	Anwendung
1	Beton B I	B 5	5	8	Abschnitt 6.5.5	Nur für unbe- wehrten Beton
2		B 10	10	15		
3		B 15	15	20		
4		B 25	25	30		
5	Beton B II	B 35	35	40	Abschnitt 6.5.6	Für bewehrten und unbewehrten Beton
6		B 45	45	50		
7		B 55	55	60		

3.2.3 Eitemm und Lagern des Betonzuschlags

Der Betonzuschlag darf während des Transports und bei der Lagerung nicht durch andere Stoffe verunreinigt werden. Getrennt anzuliefernde Korngruppen (siehe Abschnitte 6.5.5.2 und 6.5.6.2) sind so zu lagern, daß sie sich an keiner Stelle vermischen. Werkgemischter Betonzuschlag (siehe Abschnitt 6.5.5.2 und DIN 4226 Teil 1) ist so zu entladen und zu lagern, daß er sich nicht entmischt.

6.3 Betonzusätze

6.3.1 Betonzusatzmittel

(1) Für Beton und Zementmörtel – auch zum Einsetzen von Verankerungen – dürfen nur Betonzusatzmittel (siehe Abschnitt 2.1.3.5) mit gültigem Prüfzeichen und nur unter den im Prüfbescheid angegebenen Bedingungen verwendet werden^{9).}

(2) Chloride, chloridhaltige oder andere, die Stahlkorrosion fördernde Stoffe dürfen Stahlbeton, Beton und Mörtel, der mit Stahlbeton in Berührung kommt, nicht zugesetzt werden.

⁹⁾ Prüfzeichen erteilt das Institut für Bautechnik (IfBt), Berlin.

(3) Betonzusatzmittel werden verwendet, um bestimmte Eigenschaften des Betons günstig zu beeinflussen. Da sie jedoch zugleich andere wichtige Eigenschaften ungünstig verändern können, ist eine Eignungsprüfung für den damit herzustellenden Beton Voraussetzung für ihre Anwendung (siehe Abschnitt 7.4.2).

6.3.2 Betonzusatzstoffe

(1) Dem Beton dürfen Betonzusatzstoffe nach Abschnitt 2.1.3.6 zugegeben werden, wenn sie das Erhärten des Zements, die Festigkeit und Dauerhaftigkeit des Betons sowie den Korrosionsschutz der Bewehrung nicht beeinträchtigen.

(2) Betonzusatzstoffe, die nicht DIN 4226 Teil 1 für natürliches Gesteinsmehl oder DIN 51 043 für Traß entsprechen, dürfen nur verwendet werden, wenn für sie ein Prüfzeichen erteilt ist⁹⁾. Farbpigmente nach DIN 53 237 dürfen nur verwendet werden, wenn der Nachweis der ordnungsgemäßen Überwachung der Herstellung und Verarbeitung des Betons erbracht ist.

(3) Ein latenthdraulischer oder puzzolanischer Betonzusatzstoff darf bei Festlegung des Mindestzementgehaltes und gegebenenfalls des höchstzulässigen Wasserzementwertes nur berücksichtigt werden, soweit dies besonders geregelt ist, z.B. durch Prüfbescheid oder Richtlinien. Wegen Eignungsprüfungen siehe Abschnitt 7.4.2.1.

(4) Für Liefern und Lagern gilt Abschnitt 6.1.2 sinngemäß.

6.4 Zugabewasser

Als Zugabewasser ist das in der Natur vorkommende Wasser geeignet, soweit es nicht Bestandteile enthält, die das Erhärten oder andere Eigenschaften des Betons ungünstig beeinflussen oder den Korrosionsschutz der Bewehrung beeinträchtigen, z.B. gewisse Industrieabwässer. Im Zweifelsfall ist eine Untersuchung über die Eignung des Wassers zur Betonherstellung nötig.

6.5 Beton

6.5.1 Festigkeitsklassen des Betons und ihre Anwendung

(1) Der Beton wird nach seiner bei der Güteprüfung im Alter von 28 Tagen an Würfeln mit 200 mm Kantenlänge ermittelten Druckfestigkeit in Festigkeitsklassen B 5 bis B 55 eingeteilt (siehe Tabelle 1).

(2) Je drei aufeinanderfolgend hergestellte Würfel bilden eine Serie. Die drei Würfel einer Serie müssen aus drei verschiedenen Mischerfüllungen stammen, bei Transportbeton – soweit möglich – aus verschiedenen Lieferungen derselben Betonsorte.

(3) Eine bestimmte Würfeldruckfestigkeit kann auch für einen früheren Zeitpunkt als nach 28 Tagen entsprechend der vorgesehenen Beanspruchung erforderlich sein, z.B. für den Transport von Fertigteilen. Sie darf auch für einen späteren Zeitpunkt vereinbart werden, wenn dies z.B. durch die Verwendung von langsam erhärtendem Zement in besonderen Fällen zweckmäßig und mit Rücksicht auf die Beanspruchung zulässig ist.

(4) Beton B 55 ist vor allem der werkmaßigen Herstellung von Fertigteilen in Betonwerken vorbehalten.

(5) Ortbeton, der in Verbindung mit Stahlbetonfertigteilen als mittragend gerechnet wird, muß mindestens der Festigkeitsklasse B 15 entsprechen.

(6) Beton für Außenbauteile (siehe Abschnitt 2.1.1) muß mindestens der Festigkeitsklasse B 25 entsprechen¹¹⁾.

6.5.2 Allgemeine Bedingungen für die Herstellung des Betons

(1) Für die Zusammensetzung, Herstellung und Verarbeitung von Beton der Festigkeitsklassen B 5 bis B 25 (Beton B I) sind die Bedingungen des Abschnitts 6.5.5 zu beachten,

sofern nicht Abschnitt 6.5.7 gilt. Die für eine bestimmte Festigkeitsklasse erforderliche Zusammensetzung muß entweder nach Tabelle 4 mit den dazugehörigen Bestimmungen oder auf Grund einer vorherigen Eignungsprüfung nach Abschnitt 7.4.2 festgelegt werden.

(2) Für die Zusammensetzung, Herstellung und Verarbeitung von Beton der Festigkeitsklassen B 35 und höher (Beton B II) sind die Bedingungen des Abschnitts 6.5.6 zu beachten. Die für eine bestimmte Festigkeitsklasse erforderliche Betonzusammensetzung ist stets auf Grund einer Eignungsprüfung nach Abschnitt 7.4.2 festzulegen. Wegen der besonderen Anforderungen an die Herstellung, Baustelleneinrichtung und -besetzung und an die Überwachung (Güteüberwachung) siehe die Abschnitte 5.2.2, 6.5.6, 7.4 und 8. Für Beton mit besonderen Eigenschaften siehe außerdem Abschnitt 6.5.7.

(3) Wegen des Mindestzementgehalts und des Wasserzementwertes siehe die Abschnitte 6.5.5.1, 6.5.6.1 und 6.5.6.3.

(4) Bei Beton B I und B II, der für Außenbauteile (siehe Abschnitt 2.1.1) verwendet wird, ist der Betonzusammensetzung ein Wasserzementwert $w/z \leq 0.60$ zugrunde zu legen¹²⁾.

(5) Bei Verwendung alkaliempfindlichen Betonzuschlags ist die „Richtlinie Alkalireaktion im Beton; Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton“ zu beachten.

(6) Unabhängig von der Einhaltung der Bestimmungen der Abschnitte 6.5.5. bis 6.5.7 bleibt in allen Fällen maßgebend, daß der erhärtete Beton die geforderten Eigenschaften aufweist.

(7) Beton, der durch Zugabe verzögernder Betonzusatzmittel gegenüber dem zugehörigen Beton ohne Betonzusatzmittel eine um mindestens drei Stunden verlängerte Verarbeitbarkeitszeit aufweist (verzögerter Beton), ist als Beton B II entsprechend der „Vorläufigen Richtlinie für Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton); Eignungsprüfung, Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung“ zusammenzusetzen, herzustellen und einzubauen.

(8) Fließbeton und Beton mit Fließmittel sind entsprechend der „Richtlinie für Beton mit Fließmittel und für Fließbeton; Herstellung, Verarbeitung und Prüfung“ herzustellen und einzubauen.

(9) Wird ein Betonzusatzmittel zugegeben, ist die Zugabemenge auf 50 ml/kg bzw. 50 g/kg der Zementmenge begrenzt. Bei Anwendung mehrerer Betonzusatzmittel darf die insgesamt zugegebene Menge 60 ml/kg bzw. 60 g/kg Zement nicht überschreiten. Hierbei dürfen, außer bei Fließmitteln, nicht mehrere Betonzusatzmittel derselben Wirkungsgruppe angewendet werden. Für die Herstellung eines Betons mit mehreren Betonzusatzmitteln muß der Hersteller über eine Betonprüfstelle E (siehe Abschnitt 2.3.1) verfügen.

(10) Bei Anwendung von Betonzusatzmitteln soll eine Mindestzugabemenge von 2 ml/kg bzw. 2 g/kg Zement nicht unterschritten werden. Flüssige Betonzusatzmittel sind dem Wassergehalt bei der Bestimmung des Wasserzementwertes zuzurechnen, wenn ihre gesamte Zugabemenge $2,5 \text{ l/m}^3$ verdichteten Betons oder mehr beträgt.

⁹⁾ Siehe Seite 1633

¹¹⁾ Die zusätzlichen Anforderungen der Abschnitte 6.5.2 (4) und 6.5.5.1 (3) oder 6.5.6.1 (2) bedingen in der Regel eine Nennfestigkeit $\beta_{WN} \geq 32 \text{ N/mm}^2$.

¹²⁾ Diese Anforderung, zusammen mit jenen der Abschnitte 6.5.5.1 (3) oder 6.5.6.1 (2), ist in der Regel erfüllt, wenn der Beton eine Nennfestigkeit $\beta_{WN} \geq 32 \text{ N/mm}^2$ aufweist.

Tabelle 2. Konsistenzbereiche des Frischbetons

	1	2	3	4
	Konsistenzbereiche		Ausbreitmaß a cm	Verdichtungsmaß v
	Bedeutung	Kurzzeichen		
1	steif	KS	–	$\geq 1,20$
2	plastisch	KP	35 bis 41	1,19 bis 1,08 ¹³⁾
3	weich	KR	42 bis 48	1,07 bis 1,02 ¹³⁾
4	fließfähig	KF	49 bis 60	–

13) Das Verdichtungsmaß empfiehlt sich vor allem für Betone nach Absatz (3).

6.5.3 Konsistenz des Betons

- (1) Beim Frischbeton werden vier Konsistenzbereiche unterschieden (siehe Tabelle 2). Beton mit der fließfähigen Konsistenz KF darf nur als Fließbeton entsprechend der „Richtlinie für Beton mit Fließmittel und für Fließbeton; Herstellung, Verarbeitung und Prüfung“ unter Zugabe eines Fließmittels (FM) verwendet werden.
- (2) Im Übergangsbereich zwischen steifem und plastischem Beton kann im Einzelfall je nach Zusammenhaltevermögen des Frischbetons die Anwendung des Verdichtungsmaßes oder des Ausbreitmaßes zweckmäßiger sein.
- (3) In den Konsistenzbereichen KP und KR kann bei Verwendung von Splittbeton, sehr mehlkornreichem Beton, Leicht- oder Schwerbeton das Verdichtungsmaß zweckmäßiger sein.
- (4) In den beiden vorgenannten Fällen sind Vereinbarungen über das anzuwendende Prüfverfahren und die einzuhaltenen Konsistenzmaße zu treffen. Sinngemäß gilt dies auch für andere, in DIN 1048 Teil 1 aufgeführte Konsistenzprüfverfahren.
- (5) Die Verarbeitbarkeit des Frischbetons muß den baupraktischen Gegebenheiten angepaßt sein. Für Ort beton der Gruppe B I ist vorzugsweise weicher Beton KR (Regelkonsistenz) oder fließfähiger Beton KF zu verwenden.

6.5.4 Mehlkorngehalt sowie Mehlkorn- und Feinstsandgehalt

- (1) Der Beton muß eine bestimmte Menge an Mehlkorn enthalten, damit er gut verarbeitbar ist und ein geschlossenes Gefüge erhält. Der Mehlkorngehalt setzt sich zusammen aus dem Zement, dem im Betonzuschlag enthaltenen Kornanteil 0 bis 0,125 mm und gegebenenfalls dem Betonzusatzstoff. Ein ausreichender Mehlkorngehalt ist besonders wichtig bei Beton, der über längere Strecken oder in Rohrleitungen gefördert wird, bei Beton für dünnwandige, eng bewehrte

Tabelle 3. Höchstzulässiger Mehlkorngehalt sowie höchstzulässiger Mehlkorn- und Feinstsandgehalt für Beton mit einem Größtkorn des Zuschlaggemisches von 16 mm bis 63 mm

	1	2	3
Zementgehalt kg/m ³	Höchstzulässiger Gehalt in kg/m ³ an Mehlkorn und Feinstsand bei einer Prüfkorngröße von 0,125 mm	Mehlkorn	Mehlkorn und Feinstsand 0,250 mm
1	≤ 300	350	450
2	350	400	500

Bauteile und bei wasserundurchlässigem Beton (siehe Abschnitt 6.5.7.2).

- (2) Bei Beton für Außenbauteile (siehe Abschnitt 2.1.1) und bei Beton mit besonderen Eigenschaften nach den Abschnitten 6.5.7.3, 6.5.7.4 und 6.5.7.6 sind der Mehlkorngehalt sowie der Mehlkorn- und Feinstsandgehalt nach Tabelle 3 zu begrenzen.
- (3) Bei Zementgehalten zwischen 300 kg/m³ und 350 kg/m³ ist zwischen den Werten der Tabelle 3 linear zu interpolieren.
- (4) Die Werte der Tabelle 3, Spalten 2 und 3, dürfen erhöht werden, wenn
 - a) der Zementgehalt 350 kg/m³ übersteigt, um den über 350 kg/m³ hinausgehenden Zementgehalt, jedoch höchstens um 50 kg/m³;
 - b) ein puzzolanischer Betonzusatzstoff (z.B. Traß, Stein-kohlenflugasche) verwendet wird, um den Gehalt an puzzolanischem Betonzusatzstoff, jedoch höchstens um 50 kg/m³;
 - c) das Größtkorn des Betonzuschlaggemisches 8 mm beträgt, um 50 kg/m³.
- (5) Die unter a) und b) genannten Möglichkeiten dürfen insgesamt nur zu einer Erhöhung von 50 kg/m³ führen.

6.5.5 Zusammensetzung von Beton B I

6.5.5.1 Zementgehalt

- (1) Der Beton muß so viel Zement enthalten, daß die geforderte Druckfestigkeit und bei bewehrtem Beton ein ausreichender Schutz der Stahlleitagen vor Korrosion erreicht werden.
- (2) Wird der Zementgehalt auf Grund einer Eignungsprüfung nach Abschnitt 7.4.2.1 a) festgelegt, so muß er je m³ verdichteten Betons mindestens betragen
 - a) bei unbewehrtem Beton 100 kg;
 - b) bei Stahlbeton mit Rücksicht auf den Korrosionsschutz der Stahlleitagen
 - 240 kg bei Zement der Festigkeitsklasse Z 35 und höher;
 - 280 kg bei Zement der Festigkeitsklasse Z 25.
- (3) Bei Beton für Außenbauteile (siehe Abschnitt 2.1.1) muß der Zementgehalt mindestens 300 kg/m³ verdichteten Betons betragen; er darf auf 270 kg/m³ ermäßigt werden, wenn Zement der Festigkeitsklassen Z 45 oder Z 55 verwendet wird.
- (4) Eine Eignungsprüfung ist bei Beton ohne Betonzusätze nicht erforderlich, wenn die Betonzusammensetzung mindestens den Bedingungen der Tabelle 4 und den folgenden Angaben entspricht.
- (5) Der Zementgehalt nach Tabelle 4 muß vergrößert werden um
 - 15% bei Zement der Festigkeitsklasse Z 25;

- 10 % bei einem Größtkorn des Betonzuschlags von 16 mm;
- 20 % bei einem Größtkorn des Betonzuschlags von 8 mm.

(6) Der Zementgehalt nach Tabelle 4, Zeilen 1 bis 8, darf verringert werden um höchstens 10 % bei Zement der Festigkeitsklasse Z 45 und höchstens 10 % bei einem Größtkorn des Betonzuschlags von 63 mm.

(7) Die Vergrößerungen des Zementgehalts müssen, die Verringerungen dürfen zusammengezählt werden; jedoch darf bei Stahlbeton der im Absatz (2) angegebene Zementgehalt nicht unterschritten werden.

Tabelle 4. Mindestzementgehalt für Beton B I bei Betonzuschlag mit einem Größtkorn von 32 mm und Zement der Festigkeitsklasse Z 35 nach DIN 1164 Teil 1

	1	2	3	4	5
			Mindestzementgehalt in kg je m^3 verdichteten Betons für Konsistenzbereich		
	Festigkeitsklasse des Betons	Sieblinienvonbereich des Betonzuschlags ¹⁴⁾	KS ¹⁵⁾	KP	KR
1	B 5 ¹⁵⁾	③	140	160	–
2		④	160	180	–
3	B 10 ¹⁵⁾	③	190	210	230
4		④	210	230	260
5	B 15	③	240	270	300
6		④	270	300	330
7	B 25 allgemein	③	280	310	340
8		④	310	340	380
9	B 25 für Außenbauteile	③	300	320	350
10		④	320	350	380

14) Siehe Bild 3
15) Nur für unbewehrten Beton

6.5.5.2 Betonzuschlag

(1) Bei einer Betonzusammensetzung nach Tabelle 4 und den zusätzlichen Angaben in Abschnitt 6.5.5.1 muß die Sieblinie des Betonzuschlags stetig sein und den Sieblinienvonbereichen der Tabelle 4, Spalte 2, entsprechen.

(2) Wird die Betonzusammensetzung aufgrund einer Eignungsprüfung festgelegt, so muß die dabei verwendete Kornzusammensetzung des Betonzuschlags bei der Herstellung dieses Betons eingehalten werden (siehe Abschnitt 7.3). Außer stetigen Sieblinien dürfen dann auch Ausfallkörnungen verwendet werden.

(3) Betonzuschlag, der hinsichtlich bestimmter Eigenschaften nur verminderte Anforderungen erfüllt, darf unter Bedingungen nach DIN 4226 Teil 1/04.83, Abschnitt 7.1.3, verwendet werden, wenn die Eignung des Betonzuschlags für die Anwendung nachgewiesen ist.

(4) Ungetrennter Betonzuschlag aus Gruben oder Baggerreien darf nur für Beton der Festigkeitsklassen B 5 und B 10 verwendet werden, sofern er den Anforderungen von DIN 4226 Teil 1 und seine Kornzusammensetzung den Anforderungen dieser Norm entsprechen.

(5) Für Beton der Festigkeitsklassen B 15 und B 25 muß der Betonzuschlag wenigstens nach zwei Korngruppen, von denen eine im Bereich 0 bis 4 mm liegt, getrennt angeliefert und getrennt gelagert werden. Sie sind an der Mischmaschine derart zugegeben, daß die geforderte Kornzusammensetzung des Gemisches entsteht. An Stelle getrennter Korngruppen darf bei Korngemischen mit einem Größtkorn bis 32 mm auch werkgemischter Betonzuschlag nach DIN 4226 Teil 1 verwendet werden, wenn seine Kornzusammensetzung den Bedingungen des Abschnitts 6.2 entspricht.

6.5.6 Zusammensetzung von Beton B II

6.5.6.1 Zementgehalt

(1) Der erforderliche Zementgehalt ist aufgrund der Eignungsprüfung festzulegen. Er muß jedoch bei Stahlbeton mit Rücksicht auf den Korrosionsschutz der Stahleinlagen je m^3 verdichteten Betons mindestens betragen

- 240 kg bei Zement der Festigkeitsklasse Z 35 und höher;
- 280 kg bei Zement der Festigkeitsklasse Z 25.

(2) Der Zementgehalt bei Beton für Außenbauteile (siehe Abschnitt 2.1.1) muß mindestens 270 kg/ m^3 verdichteten Betons betragen.

6.5.6.2 Betonzuschlag

(1) Der Betonzuschlag, seine Aufteilung nach Korngruppen und seine Kornzusammensetzung müssen bei der Herstellung des Betons der Eignungsprüfung entsprechen.

(2) Für stetige Sieblinien 0 bis 32 mm (siehe Abschnitt 6.2.2) muß der Betonzuschlag nach mindestens drei, für unstetige nach mindestens zwei Korngruppen getrennt angeliefert, gelagert und zugegeben werden; eine der Korngruppen muß im Bereich 0 bis 2 mm liegen oder der Korngruppe 0/4a entsprechen. Für Sieblinien 0 bis 8 mm und 0 bis 16 mm genügt die Trennung des Betonzuschlags in eine Korngruppe 0 bis 2 mm oder in eine Korngruppe entsprechend 0/4a und eine gröbere Korngruppe.

(3) Ein Mehlkornzusatz (siehe Abschnitt 6.5.4) gilt nicht als Korngruppe.

(4) Betonzuschlag, der hinsichtlich bestimmter Eigenschaften nur verminderte Anforderungen erfüllt, darf unter Bedingungen nach DIN 4226 Teil 1/04.83, Abschnitt 7.1.3 verwendet werden, wenn die Eignung des Betonzuschlags für die Anwendung nachgewiesen ist.

6.5.6.3 Wasserzementwert (w/z -Wert) und Konsistenz

(1) Als Wasserzementwert (w/z -Wert) wird das Verhältnis des Wassergehalts w zum Zementgehalt z im Beton bezeichnet.

(2) Der Beton darf mit keinem größeren Wasserzementwert hergestellt werden, als durch die Eignungsprüfung nach Abschnitt 7.4.2 festgelegt worden ist (siehe auch Abschnitt 7.4.3.3). Erweist sich der Beton mit der so erreichten Konsistenz für einzelne schwierige Betonierabschnitte als nicht ausreichend verarbeitbar und soll daher der Wassergehalt erhöht werden, so muß der Zementanteil im gleichen Gewichtsverhältnis vergrößert werden. Beides muß in der Mischmaschine geschehen.

(3) Bei Stahlbeton darf der w/z -Wert wegen des Korrosionsschutzes der Bewehrung bei Zement der Festigkeitsklasse Z 25 den Wert 0,65 und bei Zementen der Festigkeitsklassen Z 35 und höher den Wert 0,75 nicht überschreiten.

(4) Bei Beton für Außenbauteile (siehe Abschnitt 2.1.1) gilt Abschnitt 6.5.2 (4).

6.5.7 Beton mit besonderen Eigenschaften

6.5.7.1 Allgemeine Anforderungen

Voraussetzung für die Erzielung besonderer Eigenschaften des Betons ist, daß er sachgemäß zusammengesetzt, her-

gestellt und eingebaut wird, daß er sich nicht entmischt und daß er vollständig verdichtet und sorgfältig nachbehandelt wird. Für seine Herstellung und Verarbeitung gelten die Bedingungen für Beton B II (siehe Abschnitte 5.2.2 und 6.5.6), soweit die nachfolgenden Bestimmungen nicht ausdrücklich die Herstellung und Verarbeitung unter den Bedingungen für Beton B I gestatten.

6.5.7.2 Wasserundurchlässiger Beton

(1) Wasserundurchlässiger Beton für Bauteile mit einer Dicke von etwa 10 cm bis 40 cm muß so dicht sein, daß die größte Wassereindringtiefe bei der Prüfung nach DIN 1048 Teil 1 (Mittel von drei Probekörpern) 50 mm nicht überschreitet.

(2) Bei Bauteilen mit einer Dicke von etwa 10 cm bis 40 cm darf der Wasserzementwert 0,60 und bei dickeren Bauteilen 0,70 nicht überschreiten.

(3) Wasserundurchlässiger Beton geringerer Festigkeitsklasse als B 35 darf auch unter den Bedingungen für Beton B I hergestellt und verarbeitet werden, wenn der Zementgehalt bei Betonzuschlag 0 bis 16 mm mindestens 370 kg/m^3 , bei Betonzuschlag 0 bis 32 mm mindestens 350 kg/m^3 beträgt und wenn die Kornzusammensetzung des Betonzuschlags im Sieblinienbereich (3) der Bilder 2 oder 3 liegt.

6.5.7.3 Beton mit hohem Frostwiderstand

(1) Beton, der im durchfeuchten Zustand häufigen und schroffen Frost-Tau-Wechseln ausgesetzt wird, muß mit hohem Frostwiderstand hergestellt werden. Dazu sind Betonzuschläge mit erhöhten Anforderungen an den Frostwiderstand eF (siehe DIN 4226 Teil 1) und ein wasserundurchlässiger Beton nach Abschnitt 6.5.7.2 notwendig.

(2) Der Wasserzementwert darf 0,60 nicht überschreiten. Er darf bei massigen Bauteilen bis zu 0,70 betragen, wenn luftporenbildende Betonzusatzmittel (siehe Abschnitt 6.3.1) in solcher Menge zugegeben werden, daß der Luftgehalt im Frischbeton den Werten der Tabelle 5 entspricht.

Tabelle 5. **Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau**

	1	2
	Größtkorn des Zuschlaggemisches mm	Mittlerer Luftgehalt Volumenanteil in % ¹⁶⁾
1	8	≥ 5,5
2	16	≥ 4,5
3	32	≥ 4,0
4	63	≥ 3,5

¹⁶⁾ Einzelwerte dürfen diese Anforderungen um einen Volumenanteil von höchstens 0,5% unterschreiten.

(3) Für Beton mit hohem Frostwiderstand und geringerer Festigkeitsklasse als B 35 darf Abschnitt 6.5.7.2 (3) sinngemäß angewendet werden.

6.5.7.4 Beton mit hohem Frost- und Tausalzwiderstand

(1) Beton, der im durchfeuchten Zustand Frost-Tauwechseln und der gleichzeitigen Einwirkung von Tausalzen ausgesetzt ist, muß mit hohem Frost- und Tausalzwiderstand hergestellt und entsprechend verarbeitet werden. Dazu sind Portland-, Eisenportland-, Hochofen- oder Portlandölschieferzement nach den Normen der Reihe DIN 1164 mindestens der Festigkeitsklasse Z 35 und Betonzuschläge mit erhöhten Anforderungen an den Widerstand gegen Frost- und Taumittel eFT (siehe DIN 4226 Teil 1) notwendig.

(2) Der Wasserzementwert darf 0,50 nicht überschreiten.

(3) Abgesehen von sehr steifem Beton mit sehr niedrigem Wasserzementwert ($w/z < 0,40$) ist ein luftporenbildendes Betonzusatzmittel (Luftporenbildner LP) in solcher Menge zuzugeben, daß der in Tabelle 5 angegebene Luftgehalt eingehalten wird.

(4) Für Beton, der einem starken Frost-Tausalzangriff, wie bei Betonfahrbahnen, ausgesetzt ist, sind Portland-, Eisenportland- oder Portlandölschieferzement mindestens der Festigkeitsklasse Z 35 oder Hochofenzement mindestens der Festigkeitsklasse Z 45 L zu verwenden.

6.5.7.5 Beton mit hohem Widerstand gegen chemische Angriffe

(1) Betonangreifende Flüssigkeiten, Böden und Dämpfe sind nach DIN 4030 zu beurteilen und in Angriffe mit „schwachem“, „starkem“ und „sehr starkem“ Angriffsvermögen einzuteilen.

(2) Die Widerstandsfähigkeit des Betons gegen chemische Angriffe hängt weitgehend von seiner Dichtigkeit ab. Der Beton muß daher mindestens so dicht sein, daß die größte Wassereindringtiefe bei Prüfung nach DIN 1048 Teil 1 (Mittel von drei Probekörpern) bei „schwachem“ Angriff nicht mehr als 50 mm und bei „starkem“ Angriff nicht mehr als 30 mm beträgt. Der Wasserzementwert darf bei „schwachem“ Angriff 0,60 und bei „starkem“ Angriff 0,50 nicht überschreiten.

(3) Bei Beton mit hohem Widerstand gegen „schwachen“ chemischen Angriff und geringerer Festigkeitsklasse als B 35 darf Abschnitt 6.5.7.2 (3) sinngemäß angewendet werden.

(4) Beton, der längere Zeit „sehr starken“ chemischen Angriffen ausgesetzt wird, muß vor unmittelbarem Zutritt der angreifenden Stoffe geschützt werden (siehe auch Abschnitt 13.3). Außerdem muß dieser Beton so zusammengesetzt sein, wie dies bei „starkem“ Angriff notwendig ist.

(5) Für Beton, der dem Angriff von Wasser mit mehr als $600 \text{ mg SO}_4 \text{ je l}$ oder von Böden mit mehr als $3000 \text{ mg SO}_4 \text{ je kg}$ ausgesetzt wird, ist stets Zement mit hohem Sulfatwiderstand nach DIN 1164 Teil 1 zu verwenden. Bei Meerwasser ist trotz seines hohen Sulfatgehalts die Verwendung von Zement mit hohem Sulfatwiderstand nicht erforderlich, da Beton mit hohem Widerstand gegen „starken“ chemischen Angriff auch Meerwasser ausreichend widersteht.

6.5.7.6 Beton mit hohem Verschleißwiderstand

(1) Beton, der besonders starker mechanischer Beanspruchung ausgesetzt wird, z. B. durch starken Verkehr, durch rutschendes Schüttgut, durch häufige Stöße oder durch Bewegung von schweren Gegenständen, durch stark strömendes und Feststoffe führendes Wasser u. a., muß einen hohen Verschleißwiderstand aufweisen und mindestens der Festigkeitsklasse B 35 entsprechen. Der Zementgehalt sollte nicht zu hoch sein, z. B. bei einem Größtkorn von 32 mm nicht über 350 kg/m^3 . Beton, der nach dem Verarbeiten Wasser absondert oder zu einer Anreicherung von Zementschlamm an der Oberfläche neigt, ist ungeeignet.

(2) Der Betonzuschlag bis 4 mm Korngröße muß überwiegend aus Quarz oder aus Stoffen mindestens gleicher Härte bestehen, das größere Korn aus Gestein oder künstlichen Stoffen mit hohem Verschleißwiderstand (siehe auch DIN 52 100). Bei besonders hoher Beanspruchung sind Hartstoffe zu verwenden. Die Körner aller Zuschlagarten sollen mäßig rauhe Oberfläche und gedrungene Gestalt haben. Das Zuschlaggemisch soll möglichst grobkörnig sein (Sieblinie nahe der Sieblinie A oder bei Ausfallkörnungen zwischen den Sieblinien B und U der Bilder 1 bis 4).

(3) Der Beton soll nach der Herstellung mindestens doppelt so lange nachbehandelt werden, wie in der „Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton“ gefordert wird.

6.5.7.7 Beton für hohe Gebrauchstemperaturen bis 250 °C
 (1) Der Beton ist mit Betonzuschlägen herzustellen, die sich für diese Beanspruchung als geeignet erwiesen haben. Er soll mindestens doppelt so lange nachbehandelt werden, wie in der „Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton“ für die Umgebungsbedingung III gefordert wird. Noch vor der ersten Erhitzung soll der Beton austrocknen können. Die erste Erhitzung soll möglichst langsam erfolgen.

(2) Bei ständig einwirkenden Temperaturen über 80 °C sind die Rechenwerte für die Druckfestigkeit (siehe Tabelle 12) und den Elastizitätsmodul (siehe Tabelle 11) des jeweils verwendeten Betons aus Versuchen abzuleiten.

(3) Wirken Temperaturen über 80 °C nur kurzfristig bis etwa 24 Stunden ein, so sind die Rechenwerte der Druckfestigkeit (siehe Tabelle 12) und des Elastizitätsmoduls (siehe Tabelle 11) abzumindern (DAFStb-Heft 337). Ohne genaueren experimentellen Nachweis dürfen bei einer Temperatur von 250 °C die Rechenwerte der Betonfestigkeit nur mit ihren 0,7fachen Werten, die Rechenwerte des Elastizitätsmoduls nur mit ihren 0,6fachen Werten angesetzt werden. Rechenwerte für Temperaturen zwischen 80 °C und 250 °C dürfen linear interpoliert werden.

6.5.7.8 Beton für Unterwasserschüttung (Unterwasserbeton)

(1) Muß Beton für tragende Bauteile unter Wasser eingebracht werden, so soll er im allgemeinen ein Ausbreitmaß von etwa 45 cm bis 50 cm haben (siehe auch Abschnitt 10.4), jedoch darf auch Fließbeton nach der „Richtlinie für Beton mit Fließmittel und für Fließbeton; Herstellung, Verarbeitung und Prüfung“ verwendet werden. Der Wasserzementwert (w/z-Wert) darf 0,60 nicht überschreiten; er muß kleiner sein, wenn Betongüte oder chemische Angriffe es erfordern. Der Zementgehalt muß bei Zuschlägen mit einem Größtkorn von 32 mm mindestens 350 kg/m³ fertigen Betons betragen.

(2) Der Beton muß beim Einbringen als zusammenhängende Masse fließen, damit er auch ohne Verdichtung ein geschlossenes Gefüge erhält. Zu bevorzugen sind Kornzusammensetzungen mit stetigen Sieblinien, die etwa in der Mitte des Sieblinienbereiches (3) der Bilder 1 bis 4 liegen. Der Mehlkorngehalt muß ausreichend groß sein (siehe Abschnitt 6.5.4).

6.6 Betonstahl

6.6.1 Betonstahl nach den Normen der Reihe DIN 488

(1) Betonstahlsorte, Kennzeichnung, Nenndurchmesser (Stabdurchmesser d_s ist stets Nenndurchmesser), Oberflächengestalt und Festigkeitseigenschaften müssen den Normen der Reihe DIN 488 entsprechen. Die dort geforderten Eigenschaften sind in Tabelle 6 wiedergegeben, soweit sie für die Verwendung von Betonstahl maßgebend sind.

(2) Wird Betonstahl nach DIN 488 Teil 1 bei der Verarbeitung warm gebogen (≥ 500 °C oder Rotglut), so darf er nur mit einer rechnerischen Streckgrenze von $\beta_S = 220$ N/mm² in Rechnung gestellt werden (siehe Abschnitt 18.3.3 (3)). Diese Einschränkung gilt nicht für Betonstähle, die nach DIN 4099 geschweißt wurden.

6.6.2 Rundstahl nach DIN 1013 Teil 1

Als glatter Betonstabstahl darf nur Rundstahl nach DIN 1013 Teil 1 aus St 37-2 nach DIN 17 100 in den Nenndurchmessern $d_s = 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25$ und 28 mm verwendet werden. Rechenwerte und Bewehrungsrichtlinien können den DAFStb-Heften 220 und 400 entnommen werden.

6.6.3 Bewehrungsdräht nach DIN 488 Teil 1

(1) Die Verarbeitung von glattem Bewehrungsdräht BSt 500 G oder profiliertem Bewehrungsdräht BSt 500 P ist auf werkmäßig hergestellte Bewehrungen beschränkt, deren Fertigung, Überwachung und Verwendung in anderen technischen Baubestimmungen geregelt ist (siehe DIN 488 Teil 1/09.84, Abschnitt 8).

Tabelle 6. Sorteneinteilung und Eigenschaften der Betonstähle

Betonstahlsorte	1		2	3	4
	Erzeugnisform Kurzname		Betonstabstahl BSt 420 S	Betonstabstahl BSt 500 S	Betonstahlmatten BSt 500 M
	Kurzzeichen ¹⁷⁾		III S	IV S	IV M
	Werkstoffnummer		1.0428	1.0438	1.0466
1	Nenndurchmesser d_s mm	mm	6 bis 28	6 bis 28	4 bis 12 ¹⁸⁾
2	Streckgrenze $\beta_S(R_e)$ ¹⁹⁾ bzw. 0,2%-Dehngrenze $\beta_{0,2}(R_{p0,2})$ ¹⁹⁾ N/mm ²		420	500	500
3	Zugfestigkeit $\beta_Z(R_m)$ ¹⁹⁾ N/mm ²		500	550	550
4	Bruchdehnung $\delta_{10}(A_{10})$ ¹⁹⁾ %	%	10	10	8
5	Schweißeignung für Verfahren ²⁰⁾	E, MAG, GP, RA, RP	E, MAG, GP, RA, RP	E ²¹⁾ , MAG ²¹⁾ , RP	

¹⁷⁾ Für Zeichnungen und statische Berechnungen.

¹⁸⁾ Betonstahlmatten mit Nenndurchmessern von 4,0 mm und 4,5 mm dürfen nur bei vorwiegend ruhender Belastung und – mit Ausnahme von untergeordneten vorgefertigten Bauteilen, wie eingeschossigen Einzelgaragen – nur als Querbewehrung bei einachsig gespannten Platten, bei Rippendecken und bei Wänden verwendet werden.

¹⁹⁾ Zeichen in () nach DIN 488 Teil 1.

²⁰⁾ Die Kennbuchstaben bedeuten: E = Metall-Lichtbogenhandschweißen, MAG = Metall-Aktivgasschweißen, GP = Gaspreßschweißen, RA = Abrennstumpfschweißen, RP = Widerstandspunktschweißen.

²¹⁾ Der Nenndurchmesser der Mattenstäbe muß mindestens 6 mm beim Verfahren MAG und mindestens 8 mm beim Verfahren E betragen, wenn Stäbe von Matten untereinander oder mit Stabstählen ≤ 14 mm Nenndurchmesser verschweißt werden.

(2) Kaltverformter Draht (z.B. für Bügel nach Abschnitt 18.8.2.1 mit einem Durchmesser $d_s \geq 3$ mm) muß die Eigenschaften von Betonstahl BSt 420 S (III S) oder BSt 500 S (IV S) haben. Rechenwerte und Bewehrungsrichtlinien können den DAfStb-Heften 220 und 400 entnommen werden.

6.7 Andere Baustoffe und Bauteile

6.7.1 Zementmörtel für Fugen

- (1) Zementmörtel muß für Fugen bei Fertigteilen und Zwischenbauteilen folgende Bedingungen erfüllen:
- Zement nach DIN 1164 Teil 1 der Festigkeitsklasse Z 35 F oder höher;
 - Zementgehalt: mindestens 400 kg/m³ verdichteten Mörtels;
 - Betonzuschlag: gemischtkörniger, sauberer Sand 0 bis 4 mm.

(2) Hier von darf nur abgewichen werden, wenn im Alter von 28 Tagen an Würfeln von 100 mm Kantenlänge eine Druckfestigkeit des Mörtels von mindestens 15 N/mm² nach DIN 1048 Teil 1 nachgewiesen wird.

6.7.2 Zwischenbauteile und Deckenziegel

Zwischenbauteile aus Beton müssen DIN 4158, solche aus gebranntem Ton und Deckenziegel müssen DIN 4159 oder DIN 4160 entsprechen.

7 Nachweis der Güte der Baustoffe und Bauteile für Baustellen

7.1 Allgemeine Anforderungen

- (1) Für die Durchführung und Auswertung der in diesem Abschnitt vorgeschriebenen Prüfungen und für die Berücksichtigung ihrer Ergebnisse bei der Bauausführung ist der Bauleiter des Unternehmens verantwortlich. Wegen der Aufzeichnung und Aufbewahrung der Ergebnisse siehe Abschnitte 4.3 und 4.4.
- (2) Die in den Abschnitten 7.2, 7.3 und 7.4.2 vorgesehenen Prüfungen brauchen bei Bezug von Transportbeton auf der Baustelle nicht durchgeführt zu werden. Die Abschnitte 7.4.1, 7.4.3, 7.4.4 und 7.4.5 gelten, soweit dort nichts anderes festgelegt ist, auch für Baustellen, die Transportbeton beziehen.

7.2 Bindemittel, Betonzusatzmittel und Betonzusatzstoffe

- (1) Bei jeder Lieferung ist zu prüfen, ob die Angaben und die Kennzeichnung auf der Verpackung oder dem Lieferschein mit der Bestellung und den bautechnischen Unterlagen übereinstimmen und der Nachweis der Überwachung erbracht ist.
- (2) Bei Betonzusatzmitteln ist festzustellen, ob die Verpackung ein gültiges Prüfzeichen trägt (siehe Abschnitt 6.3.1).
- (3) Bei Betonzusatzstoffen ist festzustellen, ob sie den Anforderungen des Abschnitts 6.3.2 genügen.

7.3 Betonzuschlag

- (1) Bei jeder Lieferung ist zu prüfen, ob die Angaben auf dem Lieferschein mit der Bestellung und den bautechnischen Unterlagen übereinstimmen und der Nachweis der Überwachung erbracht ist.
- (2) Der Betonzuschlag ist laufend durch Besichtigung auf seine Kornzusammensetzung und auf andere, nach DIN 4226 Teil 1 bis Teil 3 wesentliche Eigenschaften zu prüfen. In Zweifelsfällen ist der Betonzuschlag eingehender zu untersuchen.
- (3) Siebversuche sind bei der ersten Lieferung und bei jedem Wechsel des Herstellwerks erforderlich, außerdem in angemessenen Abständen bei
- Beton B I (siehe Abschnitt 6.5.5), wenn eine Betonzusammensetzung nach Tabelle 4 mit einer Kornzusammensetzung des Betonzuschlags im Sieblinienbereich (3)

gewählt oder wenn die Betonzusammensetzung auf Grund einer Eignungsprüfung festgelegt worden ist;

- Beton B II (siehe Abschnitt 6.5.6) stets;
- Beton mit besonderen Eigenschaften (siehe Abschnitt 6.5.7) stets.

(4) Bei der Prüfung gilt die Kornzusammensetzung von Zuschlaggemischen noch als eingehalten, wenn der Durchgang durch die einzelnen Prüfsiebe nicht mehr als 5% der Gesamtmasse von der festgelegten Sieblinie abweicht – bei Korngruppen mit sehr unterschiedlicher Kornrohdichte nicht mehr als 5% des Gesamtstoffraumes (siehe Fußnote 7) – und ihr Kennwert für die Kornverteilung oder den Wasseranspruch nicht ungünstiger ist als bei der festgelegten Sieblinie. Bei der Korngruppe 0 bis 0,25 mm sind Abweichungen nur bis zu 3% zulässig.

7.4 Beton

7.4.1 Grundlage der Prüfung

Die Durchführung der Prüfung sowie die Herstellung und Lagerung der Probekörper richten sich nach DIN 1048 Teil 1.

7.4.2 Eignungsprüfung

7.4.2.1 Zweck und Anwendung

(1) Die Eignungsprüfung dient dazu, vor Verwendung des Betons festzustellen, welche Zusammensetzung der Beton haben muß, damit er mit den in Aussicht genommenen Ausgangsstoffen und der vorgesehenen Konsistenz unter den Verhältnissen der betreffenden Baustelle zuverlässig verarbeitet werden kann und die geforderten Eigenschaften sicher erreicht. Bei Beton B II und bei Beton mit besonderen Eigenschaften ist außerdem festzustellen, mit welchem Wasserzementwert der Beton hergestellt werden muß.

(2) Eignungsprüfungen sind durchzuführen bei

- Beton B I, wenn der Beton nicht nach Tabelle 4 zusammengesetzt ist oder wenn zu seiner Herstellung Betonzusätze verwendet werden (siehe Abschnitte 6.3 und 6.5.5.1);
- Beton B II stets und
- Beton mit besonderen Eigenschaften, wenn nicht Abschnitt 6.5.7.2 (3) zutrifft und angewendet wird.

(3) Neue Eignungsprüfungen sind durchzuführen, wenn sich die Ausgangsstoffe des Betons oder die Verhältnisse der Baustelle, die bei der vorhergehenden Eignungsprüfung zugrunde lagen, wesentlich geändert haben.

(4) Auf der Baustelle darf auf eine Eignungsprüfung verzichtet werden, wenn sie von der ständigen Betonprüfstelle (siehe Abschnitt 5.2.2.6) vorgenommen worden ist, wenn Transportbeton verwendet wird oder wenn unter gleichen Arbeitsverhältnissen für Beton gleicher Zusammensetzung und aus den gleichen Stoffen die geforderten Eigenschaften bei früheren Prüfungen sicher erreicht wurden.

(5) Für jede bei der Eignungsprüfung angesetzte Mischung und für jedes vorgesehene Prüfalter sind mindestens drei Probekörper zu prüfen.

(6) Die Eignungsprüfung soll mit einer Frischbetontemperatur von 15 °C bis 22 °C durchgeführt werden. Zur Erfassung des Ansteifens ist die Konsistenz 10 Minuten und 45 Minuten nach Wasserzugabe zu bestimmen.

(7) Sind bei der Bauausführung stark abweichende Temperaturen oder Zeiten zwischen Herstellung und Einbau, die 45 Minuten wesentlich überschreiten, zu erwarten, so muß zusätzlich Aufschluß über deren Einflüsse auf die Konsistenz und die Konsistenzveränderungen gewonnen werden. Bei stark abweichenden Temperaturen ist auch deren Einfluß auf die Festigkeit zu prüfen.

(8) Bei Anwendung einer Wärmebehandlung ist durch zusätzliche Eignungsprüfungen nachzuweisen, daß mit dem vorgesehenen Verfahren die geforderten Eigenschaften erreicht werden (siehe „Richtlinie über Wärmebehandlung von Beton und Dampfmischen“).

(9) Erweiterte Eignungsprüfungen sind durchzuführen, wenn Beton hergestellt wird, der durch Zugabe verzögernder Betonzusatzmittel gegenüber dem zugehörigen Beton ohne Betonzusatzmittel eine um mindestens drei Stunden verlängerte Verarbeitbarkeitszeit aufweist (siehe „Vorläufige Richtlinie für Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton)“).

7.4.2.2 Anforderungen

Bei der Eignungsprüfung muß der Mittelwert der Druckfestigkeit von drei Würfeln aus derjenigen Betonmischung, deren Zusammensetzung für die Bauausführung maßgebend sein soll, die Werte β_{ws} der Tabelle 1, Spalte 4 (siehe Abschnitt 6.5.1) um ein Vorhaltemaß überschreiten:

a) Das Vorhaltemaß beträgt für Beton der Festigkeitsklasse B 5 mindestens $3,0 \text{ N/mm}^2$, der Festigkeitsklassen B 10 bis B 25 mindestens $5,0 \text{ N/mm}^2$.

Die Konsistenz des Betons B I muß bei der Eignungsprüfung, bezogen auf den voraussichtlichen Zeitpunkt des Einbaus, an der oberen Grenze des gewählten Konsistenzbereiches (z. B. obere Grenze des Ausbreitmaßes) liegen.

Für die Herstellung in Betonfertigteilwerken nach Abschnitt 5.3 gelten diese Anforderungen nicht, sondern die unter b).

b) Bei Beton B II und bei Beton mit besonderen Eigenschaften bleibt es dem Unternehmen überlassen, das Vorhaltemaß nach seinen Erfahrungen unter Berücksichtigung des zu erwartenden Streubereiches der betreffenden Baustelle zu wählen. Das Vorhaltemaß muß aber so groß sein, daß bei der Güteprüfung die Anforderungen des Abschnitts 7.4.3.5.2 sicher erfüllt werden.

7.4.3 Güteprüfung

7.4.3.1 Allgemeines

(1) Die Güteprüfung dient dem Nachweis, daß der für den Einbau hergestellte Beton die geforderten Eigenschaften erreicht.

(2) Die Betonproben für die Güteprüfung sind für jeden Probekörper und für jede Prüfung der Konsistenz und des w/z -Wertes aus einer anderen Mischerfüllung zufällig und etwa gleichmäßig über die Betonierzeit verteilt zu entnehmen (siehe auch DIN 1048 Teil 1/12.78, Abschnitt 2.2, erster Absatz).

(3) In gleicher Weise sind bei Transportbeton und bei Baustellenbeton von einer benachbarten Baustelle nach Abschnitt 2.1.2 f) die Betonproben bei Übergabe des Betons möglichst aus verschiedenen Lieferungen des gleichen Betons zu entnehmen.

(4) Sind besondere Eigenschaften nach Abschnitt 6.5.7 nachzuweisen, so ist der Umfang der Prüfung im Einzelfall festzulegen.

(5) In allen Zweifelsfällen hat sich das Unternehmen unabhängig von dem in dieser Norm festgelegten Prüfumfang durch Prüfung der Betonzusammensetzung (Zementgehalt und gegebenenfalls w/z -Wert) oder der entsprechenden Eigenschaften von der ausreichenden Beschaffenheit des frischen oder des erhärteten Betons zu überzeugen.

7.4.3.2 Zementgehalt

Bei Beton B I ist der Zementgehalt je m^3 verdichteten Betons beim erstmaligen Einbringen und dann in angemessenen Zeitabständen während des Betonierens zu prüfen, z. B. nach DIN 1048 Teil 1/12.78, Abschnitt 3.3.2. Bei Verwendung von Transportbeton darf der Zementgehalt dem Lieferschein (siehe Abschnitt 5.5.3) oder dem Betonsortenverzeichnis (siehe Abschnitt 5.4.4) entnommen werden.

7.4.3.3 Wasserzementwert

(1) Bei Beton B II sowie bei Beton für Außenbauteile (siehe Abschnitt 2.1.1), der unter den Bedingungen für B I hergestellt

wird, ist der Wasserzementwert (w/z -Wert) für jede verwendete Betonsorte beim ersten Einbringen und einmal je Betoniertag zu ermitteln.

(2) Der für diese Betonsorte bei der Eignungsprüfung festgelegte w/z -Wert darf vom Mittelwert dreier aufeinanderfolgender w/z -Wert-Bestimmungen nicht, von Einzelwerten um höchstens 10 % überschritten werden.

(3) Bei Beton für Außenbauteile (siehe Abschnitt 2.1.1) darf kein Einzelwert den w/z -Wert von 0,65 überschreiten.

(4) Die für Beton mit besonderen Eigenschaften oder wegen des Korrosionsschutzes der Bewehrung (siehe Abschnitte 6.5.6.3 und 6.5.7) festgelegten w/z -Werte dürfen auch von Einzelwerten nicht überschritten werden.

(5) Bei der Verwendung von Transportbeton dürfen die w/z -Werte dem Lieferschein (siehe Abschnitt 5.5.3) oder dem Betonsortenverzeichnis (siehe Abschnitt 5.4.4) entnommen werden. Dies gilt nicht, wenn Druckfestigkeitsprüfungen durch die doppelte Anzahl von w/z -Wert-Bestimmungen nach Abschnitt 7.4.3.5.1 (2) ersetzt werden sollen.

7.4.3.4 Konsistenz

(1) Die Konsistenz des Frischbetons ist während des Betonierens laufend durch augenscheinliche Beurteilung zu überprüfen. Die Konsistenz ist für jede Betonsorte beim ersten Einbringen und jedesmal bei der Herstellung der Probekörper für die Güteprüfung durch Bestimmung des Konsistenzmaßes nachzuprüfen.

(2) Bei Beton B II und bei Beton mit besonderen Eigenschaften ist die Ermittlung des Konsistenzmaßes außerdem in angemessenen Zeitabständen zu wiederholen.

(3) Die vereinbarte Konsistenz muß bei Übergabe des Betons auf der Baustelle vorhanden sein.

7.4.3.5 Druckfestigkeit

7.4.3.5.1 Anzahl der Probewürfel

(1) Bei Baustellen- und Transportbeton B I der Festigkeitsklassen B 15 und B 25 und bei tragenden Wänden und Stützen aus B 5 und B 10 ist für jede verwendete Betonsorte (siehe Abschnitt 5.4.4), und zwar jeweils für höchstens 500 m^3 Beton, jedes Geschoß im Hochbau und je 7 Arbeitstage, an denen betoniert wird, eine Serie von 3 Probewürfeln herzustellen.

(2) Diejenige Forderung, die die größte Anzahl von Würfelserien ergibt, ist maßgebend. Bei Beton B II ist – soweit bei der Verwendung von Transportbeton im folgenden nichts anderes festgelegt ist – die doppelte Anzahl der im Absatz (1) geforderten Würfelserien zu prüfen. Die Hälfte der hierauf geforderten Würfelprüfungen kann ersetzt werden durch die doppelte Anzahl von w/z -Wert-Bestimmungen nach DIN 1048 Teil 1/12.78, Abschnitt 3.4.

(3) Die vom Transportbetonwerk bei der Eigenüberwachung (siehe DIN 1084 Teil 3) durchzuführenden Festigkeitsprüfungen dürfen auf die vom Bauunternehmen durchzuführenden Festigkeitsprüfungen von Beton B I und von Beton B II angerechnet werden, soweit der Beton für die Herstellung der Probekörper auf der betreffenden Baustelle entnommen wurde.

(4) Werden auf einer Baustelle in einem Betoniervorgang weniger als 100 m^3 Transportbeton B I eingebracht, so kann das Prüfergebnis einer Würfelserie, die auf einer anderen Baustelle mit Beton desselben Werkes und derselben Zusammensetzung in derselben Woche hergestellt wurde, auf die im Absatz (1) geforderten Prüfungen angerechnet werden, wenn das Transportbetonwerk für diese Betonsorte unter statistischer Qualitätskontrolle steht (siehe DIN 1084 Teil 3) und diese ein ausreichendes Ergebnis hatte.

7.4.3.5.2 Festigkeitsanforderungen

(1) Die Festigkeitsanforderungen gelten als erfüllt, wenn die mittlere Druckfestigkeit jeder Würfelserie (siehe Abschnitt

6.5.1 (2)) mindestens die Werte der Tabelle 1, Spalte 4 und die Druckfestigkeit jedes einzelnen Würfels mindestens die Werte der Spalte 3 erreicht.

(2) Bei Beton gleicher Zusammensetzung und Herstellung darf jedoch jeweils einer von 9 aufeinanderfolgenden Würfeln die Werte der Tabelle 1, Spalte 3, um höchstens 20% unterschreiten; dabei muß jeder Serien-Mittelwert von 3 aufeinanderfolgenden Würfeln die Werte der Tabelle 1, Spalte 4, mindestens erreichen.

(3) Von den vorgenannten Anforderungen darf bei einer statistischen Auswertung nach DIN 1084 Teil 1 oder Teil 3/12.78, Abschnitt 2.2.6, abgewichen werden.

7.4.3.5.3 Umrechnung der Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung

(1) Werden an Stelle von Würfeln mit 200 mm Kantenlänge (siehe Abschnitt 6.5.1) solche mit einer Kantenlänge von 150 mm verwendet, so darf die Beziehung $\beta_{W200} = 0,95 \beta_{W150}$ verwendet werden.

(2) Bei Zylindern mit 150 mm Durchmesser und 300 mm Höhe darf bei gleichartiger Lagerung die Würfeldruckfestigkeit β_{W200} aus der Zylinderdruckfestigkeit β_C abgeleitet werden

– für die Festigkeitsklassen B 15 und geringer zu $\beta_{W200} = 1,25 \beta_C$ und

– für die Festigkeitsklassen B 25 und höher $\beta_{W200} = 1,18 \beta_C$.

(3) Bei Verwendung von Würfeln oder Zylindern mit anderen Maßen oder wenn die vorher genannten Druckfestigkeitsverhältniswerte nicht angewendet werden, muß das Druckfestigkeitsverhältnis zum 200-mm-Würfel für Beton jeder Zusammensetzung, Festigkeit und Altersstufe bei der Eignungsprüfung gesondert nachgewiesen werden, und zwar an mindestens 6 Körpern je Probekörperart.

(4) Für Druckfestigkeitsverhältniswerte bei aus dem Bauwerk entnommenen Probekörpern siehe DIN 1048 Teil 2.

(5) Wird bei Eignungs- und Güteprüfungen bereits von der 7-Tage-Würfeldruckfestigkeit β_{W7} auf die zu erwartende 28-Tage-Würfeldruckfestigkeit β_{W28} geschlossen, so dürfen im allgemeinen je nach Festigkeitsklasse des Zements die Angaben der Tabelle 7 zugrunde gelegt werden.

(6) Andere Verhältniswerte dürfen zugrunde gelegt werden, wenn sie bei der Eignungsprüfung ermittelt wurden.

Tabelle 7. **Beiwerte für die Umrechnung der 7-Tage- auf die 28-Tage-Würfeldruckfestigkeit**

	1	2
	Festigkeitsklasse des Zements	28-Tage-Würfeldruckfestigkeit β_{W28}
1	Z 25	1,4 β_{W7}
2	Z 35 L	1,3 β_{W7}
3	Z 35 F; Z 45 L	1,2 β_{W7}
4	Z 45 F; Z 55	1,1 β_{W7}

7.4.4 Erhärtingsprüfung

(1) Die Erhärtingsprüfung gibt einen Anhalt über die Festigkeit des Betons im Bauwerk zu einem bestimmten Zeitpunkt und damit auch für die Ausschaftristen. Die Erhärting kann nach DIN 1048 Teil 1, Teil 2 und Teil 4 zerstörend und/oder zerstörungsfrei ermittelt werden.

(2) Die Probekörper für diesen Nachweis sind aus dem Beton, der für die betreffenden Bauteile bestimmt ist, herzustellen, unmittelbar neben oder auf diesen Bauteilen zu lagern und wie diese nachzubehandeln (Einfluß der Tempera-

tur und der Feuchte). Für die Erhärtingsprüfung sind mindestens drei Probekörper herzustellen; eine größere Anzahl von Probekörpern empfiehlt sich aber, damit die Festigkeitsprüfung bei ungenügendem Ergebnis zu einem späteren Zeitpunkt wiederholt werden kann.

(3) Bei der Beurteilung der aus den Probekörpern gewonnenen Ergebnisse ist zu beachten, daß Bauteile, deren Maße von denen der Probekörper wesentlich abweichen, einen anderen Erhärtingsgrad aufweisen können als die Probekörper, z.B. infolge verschiedener Wärmeentwicklung im Beton.

7.4.5 Nachweis der Betonfestigkeit am Bauwerk

(1) In Sonderfällen, z.B. wenn keine Ergebnisse von Druckfestigkeitsprüfungen vorliegen oder die Ergebnisse ungenügend waren oder sonst erhebliche Zweifel an der Betonfestigkeit im Bauwerk bestehen, kann es nötig werden, die Betondruckfestigkeit durch Entnahme von Probekörpern aus dem Bauwerk oder am fertigen Bauteil durch zerstörungsfreie Prüfung nach DIN 1048 Teil 2 oder durch beides nach DIN 1048 Teil 4 zu bestimmen. Dabei sind Alter und Erhärtingsbedingungen (Temperatur, Feuchte) des Bauwerk-Betons zu berücksichtigen.

(2) Für die Festlegung von Art und Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen und der aus dem Bauwerk zu entnehmenden Proben und für die Bewertung der Ergebnisse dieser Prüfungen ist ein Sachverständiger hinzuzuziehen, soweit dies nach DIN 1048 Teil 4 erforderlich ist.

7.5 Betonstahl

7.5.1 Prüfung am Betonstahl

Bei jeder Lieferung von Betonstahl ist zu prüfen, ob das nach DIN 488 Teil 1 geforderte Werkkennzeichen vorhanden ist. Betonstahl ohne Werkkennzeichen darf nicht verwendet werden. Dies gilt nicht für Bewehrungsstahl aus Rundstahl St 37-2.

7.5.2 Prüfung des Schweißens von Betonstahl

Die Arbeitsprüfungen, die vor oder während der Schweißarbeiten durchzuführen sind, sind in DIN 4099 geregelt.

7.6 Bauteile und andere Baustoffe

7.6.1 Allgemeine Anforderungen

Bei Bauteilen nach den Abschnitten 7.6.2 bis 7.6.4 ist zu prüfen, ob sie aus einem Werk stammen, das einer Überwachung (Güteüberwachung) unterliegt.

7.6.2 Prüfung der Stahlbetonfertigteile

Bei jeder Lieferung von Fertigteilen muß geprüft werden, ob hierfür ein Lieferschein mit allen Angaben nach Abschnitt 5.5.2 vorliegt, die Fertigteile nach Abschnitt 19.6 gekennzeichnet sind und ob die Fertigteile die nach den bautechnischen Unterlagen erforderlichen Maße haben.

7.6.3 Prüfung der Zwischenbauteile und Deckenziegel

Bei jeder Lieferung statisch mitwirkender Zwischenbauteile aus Beton nach DIN 4158 und aus gebranntem Ton nach DIN 4159 und statisch mitwirkender Deckenziegel nach DIN 4159 ist zu prüfen, ob sie die nach den bautechnischen Unterlagen erforderlichen Maße und die nach DIN 4158 und DIN 4159 erforderliche Form der Stoßfugen haben. Bei jeder Lieferung statisch nicht mitwirkender Zwischenbauteile nach DIN 4158 und nach DIN 4160 ist zu prüfen, ob sie die geforderten Maße und Formen aufweisen.

7.6.4 Prüfung der Betongläser

Bei jeder Lieferung von Betongläsern ist zu prüfen, ob die Angaben im Lieferschein nach DIN 4243 den bautechnischen Unterlagen entsprechen.

7.6.5 Prüfung von Zementmörtel

Für jede verwendete Mörtelsorte und für höchstens 200 m damit hergestellter tragender Fugen, jedes Geschoß im

Hochbau und je 7 Arbeitstage, an denen nacheinander Mörtel hergestellt wird, ist eine Serie von drei Würfeln mit 100 mm Kantenlänge aus Mörtel verschiedener Mischerfüllungen nach DIN 1048 Teil 1 zu prüfen (siehe auch Abschnitt 6.7.1). Diejenige Forderung, die die größte Anzahl von Würfelserien ergibt, ist maßgebend.

8 Überwachung (Güteüberwachung) von Baustellenbeton B II, von Fertigteilen und von Transportbeton

Für Baustellenbeton B II, Beton- und Stahlbetonfertigteile und Transportbeton ist eine Überwachung (Güteüberwachung), bestehend aus Eigen- und Fremdüberwachung, durchzuführen. Die Durchführung ist in DIN 1084 Teil 1 bis Teil 3 geregelt.

9 Bereiten und Befördern des Betons

9.1 Angaben über die Betonzusammensetzung

Zur Herstellung von Beton muß der Mischerführer im Besitz einer schriftlichen Mischanweisung sein, die folgende Angaben über die Zusammensetzung einer Mischerfüllung enthält:

- a) Betonsortenbezeichnung (Nummer des Betonsortenverzeichnisses);
 - b) Festigkeitsklasse des Betons;
 - c) Art, Festigkeitsklasse und Menge des Zements sowie Zementgehalt in kg/m³ verdichteten Betons;
 - d) Art und Menge des Betonzuschlags, gegebenenfalls Menge der getrennt zuzugebenden Korngruppenanteile oder Angabe „werkgemischter Betonzuschlag“;
 - e) Konsistenzmaß des Frischbetons;
 - f) gegebenenfalls Art und Menge von Betonzusatzmitteln und Betonzusatzstoffen;
- für Beton B II sowie für Beton für Außenbauteile außerdem:
- g) Wasserzementwert (w/z -Wert);
 - h) Wassergehalt w (Zugabewasser und Oberflächenfeuchte des Betonzuschlags und gegebenenfalls Betonzusatzmittelmenge, vergleiche Abschnitt 6.5.2).

9.2 Abmessen der Betonbestandteile

9.2.1 Abmessen des Zements

Der Zement ist nach Gewicht, das auf 3% einzuhalten ist, zuzugeben.

9.2.2 Abmessen des Betonzuschlags

- (1) Der Betonzuschlag oder die einzelnen Korngruppen sind unabhängig von der Art des Abmessens nach Gewicht, das auf 3% einzuhalten ist, zuzugeben.
- (2) In der Regel sind sie nach Gewicht abzumessen. Dies gilt auch für Betonzuschlag mit wesentlich unterschiedlicher Kornrohdichte, dessen Mengenanteile dann aus den Stoffraumanteilen (siehe Abschnitt 6.2.2) zu errechnen sind.
- (3) Für Beton B II (siehe Abschnitt 6.5.6) ist das Abmessen des Betonzuschlags oder der einzelnen Korngruppen nach Raumteilen nur dann gestattet, wenn selbsttätige Abmeßvorrichtungen verwendet werden, an deren Einstellung notwendige Änderungen leicht und zutreffend vorzunehmen sind und mit denen Korngruppen und Gesamtzuschlagsmenge mit der geforderten Genauigkeit abgemessen werden können. Die Abmeßvorrichtungen müssen die Nachprüfung der Menge der abgemessenen Korngruppen auf einfache Weise zuverlässig gestatten.

- (4) Wird nach Raumteilen abgemessen, so sind die Mengen der abgemessenen Korngruppen häufig nachzuprüfen. Dies gilt auch dann, wenn selbsttätige Abmeßvorrichtungen vorhanden sind.

9.2.3 Abmessen des Zugabewassers

(1) Die Menge des Zugabewassers ist auf 3% einzuhalten. Die höchstzulässige Zugabewassermenge richtet sich bei Beton B I nach dem einzuhaltenden Konsistenzmaß (siehe Abschnitt 6.5.3) und bei Beton B II nach dem festgelegten Wasserzementwert (siehe Abschnitte 6.5.6.3 und 6.5.7). Dabei ist die Oberflächenfeuchte des Betonzuschlags zu berücksichtigen.

(2) Wassersaugender Betonzuschlag muß vorher so angefeuchtet werden, daß er beim Mischen und danach möglichst kein Wasser mehr aufnimmt.

9.3 Mischen des Betons

9.3.1 Baustellenbeton

(1) Beim Zusammensetzen des Betons muß dem Mischerführer die Mischanweisung vorliegen.

(2) Die Stoffe müssen in Betonmischern, die für die jeweilige Betonzusammensetzung geeignet sind, so lange gemischt werden, bis ein gleichmäßiges Gemisch entstanden ist. Um dies zu erreichen, muß der Beton bei Mischern mit besonders guter Mischwirkung wenigstens 30 Sekunden, bei den übrigen Betonmischern wenigstens 1 Minute nach Zugabe aller Stoffe gemischt werden.

(3) Die Mischer müssen von erfahrenem Personal bedient werden, das in der Lage ist, die festgelegte Konsistenz einzuhalten.

(4) Mischen von Hand ist nur in Ausnahmefällen für Beton der Festigkeitsklassen B 5 und B 10 bei geringen Mengen zulässig.

(5) Wegen der Temperatur des Frischbetons siehe Abschnitte 9.4.1 und 11.1 sowie „Richtlinie über Wärmebehandlung von Beton und Dampfmischen“.

9.3.2 Transportbeton

(1) Beim Zusammensetzen des Betons muß dem Mischerführer der Lieferschein vorliegen.

(2) Für werkgemischten Transportbeton gilt Abschnitt 9.3.1.

(3) Bei fahrzeuggemischem Transportbeton richten sich der höchstzulässige Füllungsgrad des Mischers und die Mindestdauer des Mischens nach der Bauart des Mischfahrzeugs und der Konsistenz des Betons (siehe Abschnitt 5.4.6). Der Beton soll dabei mit Mischgeschwindigkeit durch mindestens 50 Umdrehungen gemischt werden; er ist unmittelbar vor Entleeren des Mischfahrzeugs nochmals durchzumischen.

(4) Nach Abschluß des Mischvorgangs darf die Zusammensetzung des Frischbetons nicht mehr verändert werden. Davon ausgenommen ist die Zugabe eines Fließmittels entsprechend der „Richtlinie für Beton mit Fließmittel und für Fließbeton; Herstellung, Verarbeitung und Prüfung“.

9.4 Befördern von Beton zur Baustelle

9.4.1 Allgemeines

Während des Beförderns ist der Frischbeton vor schädlichen Witterungseinflüssen zu schützen. Wegen der bei kühler Witterung und bei Frost einzuhaltenden Frischbetontemperaturen siehe Abschnitt 11.1. Auch bei heißer Witterung darf die Frischbetontemperatur bei der Entladung +30 °C nicht überschreiten, sofern nicht durch geeignete Maßnahmen sichergestellt ist, daß keine nachteiligen Folgen zu erwarten sind (siehe z. B. ACI Standard „Recommended Practice of Hot Weather Concreting“ (ACI 305-72) und „Richtlinie über Wärmebehandlung von Beton und Dampfmischen“). Bei Anwendung des Betonmischens mit Dampfzuführung darf die Frischbetontemperatur +30 °C überschreiten.

9.4.2 Baustellenbeton

(1) Wird Baustellenbeton der Konsistenzen KP, KR oder KF von einer benachbarten Baustelle (siehe Abschnitt 2.1.2 f) verwendet und nicht in Fahrzeugen mit Rührwerk oder in

Mischfahrzeugen (siehe Abschnitt 9.3.2) zur Verwendungsstelle befördert, so muß er spätestens 20 Minuten, Beton der Konsistenz KS spätestens 45 Minuten nach dem Mischen vollständig entladen sein.

(2) Für die Entladung von Mischfahrzeugen und Fahrzeugen mit Rührwerk gelten die Zeitspannen nach Abschnitt 9.4.3.

9.4.3 Transportbeton

(1) Werkgemischter Frischbeton der Konsistenz KS darf mit Fahrzeugen ohne Mischer oder Rührwerk befördert werden.

(2) Frischbeton der Konsistenzen KP, KR oder KF darf nur in Mischfahrzeugen oder in Fahrzeugen mit Rührwerk zur Verwendungsstelle befördert werden. Während des Beförderns ist dieser Beton mit Rührgeschwindigkeit (siehe Abschnitt 5.4.6) zu bewegen. Das ist nicht erforderlich, wenn der Beton im Mischfahrzeug befördert und unmittelbar vor dem Entladen nochmals so durchgemischt wird, daß er auf der Baustelle gleichmäßig durchmischt übergeben wird.

(3) Mischfahrzeuge und Fahrzeuge mit Rührwerk sollen spätestens 90 Minuten, Fahrzeuge ohne Rührwerk für die Beförderung von Beton der Konsistenz KS spätestens 45 Minuten nach Wasserzugabe vollständig entladen sein. Ist beschleunigtes Ansteifen des Betons (z.B. durch Witterungseinflüsse) zu erwarten, so sind die Zeitabstände bis zum Entladen entsprechend zu kürzen. Bei Beton mit Verzögerern dürfen die angegebenen Zeiten angemessen überschritten werden.

(4) Bei der Übergabe des Betons muß die vereinbarte Konsistenz vorhanden sein.

10 Fördern, Verarbeiten und Nachbehandeln des Betons

10.1 Fördern des Betons auf der Baustelle

(1) Die Art des Förderns (z.B. in Transportgefäßen, mit Transportbändern, Pumpen, Druckluft) und die Zusammensetzung des Betons sind so aufeinander abzustimmen, daß ein Entmischen verhindert wird.

(2) Auch beim Abstürzen in Stützen- und Wandschalungen darf sich der Beton nicht entmischen. Er ist z.B. durch Fallrohre zusammenzuhalten, die erst kurz über der Verarbeitungsstelle enden.

(3) Für das Fördern des Betons durch Pumpen ist die Verwendung von Leichtmetallrohren nicht zulässig.

(4) Förderleitungen für Pumpbeton sind so zu verlegen, daß der Betonstrom innerhalb der Rohre nicht abreißt. Beim Fördern mit Transportbändern sind Abstreifer und Vorrichtungen zum Zusammenhalten des Betons an der Abwurfstelle anzurufen.

(5) Beim Einbringen des Betons ist darauf zu achten, daß Bewehrung, Einbauteile, Schalungsflächen usw. eines späteren Betonierabschnittes nicht durch Beton verkrustet werden.

10.2 Verarbeiten des Betons

10.2.1 Zeitpunkt des Verarbeitens

Beton ist möglichst bald nach dem Mischen, Transportbeton möglichst sofort nach der Anlieferung zu verarbeiten, in beiden Fällen aber, ehe er ansteift oder seine Zusammensetzung ändert.

10.2.2 Verdichten

(1) Die Bewehrungsstäbe sind dicht mit Beton zu umhüllen. Der Beton muß möglichst vollständig verdichtet werden²²⁾, z.B. durch Rütteln, Stochern, Stampfen, Klopfen an der Schalung usw., und zwar besonders sorgfältig in den Ecken und längs der Schalung. Unter Umständen empfiehlt sich ein Nachverdichten des Betons (z.B. bei hoher Steiggeschwindigkeit beim Einbringen).

(2) Beton der Konsistenzen KS, KP oder KR (siehe Abschnitt 6.5.3) ist in der Regel durch Rütteln zu verdichten. Dabei sind DIN 4235 Teil 1 bis Teil 5 zu beachten. Oberflächenrüttler sind so langsam fortzubewegen, daß der Beton unter ihnen weich wird und die Betonoberfläche hinter ihnen geschlossen ist. Unter kräftig wirkenden Oberflächenrüttlern soll die Schicht nach dem Verdichten höchstens 20 cm dick sein. Bei Schalungsrüttlern ist die beschränkte Einwirkungstiefe zu beachten, die auch von der Ausbildung der Schalung abhängt.

(3) Beton der Konsistenz KR und – soweit erforderlich – der Konsistenz KF kann auch durch Stochern verdichtet werden. Dabei ist der Beton so durchzuarbeiten, daß die in ihm enthaltenen Luftblasen möglichst entweichen und der Beton ein gleichmäßig dichtes Gefüge erhält.

(4) Beton der Konsistenz KS kann durch Stampfen verdichtet werden. Dabei soll die fertiggestampfte Schicht nicht dicker als 15 cm sein. Die Schichten müssen durch Hand- oder besser Maschinenstampfer so lange verdichtet werden, bis der Beton weich wird und eine geschlossene Oberfläche erhält. Die einzelnen Schichten sollen dabei möglichst rechtwinklig zu der im Bauwerk auftretenden Druckrichtung verlaufen und in Druckrichtung gestampft werden. Wo dies nicht möglich ist, muß die Konsistenz mindestens KP entsprechen, damit gleichlaufend zur Druckrichtung keine Stampffugen entstehen.

(5) Wird keine Arbeitsfuge vorgesehen, so darf beim Einbau in Lagen das Betonieren nur so lange unterbrochen werden, bis die zuletzt eingebrachte Betonschicht noch nicht erstarrt ist, so daß noch eine gute und gleichmäßige Verbindung zwischen beiden Betonschichten möglich ist. Bei Verwendung von Innenrüttlern muß die Rüttelflasche noch in die untere, bereits verdichtete Schicht eindringen (siehe DIN 4235 Teil 2).

(6) Beim Verdichten von Fließbeton ist die „Richtlinie für Beton mit Fließmittel und für Fließbeton; Herstellung, Verarbeitung und Prüfung“ zu beachten.

10.2.3 Arbeitsfugen

(1) Die einzelnen Betonierabschnitte sind vor Beginn des Betonierens festzulegen. Arbeitsfugen sind so auszubilden, daß alle auftretenden Beanspruchungen aufgenommen werden können.

(2) In den Arbeitsfugen muß für einen ausreichend festen und dichten Zusammenschluß der Betonschichten gesorgt werden. Verunreinigungen, Zementschlamm und nicht einwandfreier Beton sind vor dem Weiterbetonieren zu entfernen. Trockener älterer Beton ist vor dem Anbetonieren mehrere Tage feucht zu halten, um das Schwindgefälle zwischen jungem und altem Beton gering zu halten und um weitgehend zu verhindern, daß dem jungen Beton Wasser entzogen wird. Zum Zeitpunkt des Anbetonierens muß die Oberfläche des älteren Betons jedoch etwas abgetrocknet sein, damit sich der Zementleim des neu eingebrachten Betons mit dem älteren Beton gut verbinden kann.

(3) Das Temperaturgefälle zwischen altem und neuem Beton kann dadurch gering gehalten werden, daß der alte Beton warm gehalten oder der neue gekühlt eingebracht wird.

(4) Bei Bauwerken aus wasserundurchlässigem Beton sind auch die Arbeitsfugen wasserundurchlässig auszubilden.

(5) Sinngemäß gelten die Bestimmungen dieses Abschnitts auch für ungewollte Arbeitsfugen, die z.B. durch Witterungseinflüsse oder Maschinenausfall entstehen.

²²⁾ Solcher Beton kann noch einzelne sichtbare Luftporen enthalten.

10.3 Nachbehandeln des Betons

(1) Beton ist bis zum genügenden Erhärten seiner oberflächennahen Schichten gegen schädigende Einflüsse zu schützen, z.B. gegen starkes Abkühlen oder Erwärmern, Austrocknen (auch durch Wind), starken Regen, strömendes Wasser, chemische Angriffe, ferner gegen Schwingungen und Erschütterungen, sofern diese das Betongefüge lockern und die Verbundwirkung zwischen Bewehrung und Beton gefährden können. Dies gilt auch für Vergußmörtel und Beton der Verbindungsstellen von Fertigteilen.

(2) Um den frisch eingebrachten Beton gegen vorzeitiges Austrocknen zu schützen und eine ausreichende Erhärtung der oberflächennahen Bereiche unter Baustellenbedingungen sicherzustellen, ist er ausreichend lange feucht zu halten. Dabei sind die Einflüsse, welchen der Beton im Laufe der Nutzung des Bauwerks ausgesetzt ist, zu berücksichtigen. Die erforderliche Dauer richtet sich in erster Linie nach der Festigkeitsentwicklung des Betons und den Umgebungsbedingungen während der Erhärtung. Die „Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton“ ist zu beachten.

(3) Das Erhärten des Betons kann durch eine betontechnologisch richtige Wärmebehandlung beschleunigt werden. Auch Teile, die wärmebehandelt wurden, sollen feucht gehalten werden, da die Erhärtung im allgemeinen am Ende der Wärmebehandlung noch nicht abgeschlossen ist und der Beton bei der Abkühlung sehr stark austrocknet (vergleiche „Richtlinie über Wärmebehandlung von Beton und Dampfmischen“).

10.4 Betonieren unter Wasser

(1) Unter Wasser geschütteter Beton kommt in der Regel nur für unbewehrte Bauteile in Betracht und nur für das Einbringen mit ortsfesten Trichtern.

(2) Unterwasserbeton muß Abschnitt 6.5.7.8 entsprechen. Er ist ohne Unterbrechung zügig einzubringen. In der Baugrube muß das Wasser ruhig, also ohne Strömung, stehen. Die Wasserstände innerhalb und außerhalb der Baugrube sollen sich ausgleichen können.

(3) Bei Wassertiefen bis 1m darf der Beton durch vorsichtiges Vortreiben mit natürlicher Böschung eingebracht werden. Der Beton darf sich hierbei nicht entmischen und muß beim Vortreiben über dem Wasserspiegel aufgeschüttet werden.

(4) Bei Wassertiefen über 1m ist der Beton so einzubringen, daß er nicht frei durch das Wasser fällt, der Zement nicht ausgewaschen wird und sich möglichst keine Trennschichten aus Zementschlamm bilden.

(5) Für untergeordnete Bauteile darf der Beton mit Klappkästen oder fahrbaren Trichtern auf der Gründungssohle oder auf der Oberfläche der einzelnen Betonschichten lagenweise geschüttet werden.

(6) Mit ortsfesten Trichtern oder solchen geschlossenen Behältern, die vor dem Entleeren ausreichend tief in den noch nicht erstarren Beton eintauchen, dürfen Bauteile aller Art in gut gedichteter Schalung hergestellt werden.

(7) Die Trichter müssen in den eingebrachten Beton ständig ausreichend eintauchen, so daß der aus dem Trichter nachdringende Beton den zuvor eingebrachten seitlich und aufwärts verdrängt, ohne daß er mit dem Wasser in Berührung kommt. Die Abstände der ortsfesten Trichter sind so zu wählen, daß die seitlichen Fließwege des Betons möglichst kurz sind.

(8) Beim Betonieren wird der Trichter vorsichtig hochgezogen; auch dabei muß das Trichterrohr ständig ausreichend tief im Beton stecken. Werden mehrere Trichter angeordnet, so sind sie gleichzeitig und gleichmäßig mit Beton zu beschicken.

(9) Der Beton ist beim Einbringen in die Trichter oder anderen Behälter durch Tauchrüttler zu verdichten (entlüften).

(10) Unterwasserbeton darf auch dadurch hergestellt werden, daß ein schwer entmischaubarer Mörtel von unten her in eine Zuschlagschüttung mit geeignetem Kornaufbau (z.B. ohne Fein- und Mittelkorn) eingepreßt wird. Die Mörteloberfläche soll dabei gleichmäßig hoch steigen.

11 Betonieren bei kühler Witterung und bei Frost

11.1 Erforderliche Temperatur des frischen Betons

(1) Bei kühler Witterung und bei Frost ist der Beton wegen der Erhärtungsverzögerung und der Möglichkeit der bleibenden Beeinträchtigung der Betoneigenschaften mit einer bestimmten Mindesttemperatur einzubringen. Dies gilt auch für Transportbeton. Der eingebrachte Beton ist eine gewisse Zeit gegen Wärmeverluste, Durchfrieren und Austrocknen zu schützen.

(2) Bei Lufttemperaturen zwischen +5 und -3 °C darf die Temperatur des Betons beim Einbringen +5 °C nicht unterschreiten. Sie darf +10 °C nicht unterschreiten, wenn der Zementgehalt im Beton kleiner ist als 240 kg/m³ oder wenn Zemente mit niedriger Hydratationswärme verwendet werden.

(3) Bei Lufttemperaturen unter -3 °C muß die Betontemperatur beim Einbringen mindestens +10 °C betragen. Sie soll anschließend wenigstens 3 Tage auf mindestens +10 °C gehalten werden. Andernfalls ist der Beton so lange zu schützen, bis eine ausreichende Festigkeit erreicht ist.

(4) Die Frischbetontemperatur darf im allgemeinen +30 °C nicht überschreiten (siehe Abschnitt 9.4.1).

(5) Bei Anwendung des Betonmischens mit Dampzfzuführung darf die Frischbetontemperatur +30 °C überschreiten (siehe „Richtlinie über Wärmebehandlung von Beton und Dampfmischen“).

(6) Junger Beton mit einem Zementgehalt von mindestens 270 kg/m³ und einem *w/z*-Wert von höchstens 0,60, der vor starkem Feuchtigkeitszutritt (z.B. Niederschlägen) geschützt wird, darf in der Regel erst dann durchfrieren, wenn seine Temperatur bei Verwendung von rasch erhärtendem Zement (Z 35 F, Z 45 L, Z 45 F und Z 55) vorher wenigstens 3 Tage +10 °C nicht unterschritten oder wenn er bereits eine Druckfestigkeit von 5,0 N/mm² erreicht hat (wegen der Erhärtungsprüfung siehe Abschnitt 7.4.4).

11.2 Schutzmaßnahmen

(1) Die im Einzelfall erforderlichen Schutzmaßnahmen hängen in erster Linie von den Witterungsbedingungen, den Ausgangsstoffen und der Zusammensetzung des Betons sowie von der Art und den Maßen der Bauteile und der Schalung ab.

(2) An gefrorene Betonteile darf nicht anbetoniert werden. Durch Frost geschädigter Beton ist vor dem Weiterbetonieren zu entfernen. Betonzuschlag darf nicht in gefrorenem Zustand verwendet werden.

(3) Wenn nötig, sind das Wasser und – soweit erforderlich – auch der Betonzuschlag vorzuwärmen. Hierbei ist die Frischbetontemperatur nach Abschnitt 11.1 zu beachten. Wasser mit einer Temperatur von mehr als +70 °C ist zuerst mit dem Betonzuschlag zu mischen, bevor Zement zugegeben wird. Vor allem bei feingliedrigen Bauteilen empfiehlt es sich, den Zementgehalt zu erhöhen oder Zement höherer Festigkeitsklasse zu verwenden oder beides zu tun.

(4) Die Wärmeverluste des eingebrachten Betons sind möglichst gering zu halten, z.B. durch wärmedämmendes Abdecken der luftberührten frischen Betonflächen, Verwendung wärmedämmender Schalungen, späteres Ausschalen, Umschließen des Arbeitsplatzes, Zuführung von Wärme. Dabei darf dem Beton das zum Erhärten notwendige Wasser nicht entzogen werden.

(5) Die erforderlichen Maßnahmen sind so rechtzeitig vorzubereiten, daß sie bei Bedarf sofort angewendet werden können.

12 Schalungen, Schalungsgerüste, Ausschalen und Hilfsstützen

12.1 Bemessung der Schalung

(1) Die Schalung und die sie stützende Konstruktion aus Schalungsträgern, Kanthölzern, Ankern usw. sind so zu bemessen, daß sie alle lotrechten und waagerechten Kräfte sicher aufnehmen können, wobei auch der Einfluß der Schüttgeschwindigkeit und die Art der Verdichtung des Betons zu berücksichtigen sind. Für Stützen und Wände, die höher als 3 m sind, ist die Schüttgeschwindigkeit auf die Tragfähigkeit der Schalung abzustimmen.

(2) Für die Bemessung ist neben der Tragfähigkeit oft die Durchbiegung maßgebend. Ausziehbare Schalungsträger und -stützen müssen ein Prüfzeichen besitzen. Sie dürfen nur nach den Regeln eingebaut und belastet werden, die im Bescheid zum Prüfzeichen enthalten sind.

12.2 Bauliche Durchbildung

(1) Die Schalung soll so dicht sein, daß der Feinmörtel des Betons beim Einbringen und Verdichten nicht aus den Fugen fließt. Holzschalung soll nicht zu lange ungeschützt Sonne und Wind ausgesetzt werden. Sie ist rechtzeitig vor dem Betonieren ausgiebig zu nassen.

(2) Die Schalung und die Formen – besonders für Stahlbetonfertigteile – müssen möglichst maßgenau hergestellt werden. Sie sind – vor allem für das Verdichten mit Rüttelgeräten oder auf Rütteltischen – kräftig und gut versteift auszubilden und gegen Verformungen während des Betonierens und Verdichtens zu sichern.

(3) Die Schalungen sind vor dem Betonieren zu säubern. Reinigungsöffnungen sind vor allem am Fuß von Stützen und Wänden, am Ansatz von Auskragungen und an der Unterseite von tiefen Balkenschalungen anzuordnen.

(4) Ungeeignete Trennmittel können die Betonoberfläche verunreinigen, ihre Festigkeit herabsetzen und die Haftung von Putz und anderen Beschichtungen vermindern.

12.3 Ausrüsten und Ausschalen

12.3.1 Ausschalfristen

(1) Ein Bauteil darf erst dann ausgerüstet oder ausgeschalt werden, wenn der Beton ausreichend erhärtet ist (siehe Abschnitt 7.4.4), bei Frost nicht etwa nur hartgefroren ist und wenn der Bauleiter des Unternehmens das Ausrüsten und Ausschalen angeordnet hat. Der Bauleiter darf das Ausrüsten oder Ausschalen nur anordnen, wenn er sich von der ausreichenden Festigkeit des Betons überzeugt hat.

(2) Als ausreichend erhärtet gilt der Beton, wenn das Bauteil eine solche Festigkeit erreicht hat, daß es alle zur Zeit des Ausrüstens oder Ausschalens angreifenden Lasten mit der in dieser Norm vorgeschriebenen Sicherheit (siehe Abschnitt 17.2.2) aufnehmen kann.

(3) Besondere Vorsicht ist geboten bei Bauteilen, die schon nach dem Ausrüsten nahezu die volle rechnungsmäßige Belastung tragen (z. B. bei Dächern oder bei Geschoßdecken, die durch noch nicht erhärtete obere Decken belastet sind).

(4) Das gleiche gilt für Beton, der nach dem Einbringen niedrigen Temperaturen ausgesetzt war.

(5) War die Temperatur des Betons seit seinem Einbringen stets mindestens +5 °C, so können für das Ausschalen und Ausrüsten im allgemeinen die Fristen der Tabelle 8 als Anhaltswerte angesehen werden. Andere Fristen können notwendig oder angemessen sein, wenn die nach Abschnitt 7.4.4 ermittelte Festigkeit des Betons noch gering ist. Die Fristen der Tabelle 8, Spalten 3 oder 4, gelten – bezogen

auf das Einbringen des Ortbetons – als Anhaltswerte auch für Montagestützen unter Stahlbetonfertigteilen, wenn diese Fertigteile durch Ortbeton ergänzt werden und die Tragfähigkeit der so zusammengesetzten Bauteile von der Festigkeitsentwicklung des Ortbetons abhängig ist (siehe z. B. Abschnitte 19.4 und 19.7.6).

(6) Die Ausschalfristen sind gegenüber der Tabelle 8 zu vergrößern, unter Umständen zu verdoppeln, wenn die Betontemperatur in der Erhärtungszeit überwiegend unter +5 °C lag. Tritt während des Erhärtens Frost ein, so sind die Ausschall- und Ausrüstfristen für ungeschützten Beton mindestens um die Dauer des Frostes zu verlängern (siehe Abschnitt 11).

Tabelle 8. Ausschalfristen (Anhaltswerte)

	1 Festigkeits- klasse des Zements	2 Für die seitliche Schalung der Balken und für die Schalung der Wände und Stützen Tage	3 Für die Schalung der Decken- platten Tage	4 Für die Rüstung (Stützung) der Balken, Rahmen und weit- gespannten Platten Tage
1	Z 25	4	10	28
2	Z 35 L	3	8	20
3	Z 35 F Z 45 L	2	5	10
4	Z 45 F Z 55	1	3	6

(7) Für eine Verlängerung der Fristen kann außerdem das Bestreben bestimmt sein, die Bildung von Rissen – vor allem bei Bauteilen mit sehr verschiedener Querschnittsdicke oder Temperatur – zu vermindern oder zu vermeiden oder die Kriechverformungen zu vermindern, z. B. auch infolge verzögerter Festigkeitsentwicklung.

(8) Bei Verwendung von Gleit- oder Kletterschalungen kann in der Regel von kürzeren Fristen als in der Tabelle 8 angegeben ausgegangen werden.

(9) Stützen, Pfeiler und Wände sollen vor den von ihnen gestützten Balken und Platten ausgeschalt werden. Rüstungen, Schalungsstützen und frei tragende Deckenschalungen (Schalungsträger) sind vorsichtig durch Lösen der Ausrüstvorrichtungen abzusenken. Es ist unzulässig, diese ruckartig wegzuschlagen oder abzuzwingen. Erschütterungen sind zu vermeiden.

12.3.2 Hilfsstützen

(1) Um die Durchbiegungen infolge von Kriechen und Schwinden klein zu halten, sollen Hilfsstützen stehenbleiben oder sofort nach dem Ausschalen gestellt werden. Das gilt auch für die in Abschnitt 12.3.1 (5) genannten Bauteile aus Fertigteilen und Ortbeton.

(2) Hilfsstützen sollen möglichst lange stehen bleiben, besonders bei Bauteilen, die schon nach dem Ausschalen einen großen Teil ihrer rechnungsmäßigen Last erhalten oder die frühzeitig ausgeschalt werden. Die Hilfsstützen sollen in den einzelnen Stockwerken übereinander angeordnet werden.

(3) Bei Platten und Balken mit Stützweiten bis etwa 8 m genügen Hilfsstützen in der Mitte der Stützweite. Bei größeren Stützweiten sind mehr Hilfsstützen zu stellen. Bei

Platten mit weniger als 3 m Stützweite sind Hilfsstützen in der Regel entbehrlich.

12.3.3 Belastung frisch ausgeschalter Bauteile

Läßt sich eine Benutzung von Bauteilen, namentlich von Decken, in den ersten Tagen nach dem Herstellen oder Ausschalen nicht vermeiden, so ist besondere Vorsicht geboten. Keineswegs dürfen auf frisch hergestellten Decken Steine, Balken, Bretter, Träger usw. abgeworfen oder abgekippt oder in unzulässiger Menge gestapelt werden.

13 Einbau der Bewehrung und Betondeckung

13.1 Einbau der Bewehrung

(1) Vor der Verwendung ist der Stahl von Bestandteilen, die den Verbund beeinträchtigen können, wie z. B. Schmutz, Fett, Eis und losem Rost, zu befreien. Besondere Sorgfalt ist darauf zu verwenden, daß die Stahleinlagen die den Bewehrungszeichnungen (siehe Abschnitt 3.2) entsprechende Form (auch Krümmungsdurchmesser), Länge und Lage (siehe Abschnitt 18) erhalten. Bei Verwendung von Innenrüttlern für das Verdichten des Betons ist die Bewehrung so anzuordnen, daß die Innenrüttler an allen erforderlichen Stellen eingeführt werden können (Rüttellücken).

(2) Die Zug- und die Druckbewehrung (Hauptbewehrung) sind mit den Quer- und Verteilerstäben oder Bügeln durch Bindedraht zu verbinden. Diese Verbindungen dürfen bei vorwiegend ruhender Belastung durch Schweißung ersetzt werden, soweit dies nach Tabelle 6 und DIN 4099 zulässig ist.

(3) Die Stahleinlagen sind zu einem steifen Gerippe zu verbinden und durch Abstandhalter, deren Dicke dem Nennmaß der Betondeckung nach Abschnitt 13.2.1 (3) entspricht und die den Korrosionsschutz nicht beeinträchtigen, in ihrer

vorgesehenen Lage so festzulegen, daß sie sich beim Einbringen und Verdichten des Betons nicht verschieben.

(4) Die obere Bewehrung ist gegen Herunterdrücken zu sichern.

(5) Bei Fertigteilen muß die Bewehrung wegen der oft geringen Auflagertiefen besonders genau abgelängt und vor allem an den Auflager- und Gelenkpunkten besonders sorgfältig eingebaut werden.

(6) Wird ein Bauteil mit Stahleinlagen auf der Unterseite unmittelbar auf dem Baugrund hergestellt (z. B. Fundamentplatte), so ist dieser vorher mit einer mindestens 5 cm dicken Betonschicht oder mit einer gleichwertigen Schicht abzudecken (Sauberkeitsschicht).

(7) Für die Verwendung von verzinkten Bewehrungen gilt Abschnitt 1.2. Verzinkte Stahlteile dürfen mit der Bewehrung in Verbindung stehen, wenn die Umgebungstemperatur an der Kontaktstelle +40 °C nicht übersteigt.

Bild 5. ist entfallen.

13.2 Betondeckung

13.2.1 Allgemeine Bestimmungen

(1) Die Bewehrungsstäbe müssen zur Sicherung des Verbundes, des Korrosionsschutzes und zum Schutz gegen Brandeinwirkung ausreichend dick und dicht mit Beton ummantelt sein.

(2) Die Betondeckung jedes Bewehrungsstabes, auch der Bügel, darf nach allen Seiten die Mindestmaße min c der Tabelle 10, Spalte 3, nicht unterschreiten, falls nicht nach Abschnitt 13.2.2 größere Maße oder andere Maßnahmen (siehe Abschnitt 13.3) erforderlich sind.

(Tabelle 9 ist entfallen)

Tabelle 10. Maße der Betondeckung in cm, bezogen auf die Umweltbedingungen (Korrosionsschutz und die Sicherung des Verbundes)

	1 Umweltbedingungen	1	2	3	4
		Stabdurchmesser d_s mm	Mindestmaße für $\geq B 25$ min c cm	Nennmaße für $\geq B 25$ nom c cm	
1	Bauteile in geschlossenen Räumen, z. B. in Wohnungen (einschließlich Küche, Bad und Waschküche), Büroräumen, Schulen, Krankenhäusern, Verkaufsstätten – soweit nicht im folgenden etwas anderes gesagt ist. Bauteile, die ständig trocken sind.	bis 12 14, 16 20 25 28	1,0 1,5 2,0 2,5 3,0	2,0 2,5 3,0 3,5 4,0	
2	Bauteile, zu denen die Außenluft häufig oder ständig Zugang hat, z. B. offene Hallen und Garagen. Bauteile, die ständig unter Wasser oder im Boden verbleiben, soweit nicht Zeile 3 oder Zeile 4 oder andere Gründe maßgebend sind. Dächer mit einer wasserdichten Dachhaut für die Seite, auf der die Dachhaut liegt.	bis 20 25 28	2,0 2,5 3,0	3,0 3,5 4,0	
3	Bauteile im Freien. Bauteile in geschlossenen Räumen mit oft auftretender, sehr hoher Luftfeuchte bei üblicher Raumtemperatur, z. B. in gewerblichen Küchen, Bädern, Wäschereien, in Feuchträumen von Hallenbädern und in Viehställen. Bauteile, die wechselnder Durchfeuchtung ausgesetzt sind, z. B. durch häufige starke Tauwasserbildung oder in der Wasserwechselzone. Bauteile, die „schwachem“ chemischem Angriff nach DIN 4030 ausgesetzt sind.	bis 25 28	2,5 3,0	3,5 4,0	
4	Bauteile, die besonders korrosionsfördernden Einflüssen auf Stahl oder Beton ausgesetzt sind, z. B. durch häufige Einwirkung angreifender Gase oder Tausalze (Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich) oder durch „starken“ chemischen Angriff nach DIN 4030 (siehe auch Abschnitt 13.3).	bis 28	4,0	5,0	

(3) Zur Sicherstellung der Mindestmaße sind dem Entwurf und der Ausführung die Nennmaße nom c der Tabelle 10, Spalte 4, zugrunde zu legen. Die Nennmaße entsprechen den Verlegermaßen der Bewehrung. Sie setzen sich aus den Mindestmaßen min c und einem Vorhaltemaß zusammen, das in der Regel 1,0 cm beträgt.

(4) Werden bei der Verlegung besondere Maßnahmen (siehe z. B. „Merkblatt Betondeckung“) getroffen, dürfen die in Tabelle 10, Spalte 4, angegebenen Nennmaße um 0,5 cm verringert werden. Absatz (2) ist dabei zu beachten.

(5) Bei Beton der Festigkeitsklasse B 35 und höher dürfen die Mindest- und Nennmaße um 0,5 cm verringert werden. Zur Sicherung des Verbundes dürfen die Mindestmaße jedoch nicht kleiner angesetzt werden als der Durchmesser der eingelegten Bewehrung oder als 1,0 cm. Bei Anwendung besonderer Maßnahmen nach Absatz (4) muß das Vorhaltemaß für die Umweltbedingungen nach Tabelle 10, Zeilen 2 bis 4, mindestens 0,5 cm betragen. Weitere Regelungen für besondere Anwendungsgebiete, z. B. werkmäßig hergestellte Betonmaste, Beton für Entwässerungsgegenstände, sind in Normen (siehe DIN 4035, DIN 4228 (z. Z. Entwurf), DIN 4281) festgelegt oder können aus den Angaben im DAfStb-Heft 400 abgeleitet werden.

(6) Das Nennmaß der Betondeckung ist auf den Bewehrungszeichnungen anzugeben (siehe Abschnitt 3.2.1) und den Standsicherheitsnachweisen zugrunde zu legen.

(7) Für Bauteile mit Umweltbedingungen nach Tabelle 10, Zeile 1, ist auch Beton der Festigkeitsklasse B 15 zulässig. Hierfür sind bei Stabdurchmessern $d_s \leq 12 \text{ mm}$ min $c = 1,5 \text{ cm}$ und nom $c = 2,5 \text{ cm}$ anzusetzen. Für größere Durchmesser gelten die entsprechenden Werte nach Tabelle 10, Zeile 1.

(8) An solchen Flächen von Stahlbetonfertigteilen, an die Ortbeton mindestens der Festigkeitsklasse B 25 in einer Dicke von mindestens 1,5 cm unmittelbar anbetoniert und nach Abschnitt 10.2.2 verdichtet wird, darf im Fertigteil und im Ortbeton das Mindestmaß der Betondeckung der Bewehrung gegenüber den obengenannten Flächen auf die Hälfte des Wertes nach Tabelle 10, höchstens jedoch auf 1,0 cm, bei Fertigteilplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht nach Abschnitt 19.7.6 auf 0,5 cm vermindert werden. Absatz (4) gilt hierbei nicht.

(9) Schichten aus natürlichen oder künstlichen Steinen, Holz oder Beton mit haufwerkporigem Gefüge dürfen nicht auf die Betondeckung angerechnet werden.

13.2.2 Vergrößerung der Betondeckung

(1) Die in Abschnitt 13.2.1 genannten Mindest- und Nennmaße der Betondeckung sind bei Beton mit einem Größtkorn des Betonzuschlags von mehr als 32 mm um 0,5 cm zu vergrößern; sie sind auch um mindestens 0,5 cm zu vergrößern, wenn die Gefahr besteht, daß der noch nicht hinreichend erhärtete Beton durch mechanische Einwirkungen beschädigt wird.

(2) Eine Vergrößerung kann auch aus anderen Gründen, z. B. des Brandschutzes nach DIN 4102 Teil 4, notwendig sein.

(3) Bei besonders dicken Bauteilen, bei Betonflächen aus Waschbeton oder bei Flächen, die z. B. gesandstrahlt, steinmetzmäßig bearbeitet oder durch Verschleiß stark abgenutzt werden, ist die Betondeckung darüber hinaus angemessen zu vergrößern. Dabei ist die Tiefenwirkung der Bearbeitung und die durch sie verursachte Gefügestörung zu berücksichtigen.

13.3 Andere Schutzmaßnahmen

(1) Bei Umweltbedingungen der Tabelle 10, Zeilen 3 und 4, können andere Schutzmaßnahmen in Betracht kommen, wie außenliegende Schutzschichten (nach Normen der Reihe DIN 18 195) oder dauerhafte Bekleidungen mit dichten Schichten. Dabei sind aber mindestens die Angaben der Tabelle 10, Zeile 2, einzuhalten, wenn nicht aus Brandschutzgründen größere Betondeckungen erforderlich sind.

(2) Die Schutzmaßnahmen sind auf die Art des Angriffs abzustimmen. Bauteile aus Stahlbeton, an die lösliche, die Korrosion fördernde Stoffe anschließen (z. B. chloridhaltige Magnesiaestriche), müssen stets durch Sperrsichten von diesen getrennt werden.

14 Bauteile und Bauwerke mit besonderen Beanspruchungen

14.1 Allgemeine Anforderungen

Für Bauteile, an deren Wasserundurchlässigkeit, Frostbeständigkeit oder Widerstand gegen chemische Angriffe, mechanische Angriffe oder langandauernde Hitze besondere Anforderungen gestellt werden, ist Beton mit den in Abschnitt 6.5.7 angegebenen besonderen Eigenschaften zu verwenden.

14.2 Bauteile in betonschädlichen Wässern und Böden nach DIN 4030

(1) Der Beton muß den Bestimmungen des Abschnitts 6.5.7.5 entsprechen.

(2) Betonschädliches Wasser soll von jungem Beton möglichst ferngehalten werden. Die Betonkörper sind möglichst in einem ununterbrochenen Arbeitsgang herzustellen und besonders sorgfältig nachzubehandeln. Scharfe Kanten sollen möglichst vermieden werden. Arbeitsfugen müssen wasserundurchlässig sein; im Bereich wechselnden Wasserstandes sind sie möglichst zu vermeiden. Bei Wasser, das den Beton chemisch „sehr stark“ angreift (Angriffsgrade siehe DIN 4030), ist der Beton dauernd gegen diese Angriffe zu schützen, z. B. durch Sperrsichten nach den Normen der Reihe DIN 18 195 (siehe auch Abschnitt 13.3).

14.3 Bauteile unter mechanischen Angriffen

Sind Bauteile starkem mechanischen Angriff ausgesetzt, z. B. durch starken Verkehr, rutschendes Schüttgut, Eis, Sandabrieb oder stark strömendes und Feststoffe führendes Wasser, so sind die beanspruchten Oberflächen durch einen besonders widerstandsfähigen Beton (siehe Abschnitt 6.5.7.6) oder einen Belag oder Estrich gegen Abnutzung zu schützen.

14.4 Bauwerke mit großen Längenänderungen

14.4.1 Längenänderungen infolge von Wärmewirkungen und Schwinden

(1) Bei längeren Bauwerken oder Bauteilen, bei denen durch Wärmewirkungen und Schwinden Zwänge entstehen können, sind zur Beschränkung der Rißbildung geeignete konstruktive Maßnahmen zu treffen, z. B. Bewegungsfugen, entsprechende Bewehrung und zwangsfreie Lagerung.

(2) Bei Stahlbetondächern und ähnlichen durch Wärmewirkungen beanspruchten Bauteilen empfiehlt es sich, die hier besonders großen temperaturbedingten Längenänderungen zu verkleinern, z. B. durch Anordnung einer ausreichenden Wärmedämmsschicht auf der Oberseite der Dachplatte (siehe DIN 4108 Teil 2) oder durch Verwendung von Beton mit kleinerer Wärmedehnzahl oder durch beides. Die Wirkung der verbleibenden Längenänderungen auf die unterstützenden Teile kann durch bauliche Maßnahmen abgemindert werden, z. B. durch möglichst kleinen Abstand der Bewegungsfugen, durch Gleitlager oder Pendelstützen. Liegt ein Stahlbetondach auf gemauerten Wänden oder auf unbewehrten Betonwänden, so sollen unter seinen Auflagern Gleitschichten und zur Aufnahme der verbleibenden Reibungskräfte Stahlbeton-Ringanker am oberen Ende der Wände angeordnet werden, um Risse in den Wänden möglichst zu vermeiden.

14.4.2 Längenänderungen infolge von Brandeinwirkung

Bei Bauwerken mit erhöhter Brandgefahr und größerer Längen- oder Breitenausdehnung ist bei Bränden mit großen

Längenänderungen der Stahlbetonbauteile zu rechnen; daher soll der Abstand a der Dehnfugen möglichst nicht größer sein als 30m, sofern nicht nach Abschnitt 14.4.1 kürzere Abstände erforderlich sind. Die wirksame lichte Fugenweite soll mindestens $a/1200$ sein. Bei Gebäuden, in denen bei einem Brand mit besonders hohen Temperaturen oder besonders langer Branddauer zu rechnen ist, soll diese Fugenweite bis auf das doppelte vergrößert werden.

14.4.3 Ausbildung von Dehnfugen

- (1) Die Dehnfugen müssen durch das ganze Bauwerk einschließlich der Bekleidung und des Daches gehen. Die Fugen sind so abzudecken, daß das Feuer durch die Fugen nicht unmittelbar oder durch zu große Durchwärmung (siehe DIN 4102 Teil 2 und Teil 4) übertragen werden kann, die Ausdehnung der Bauteile jedoch nicht behindert wird. Die Wirkung der Fugen darf auch nicht durch spätere Einbauten, z.B. Wandverkleidungen, maschinelle Einrichtungen, Rohrleitungen und dergleichen aufgehoben werden.
- (2) Die Bauteile zwischen den Dehnfugen sollen sich beim Brand möglichst gleichmäßig von der Mitte zwischen den Fugen nach beiden Seiten ausdehnen können, um beim Brand zu starke Überbeanspruchung der stützenden Bauteile zu vermeiden. Dehnfugen sollen daher möglichst so angeordnet werden, daß besonders steife Einbauten, z.B. Treppenhäuser oder Aufzugschächte, in der Mitte zwischen zwei Fugen bzw. Fuge und Gebäudeende liegen.

15 Grundlagen zur Ermittlung der Schnittgrößen

15.1 Ermittlung der Schnittgrößen

15.1.1 Allgemeines

Die Schnittgrößen sind für alle während der Errichtung und im Gebrauch auftretenden maßgebenden Lastfälle zu berechnen, wobei auch die räumliche Steifigkeit, Stabilität und gegebenenfalls ungünstige Umlagerungen der Schnittgrößen infolge von Kriechen zu berücksichtigen sind.

15.1.2 Ermittlung der Schnittgrößen infolge von Lasten

- (1) Für die Ermittlung der Schnittgrößen sind Verkehrslasten in ungünstiger Stellung vorzusehen. Wenn nötig, ist diese mit Hilfe von Einflußlinien zu ermitteln. Soweit bei Hochbauten mit gleichmäßig verteilten Verkehrslasten gerechnet werden darf, genügt jedoch im allgemeinen die Vollbelastung der einzelnen Felder in ungünstiger Anordnung (feldweise veränderliche Belastung).
- (2) Die Schnittgrößen statisch unbestimmter Tragwerke sind nach Verfahren zu berechnen, die auf der Elastizitätstheorie beruhen, wobei im allgemeinen die Querschnittswerte nach Zustand I mit oder ohne Einschluß des 10fachen Stahlquerschnitts verwendet werden dürfen.
- (3) Bei üblichen Hochbauten (siehe Abschnitt 2.2.4) dürfen für durchlaufende Platten, Balken und Plattenbalken (siehe Abschnitt 15.4.1.1) mit Stützweiten bis 12 m und gleichbleibendem Betonquerschnitt die nach den vorstehenden Angaben ermittelten Stützmomente um bis zu 15% ihrer Höchstwerte vermindert oder vergrößert werden, wenn bei der Bestimmung der zugehörigen Feldmomente die Gleichgewichtsbedingungen eingehalten werden. Auf diesen Grundlagen aufbauende Näherungsverfahren, z.B. nach DAfStb-Heft 240, sind zulässig.
- (4) Wegen der Berücksichtigung von Torsionssteifigkeiten bzw. Torsionsmomenten siehe Abschnitt 15.5.
- (5) Die Querdehnzahl ist mit $\mu = 0,2$ anzunehmen; zur Vereinfachung darf jedoch auch mit $\mu = 0$ gerechnet werden.

15.1.3 Ermittlung der Schnittgrößen infolge von Zwang

- (1) Die Einflüsse von Schwinden, Temperaturänderungen, Stützensenkungen usw. müssen berücksichtigt werden, wenn hierdurch die Summe der Schnittgrößen wesentlich in

ungünstiger Richtung verändert wird; sie dürfen berücksichtigt werden, wenn die Summe der Schnittgrößen in günstiger Richtung verändert wird. Im ersten Fall darf, im zweiten Fall muß die Verminderung der Steifigkeit durch Rißbildung (Zustand II) berücksichtigt werden (siehe z.B. DAfStb-Heft 240). Der Abbau der Zwangsschnittgrößen durch das Kriechen darf berücksichtigt werden.

- (2) Bei Bauten, die durch Fugen in genügend kurze Abschnitte unterteilt sind, darf der Einfluß von Kriechen, Schwinden und Temperaturänderungen in der Regel vernachlässigt werden (siehe auch Abschnitt 14.4.1).

15.2 Stützweiten

- (1) Ist die Stützweite nicht schon durch die Art der Lagerung (z.B. Kipp- oder Punktłager) eindeutig gegeben, so gilt als Stützweite l :

- a) Bei Annahme frei drehbarer Lagerung der Abstand der vorderen Drittelpunkte der Auflagertiefe (Schwerpunkte der dreieckförmig angenommenen Auflagerpressung) bzw. bei sehr großer Auflagertiefe die um 5% vergrößerte lichte Weite. Der kleinere Wert ist maßgebend (siehe auch Abschnitte 20.1.2 und 21.1.1)
- b) Bei Einspannung der Abstand der Auflagermitten oder die um 5% vergrößerte lichte Weite. Der kleinere Wert ist maßgebend.
- c) Bei durchlaufenden Bauteilen der Abstand zwischen den Mitten der Auflager, Stützen oder Unterzüge.

- (2) Wegen Mindestanforderungen für Auflagertiefen siehe Abschnitt 18.7.4, 18.7.5, 20.1.2 und 21.1.

15.3 Mitwirkende Plattenbreite bei Plattenbalken

Die mitwirkende Plattenbreite von Plattenbalken ist nach der Elastizitätstheorie zu ermitteln. Vereinfachende Angaben enthält DAfStb-Heft 240.

15.4 Biegemomente

15.4.1 Biegemomente in Platten und Balken

15.4.1.1 Allgemeines

Durchlaufende Platten und Balken dürfen im allgemeinen als frei drehbar gelagert berechnet werden. Platten zwischen Stahlträgern oder Stahlbetonfertigbalken dürfen nur dann als durchlaufend in Rechnung gestellt werden, wenn die Oberkante der Platte mindestens 4 cm über der Trägeroberkante liegt und die Bewehrung zur Deckung der Stützmomente über die Träger hinweggeführt wird.

15.4.1.2 Stützmomente

- (1) Die Momentenfläche darf, wenn bei der Berechnung eine frei drehbare Lagerung angenommen wurde, über den Unterstützungen nach den Bildern 6 und 7 parabelförmig ausgerundet werden.

- (2) Bei biegesteifem Anschluß von Platten und Balken an die Unterstützung bzw. bei Verstärkungen (Vouten) darf die Nutzhöhe nicht größer angenommen werden als sie sich bei einer Neigung der Verstärkung von 1:3 ergeben würde (siehe Bild 7).

- (3) Bei Platten und Balken in Hochbauten, die biegesteif mit ihrer Unterstützung verbunden sind, ist die Bemessung für die Momente am Rand der Unterstützung (siehe Bild 7) durchzuführen. Bei gleichmäßig verteilter Belastung ist dieses Moment, sofern kein genauerer Nachweis (z.B. unter Berücksichtigung der teilweisen Einspannung in die Unterstützungen) geführt wird, mindestens anzusetzen mit

$$M = q \cdot l_w^2 / 12 \text{ an der ersten Innenstütze im Endfeld} \quad (1)$$

$$M = q \cdot l_w^2 / 14 \text{ an den übrigen Innenstützen} \quad (2)$$

Bei anderer Belastung ist entsprechend zu verfahren.

- (4) Bei durchlaufenden kreuzweise gespannten Platten sind in den Gleichungen (1) und (2) die Lastanteile q_x bzw. q_y einzusetzen.

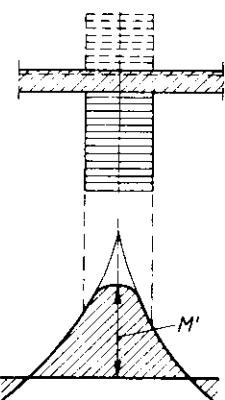


Bild 6. Momentenausrundung bei nicht biegesteifem Anschluß an die Unterstützung, z. B. bei Auflagerung auf Wänden

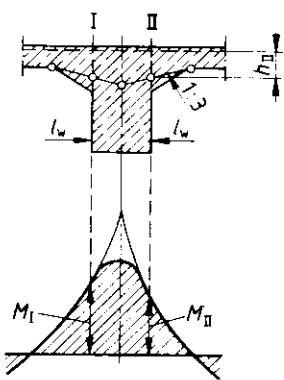


Bild 7. Momentenausrundung und Bemessungsmomente bei biegesteifem Anschluß an die Unterstützung

15.4.1.3 Positive Feldmomente

Das positive Moment darf nicht kleiner in Rechnung gestellt werden als bei Annahme voller beidseitiger Einspannung, bei Endfeldern nicht kleiner als bei voller einseitiger Einspannung an den ersten Innenstützen, sofern kein genauerer Nachweis (z. B. unter Berücksichtigung der teilweisen Einspannung in die Unterstützungen) geführt wird.

15.4.1.4 Negative Feldmomente

Die negativen Momente aus Verkehrslast braucht – wenn sie trotz biegesteif angeschlossener Unterstützungen für frei drehbare Lagerung ermittelt wurden – bei durchlaufenden Platten und Rippendecken nur mit der Hälfte, bei durchlaufenden Balken nur mit dem 0,7fachen ihres nach Abschnitt 15.1.2 berechneten Wertes berücksichtigt zu werden.

15.4.1.5 Berücksichtigung einer Randeinspannung

Bei Berechnung des Feldmomentes im Endfeld darf eine Einspannung am Endauflager nur soweit berücksichtigt werden, wie sie durch bauliche Maßnahmen gesichert und rechnerisch nachgewiesen ist (siehe z. B. Abschnitt 15.4.2). Der Torsionswiderstand von Balken darf hierbei nur dann berücksichtigt werden, wenn ihre Torsionssteifigkeit in wirklichkeitsnaher Weise erfaßt wird (siehe DAfStb-Heft 240). Andernfalls ist die Torsionssteifigkeit zu vernachlässigen und nach Abschnitt 15.5 (2) zu verfahren.

15.4.2 Biegemomente in rahmenartigen Tragwerken

(1) In Hochbauten, bei denen unter Gebrauchslast alle horizontalen Kräfte von aussteifenden Scheiben aufgenommen werden können, dürfen bei Innenstützen, die mit Stahlbeton-

balken oder -platten biegefest verbunden sind, unter lotrechter Belastung im allgemeinen die Biegemomente aus Rahmenwirkung vernachlässigt werden.

(2) Randstützen sind jedoch stets als Rahmenstiele in biegefesten Verbindung mit Platten, Balken oder Plattenbalken zu berechnen. Wenn bei den Randstützen die Rahmenwirkung nicht genauer bestimmt wird, dürfen die Eckmomente nach den in DAfStb-Heft 240 angegebenen Näherungsverfahren ermittelt werden. Dies gilt auch für Stahlbetonwände in Verbindung mit Stahlbetonplatten.

15.5 Torsion

(1) In Trägern (Balken, Plattenbalken o. ä.) ist die Aufnahme von Torsionsmomenten nur dann nachzuweisen, wenn sie für das Gleichgewicht notwendig sind.

(2) Die Torsionssteifigkeit von Trägern darf bei der Ermittlung der Schnittgrößen vernachlässigt werden. Wird sie berücksichtigt, so ist der beim Übergang von Zustand I in Zustand II infolge der Rißbildung eintretende stärkere Abfall der Torsionssteifigkeit gegenüber der Biegesteifigkeit zu berücksichtigen. Bleibt der Einfluß der Torsionssteifigkeit beim Nachweis der Schnittgrößen außer Betracht, so sind die vernachlässigten Torsionsmomente und ihre Weiterleitung in die unterstützenden Bauteile bei der Bewehrungsführung konstruktiv zu berücksichtigen.

15.6 Querkräfte

(1) Die für die Ermittlung der Schub- und Verbundspannungen maßgebenden Querkräfte dürfen in Hochbauten für Vollbelastung aller Felder bestimmt werden, wobei gegebenenfalls die Durchlaufwirkung oder Einspannung zu berücksichtigen ist. Bei ungleichen Stützweiten darf Vollbelastung nur dann zugrunde gelegt werden, wenn das Verhältnis benachbarter Stützweiten nicht kleiner als 0,7 ist.

(2) In Feldern mit größeren Querschnittsschwächungen (Aussparungen, stark wechselnde Steghöhe) ist für die Ermittlung der Querkräfte im geschwächten Bereich die ungünstigste Teilstreckenbelastung anzusetzen.

15.7 Stützkräfte

(1) Die von einachsig gespannten Platten und Rippendecken sowie von Balken und Plattenbalken auf andere Bauteile übertragenen Stützkräfte dürfen im allgemeinen ohne Berücksichtigung einer Durchlaufwirkung unter der Annahme berechnet werden, daß die Tragwerke über allen Innenstützen gestoßen und frei drehbar gelagert sind.

(2) Die Durchlaufwirkung muß bei der ersten Innenstütze stets, bei den übrigen Innenstützen dann berücksichtigt werden, wenn das Verhältnis benachbarter Stützweiten kleiner als 0,7 ist.

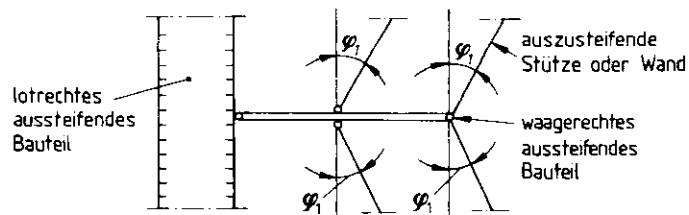
(3) Für zweiachsig gespannte Platten gilt Abschnitt 20.1.5.

15.8 Räumliche Steifigkeit und Stabilität

15.8.1 Allgemeine Grundlagen

(1) Auf die räumliche Steifigkeit der Bauwerke und ihre Stabilität ist besonders zu achten. Konstruktionen, bei denen das Versagen oder der Ausfall eines Bauteiles zum Einsturz einer Reihe weiterer Bauteile führen kann, sind nach Möglichkeit zu vermeiden (z. B. Gerberbalken mit Gelenken in aufeinanderfolgenden Feldern). Ist bei einem Bauwerk nicht von vornherein erkennbar, daß Steifigkeit und Stabilität gesichert sind, so ist ein rechnerischer Nachweis der Standsicherheit der waagerechten und lotrechten aussteifenden Bauteile erforderlich; dabei sind auch Maßabweichungen des Systems und ungewollte Ausmitten der lotrechten Lasten nach Abschnitt 15.8.2 zu berücksichtigen.

(2) Bei großer Nachgiebigkeit der aussteifenden Bauteile müssen darüber hinaus die Formänderungen bei der Ermittlung der Schnittgrößen berücksichtigt werden. Für die

Bild 8. Schiefstellung φ_1 aller auszusteifenden Stützen und Wände

lotrechten aussteifenden Bauteile ist ein Knicksicherheitsnachweis nach Abschnitt 17.4 zu führen. Dieser Nachweis darf entfallen, wenn z. B. Wandscheiben oder Treppenhaus schächte die lotrechten aussteifenden Bauteile bilden, diese annähernd symmetrisch angeordnet sind bzw. nur kleine Verdrehungen des Gebäudes um die lotrechte Achse zulassen und die Bedingung der Gleichung (3) erfüllen.

$$\alpha = h \cdot \sqrt{\frac{N}{E_b I}} \leq 0,6 \quad \text{für } n \geq 4 \quad (3)$$

$$\leq 0,2 + 0,1 \cdot n \quad \text{für } 1 \leq n \leq 4$$

In Gleichung (3) bedeuten:

h Gebäudehöhe über der Einspannebene für die lotrechten aussteifenden Bauteile

N Summe aller lotrechten Lasten des Gebäudes

$E_b I = \sum_{r=1}^k E_b I_r$ Summe der Biegesteifigkeiten $E_b I_r$ aller k lotrechten aussteifenden Bauteile (z. B. Wandscheiben, Treppenhaus schächte). Das Flächenmoment 2. Grades I_r kann unter Ansatz des vollen Betonquerschnitts jedes einzelnen lotrechten aussteifenden Bauteils r ermittelt werden. Der Elastizitätsmodul E_b des Betons darf Tabelle 11 in Abschnitt 16.2.2 entnommen werden.

Ändert sich $E_b I$ über die Gebäudehöhe h , so darf für den Nachweis nach Gleichung (3) ein mittlerer Steifigkeitswert $(E_b I)_m$ über die Kopfauslenkung der aussteifenden Bauteile ermittelt werden.

n Anzahl der Geschosse

(3) Werden Mauerwerkswände zur Aussteifung herangezogen, so gelten sie als tragende Wände nach DIN 1053 Teil 1. Sie sind für alle auf sie einwirkenden Kräfte zu bemessen.

15.8.2 Maßabweichungen des Systems und ungewöhnliche Ausmitten der lotrechten Lasten

15.8.2.1 Rechenannahmen

(1) Als Ersatz für Maßabweichungen des Systems bei der Ausführung und für unbeabsichtigte Ausmitten des Lastangriffs ist eine Lotabweichung der Schwerachsen aller Stützen und Wände in Rechnung zu stellen. Dieser Lastfall „Lotabweichung“ ist mit Vollast zu rechnen, und zwar für den Nachweis der waagerechten aussteifenden Bauteile nach Abschnitt 15.8.2.2 und für den Nachweis der lotrechten aussteifenden Bauteile nach Abschnitt 15.8.2.3.

(2) Schiefstellungen infolge größerer Setzungsunterschiede und Fundamentverdrehungen sind hiermit noch nicht erfaßt.

15.8.2.2 Waagerechte aussteifende Bauteile

(1) Bei Geschoßbauten sind die Decken als Scheiben auszubilden, sofern für die Weiterleitung der auftretenden Horizontalkräfte keine anderen Maßnahmen getroffen werden. Für die waagerechten aussteifenden Bauteile ist der Lastfall „Lotabweichung“ durch eine Schiefstellung φ_1 nach Gleichung (4) aller auszusteifenden Stützen und Wände im Geschoß unter und über dem betrachteten waagerechten

aussteifenden Bauteil in ungünstiger Richtung nach Bild 8 einzuführen.

$$\varphi_1 = \pm \frac{1}{200 \cdot \sqrt{h_1}} \quad (4)$$

Darin sind:

φ_1 Winkel in Bogenmaß zwischen den Achsen der auszusteifenden Stützen und Wände und der Lotrechten

h_1 Mittel aus den jeweiligen Stockwerkshöhen unter und über dem waagerechten aussteifenden Bauteil in m.

(2) Die Einleitung der aus Gleichung (4) sich ergebenden waagerechten Kräfte in die aussteifenden lotrechten Bauteile ist nachzuweisen; ihre Weiterleitung in den lotrechten aussteifenden Bauteilen braucht dagegen rechnerisch nicht nachgewiesen zu werden.

15.8.2.3 Lotrechte aussteifende Bauteile

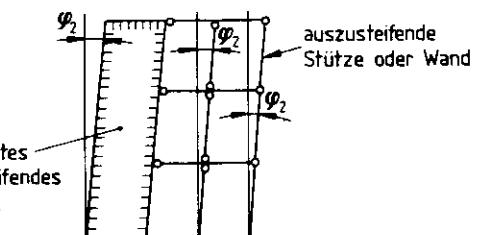
Bei den lotrechten aussteifenden Bauteilen (z. B. Treppenhaus schächte oder Wandscheiben) ist der Lastfall „Lotabweichung“ durch eine Schiefstellung φ_2 nach Gleichung (5) aller auszusteifenden und aussteifenden lotrechten Bauteile in ungünstiger Richtung nach Bild 9 einzuführen.

$$\varphi_2 = \pm \frac{1}{100 \cdot \sqrt{h}} \quad (5)$$

Darin sind:

φ_2 Winkel in Bogenmaß zwischen der Lotrechten und den auszusteifenden sowie den aussteifenden lotrechten Bauteilen

h Gebäudehöhe in m über der Einspannebene für die lotrechten aussteifenden Bauteile

Bild 9. Schiefstellung φ_2 aller auszusteifenden und aussteifenden lotrechten Bauteile

16 Grundlagen für die Berechnung der Formänderungen

16.1 Anwendungsbereich

Die nachfolgenden Abschnitte dienen der Ermittlung der

a) Zwangsschnittgrößen (siehe Abschnitt 15.1.3),

b) Knicksicherheit (siehe Abschnitt 17.4),

c) Durchbiegungen (siehe Abschnitt 17.7).

Sie beschreiben das durchschnittliche Formänderungsverhalten der Baustoffe. Auf der sicheren Seite liegende Vereinfachungen (siehe z. B. DAFStb-Heft 240) sind zulässig.

Tabelle 11. Rechenwerte des Elastizitätsmoduls des Betons

	1	2	3	4	5	6	7
1	Festigkeitsklasse des Betons	B 10	B 15	B 25	B 35	B 45	B 55
2	Elastizitätsmodul E_b in N/mm ²	22 000	26 000	30 000	34 000	37 000	39 000

16.2 Formänderungen unter Gebrauchslast

16.2.1 Stahl

Die Rechenwerte der Spannungsdehnungslinien der Betonstähle sind in Bild 12 (siehe Abschnitt 17.2.1) dargestellt. Der Elastizitätsmodul E_s des Stahls ist für Zug und Druck gleich und mit 210 000 N/mm² anzunehmen.

16.2.2 Beton

(1) Für die Berechnung der Formänderungen des Betons unter Gebrauchslast ist ein konstanter, für Druck und Zug gleich großer Elastizitätsmodul zugrunde zu legen. Wenn genauere Angaben nicht erforderlich sind, dürfen die Werte nach Tabelle 11 verwendet werden. Die dort angegebenen Rechenwerte gelten nur für Beton mit Betonzuschlag nach DIN 4226 Teil 1.

(2) Sofern der Einfluß der Querdehnung von wesentlicher Bedeutung ist, ist er mit $\mu \approx 0,2$ zu berücksichtigen (siehe auch Abschnitt 15.1.2).

16.2.3 Stahlbeton

Für die Berechnungen der Formänderungen von Stahlbetonbauteilen unter Gebrauchslast gelten die in den Abschnitten 16.2.1 und 16.2.2 angegebenen Grundlagen. Unter Gebrauchslast darf ein Mitwirken des Betons auf Zug näherungsweise durch Annahme eines um 10% vergrößerten Querschnitts der Zugbewehrung berücksichtigt werden.

16.3 Formänderungen oberhalb der Gebrauchslast

Für die Berechnung der Formänderungen des Betons in bewehrten und unbewehrten Bauteilen unter kurzzeitigen Belastungen, die über der Gebrauchslast liegen (z.B. beim Nachweis der Knicksicherheit nach Abschnitt 17.4), darf an der Stelle der Spannungsdehnungslinie nach Bild 11 in Abschnitt 17.2.1 auch die vereinfachte Spannungsdehnungslinie nach Bild 10 zugrunde gelegt werden.

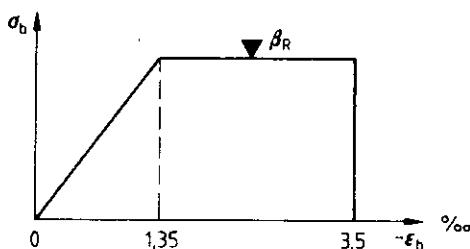


Bild 10. Spannungsdehnungslinie des Betons zum Nachweis der Formänderungen oberhalb der Gebrauchslast (β_R siehe Tabelle 12, Abschnitt 17.2.1).

16.4 Kriechen und Schwinden des Betons

- (1) Das Kriechen und Schwinden des Betons hängt vor allem ab von der Feuchte der umgebenden Luft, dem Wasser- und Zementgehalt des Betons und den äußeren Maßen des Bauteils. Das Kriechen wird außerdem von dem Erhärtingsgrad des Betons bei Belastungsbeginn und von der Art, Dauer und Größe der Beanspruchung des Betons beeinflußt.
- (2) Bei Stahlbetontragwerken kann im allgemeinen ein Nachweis entfallen; ist ein Nachweis erforderlich, so ist dieser nach DIN 4227 Teil 1 zu führen.

16.5 Wärmewirkungen

- (1) Beim Nachweis der von Wärmewirkungen hervorgerufenen Schnittgrößen oder Verformungen darf in der Regel angenommen werden, daß die Temperatur im ganzen Tragwerk gleich ist.
- (2) Als Grenzen der durch Witterungseinflüsse hervorgerufenen Temperaturschwankungen in den Bauteilen sind in Rechnung zu stellen
 - im allgemeinen ± 15 K
 - bei Bauteilen, deren geringstes Maß 70 cm und mehr beträgt ± 10 K
 - bei Bauteilen, die durch Überschüttung oder andere Vorkehrungen vor größeren Temperaturschwankungen geschützt sind $\pm 7,5$ K
- (3) Bei Bauteilen im Freien sind die Werte unter a) und b) um je 5 K zu vergrößern, wenn der Abbau der Zwangsschnittgrößen nach Zustand II in Rechnung gestellt wird.
- (4) Treten erhebliche Temperaturunterschiede innerhalb eines Bauteils oder zwischen fest miteinander verbundenen Bauteilen auf, so ist ihr Einfluß zu berücksichtigen.
- (5) Als Wärmedeihenzahl ist für den Beton und die Stahleinlagen $\alpha_T = 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ anzunehmen, wenn nicht im Einzelfall für den Beton ein anderer Wert durch Versuche nachgewiesen wird.

17 Bemessung

17.1 Allgemeine Grundlagen

17.1.1 Sicherheitsabstand

- (1) Die Bemessung muß einen ausreichenden Sicherheitsabstand zwischen Gebrauchslast und rechnerischer Bruchlast und ein einwandfreies Verhalten der Konstruktion unter Gebrauchslast sicherstellen.
- (2) Bei Biegung, bei Biegung mit Längskraft und bei Längskraft allein ist die Bemessung nach Abschnitt 17.2 durchzuführen unter Berücksichtigung des nicht proportionalen Zusammenhangs zwischen Spannung und Dehnung. Die Sicherheit ist ausreichend, wenn die Schnittgrößen, die vom Querschnitt im Bruchzustand (siehe Abschnitt 17.2.1) rechnerisch aufgenommen werden können, mindestens gleich sind den mit den Sicherheitsbeiwerten (siehe Abschnitt 17.2.2) vervielfachten Schnittgrößen unter Gebrauchslast. Moment und Längskraft sind im ungünstigsten Zusammenwirken anzusetzen und mit dem gleichen Sicherheitsbeiwert zu vervielfältigen.
- (3) Bei Querkraft und Torsion wird der Sicherheitsabstand durch Begrenzung der unter Gebrauchslast auftretenden Spannungen nach Abschnitt 17.5 sichergestellt. Bei Einhaltung der Werte der Tabelle 13 kann mindestens ein Sicherheitsbeiwert von $y = 1,75$ vorausgesetzt werden.²³⁾

17.1.2 Anwendungsbereich

Die im nachfolgenden angegebenen Regeln gelten für Träger mit $l_0/h \geq 2$ und Kragträger mit $l_k/h \geq 1$. Dabei ist l_0 der Abstand der Momenten-Nullpunkte und l_k die Kraglänge. Für wandartige Träger siehe Abschnitt 23.

²³⁾ Zwangsschnittgrößen brauchen nur mit dem $1,75$ fachen Wert in Rechnung gestellt zu werden.

17.1.3 Verhalten unter Gebrauchslast

- (1) Das einwandfreie Verhalten unter Gebrauchslast ist nach den Angaben der Abschnitte 17.6 bis 17.8 nachzuweisen. Dabei werden die unter Gebrauchslast auftretenden Spannungen auf der Grundlage linear elastischen Verhaltens von Stahl und Beton berechnet, und zwar unter der Annahme, daß sich die Dehnungen wie die Abstände von der Nulllinie verhalten. Das Verhältnis der Elastizitätsmoduln von Stahl und Beton darf bei der Ermittlung von Querschnittswerten und Spannungen einheitlich mit $n = 10$ angenommen werden.
- (2) Die Stahlzugspannung darf näherungsweise nach Gleichung (6) ermittelt werden, wobei z aus der Bemessung nach Abschnitt 17.2.1 übernommen werden darf. M_s ist dabei das auf die Zugbewehrung A_s bezogene Moment.

$$\sigma_s = \frac{1}{A_s} \left(\frac{M_s}{z} + N \right) \quad (6)$$

(N ist als Druckkraft mit negativem Vorzeichen einzusetzen.)

17.2 Bemessung für Biegung, Biegung mit Längskraft und Längskraft allein

17.2.1 Grundlagen, Ermittlung der Bruchschnittgrößen

- (1) Die folgenden Bestimmungen gelten für Tragwerke mit Biegung, Biegung mit Längskraft und Längskraft allein, bei denen vorausgesetzt werden kann, daß sich die Dehnungen der einzelnen Fasern des Querschnitts wie ihre Abstände von der Nulllinie verhalten (siehe auch Abschnitt 17.1.2).
- (2) Der für die Bemessung nach Abschnitt 17.1.1 maßgebende Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung ist für Beton in Bild 11, für Betonstahl in Bild 12 dargestellt. Wie weit diese Spannungsdehnungslinien im einzelnen ausgenützt werden dürfen, zeigen die Dehnungsdiagramme in Bild 13. Diese Bemessungsgrundlagen gelten für alle Querschnittsformen.
- (3) Zur Vereinfachung darf für die Bemessung auch die Spannungsdehnungslinie des Betons nach Abschnitt 16.3, Bild 10, oder das in DAfStb-Heft 220 beschriebene Verfahren mit einer rechteckigen Spannungsverteilung verwendet werden.

Tabelle 12. Rechenwerte β_R der Betondruckfestigkeit in N/mm^2

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Nennfestigkeit β_{WN} des Betons (siehe Tabelle 1)	5,0	10	15	25	35	45	55
2	Rechenwert β_R	3,5	7,0	10,5	17,5	23	27	30

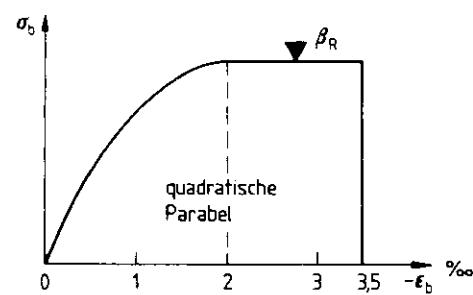


Bild 11. Rechenwerte für die Spannungsdehnungslinie des Betons (β_R siehe Tabelle 12)

- (4) Ein Mitwirken des Betons auf Zug darf nicht berücksichtigt werden.
- (5) Als Bewehrung dürfen im gleichen Querschnitt gleichzeitig alle in Tabelle 6 genannten Stahlsorten mit den dort angegebenen Festigkeitswerten und mit den zugeordneten Spannungsdehnungslinien nach Bild 12 in Rechnung gestellt werden.
- (6) Bei Bauteilen mit Nutzhöhen $h < 7 \text{ cm}$ sind für die Bemessung die Schnittgrößen (M, N) im Verhältnis $\frac{15}{h + 8}$ vergrößert in Rechnung zu stellen. Bei werkmäßig hergestellten flächentragwerkartigen Bauteilen (z.B. Platten und Wänden) für eingeschossige untergeordnete Bauten (z.B. freistehende Einzel- oder Reihengaragen) brauchen die Schnittgrößen nicht vergrößert zu werden.
- (7) Im DAfStb-Heft 220 sind Hilfsmittel für die Bemessung angegeben, die von den vorstehenden Grundlagen ausgehen.

17.2.2 Sicherheitsbeiwerte

- (1) Bei Lastschnittgrößen betragen die Sicherheitsbeiwerte für Stahlbeton

$\gamma = 1,75$ bei Versagen des Querschnitts mit Vorankündigung, $\gamma = 2,10$ bei Versagen des Querschnitts ohne Vorankündigung.

- (2) Zwangschnittgrößen brauchen nur mit einem Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,0$ in Rechnung gestellt zu werden.
- (3) Als Vorankündigung gilt die Rißbildung, welche von der Dehnung der Zugbewehrung ausgelöst wird. Mit Vorankündigung kann gerechnet werden, wenn die rechnerische Dehnung der Bewehrung nach Bild 13 $\varepsilon_s \geq 3\%$ ist, mit Bruch ohne Vorankündigung, wenn $\varepsilon_s \leq 0\%$ ist. Zwischen diesen beiden Grenzen ist der Sicherheitsbeiwert linear zu interpolieren (siehe Bild 13).

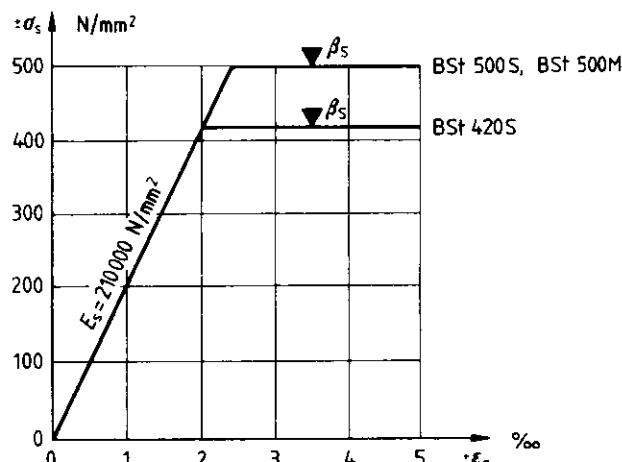


Bild 12. Rechenwerte für die Spannungsdehnungslinien der Betonstähle

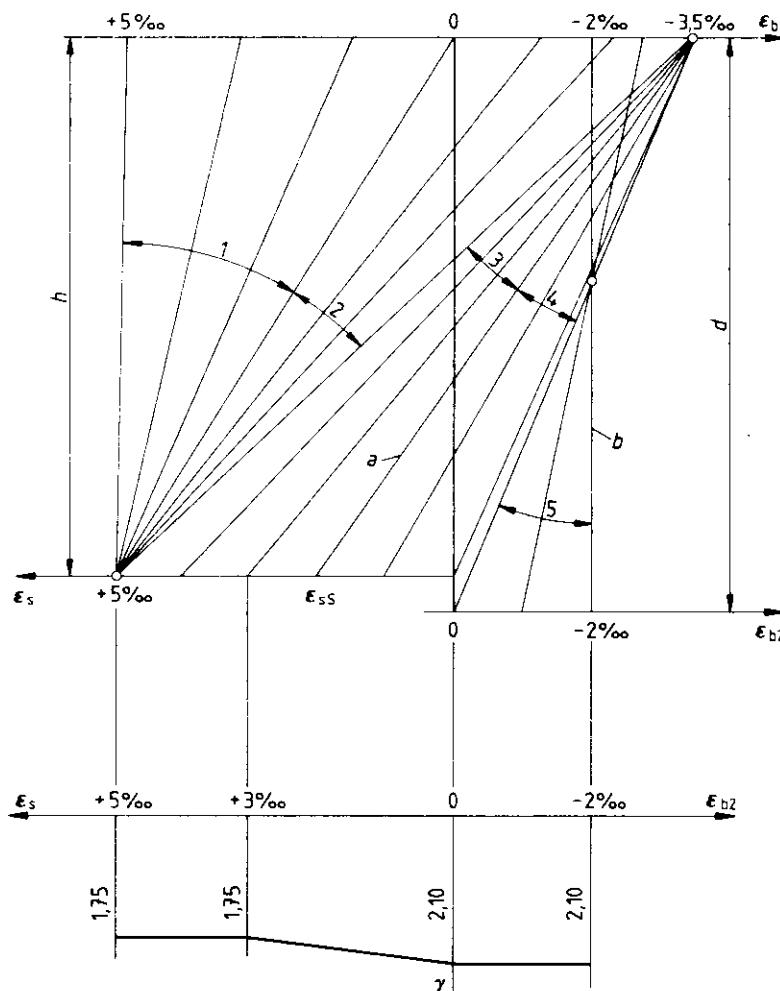


Bild 13. Dehnungsdiagramme und Sicherheitsbeiwerte
(Angabe der Bereiche 1 bis 5 siehe unten)

- Bereich 1: Mittige Zugkraft und Zugkraft mit geringer Ausmitte.
- Bereich 2: Biegung oder Biegung mit Längskraft bis zur Ausnutzung der Betondruckfestigkeit ($|\varepsilon_{b1}| \leq 3,5\%$) und unter Ausnutzung der Stahlstreckgrenze ($\varepsilon_s > \varepsilon_{ss}$).
- Bereich 3: Biegung oder Biegung mit Längskraft bei Ausnutzung der Betondruckfestigkeit und der Stahlstreckgrenze.
Linie a: Grenze der Ausnutzung der Stahlstreckgrenze ($\varepsilon_s = \varepsilon_{ss}$).
- Bereich 4: Biegung mit Längskraft ohne Ausnutzung der Stahlstreckgrenze ($\varepsilon_s < \varepsilon_{ss}$) bei Ausnutzung der Betondruckfestigkeit.
- Bereich 5: Druckkraft mit geringer Ausmitte und mittige Druckkraft. Innerhalb dieses Bereiches ist $\varepsilon_{b1} = -3,5\% - 0,75 \varepsilon_{b2}$ in Rechnung zu stellen, für mittigen Druck (Linie b) ist somit $\varepsilon_{b1} = \varepsilon_{b2} = -2,0\%$.
- (4) Wegen des Sicherheitsbeiwertes bei unbewehrtem Beton siehe Abschnitt 17.9, beim Befördern und Einbau von Fertigteilen Abschnitt 19.2.

17.2.3 Höchstwerte der Längsbewehrung

- (1) Die Bewehrung eines Querschnitts, auch im Bereich von Übergreifungsstößen, darf höchstens 9% von A_b , bei B 15 jedoch nur 5% von A_b betragen. Die Höchstwerte der Längs-

bewehrung sind aber in jedem Fall so zu begrenzen, daß das einwandfreie Einbringen und Verdichten des Betons sichergestellt bleibt.

(2) Eine Druckbewehrung A'_s darf bei der Ermittlung der Tragfähigkeit höchstens mit dem Querschnitt A_s der am gezogenen bzw. am weniger gedrückten Rand liegenden Bewehrung in Rechnung gestellt werden. Im Bereich überwiegender Biegung soll die Druckbewehrung jedoch nicht mit mehr als 1% von A_b in Rechnung gestellt werden.

(3) Wegen der Mindestbewehrung in Bauteilen siehe Abschnitte 17.6 und 18 bis 25.

17.3 Zusätzliche Bestimmungen bei Bemessung für Druck

17.3.1 Allgemeines

Bei der Bemessung für Druck sind die Abschnitte 17.4 und 25 zu beachten, soweit im nachfolgenden nichts anderes bestimmt wird.

17.3.2 Umschnürte Druckglieder

- (1) Als umschnürt gelten Druckglieder, deren Längsbewehrung durch eine kreisförmige Wendel umschlossen ist. Die Wendel muß sich auch in die anschließenden Bauteile erstrecken, soweit dort die erhöhte Tragwirkung nicht durch andere Maßnahmen gesichert ist und diese Bauteile nicht in anderer Weise gegen Querdehnung bzw. Spaltzugkräfte ausreichend gesichert sind.

- (2) Der traglaststeigernde Einfluß einer Umschnürung nach Gleichung (7) darf nur bei Druckgliedern mit mindestens der Festigkeitsklasse B 25 und nur bis zu einer Schlankheit $\lambda \leq 50$ (berechnet aus dem Gesamtquerschnitt) und bis zu einer Ausmitte der Last von $e \leq d_k/8$ in Rechnung gestellt werden.
- (3) Der Einfluß der Zusatzmomente nach der Theorie II. Ordnung ist zu berücksichtigen; hierbei darf näherungsweise nach Abschnitt 17.4.3 gerechnet werden. Soweit umschnürte Druckglieder als mittig gedrückte Innenstützen angesehen werden dürfen (siehe Abschnitt 15.4.2), darf der Nachweis der Knicksicherheit entfallen, wenn diese beiderseits eingespannt sind und $h_s/d \leq 5$ ist (h_s Geschößhöhe). Die Bruchlast des umschnürten Druckgliedes darf um den Wert ΔN_u nach Gleichung (7) größer angenommen werden als die eines nur verbügelten Druckgliedes (siehe Abschnitte 17.1 und 17.2) mit gleichen Außenmaßen.

$$\Delta N_u = [\nu A_w \cdot \beta_{Sw} - (A_b - A_k) \cdot \beta_R] \cdot \left(1 - \frac{8M}{N d_k}\right) \geq 0 \quad (7)$$

worin für: B 25 B 35 B 45 B 55
 $\nu = 1,6 \quad 1,7 \quad 1,8 \quad 1,9$

Diese ν -Werte gelten nur für Schlankheiten $\lambda \leq 10$. Für $\lambda \geq 20$ bis $\lambda \leq 50$ sind jeweils nur die halben angegebenen Werte in Rechnung zu stellen.

Für Schlankheiten $10 < \lambda < 20$ dürfen die ν -Werte linear interpoliert werden.

Außerdem muß der Wert $A_w \beta_{Sw}$ der Gleichung (8) genügen.

$$A_w \beta_{Sw} \leq \delta \cdot [(2,3 A_b - 1,4 A_k) \cdot \beta_R + A_s \beta_S] \quad (8)$$

worin für: B 25 B 35 B 45 B 55
 $\delta = 0,42 \quad 0,39 \quad 0,37 \quad 0,36$

In den Gleichungen (7) und (8) sind:

$$A_w \pi \cdot d_k A_{sw} / s_w$$

d_k Kerndurchmesser = Achsdurchmesser der Wendel

A_{sw} Stabquerschnitt der Wendel

s_w Ganghöhe der Wendel

β_{Sw} Streckgrenze der Wendelbewehrung

A_b Gesamtquerschnitt des Druckglieds

A_k Kernquerschnitt des Druckgliedes $\pi \cdot d_k^2/4$

A_s Gesamtquerschnitt der Längsbewehrung

M, N Schnittgrößen im Gebrauchszustand;

β_R ist Tabelle 12 in Abschnitt 17.2.1 zu entnehmen,

β_S ist Bild 12 in Abschnitt 17.2.1 entsprechend $\varepsilon_s = 2\%$ zu entnehmen.

17.3.3 Zulässige Druckspannung bei Teilstäbenbelastung

(1) Wird nur die Teilfläche A_1 (Übertragungsfläche) eines Querschnitts durch eine Druckkraft F belastet, dann darf A_1 mit der Pressung σ_1 nach Gleichung (9) beansprucht werden, wenn im Beton unterhalb der Teilfläche die Spaltzugkräfte aufgenommen werden können (z.B. durch Bewehrung).

$$\sigma_1 = \frac{\beta_R}{2,1} \sqrt{\frac{A}{A_1}} \leq 1,4 \beta_R \quad (9)$$

(2) Die für die Aufnahme der Kraft F vorgesehene rechnerische Verteilungsfläche A muß folgenden Bedingungen genügen (siehe Bild 14):

- Die zur Lastverteilung in Belastungsrichtung zur Verfügung stehende Höhe muß den Bedingungen des Bildes 14 genügen.
- Der Schwerpunkt der rechnerischen Verteilungsfläche A muß in Belastungsrichtung mit dem Schwerpunkt der Übertragungsfläche A_1 übereinstimmen.
- Die Maße der rechnerischen Verteilungsfläche A dürfen in jeder Richtung höchstens gleich dem dreifachen Betrag der entsprechenden Maße der Übertragungsfläche sein.

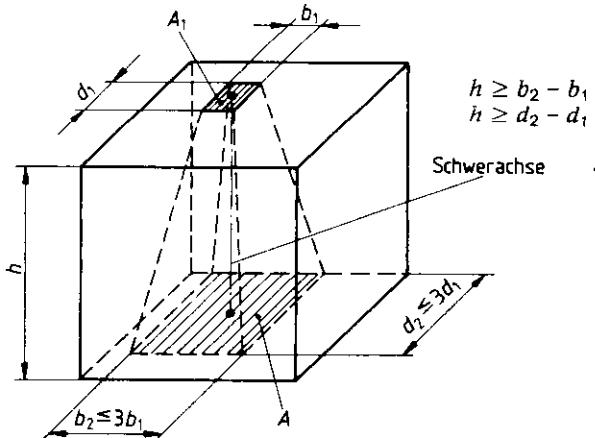


Bild 14. Rechnerische Verteilungsfläche

- d) Wirken auf den Betonquerschnitt mehrere Druckkräfte F , so dürfen sich die rechnerischen Verteilungsflächen innerhalb der Höhe h nicht überschneiden.

17.3.4 Zulässige Druckspannungen im Bereich von Mörtelfugen

(1) Bei dünnen Mörtelfugen mit Zementmörtel nach Abschnitt 6.7.1, bei denen das Verhältnis der kleinsten tragenden Fugenbreite zur Fugendicke $b/d \geq 7$ ist, dürfen Druckspannungen in den anschließenden Bauteilen nach Gleichung (9) in Rechnung gestellt werden.

Dabei ist einzusetzen:

A_1 Querschnittsfläche des Fugenmörtels

A Querschnittsfläche des kleineren der angrenzenden Bauteile

β_R Rechenwert der Betondruckfestigkeit der anschließenden Bauteile nach Tabelle 12.

(2) Überschreitet die Druckspannung in der Mörtelfuge den Wert $\beta_R/2,1$ des Betons der anschließenden Bauteile, so muß die Aufnahme der Spaltzugkräfte in den anschließenden Bauteilen nachgewiesen werden (z.B. durch Bewehrung).

(3) Für dickere Fugen ($b/d < 7$) gelten die Bemessungsgrundlagen nach Abschnitt 17.9.

17.4 Nachweis der Knicksicherheit

17.4.1 Grundlagen

(1) Zusätzlich zur Bemessung nach Abschnitt 17.2 für die Schnittgrößen am unverformten System ist für Druckglieder die Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der Stabauslenkung zu ermitteln (Nachweis der Knicksicherheit nach Theorie II. Ordnung).

(2) Bei Druckgliedern mit mäßiger Schlankheit ($20 < \lambda \leq 70$) darf dieser Nachweis näherungsweise auch nach Abschnitt 17.4.3, bei Druckgliedern mit großer Schlankheit ($\lambda > 70$) muß er nach Abschnitt 17.4.4 geführt werden; Schlankheiten $\lambda > 200$ sind unzulässig. Kann ein Druckglied nach zwei Richtungen ausweichen, ist Abschnitt 17.4.8 zu beachten. Für Druckglieder aus unbewehrtem Beton gilt Abschnitt 17.9.

(3) Der Nachweis der Knicksicherheit darf entfallen für bezogene Ausmitten des Lastangriffs $e/d \geq 3,50$ bei Schlankheiten $\lambda \leq 70$; bei Schlankheiten $\lambda > 70$ darf der Knicksicherheitsnachweis entfallen, wenn $e/d \geq 3,50 \lambda/70$ ist.

(4) Soweit Innenstützen als mittig gedrückt angesehen werden dürfen (siehe Abschnitt 15.4.2) und beiderseits eingespannt sind, darf der Nachweis der Knicksicherheit entfallen, wenn ihre Schlankheit $\lambda \leq 45$ ist. Hierbei ist als Knicklänge s_k die Geschoßhöhe in Rechnung zu stellen. Nähere Angaben enthält DAfStb-Heft 220.

17.4.2 Ermittlung der Knicklänge

- (1) Die Knicklänge von geraden oder gekrümmten Druckgliedern ergibt sich in der Regel als Abstand der Wendepunkte der Knickfigur; sie darf mit Hilfe der Elastizitätstheorie nach dem Ersatzstabverfahren – gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Verschieblichkeit der Stabenden – ermittelt werden (siehe DAfStB-Heft 220, Zusammenstellung der Knicklängen für häufig benötigte Fälle).
- (2) Druckglieder in hinreichend ausgesteiften Tragsystemen dürfen als unverschieblich gehalten angesehen werden. Ein Tragsystem darf ohne besonderen Nachweis als hinreichend ausgesteift angenommen werden, wenn die Bedingungen der Gleichung (3) in Abschnitt 15.8.1 erfüllt werden.

17.4.3 Druckglieder aus Stahlbeton mit mäßiger Schlankheit

- (1) Für Druckglieder aus Stahlbeton mit gleichbleibendem Querschnitt und einer Schlankheit $\lambda = s_k/i \leq 70$ darf der Einfluß der ungewollten Ausmitte und der Stabauslenkung näherungsweise durch eine Bemessung im mittleren Drittel der Knicklänge unter Berücksichtigung einer zusätzlichen Ausmitte f nach den Gleichungen (10) bzw. (11) bzw. (12) erfaßt werden.

(2) Für f ist einzusetzen bei:

$$0 \leq e/d < 0,30: f = d \cdot \frac{\lambda - 20}{100} \cdot \sqrt{0,10 + e/d} \geq 0 \quad (10)$$

$$0,30 \leq e/d < 2,50: f = d \cdot \frac{\lambda - 20}{160} \geq 0 \quad (11)$$

$$2,50 \leq e/d \leq 3,50: f = d \cdot \frac{\lambda - 20}{160} \cdot (3,50 - e/d) \geq 0 \quad (12)$$

Hierin sind:

$\lambda = s_k/i > 20$ Schlankheit

s_k Knicklänge

$i = \sqrt{I_b/A_b}$ Trägheitsradius in Knickrichtung, bezogen auf den Betonquerschnitt

I_b Flächenmoment 2. Grades des Betonquerschnitts bezogen auf die Knickrichtung

A_b Fläche des Betonquerschnitts

$e = |M/N|$ größte planmäßige Ausmitte des Lastangriffs unter Gebrauchslast im mittleren Drittel der Knicklänge

d Querschnittsmaß in Knickrichtung.

(3) Bei verschieblichen Systemen liegen die Stabenden im mittleren Drittel der Knicklänge. Der Knicksicherheitsnachweis ist daher durch eine Bemessung an diesen Stabenden unter Berücksichtigung der zusätzlichen Ausmitte f zu führen.

(4) DAfStB-Heft 220 zeigt vereinfachte Nachweisverfahren für die Stiele von unverschieblichen Rahmensystemen.

17.4.4 Druckglieder aus Stahlbeton mit großer Schlankheit

- (1) Die Knicksicherheit von Druckgliedern aus Stahlbeton mit einer Schlankheit $\lambda = s_k/i > 70$ gilt als ausreichend, wenn nachgewiesen wird, daß unter den in ungünstiger Anordnung einwirkenden 1,75fachen Gebrauchslasten ein stabiler Gleichgewichtszustand unter Berücksichtigung der Stabauslenkungen (Theorie II. Ordnung) möglich ist und die zulässigen Schnittgrößen nach den Abschnitten 17.2.1 und 17.2.2 unter Gebrauchslast im unverformten System nicht überschritten werden. Es darf keine kleinere Bewehrung angeordnet werden, als für die Berechnung der Stabauslenkungen vorausgesetzt wurde.

(2) Für die Berechnung der Schnittgrößen am verformten System zum Nachweis der Knicksicherheit gelten folgende Grundlagen:

a) Es ist von den Spannungsdehnungsgesetzen für Beton nach Abschnitt 17.2.1 auszugehen. Zur Vereinfachung darf die Spannungsdehnungslinie des Betons nach Bild 10 in Rechnung gestellt werden. Ein Mitwirken des Betons auf Zug darf nicht berücksichtigt werden.

b) Neben den planmäßigen Ausmitten ist eine ungewollte Ausmitte bzw. Stabkrümmung nach Abschnitt 17.4.6 im ungünstigsten Sinne wirkend anzunehmen. Gegebenenfalls sind Kriechverformungen nach Abschnitt 17.4.7 zu berücksichtigen. Stabauslenkungen aus Temperatur- oder Schwindeinflüssen dürfen in der Regel vernachlässigt werden.

c) Die Beschränkung der Stahlspannungen bei nicht vorwiegend ruhender Belastung nach Abschnitt 17.8 bleibt beim Knicksicherheitsnachweis unberücksichtigt.

(3) Näherungsverfahren für den Nachweis der Knicksicherheit und Rechenhilfen für den genaueren Nachweis sind in DAfStB-Heft 220 angegeben.

17.4.5 Einspannende Bauteile

(1) Wurde für den Knicksicherheitsnachweis eine Einspannung der Stabenden des Druckgliedes durch anschließende Bauteile vorausgesetzt (z.B. durch einen Rahmenriegel), so sind bei verschieblichen Tragwerken die unmittelbar anschließenden, einspannenden Bauteile auch für diese Zusatzbeanspruchung zu bemessen. Dies gilt besonders dann, wenn die Standsicherheit des Druckgliedes von der einspannenden Wirkung eines einzigen Bauteils abhängt.

(2) Bei unverschieblichen oder hinreichend ausgesteiften Tragsystemen in üblichen Hochbauten darf auf einen rechnerischen Nachweis der Aufnahme dieser Zusatzbeanspruchungen in den unmittelbar anschließenden, aussteifenden Bauteilen verzichtet werden.

17.4.6 Ungewollte Ausmitte

(1) Ungewollte Ausmitten des Lastangriffes und unvermeidbare Maßabweichungen sind durch Annahme einer zur Knickfigur des untersuchten Druckgliedes affinen Vorverformung mit dem Höchstwert

$$e_v = s_k/300 \quad (13)$$

(s_k Knicklänge des Druckgliedes)

zu berücksichtigen.

(2) Vereinfacht darf die Vorverformung durch einen abschnittsweise geradlinigen Verlauf der Stabachse wieder gegeben oder durch eine zusätzliche Ausmitte der Lasten berücksichtigt werden. Für Nachweise am Gesamtsystem nach Abschnitt 17.4.9 darf die Vorverformung vereinfacht als Schieflstellung angesetzt werden; bei eingeschossigen Tragwerken als $\alpha_v = 1/150$ und bei mehrgeschossigen Tragwerken als $\alpha_v = 1/200$.

(3) Bei Sonderbauwerken – z.B. Brückenpfeilern oder Fernsehtürmen – mit einer Gesamthöhe von mehr als 50 m und eindeutig definierter Lasteintragung, bei deren Herstellung Abweichungen von der Planform durch besondere Maßnahmen – wie z.B. optisches Lot – weitgehend vermieden werden, darf die ungewollte Ausmitte aufgrund eines besonderen Nachweises im Einzelfall abgemindert werden.

17.4.7 Berücksichtigung des Kriechens

(1) Kriechverformungen sind in der Regel nur dann zu berücksichtigen, wenn die Schlankheit des Druckgliedes im unverschieblichen System $\lambda > 70$ und im verschieblichen System $\lambda > 45$ ist und wenn gleichzeitig die planmäßige Ausmitte der Last $e/d < 2$ ist.

(2) Kriechverformungen sind unter den im Gebrauchszustand ständig einwirkenden Lasten (gegebenenfalls auch Verkehrslasten) und ausgehend von den ständig vorhandenen Stabauslenkungen und Ausmitten einschließlich der ungewollten Ausmitte nach Gleichung (13) zu ermitteln.

(3) Hinweise zur Abschätzung des Kriecheinflusses enthält DAFStb-Heft 220.

17.4.8 Knicken nach zwei Richtungen

(1) Ist die Knickrichtung eines Druckgliedes nicht eindeutig vorgegeben, so ist der Knicksicherheitsnachweis für schiefe Biegung mit Längsdruck zu führen. Dabei darf im Regelfall eine drillfreie Knickfigur angenommen werden. Die ungewollten Ausmitten e_{vy} und e_{vz} sind getrennt für beide Hauptachsenrichtungen nach Gleichung (13) zu ermitteln und zusammen mit der planmäßigen Ausmitte zu berücksichtigen.

(2) Für Druckglieder mit Rechteckquerschnitt und Schlankheiten $\lambda > 70$ darf das im DAFStb-Heft 220 angegebene Näherungsverfahren angewendet werden:

- bei einem Seitenverhältnis $d/b \leq 1,5$ unabhängig von der Lage der planmäßigen Ausmitte;
- bei einem Seitenverhältnis $d/b > 1,5$ nur dann, wenn die planmäßige Ausmitte im Bereich B nach Bild 14.1 liegt.

(3) Bei Druckgliedern mit Rechteckquerschnitt dürfen näherungsweise Knicksicherheitsnachweise getrennt für jede der beiden Hauptachsenrichtungen geführt werden, wenn das Verhältnis der kleineren bezogenen planmäßigen Lastausmitte zur größeren den Wert 0,2 nicht überschreitet, d.h. wenn die Längskraft innerhalb der schraffierten Bereiche nach Bild 14.2 angreift. Die planmäßigen Lastausmitten e_y und e_z sind auf die in ihrer Richtung verlaufende Querschnittsseite zu beziehen.

(4) Bei Druckgliedern mit einer planmäßigen Ausmitte $e_z \geq 0,2d$ in Richtung der längeren Querschnittsseite d muß beim Nachweis in Richtung der kürzeren Querschnittsseite b die dann maßgebende Querschnittsbreite d verkleinert werden. Als maßgebende Querschnittsbreite ist die Höhe der Druckzone infolge der Lastausmitte $e_z + e_{vz}$ im Gebrauchszustand anzunehmen.

17.4.9 Nachweis am Gesamtsystem

Stabtragwerke dürfen zum Nachweis der Knicksicherheit abweichend von Abschnitt 17.4.2 auch als Gesamtsystem

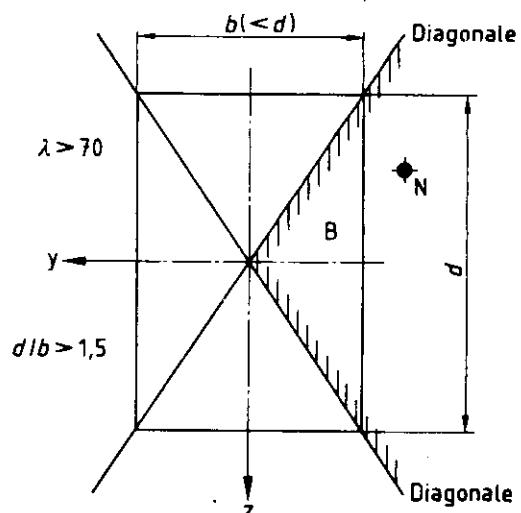


Bild 14.1. Rechteckquerschnitt unter schiefer Biegung mit Längsdruck; Anwendungsgrenzen für das Näherungsverfahren nach Abschnitt 17.4.8 b) für $d/b > 1,5$ und $\lambda > 70$

unter 1,75facher Gebrauchslast nach Theorie II. Ordnung untersucht werden; hierbei sind Schiefstellungen des Gesamtsystems bzw. Vorverformungen nach Abschnitt 17.4.6 zu berücksichtigen. Die in Rechnung gestellten Biegesteifigkeiten der einzelnen Stäbe müssen ausreichend mit den vorhandenen Querschnittswerten und mit dem zugehörigen Beanspruchungszustand aufgrund der nachgewiesenen Schnittgrößen übereinstimmen.

17.5 Bemessung für Querkraft und Torsion

17.5.1 Allgemeine Grundlage

Die Schubbewehrung ist ohne Berücksichtigung der Zugfestigkeit des Betons zu bemessen (siehe auch Abschnitt 17.2.1).

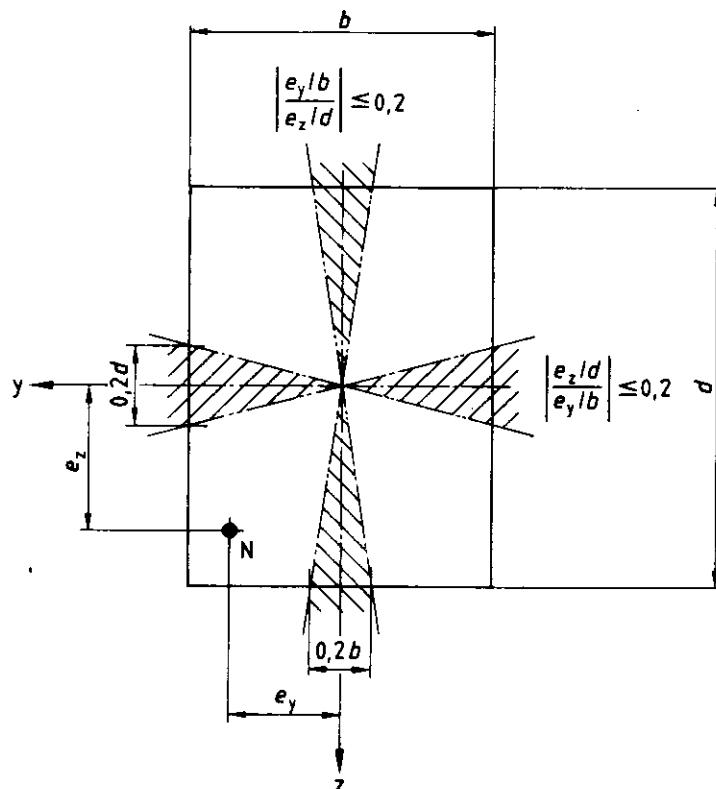
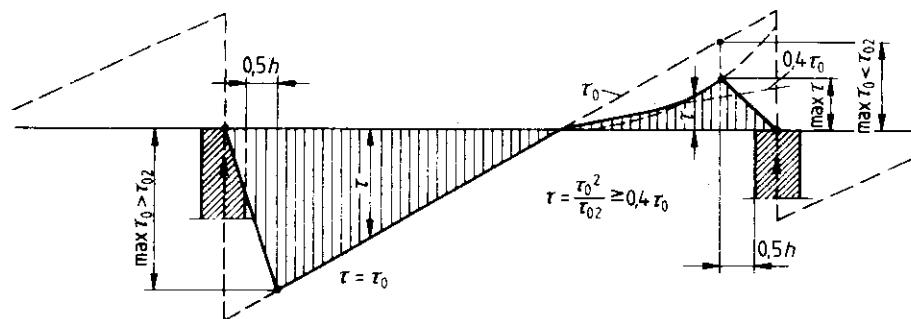


Bild 14.2. Rechteckquerschnitt unter schiefer Biegung mit Längsdruck; Anwendungsgrenzen für das Näherungsverfahren

Bild 15. Grundwerte τ_0 und Bemessungswerte τ bei unmittelbarer Unterstützung (siehe Abschnitte 17.5.2 und 17.5.5)

17.5.2 Maßgebende Querkraft

(1) Im allgemeinen ist als Rechenwert der Querkraft die nach Abschnitt 15.6 ermittelte größte Querkraft am Auflagerrand zugrunde zu legen. Wenn die Auflagerkraft jedoch normal zum unteren Balkenrand mit Druckspannungen eingebracht wird (unmittelbare Stützung), darf für die Berechnung der Schubspannungen und die Bemessung der Schubbewehrung die Querkraft im Abstand $0,5h$ vom Auflagerrand zugrunde gelegt werden (siehe Bild 15). Für die Bemessung der Schubbewehrung darf außerdem der Querkraftanteil aus einer Einzellast F im Abstand $a \leq 2h$ von der Auflagermitte im Verhältnis $a/2h$ abgemindert werden. Der Querkraftverlauf darf von den vorgenannten Höchstwerten bis zur rechnerischen Auflagermitte geradlinig auf Null abnehmend angenommen werden.

(2) Auswirkungen von Querschnittsänderungen (Balkenschrägen bzw. Aussparungen) auf die Schubspannungen müssen bei ungünstiger Wirkung bzw. dürfen bei günstiger Wirkung berücksichtigt werden.

17.5.3 Grundwerte τ_0 der Schubspannung

(1) Der Grundwert der Schubspannung darf die in Tabelle 13 angegebenen Grenzen nicht überschreiten.

(2) Bei biegebeanspruchten Bauteilen gilt als Grundwert τ_0 die Schubspannung in Höhe der Nulllinie im Zustand II. Verringert sich die Querschnittsbreite in der Zugzone, kann

der Grundwert dort größer und damit maßgebend werden. Dies gilt auch bei Biegung mit Längskraft, solange die Nulllinie innerhalb des Querschnitts liegt.

(3) In Abschnitten von Bauteilen, die über den ganzen Querschnitt Längsdruckspannungen aufweisen (Biegung mit Längsdruckkraft, Nulllinie außerhalb des Querschnitts), darf der Grundwert τ_0 in der Größe der nach Zustand I auftretenden größten Hauptzugspannung angenommen werden. Außerdem ist nachzuweisen, daß die schiefe Hauptdruckspannung im Zustand II den Wert $2 \cdot \tau_0$ nicht überschreitet; dabei ist die Neigung der Druckstrebe des gedachten Fachwerkes entsprechend der Richtung der schiefen Hauptdruckspannung im Zustand I anzunehmen.

(4) Bei Biegung mit Längszug und Nulllinie außerhalb des Querschnitts darf der nach Zustand II allein aus der Querkraft ermittelte Grundwert τ_0 der Schubspannung die Werte der Tabelle 13, Zeilen 2 bzw. 4, nicht überschreiten. Die Bemessung der Schubbewehrung ist ebenfalls mit dem aus der Querkraft allein ermittelten Grundwert τ_0 der Schubspannung durchzuführen; eine Abminderung (siehe Abschnitt 17.5.5) ist nicht zulässig. Bei Platten darf jedoch auf eine Schubbewehrung verzichtet werden, wenn die nach Zustand I auftretende größte Hauptzugspannung – gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Zwang – die Werte der Tabelle 13, Zeilen 1 a und 1 b, nicht überschreitet.

Tabelle 13. Grenzen der Grundwerte der Schubspannung τ_0 in N/mm^2 unter Gebrauchslast

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
									Schubdeckung
1a 1b	Platten	1 ²⁴⁾	τ_{011}	0,25	0,35	0,40	0,50	0,55	siehe Abschnitt 17.5.5
				0,35	0,50	0,60	0,70	0,80	
2	Balken	2	τ_{02}	1,20	1,80	2,40	2,70	3,00	verminderte Schubdeckung nach Gleichung (17) zulässig
3		1	τ_{012}	0,50	0,75	1,00	1,10	1,25	siehe Abschnitt 17.5.5
4		2	τ_{02}	1,20	1,80	2,40	2,70	3,00	verminderte Schubdeckung nach Gleichung (17) zulässig
5		3	τ_{03}	2,00	3,00	4,00	4,50	5,00	volle Schubdeckung
				nur bei d bzw. $d_0 \geq 30 \text{ cm}$					

²⁴⁾ Die Werte der Zeile 1a gelten bei gestaffelter, d. h. teilweise im Zugbereich verankerter Feldbewehrung (siehe auch Abschnitt 20.1.6.2 (1)).

17.5.4 Bemessungsgrundlagen für die Schubbewehrung

(1) Die erforderliche Schubbewehrung ist für die in den Zugstreben eines gedachten Fachwerks unter der Gebrauchslast wirkenden Kräfte zu bemessen. Die Schubbewehrung ist entsprechend dem Schubspannungsdiagramm (siehe Bild 15) unter Berücksichtigung von Abschnitt 18.8 zu verteilen. Die Neigung der Zugstreben des Fachwerks gegen die Stabachse darf bei Schrägstreben zwischen 45° und 60° und bei Bügeln zwischen 45° und 90° angenommen werden. Bei Biegung mit Längszug darf die Neigung der Zugstreben der flacheren Neigung der Hauptzugspannungen angepaßt werden.

(2) Die Neigung der Druckstreben des gedachten Fachwerks ist im allgemeinen mit 45° (volle Schubdeckung) anzunehmen. Unter den in Abschnitt 17.5.5 genannten Voraussetzungen dürfen für die dort angegebenen Bereiche 1 und 2 auch flachere Neigungen der Druckstreben angenommen werden (verminderte Schubdeckung nach Gleichung (17)).

(3) Die zulässige Stahlspannung ist mit $\beta_S/1,75$ in Rechnung zu stellen. Wegen der Stahlspannungen bei nicht vorwiegend ruhenden Lasten siehe Abschnitt 17.8, und wegen der Bewehrungsführung siehe auch Abschnitt 18.8.

(4) Für die Bemessung der Schubbewehrung bei Fertigteilen siehe Abschnitte 19.4 und 19.7.2, bei Stahlsteindecken Abschnitt 20.2.6.2, bei Glasstahlbeton Abschnitt 20.3.3, bei Rippendecken Abschnitt 21.2.2.2, bei punktförmig gestützten Platten Abschnitt 22.5, bei Fundamentplatten Abschnitt 22.7 bei wandartigen Trägern Abschnitt 23.2.

17.5.5 Bemessungsregeln für die Schubbewehrung (Bemessungswerte τ)

17.5.5.1 Allgemeines

(1) Breite Balken mit Rechteckquerschnitt ($b > 5d$) dürfen wie Platten behandelt werden.

(2) Bei mittelbarer Lasteintragung oder Auflagerung ist stets eine Aufhängebewehrung nach den Abschnitten 18.10.2 bzw. 18.10.3 anzunehmen.

(3) Je nach Größe von $\max \tau_0$ (siehe Bild 15) gelten neben den Bewehrungsrichtlinien nach Abschnitt 18.8 für die Bemessung der Schubbewehrung die Abschnitte 17.5.5.2 bis 17.5.5.4.

17.5.5.2 Schubbereich 1

(1) Schubbereich 1:

für Platten: $\max \tau_0 \leq k_1 \tau_{011}$ bzw. $k_2 \tau_{011}$
für Balken: $\max \tau_0 \leq \tau_{012}$

(2) Bei Platten darf auf eine Schubbewehrung verzichtet werden, wenn der Grundwert $\max \tau_0 < k_1 \tau_{011}$ bzw. $\max \tau_0 < k_2 \tau_{011}$ ist.

(3) Für den Beiwert k_1 gilt die Beziehung

$$k_1 = \frac{0,2}{d} + 0,33 \geq 0,5 \quad (14)$$

≤ 1

(d Plattendicke in m)

(4) Bei Platten darf in Bereichen, in denen die Höchstwerte des Biegemoments und der Querkraft nicht zusammen treffen, anstelle von k_1 der Beiwert k_2 gesetzt werden. Dafür gilt:

$$k_2 = \frac{0,12}{d} + 0,6 \geq 0,7 \quad (15)$$

≤ 1

(5) In Balken (mit Ausnahme von Tür- und Fensterstürzen mit $l \leq 2,0$ m, die nach DIN 1053 Teil 1/11.74, Abschnitt 5.5.3, belastet werden) und in Plattenbalken und Rippendecken (Ausnahmen siehe Abschnitt 21.2.2.2) ist stets eine Schubbewehrung anzunehmen. Sie ist mit dem Bemessungswert τ nach Gleichung (16) zu ermitteln:

$$\tau = 0,4 \tau_0 \quad (16)$$

(6) Der Anteil der Bügel dieser Schubbewehrung richtet sich nach Abschnitt 18.8.2.2.

17.5.5.3 Schubbereich 2

(1) Schubbereich 2:

für Platten: $k_1 \tau_{011}$ bzw. $k_2 \tau_{011} < \max \tau_0 \leq \tau_{02}$
für Balken: $\tau_{012} < \max \tau_0 \leq \tau_{02}$

(2) Der Grundwert τ_0 darf in jedem Querschnitt auf den Bemessungswert τ abgemindert werden (verminderte Schubdeckung):

$$\tau = \frac{\tau_0^2}{\tau_{02}} \geq 0,4 \tau_0 \quad (17)$$

(3) Wegen der verminderten Schubdeckung bei Fertigteilen siehe Abschnitte 19.4 und 19.7.2.

(4) Bei Platten darf in Abschnitten, in denen die Grundwerte der Schubspannung τ_0 den Wert $k_1 \tau_{011}$ bzw. $k_2 \tau_{011}$ nicht überschreiten, auf die Anordnung einer Schubbewehrung verzichtet werden.

17.5.5.4 Schubbereich 3

(1) Schubbereich 3: $\tau_{02} < \max \tau_0 \leq \tau_{03}$

(2) Liegt der Grundwert τ_0 zwischen τ_{02} und τ_{03} , sind bei der Ermittlung der Schubbewehrung im ganzen zugehörigen Querkraftbereich gleichen Vorzeichens die Grundwerte τ_0 zugrunde zu legen (volle Schubdeckung).

17.5.6 Bemessung bei Torsion

(1) Wegen der Notwendigkeit des Nachweises siehe Abschnitt 15.5. Der Grundwert τ_T ist mit den Querschnittswerten für Zustand I und für die Schnittgrößen unter Gebrauchslast ohne Berücksichtigung der Bewehrung zu ermitteln.

(2) Die Grundwerte τ_T dürfen die Werte τ_{02} der Tabelle 13, Zeile 4, nicht überschreiten; Abminderungen nach Gleichung (17) sind unzulässig.

(3) Ein Nachweis der Torsionsbewehrung ist nur erforderlich, wenn die Grundwerte τ_T die Werte $0,25 \tau_{02}$ nach Tabelle 13, Zeilen 2 bzw. 4, überschreiten. Die Torsionsbewehrung ist für die schiefen Hauptzugkräfte zu bemessen, die in den Stäben eines gedachten räumlichen Fachwerks mit Druckstreben unter 45° Neigung entstehen.

(4) Die Mittellinie des gedachten räumlichen Fachwerks verläuft durch die Mitten der Längsstäbe der Torsionsbewehrung (Eckstäbe).

17.5.7 Bemessung bei Querkraft und Torsion

(1) Wirken Querkraft und Torsion gleichzeitig, so ist zunächst nachzuweisen, daß die Grundwerte τ_0 und τ_T jeder für sich die in den Abschnitten 17.5.3 und 17.5.6 angegebenen Höchstwerte nicht überschreiten.

(2) Außerdem ist die Einhaltung von Gleichung (17.1) nachzuweisen:

$$\frac{\tau_0}{\tau_{03}} + \frac{\tau_T}{\tau_{02}} \leq 1,3 \quad (17.1)$$

(3) Beträgt die Bauteildicke d bzw. d_0 weniger als 30 cm, so tritt an die Stelle des Höchstwertes τ_{03} der Höchstwert τ_{02} .

(4) Die erforderliche Schubbewehrung ist getrennt für die Teilwerte τ_0 bzw. τ_T nach Abschnitt 17.5.5 und τ_T nach Abschnitt 17.5.6 zu ermitteln. Die so errechneten Querschnittswerte der Schubbewehrung sind zu addieren.

17.6 Beschränkung der Rißbreite unter Gebrauchslast²⁵⁾

17.6.1 Allgemeines

(1) Zur Sicherung der Gebrauchsfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Stahlbetonteile ist die Rißbreite durch geeig-

²⁵⁾ Siehe Seite 1659

nete Wahl von Bewehrungsgrad, Stahlspannung und Bewehrungsanordnung dem Verwendungszweck entsprechend zu beschränken.

(2) Wenn die Konstruktionsregeln nach den Abschnitten 17.6.2 und 17.6.3 eingehalten werden, wird die Rißbreite in dem Maße beschränkt, daß das äußere Erscheinungsbild und die Dauerhaftigkeit von Stahlbetonteilen nicht beeinträchtigt werden.

(3) Die Konstruktionsregeln unterscheiden zwischen Anforderungen an Innenbauteile (siehe Tabelle 10, Zeile 1) und Bauteile in Umweltbedingung nach Tabelle 10, Zeilen 2 bis 4. Bei Bauteilen mit Umweltbedingungen nach Tabelle 10, Zeile 4, müssen auch dann die nachfolgenden Regeln eingehalten werden, wenn besondere Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 13.3 getroffen werden.

(4) Werden Anforderungen an die Wasserundurchlässigkeit gestellt, z.B. bei Flüssigkeitsbehältern und Weißen Wannen, sind im allgemeinen weitergehende Maßnahmen erforderlich.

(5) Bauteile, bei denen Risse zu erwarten sind, die über den gesamten Querschnitt reichen, bedürfen eines besonderen Schutzes nach Abschnitt 13.3, wenn auf sie stark chloridhaltiges Wasser (z.B. aus Tausalzanwendung) einwirkt.

(6) Als rißverteilende Bewehrung sind stets Betonrippenstähle zu verwenden.

17.6.2 Mindestbewehrung

(1) In den oberflächennahen Bereichen von Stahlbetonbauteilen, in denen Betonzugspannungen (auch unter Berücksichtigung von behinderten Verformungen, z.B. aus Schwinden, Temperatur und Bauwerksbewegungen) entstehen können, ist im allgemeinen eine Mindestbewehrung einzulegen.

(2) Auf eine Mindestbewehrung darf in den folgenden Fällen verzichtet werden:

- in Innenbauteilen nach Tabelle 10, Zeile 1, des üblichen Hochbaus,
- in Bauteilen, in denen Zwangsauswirkungen nicht auftreten können,
- in Bauteilen, für die nachgewiesen wird, daß die Zwangsschnittgröße die Rißschnittgröße nach Absatz (3) nicht erreichen kann. Dann ist die Bewehrung für die nachgewiesene Zwangsschnittgröße auf der Grundlage von Abschnitt 17.6.3 zu ermitteln,
- wenn breite Risse unbedenklich sind.

²⁵⁾ Die Grundlagen für Konstruktionsregeln und weitere Hinweise enthält das DAfStb-Heft 400

Tabelle 14. **Grenzdurchmesser d_s** (Grenzen für den Vergleichsdurchmesser d_{sv}) **in mm**. Nur einzuhalten, wenn die Werte der Tabelle 15 nicht eingehalten sind und stets einzuhalten bei Ermittlung der Mindestbewehrung nach Abschnitt 17.6.2

	1	2	3	4	5	6	7
1	Betonstahlspannung σ_s in N/mm ²	160	200	240	280	350	400 ²⁶⁾
2	Grenzdurchmesser in mm bei Umweltbedingungen nach Tabelle 10, Zeile 1	36	36	28	25	16	10
3	Zeilen 2 bis 4	28	20	16	12	8	5

Die Grenzdurchmesser dürfen im Verhältnis

$$\frac{d}{10(d-h)} \geq 1 \text{ vergrößert werden.}$$

d Bauteildicke
 h statische Nutzhöhe } jeweils rechtwinklig zur betrachteten Bewehrung

Bei Verwendung von Stabbündeln mit $d_{sv} > 36$ mm ist immer eine Hautbewehrung nach Abschnitt 18.11.3 erforderlich. Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

²⁶⁾ Hinsichtlich der Größe der Betonstahlspannung σ_s siehe Erläuterung zu Gleichung (18).

(3) Die Mindestbewehrung ist nach Gleichung (18) festzulegen. Mit dieser Mindestbewehrung wird die Rißschnittgröße aufgenommen. Dabei ist die Rißschnittgröße diejenige Schnittgröße M und N , die zu einer Randspannung gleich der Betonzugfestigkeit nach Gleichung (19) führt.

$$\mu_z = \frac{k_0 \cdot \beta_{bZ}}{\sigma_s} \quad (18)$$

Hierbei sind:

μ_z der auf die Zugzone A_{bZ} nach Zustand I bezogene Bewehrungsgehalt A_s/A_{bZ}

k_0 Beiwert zur Beschränkung der Breite von Erstrissen in Bauteilen

unter Biegezwang $k_0 = 0,4$

unter zentrischem Zwang $k_0 = 1,0$

σ_s Betonstahlspannung im Zustand II. Sie ist in Abhängigkeit vom gewählten Stabdurchmesser der Tabelle 14 zu entnehmen, darf jedoch folgenden Wert nicht überschreiten:

$$\sigma_s = 0,8 \beta_s$$

$$\beta_{bZ} = 0,25 \beta_{WN}^{2/3} \quad (19)$$

β_{WN} Nennfestigkeit nach Abschnitt 6.5. In Gleichung (19) ist die aus statischen oder betontechnologischen Gründen vorgesehene Nennfestigkeit, jedoch mindestens $\beta_{WN} = 35$ N/mm², einzusetzen.

(4) Bei Zwang im frühen Betonalter darf mit der dann vorhandenen, geringeren wirksamen Betonzugfestigkeit β_{bZw} gerechnet werden. Dann ist jedoch der Grenzdurchmesser nach Tabelle 14 im Verhältnis $\beta_{bZw}/2,1$ zu verringern.

(5) Für Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme ist die wirksame Betonzugfestigkeit β_{bZw} entsprechend der zeitlichen Entwicklung des Zwanges und der Betonzugfestigkeit zu wählen. Ohne genaueren Nachweis ist im Regelfall $\beta_{bZw} = 0,5 \beta_{bZ}$ mit β_{bZ} nach Gleichung (19) anzunehmen.

17.6.3 Regeln für die statisch erforderliche Bewehrung

(1) Die nach Abschnitt 17.2 ermittelte Bewehrung ist in Abhängigkeit von der Betonstahlspannung σ_s entweder nach Tabelle 14 oder nach Tabelle 15 anzuordnen. Sofern sich danach zu kleine Stabdurchmesser oder zu geringe Stababstände ergeben, ist der Bewehrungsquerschnitt gegenüber dem Wert nach Abschnitt 17.2 zu vergrößern, so daß sich eine kleinere Stahlspannung und damit größere Stabdurchmesser oder Stababstände ergeben. Diese Bewehrung braucht nicht zusätzlich zu der Bewehrung nach Abschnitt 17.6.2 eingelegt zu werden.

Tabelle 15. **Höchstwerte der Stababstände in cm.** Nur einzuhalten, wenn die Werte der Tabelle 14 nicht eingehalten sind.

	1	2	3	4	5	6
1	Betonstahlspannung σ_s in N/mm ²	160	200	240	280	350
2	Höchstwerte der Stababstände in cm bei Umweltbedingungen nach Tabelle 10,	Zeile 1	25	25	25	20
3		Zeilen 2 bis 4	25	20	15	10
						7

Für Platten ist Abschnitt 20.1.6.2 zu beachten.
Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

(Tabelle 16 ist entfallen)

- (2) Die Betonstahlspannung σ_s ist die Stahlspannung unter dem häufig wirkenden Lastanteil. Sie ist für Zustand II nach Gleichung (6) zu ermitteln. Zu den Schnittgrößen aus häufig wirkendem Lastanteil zählen solche aus ständiger Last, aus Zwang (wenn dessen Berücksichtigung in Normen gefordert ist), sowie nach Abschnitt 17.6.2 c) und aus einem abzuschätzenden Anteil der Verkehrslast. Wenn für den Anteil der Verkehrslast keine Werte in Normen angegeben sind, darf der häufig wirkende Lastanteil mit 70% der zulässigen Gebrauchslast, aber nicht kleiner als die ständige Last einschließlich Zwang, angesetzt werden.
- (3) Als Grenzdurchmesser d_s nach Tabelle 14 gilt – auch bei Betonstahlmatten mit Doppelstäben – der Durchmesser des Einzelstabes. Abweichend davon ist bei Stabbündeln nach Abschnitt 18.11 der Vergleichsdurchmesser d_{sv} zu ermitteln.

- (4) Die Stababstände nach Tabelle 15 gelten für die auf der Zugseite eines auf Biegung (mit oder ohne Druck) beanspruchten Bauteils liegende Bewehrung. Bei auf mittigen Zug beanspruchten Bauteilen dürfen die halben Werte der Stababstände nach Tabelle 15 nicht überschritten werden. Bei Beanspruchungen auf Biegung mit Längszug darf ein Stababstand zwischen den vorgenannten Grenzen gewählt werden.

17.7 Beschränkung der Durchbiegung unter Gebrauchslast

17.7.1 Allgemeine Anforderungen

Wenn durch zu große Durchbiegungen Schäden an Bau teilen entstehen können oder ihre Gebrauchsfähigkeit beeinträchtigt wird, so ist die Größe dieser Durchbiegungen entsprechend zu beschränken, soweit nicht andere bauliche Vorkehrungen zur Vermeidung derartiger Schäden getroffen werden. Der Nachweis der Beschränkung der Durchbiegung kann durch eine Begrenzung der Biegeschlankheit nach Abschnitt 17.7.2 geführt werden.

17.7.2 Vereinfachter Nachweis durch Begrenzung der Biegeschlankheit

- (1) Die Schlankheit l_i/h von biegebeanspruchten Bauteilen, die mit ausreichender Überhöhung der Schalung hergestellt sind, darf nicht größer als 35 sein. Bei Bauteilen, die Trennwände zu tragen haben, soll die Schlankheit $l_i/h \leq 150/l_i$ (l_i und h in m) sein, sofern störende Risse in den Trennwänden nicht durch andere Maßnahmen vermieden werden.

- (2) Bei biegebeanspruchten Bauteilen, deren Durchbiegung vorwiegend durch die im betrachteten Feld wirkende Belastung verursacht wird, kann die Ersatzstützweite $l_i = \alpha \cdot l$ in Rechnung gestellt werden als Stützweite eines frei drehbar gelagerten Balkens auf 2 Stützen mit konstantem Flächenmoment 2. Grades, der unter gleichmäßig verteilter Last das gleiche Verhältnis der Mittendurchbiegung zur Stützweite (l/l_i) und die gleiche Krümmung in Feldmitte (M/EI) besitzt

wie das zu untersuchende Bauteil. Beim Kragträger ist die Durchbiegung am Kragende und die Krümmung am Einspannquerschnitt für die Ermittlung der Ersatzstützweite maßgebend. Bei vierseitig gestützten Platten ist die kleinste Ersatzstützweite maßgebend, bei dreiseitig gestützten Platten die Ersatzstützweite parallel zum freien Rand.

- (3) Für häufig vorkommende Anwendungsfälle kann der Beiwert α DAFStb-Heft 240 entnommen werden.

17.7.3 Rechnerischer Nachweis der Durchbiegung

Zum Abschätzen der anfänglichen und nachträglichen Durchbiegung eines Bauteils dienen die in den Abschnitten 16.2 und 16.4 enthaltenen Grundlagen. Vereinfachte Berechnungsverfahren können DAFStb-Heft 240 entnommen werden.

17.8 Beschränkung der Stahlspannungen unter Gebrauchslast bei nicht vorwiegend ruhender Belastung

- (1) Bei Betonstabstahl III S und IV S darf unter der Gebrauchslast die Schwingbreite der Stahlspannungen folgende Werte nicht überschreiten,

- in geraden oder schwach gekrümmten Stababschnitten (Biegerollendurchmesser $d_{br} \geq 25 d_s$): 180 N/mm²,
- in gekrümmten Stababschnitten mit einem Biegerollendurchmesser $25 d_s > d_{br} > 10 d_s$: 140 N/mm²,
- in gekrümmten Stababschnitten mit einem Biegerollendurchmesser $d_{br} \leq 10 d_s$: 100 N/mm².

- (2) Beim Nachweis der Schwingbreite in der Schubbewehrung sind die Spannungen nach der Fachwerkanalogie zu ermitteln, wobei die Neigung der Druckstreben mit 45° anzusetzen ist. Der Anteil aus der nicht vorwiegend ruhenden Beanspruchung darf mit dem Faktor 0,60 abgemindert werden.

- (3) Bei Betonstahlmatten IV M und bei geschweißten Verbindungen nach Tabelle 24, Zeilen 5 bis 7 darf die Schwingbreite der Stahlspannungen allgemein bis zu 80 N/mm² betragen.

- (4) Betonstahlmatten mit tragenden Stäben $d_s \leq 4,5$ mm dürfen nur in Bauteilen mit vorwiegend ruhender Beanspruchung verwendet werden.

- (5) Ein vereinfachtes Verfahren für den Nachweis der Beschränkung der Stahlspannung unter Gebrauchslast bei nicht vorwiegend ruhender Belastung kann DAFStb - Heft 400 entnommen werden. Absätze (6) und (7) entfallen.

- (8) Erfährt die Bewehrung Wechselbeanspruchungen, so darf die Stahldruckspannung zur Vereinfachung gleich der 10fachen, im Schwerpunkt der Bewehrung auftretenden Betondruckspannung gesetzt werden. Diese darf hierfür unter der Annahme einer geradlinigen Spannungsverteilung nach Zustand I ermittelt werden.

17.9 Bauteile aus unbewehrtem Beton

(1) Die Tragfähigkeit von Druckgliedern aus unbewehrtem Beton ist unter Zugrundelegung der in den Bildern 11 und 13 angegebenen Dehnungsdiagramme zu ermitteln, wobei die Mitwirkung des Betons auf Zug nicht in Rechnung gestellt werden darf. Dabei darf eine klaffende Fuge höchstens bis zum Schwerpunkt des Gesamtquerschnitts entstehen.

(2) Der traglastmindernde Einfluß der Bauteilauslenkung ist abweichend von Abschnitt 17.4.1 auch für Schlankheiten $\lambda \leq 20$ zu berücksichtigen. Für die ungewollte Ausmitte e_v gilt Gleichung (13). DAfStb-Heft 220 enthält Diagramme, aus welchen die Traglasten unbewehrter Rechteck- bzw. Kreisquerschnitte für $\lambda \leq 70$ in Abhängigkeit von Lastausmitte und Schlankheit entnommen werden können. Für Bauteile mit Schlankheiten $\lambda > 70$ ist stets ein genauerer Nachweis nach Abschnitt 17.4.1 (1) mit Berücksichtigung des Kriechens zu führen.

(3) Die zulässige Last ist mit dem Sicherheitsbeiwert $\gamma = 2,1$ zu ermitteln. Es darf rechnerisch keine höhere Festigkeitsklasse des Betons als B 35 ausgenutzt werden; unbewehrte Bauteile aus Beton einer Festigkeitsklasse niedriger als B 10 dürfen nur bis zu einer Schlankheit $\lambda \leq 20$ ausgeführt werden.

(4) Die Einflüsse von Schlankheit und ungewollter Ausmitte auf die Tragfähigkeit von Druckgliedern aus unbewehrtem Beton dürfen näherungsweise durch Verringerung der ermittelten zulässigen Last mit dem Beiwert x nach Gleichung (20) berücksichtigt werden:

$$x = 1 - \frac{\lambda}{140} \cdot \left(1 + \frac{m}{3}\right) \quad (20)$$

Hierin sind:

$m = e/k$ bezogene Ausmitte des Lastangriffs im Gebrauchszustand;

$e = M/N$ größte planmäßige Ausmitte des Lastangriffs unter Gebrauchslast im mittleren Drittel des zugrunde gelegten Knickstabes;

$k = W_d/A_b$ Kernweite des Betonquerschnitts, bezogen auf den Druckrand (bei Rechteckquerschnitten $k = d/6$).

(5) Gleichung (20) darf für bezogene Ausmitten $m \leq 1,20$ nur bis $\lambda \leq 70$ angewendet werden; ihre Anwendung ist für $m \leq 1,50$ auf den Bereich $\lambda \leq 40$ und für $m \leq 1,80$ auf den Bereich $\lambda \leq 20$ zu begrenzen. Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.

(6) In Bauteilen aus unbewehrtem Beton darf eine Lastausbreitung bis zu einem Winkel von $26,5^\circ$, entsprechend einer Neigung 1:2 zur Lastrichtung, in Rechnung gestellt werden.

Tabelle 17. n -Werte für die Lastausbreitung

Bodenpressung σ_0 in kN/m^2	100	200	300	400	500
B 5	1,6	2,0	2,0	unzulässig	
B 10	1,1	1,6	2,0	2,0	2,0
B 15	1,0	1,3	1,6	1,8	2,0
B 25	1,0	1,0	1,2	1,4	1,6
B 35	1,0	1,0	1,0	1,2	1,3

(7) Bei unbewehrten Fundamenten (Gründungskörpern) darf für die Lastausbreitung anstelle einer Neigung 1:2 zur Lastrichtung eine Neigung 1: n in Rechnung gestellt werden. Die n -Werte sind in Abhängigkeit von der Betonfestigkeitsklasse und der Bodenpressung σ_0 in Tabelle 17 angegeben.

18 Bewehrungsrichtlinien

18.1 Anwendungsbereich

(1) Der Abschnitt 18 gilt, soweit nichts anderes gesagt ist, sowohl für vorwiegend ruhende als auch für nicht vorwiegend ruhende Belastung (siehe DIN 1055 Teil 3). Die in diesem Abschnitt geforderten Nachweise sind für Gebrauchslast zu führen.

(2) Die Abschnitte 18.2 bis 18.10 gelten für Einzelstäbe und Betonstahlmatten. Für Stabbündel ist Abschnitt 18.11 zu beachten.

18.2 Stababstände

Der lichte Abstand von gleichlaufenden Bewehrungsstäben außerhalb von Stoßbereichen muß mindestens 2 cm betragen und darf nicht kleiner als der Stabdurchmesser d_s sein. Dies gilt nicht für den Abstand zwischen einem Einzelstab und einem an die Querbewehrung (z. B. an einen Bügelschenkel) angeschweißten Längsstab mit $d_s \leq 12$ mm. Die Stäbe von Doppelstäben von Betonstahlmatten dürfen sich berühren.

18.3 Biegungen

18.3.1 Zulässige Biegerollendurchmesser

Die Biegerollendurchmesser d_{br} für Haken, Winkelhaken, Schlaufen, Bügel sowie für Aufbiegungen und andere gekrümmte Stäbe dürfen die Mindestwerte nach Tabelle 18 nicht unterschreiten.

18.3.2 Biegungen an geschweißten Bewehrungen

(1) Werden geschweißte Bewehrungsstäbe und Betonstahlmatten nach dem Schweißen gebogen, gelten die Werte der Tabelle 18 nur dann, wenn der Abstand zwischen Krümmungsbeginn und Schweißstelle mindestens $4 d_s$ beträgt.

(2) Dieser Abstand darf unter den folgenden Bedingungen unterschritten bzw. die Krümmung darf im Bereich der Schweißstelle angeordnet werden:

- bei vorwiegend ruhender Belastung bei allen Schweißverbindungen, wenn der Biegerollendurchmesser mindestens $20 d_s$ beträgt;
- bei nicht vorwiegend ruhender Belastung bei Betonstahlmatten, wenn der Biegerollendurchmesser bei auf der Krümmungsaußenseite liegenden Schweißpunkten mindestens $100 d_s$, bei auf der Krümmungsinnenseite liegenden Schweißpunkten mindestens $500 d_s$ beträgt.

18.3.3 Hin- und Zurückbiegen

(1) Das Hin- und Zurückbiegen von Betonstählen stellt für den Betonstahl und den umgebenden Beton eine zusätzliche Beanspruchung dar.

(2) Beim Kaltbiegen von Betonstählen sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

- Der Stabdurchmesser darf nicht größer als $d_s = 14$ mm sein. Ein Mehrfachbiegen, bei dem das Hin- und Zurückbiegen an derselben Stelle wiederholt wird, ist nicht zulässig.
- Bei vorwiegend ruhender Beanspruchung muß der Biegerollendurchmesser beim Hinbiegen mindestens das 1,5fache der Werte nach Tabelle 18, Zeile 2, betragen. Die Bewehrung darf höchstens zu 80% ausgenutzt werden.
- Bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung muß der Biegerollendurchmesser beim Hinbiegen mindestens $15 d_s$ betragen. Die Schwingbreite der Stahlspannung darf 50 N/mm^2 nicht überschreiten.

d) Verwahrkästen für Bewehrungsanschlüsse sind so auszubilden, daß sie weder die Tragfähigkeit des Betonquerschnitts noch den Korrosionsschutz der Bewehrung beeinträchtigen (siehe DAfStb-Heft 400 und DBV-Merkblatt „Rückbiegen“).

(3) Für das Warmbiegen von Betonstahl gilt Abschnitt 6.6.1. Bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung darf die Schwingbreite der Stahlspannung 50 N/mm^2 nicht überschreiten.

Tabelle 18. Mindestwerte der Biegerollendurchmesser d_{br}

	1	2
1	Stabdurchmesser d_s mm	Haken, Winkelhaken Schlaufen, Bügel
2	< 20	$4 d_s$
3	20 bis 28	$7 d_s$
4	Betondeckung (Mindestmaß) rechtwinklig zur Krümmungsebene	Aufbiegungen und andere Krümmungen von Stäben (z. B. in Rahmenecken) ²⁷⁾
5	$> 5 \text{ cm}$ und $> 3 d_s$	$15 d_s$ ²⁸⁾
6	$\leq 5 \text{ cm}$ oder $\leq 3 d_s$	$20 d_s$

²⁷⁾ Werden die Stäbe mehrerer Bewehrungslagen an einer Stelle abgebogen, sind für die Stäbe der inneren Lagen die Werte der Zeilen 5 und 6 mit dem Faktor 1,5 zu vergrößern.

²⁸⁾ Der Biegerollendurchmesser darf auf $d_{br} = 10 d_s$ vermindert werden, wenn das Mindestmaß der Betondeckung rechtwinklig zur Krümmungsebene und der Achsabstand der Stäbe mindestens 10 cm und mindestens $7 d_s$ betragen.

18.4 Zulässige Grundwerte der Verbundspannungen

(1) Die zulässigen Grundwerte der Verbundspannungen sind Tabelle 19 zu entnehmen. Sie gelten nur unter der Voraussetzung, daß der Verbund während des Erhärtings des Betons nicht ungünstig beeinflußt wird (z. B. durch Bewegen der Bewehrung).

(2) Die angegebenen Werte dürfen um 50 % erhöht werden, wenn allseits Querdruck oder eine allseitige durch Bewehrung gesicherte Betondeckung von mindestens $10 d_s$ vorhanden ist. Dies gilt nicht für die Übergreifungsstöße nach Abschnitt 18.6 und für Verankerungen am Endauflager nach Abschnitt 18.7.4.

(3) Verbundbereich I gilt für

- alle Stäbe, die beim Betonieren zwischen 45° und 90° gegen die Waagerechte geneigt sind,
- flacher als 45° geneigte Stäbe, wenn sie beim Betonieren entweder höchstens 25 cm über der Unterkante des Frischbetons oder mindestens 30 cm unter der Oberseite des Bauteils oder eines Betonierabschnittes liegen.

(4) Verbundbereich II gilt für

- alle Stäbe, die nicht dem Verbundbereich I zuzuordnen sind,
- alle Stäbe in Bauteilen, die im Gleitbauverfahren hergestellt werden. Für innerhalb der horizontalen Bewehrung angeordnete lotrechte Stäbe darf die Verbundspannung nach Tabelle 19, Zeile 2, um 30 % erhöht werden.

Tabelle 19. Zulässige Grundwerte der Verbundspannung zul τ_1 in N/mm^2

Verbundbereich	1	2	3	4	5	6
	Zulässige Grundwerte der Verbundspannung zul τ_1 in N/mm^2 für Festigkeitsklassen des Betons					
	B 15	B 25	B 35	B 45	B 55	
1	I	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0
2	II	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5

18.5 Verankerungen

18.5.1 Grundsätze

(1) Soweit nichts anderes gesagt wird, gelten die folgenden Angaben sowohl für Zug- als auch für Druckstäbe.

(2) Die Verankerung kann erfolgen durch

- a) gerade Stabenden,
- b) Haken, Winkelhaken, Schlaufen,
- c) angeschweißte Querstäbe,
- d) Ankerkörper.

(3) Ein der Verankerung dienender Querstab muß nach DIN 488 Teil 4 oder DIN 4099 angeschweißt werden. Die Scherfestigkeit der Schweißknoten muß mindestens 30 % der Nennstreckengrenze des dickeren Stabes betragen. Weiterhin muß die zur Verankerung vorgesehene Fläche des Querstabes je zu verankernden Stab mindestens $5 d_s^2$ betragen (d_s Durchmesser des zu verankernden Stabes).

18.5.2 Gerade Stabenden, Haken, Winkelhaken, Schlaufen oder angeschweißte Querstäbe

18.5.2.1 Grundmaß l_0 der Verankerungslänge

(1) Das Grundmaß l_0 ist die Verankerungslänge für voll ausgenutzte Bewehrungsstäbe mit geraden Stabenden.

(2) Für Betonstabstahl sowie für Betonstahlmatten errechnet sich l_0 nach Gleichung (21).

$$l_0 = \frac{F_s}{y \cdot u \cdot \text{zul } \tau_1} = \frac{d_s}{4 \cdot \text{zul } \tau_1} \cdot \frac{\beta_s}{y} = \alpha_0 \cdot d_s \quad (21)$$

Hierin sind:

F_s Zug- oder Druckkraft im Bewehrungsstab unter $\sigma_s = \beta_s$,

β_s Streckgrenze des Betonstabes nach Tabelle 6,

y rechnerischer Sicherheitsbeiwert $y = 1,75$,

d_s Nenndurchmesser des Bewehrungsstabes. Für Doppelstäbe von Betonstahlmatten ist der Durchmesser d_{sv} des querschnittsgleichen Einzelstabes einzusetzen ($d_{sv} = d_s \cdot \sqrt{2}$).

u Umfang des Bewehrungsstabes,

$\text{zul } \tau_1$ Grundwert der Verbundspannung nach Abschnitt 18.4, wobei $\text{zul } \tau_1$ über die Länge l_0 als konstant angenommen wird,

$\alpha_0 = \frac{\beta_s}{7 \cdot \text{zul } \tau_1}$ Beiwert, abhängig von Betonstahlsorte, Betonfestigkeitsklasse und Lage der Bewehrung beim Betonieren.

18.5.2.2 Verankerungslänge l_1

Die Verankerungslänge l_1 für Betonstabstahl sowie für Betonstahlmatten errechnet sich nach Gleichung (22).

$$l_1 = \alpha_1 \cdot \alpha_A \cdot l_0 \quad (22)$$

$\geq 10 d_s$ bei geraden Stabenden mit oder ohne angeschweißtem Querstab

$$\geq \frac{d_{br}}{2} + d_s \quad \text{bei Haken, Winkelhaken oder Schlaufen mit oder ohne angeschweißtem Querstab.}$$

Hierin sind:

α_1 Beiwert zur Berücksichtigung der Art der Verankerung nach Tabelle 20,

$\alpha_A = \frac{\text{erf } A_s}{\text{vorh } A_s}$ Beiwert,

abhängig vom Grad der Ausnutzung

$\text{erf } A_s$ rechnerisch erforderlicher Bewehrungsquerschnitt,

$\text{vorh } A_s$ vorhandener Bewehrungsquerschnitt,

d_{br} vorhandener Biegerollendurchmesser.

(Gleichung (23) entfällt.)

18.5.2.3 Querbewehrung im Verankerungsbereich

(1) Im Verankerungsbereich von Bewehrungsstäben müssen die infolge Sprengwirkung auftretenden örtlichen Querzugspannungen im Beton durch Querbewehrung aufgenommen werden, sofern nicht konstruktive Maßnahmen oder andere günstige Einflüsse (z.B. Querdruck) ein Aufspalten des Betons verhindern.

men werden, sofern nicht konstruktive Maßnahmen oder andere günstige Einflüsse (z.B. Querdruck) ein Aufspalten des Betons verhindern.

(2) Bei Platten genügt die in Abschnitt 20.1.6.3, bei Wänden die in Abschnitt 25.5.5.2 vorgeschriebene Querbewehrung. Sie muß bei Stäben mit $d_s \geq 16 \text{ mm}$ im Bereich der Verankerung außen angeordnet werden. Bei geschweißten Betonstahlmatten darf sie innen liegen. Bei Balken, Plattenbalken und Rippendecken reichen die nach Abschnitt 18.8.2 und bei Stützen die nach Abschnitt 25.2.2.2 erforderlichen Bügel als Querbewehrung aus.

18.5.3 Ankerkörper

(1) Ankerkörper sind möglichst nahe der Stirnfläche eines Bauteils, mindestens jedoch zwischen Stirnfläche und Auflagermitte anzuordnen. Sie sind so auszubilden, daß eine kraft- und formschlüssige Einleitung der Ankerkräfte sichergestellt ist. Die auftretenden Spaltkräfte sind durch Bewehrung aufzunehmen. Schweißverbindungen sind nach DIN 4099 auszuführen.

Tabelle 20. **Beiwerthe α_1**

	1	Art und Ausbildung der Verankerung	Beiwert α_1	
			Zugstäbe	Druckstäbe
1	a) Gerade Stabenden		1,0	1,0
2	b) Haken		0,7 (1,0)	1,0
	c) Winkelhaken			
	d) Schlaufen			
3	e) Gerade Stabenden mit mindestens einem angeschweißten Stab innerhalb l_1		0,7	0,7
4	f) Haken		0,5 (0,7)	1,0
	g) Winkelhaken			
	h) Schlaufen (Draufsicht)			
mit jeweils mindestens einem angeschweißten Stab innerhalb l_1 vor dem Krümmungsbereich				
5	i) Gerade Stabenden mit mindestens zwei angeschweißten Stäben innerhalb l_1 (Stababstand $s_q < 10 \text{ cm}$ bzw. $\geq 5 d_s$ und $\geq 5 \text{ cm}$) nur zulässig bei Einzelstäben mit $d_s \leq 16 \text{ mm}$ bzw. Doppelstäben mit $d_s \leq 12 \text{ mm}$		0,5	0,5

Die in Spalte 2 in Klammern angegebenen Werte gelten, wenn im Krümmungsbereich rechtwinklig zur Krümmungsebene die Betondeckung weniger als $3 d_s$ beträgt bzw. kein Querdruck oder keine enge Verbügelung vorhanden ist.

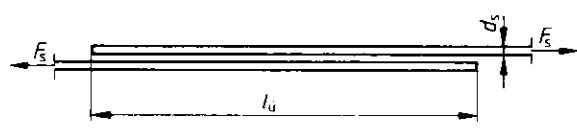
(2) Die Tragfähigkeit von Ankerkörpern ist durch Versuche nachzuweisen, falls die Betonpressungen die für Teilflächenbelastung zulässigen Werte (siehe Abschnitt 17.3.3) überschreiten. Dies gilt auch für die Verbindung Ankerkörper – Bewehrungsstahl, wenn diese nicht rechnerisch nachweisbar ist oder nicht vorwiegend ruhende Belastung vorliegt. In diesen Fällen dürfen Ankerkörper nur verwendet werden, wenn eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder im Einzelfall die Zustimmung der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde vorliegt.

18.6 Stöße

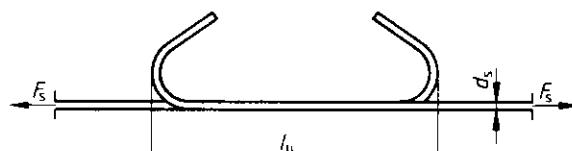
18.6.1 Grundsätze

(1) Stöße von Bewehrungen können hergestellt werden durch

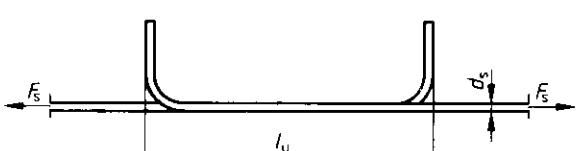
- a) Übergreifen von Stäben mit geraden Stabenden (siehe Bild 16 a), mit Haken (siehe Bild 16 b), Winkelhaken (siehe Bild 16 c) oder mit Schlaufen (siehe Bild 16 d) sowie mit geraden Stabenden und angeschweißten Querstäben, z. B. bei Betonstahlmatte,
 - b) Verschrauben,
 - c) Verschweißen,
 - d) Muffenverbindungen nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (z. B. Preßmuffen),
 - e) Kontakt der Stabstirnflächen (nur Druckstöße).
- (2) Liegen die gestoßenen Stäbe übereinander und wird die Bewehrung im Stoßbereich zu mehr als 80% ausgenutzt, so ist für die Bemessung nach Abschnitt 17.2 die statische Nutzhöhe der innenliegenden Stäbe zu verwenden.



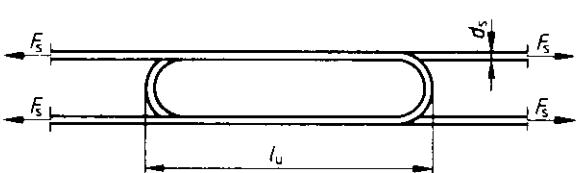
a) gerade Stabenden



b) Haken



c) Winkelhaken



d) Schlaufen

l_u siehe Abschnitt 18.6.3.2.

Bild 16. Beispiele für zugbeanspruchte Übergreifungsstöße

18.6.2 Zulässiger Anteil der gestoßenen Stäbe

- (1) Bei Stäben dürfen durch Übergreifen in einem Bauteilquerschnitt 100% des Bewehrungsquerschnitts einer Lage gestoßen werden. Verteilen sich die zu stoßenden Stäbe auf

mehrere Bewehrungslagen, dürfen ohne Längsversatz (siehe Abschnitt 18.6.3.1) jedoch höchstens 50% des gesamten Bewehrungsquerschnitts an einer Stelle gestoßen werden.

(2) Der zulässige Anteil der gestoßenen Tragstäbe von Betonstahlmatte wird in Abschnitt 18.6.4 geregelt.

(3) Querbewehrungen nach den Abschnitten 20.1.6.3 und 25.5.5.2 dürfen zu 100% in einem Schnitt gestoßen werden.

(4) Durch Verschweißen und Verschrauben darf die gesamte Bewehrung in einem Schnitt gestoßen werden.

(5) Durch Kontaktstoß darf in einem Bauteilquerschnitt höchstens die Hälfte der Druckstäbe gestoßen werden. Dabei müssen die nicht gestoßenen Stäbe einen Mindestquerquerschnitt $A_s = 0,008 A_b$ (A_b statisch erforderlicher Betonquerquerschnitt des Bauteils) aufweisen und sollen annähernd gleichmäßig über den Querschnitt verteilt sein. Hinsichtlich des erforderlichen Längsversatzes siehe Abschnitt 18.6.7.

18.6.3 Übergreifungsstöße mit geraden Stabenden, Haken, Winkelhaken oder Schlaufen

18.6.3.1 Längsversatz und Querabstand

Übergreifungsstöße gelten als längsversetzt, wenn der Längsabstand der Stoßmitten mindestens der 1,3fachen Übergreifungslänge l_u (siehe Abschnitte 18.6.3.2 und 18.6.3.3) entspricht. Der lichte Querabstand der Bewehrungsstäbe im Stoßbereich muß Bild 17 entsprechen.

18.6.3.2 Übergreifungslänge l_u bei Zugstößen

Die Übergreifungslänge l_u (siehe Bilder 16 a) bis d)) ist nach Gleichung (24) zu berechnen.

$$\begin{aligned} & \geq 20 \text{ cm in allen Fällen} \\ l_u &= \alpha_u \cdot l_1 \geq 15 d_s \text{ bei geraden Stabenden} \quad (24) \\ & \geq 1,5 d_{br} \text{ bei Haken, Winkel-} \\ & \quad \text{haken, Schlaufen} \end{aligned}$$

Hierin sind:

α_u Beiwert nach Tabelle 21; α_u muß jedoch stets mindestens 1,0 betragen,

l_1 Verankerungslänge nach Abschnitt 18.5.2.2. Für den Beiwert α_u darf jedoch kein kleinerer Wert als 0,7 in Rechnung gestellt werden.

d_{br} vorhandener Biegerollendurchmesser.

Tabelle 21. Beiwerte α_u ²⁹⁾

Verbundbereich	d_s	Anteil der ohne Längsversatz gestoßenen Tragstäbe am Querschnitt einer Bewehrungslage			Querbewehrung ³⁰⁾
		mm	$\leq 20\%$	$> 20\%$	
1	I	< 16	1,2	1,4	1,6
		≥ 16	1,4	1,8	2,2
3	II	75% der Werte von Verbundbereich I			1,0

29) Die Beiwerte α_u der Spalten 3 bis 5 dürfen mit 0,7 multipliziert werden, wenn der gegenseitige Achsabstand nicht längsversetzt ist (siehe Bild 17) $\geq 10 d_s$ und bei stabförmigen Bauteilen der Randabstand (siehe Bild 17) $\geq 5 d_s$ betragen.

30) Querbewehrung nach den Abschnitten 20.1.6.3 und 25.5.5.2.

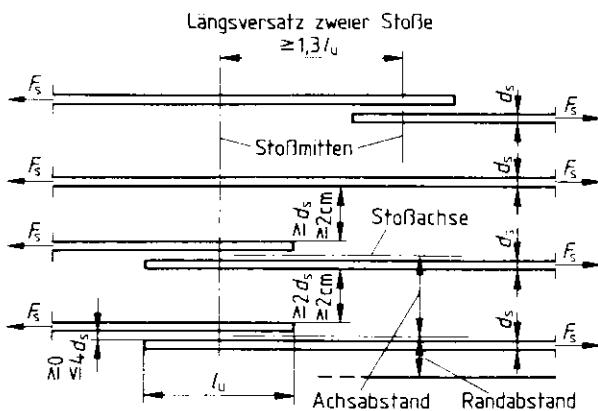


Bild 17. Längsversatz und Querabstand der Bewehrungsstäbe im Stoßbereich

18.6.3.3 Übergreifungslänge $l_{ü}$ bei Druckstößen

Die Übergreifungslänge muß mindestens l_0 nach Abschnitt 18.5.2.1 betragen. Abminderungen für Haken, Winkelhaken oder Schlaufen sind nicht zulässig.

18.6.3.4 Querbewehrung im Übergreifungsbereich von Tragstäben

(1) Im Bereich von Übergreifungsstößen muß zur Aufnahme der Querzugspannungen stets eine Querbewehrung angeordnet werden. Für die Bemessung und Anordnung sind folgende Fälle zu unterscheiden, wobei eine vorhandene Querbewehrung angerechnet werden darf:

a) Bezug auf das Bauteilinnere liegen die gestoßenen Stäbe nebeneinander und der Stabdurchmesser beträgt $d_s \geq 16 \text{ mm}$:

Werden in einem Schnitt mehr als 20 % des Querschnitts einer Bewehrungslage gestoßen, ist die Querbewehrung für die Kraft eines gestoßenen Stabes zu bemessen und außen anzordnen.

Werden in einem Schnitt mehr als 50 % des Querschnitts gestoßen und beträgt der Achsabstand benachbarter Stöße weniger als $10 d_s$, muß diese Querbewehrung die Stöße im Bereich der Stoßenden ($\approx l_{ü}/3$) bügelartig umfassen. Die Bügelschenkel sind mit der Verankerungslänge l_1 (siehe Abschnitt 18.5.2.2) oder nach den Regeln für Bügel (siehe Abschnitt 18.8.2) im Bauteilinneren zu verankern. Das bügelartige Umfassen ist nicht erforderlich,

wenn der Abstand der Stoßmitten benachbarter Stöße mit geraden Stabenden in Längsrichtung etwa $0,5 l_{ü}$ beträgt.

b) Bezug auf das Bauteilinnere liegen die gestoßenen Stäbe übereinander und der Stabdurchmesser ist beliebig. Die Stöße sind im Bereich der Stoßenden ($\approx l_{ü}/3$) bügelartig zu umfassen (siehe Bild 18). Die Bügelschenkel sind für die Kraft aller gestoßenen Stäbe zu bemessen. Für die Verankerung der Bügelschenkel gilt a).

c) In allen anderen Fällen genügt eine konstruktive Querbewehrung

(2) Im Bereich der Stoßenden darf der Abstand einer nachzuweisenden Querbewehrung in Längsrichtung höchstens 15 cm betragen. Für den Abstand der Bügelschenkel quer zur Stoßrichtung gilt Tabelle 26. Bei Druckstößen ist ein Bügel bzw. ein Stab der Querbewehrung vor dem jeweiligen Stoßende außerhalb des Stoßbereiches anzutragen.

18.6.4 Übergreifungsstöße von Betonstahlmatten

18.6.4.1 Ausbildung der Stöße von Tragstäben

Es werden Ein-Ebenen-Stöße (zu stoßende Stäbe liegen nebeneinander) und Zwei-Ebenen-Stöße (zu stoßende Stäbe liegen übereinander) unterschieden (siehe Bild 19). Die Anwendung dieser Stoßausbildungen ist in Tabelle 22 geregelt.

18.6.4.2 Ein-Ebenen-Stöße sowie Zwei-Ebenen-Stöße mit bügelartiger Umfassung der Tragbewehrung

Betonstahlmatten dürfen nach den Regeln für Stäbe nach Abschnitt 18.6.2, (1), (3) und (4) und Abschnitt 18.6.3 gestoßen werden. Die Übergreifungslänge $l_{ü}$ nach Gleichung (24) ist jedoch ohne Berücksichtigung der angeschweißten Querstäbe zu berechnen. Bei Doppelstabmatten ist der Beiwert $\alpha_{ü}$ für den dem Doppelstab querschnittsgleichen Einzelstabdurchmesser $d_{sv} = d_s \cdot \sqrt{2}$ zu ermitteln. Für die Quer- bzw. Umfassungsbewehrung im Stoßbereich gilt Abschnitt 18.6.3.4.

18.6.4.3 Zwei-Ebenen-Stöße ohne bügelartige Umfassung der Tragbewehrung

(1) Die Stöße sind möglichst in Bereichen anzutragen, in denen die Bewehrung nicht mehr als 80 % ausgenutzt wird. Ist diese Anforderung bei Matten mit einem Bewehrungsquerschnitt $a_s \geq 6 \text{ cm}^2/\text{m}$ nicht einzuhalten und ein Nachweis zur Beschränkung der Rißbreite erforderlich, muß dieser an der Stoßstelle mit einer um 25 % erhöhten Stahlspannung unter häufig wirkendem Lastanteil geführt werden.

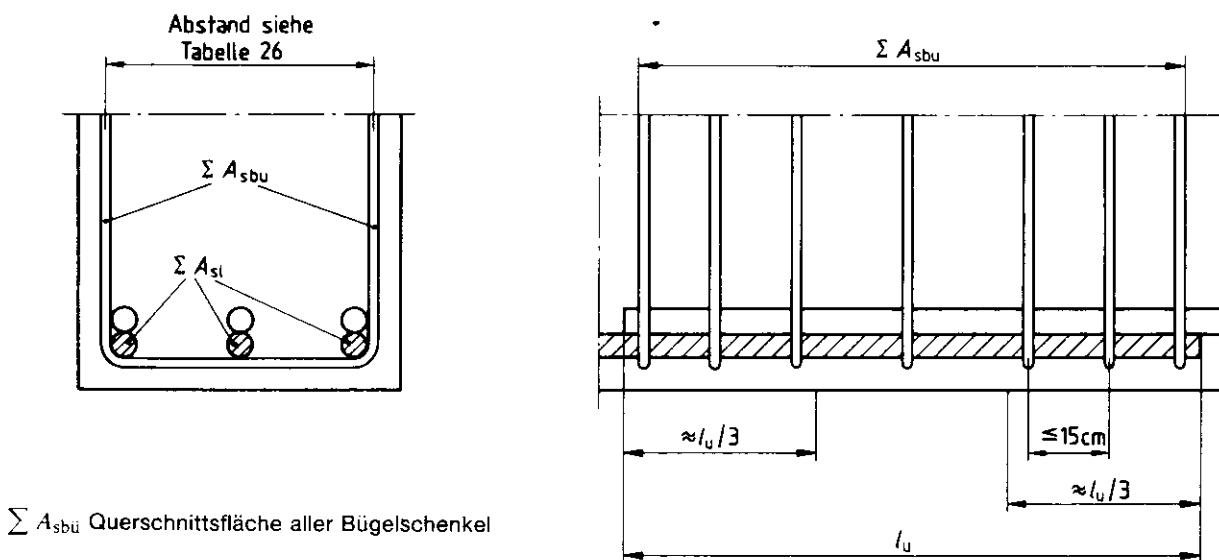


Bild 18. Beispiel für die Anordnung von Bügeln im Stoßbereich von übereinanderliegenden zugbeanspruchten Stäben

Tabelle 22. Zulässige Belastungsart und maßgebende Bestimmungen für Stöße von Tragstäben bei Betonstahlmatten

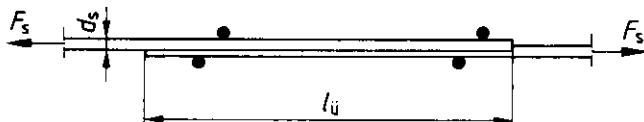
	1 Stoßart	2 Querschnitt der zu stoßenden Matte a_s	3 zulässige Belastungsart	4 Ausbildung nach Abschnitt
1	Ein-Ebenen-Stoß	beliebig	vorwiegend ruhende und nicht vorwiegend ruhende Belastung	18.6.4.2
2	Zwei-Ebenen-Stoß mit bügelartiger Umfassung der Tragstäbe			
3	Zwei-Ebenen-Stoß ohne bügelartige Umfassung der Tragstäbe	$\leq 6 \text{ cm}^2/\text{m}$	vorwiegend ruhende Belastung	18.6.4.3
4		$> 6 \text{ cm}^2/\text{m}$		

- (2) Betonstahlmatten mit einem Bewehrungsquerschnitt $a_s \leq 12 \text{ cm}^2/\text{m}$ dürfen stets in einem Querschnitt gestoßen werden. Stöße von Matten mit größerem Bewehrungsquerschnitt sind nur in der inneren Lage bei mehrlagiger Bewehrung zulässig, wobei der gestoßene Anteil nicht mehr als 60% des erforderlichen Bewehrungsquerschnitts betragen darf.
- (3) Bei mehrlagiger Bewehrung sind die Stöße der einzelnen Lagen stets mindestens um die 1,3fache Übergreifungslänge in Längsrichtung gegeneinander zu versetzen.
- (4) Eine zusätzliche Querbewehrung im Stoßbereich ist nicht erforderlich.
- (5) Die Übergreifungslänge l_u von zugbeanspruchten Betonstahlmatten (siehe Bild 19 a) ist nach Gleichung (24) zu ermitteln, wobei α_1 stets mit 1,0 einzusetzen und der Beiwert $\alpha_{\text{ü}}$ durch $\alpha_{\text{üII}}$ nach den Gleichungen (25a) und (25b) zu ersetzen ist.

$$\text{Verbundbereich I: } \alpha_{\text{üI}} = 0,5 + \frac{a_s}{7} \geq 1,1 \quad (25a)$$

$$\text{Verbundbereich II: } \alpha_{\text{üII}} = 0,75 \cdot \alpha_{\text{üI}} \geq 1,0 \quad (25b)$$

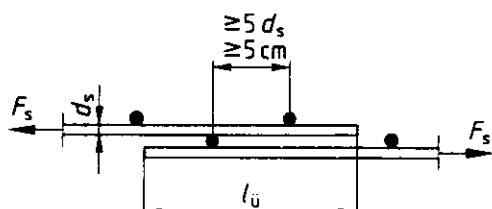
Dabei ist a_s der Bewehrungsquerschnitt der zu stoßenden Matte in cm^2/m .



a) Ein-Ebenen-Stoß



b) Zwei-Ebenen-Stoß



c) Übergreifungsstoß der Querbewehrung

Bild 19. Beispiele für Übergreifungsstöße von Betonstahlmatten

- (6) Die Übergreifungslänge von druckbeanspruchten Betonstahlmatten muß mindestens l_0 (siehe Abschnitt 18.5.2.1) betragen.

18.6.4.4 Übergreifungsstöße von Stäben der Querbewehrung

Übergreifungsstöße von Stäben der Querbewehrung nach Abschnitt 20.1.6.3 und 25.5.5.2 dürfen ohne bügelartige Umfassung als Ein-Ebenen- oder Zwei-Ebenen-Stöße ausgeführt werden. Die Übergreifungslänge l_u richtet sich nach Tabelle 23, wobei innerhalb l_u mindestens zwei sich gegenseitig abstützende Stäbe der Längsbewehrung mit einem Abstand von $\geq 5 d_s$ bzw. $\geq 5 \text{ cm}$ vorhanden sein müssen (siehe Bild 19 c).

Tabelle 23. Erforderliche Übergreifungslänge l_u

	1 Stabdurchmesser der Querbewehrung d_s mm	2 Erforderliche Übergreifungslänge l_u cm
1	$\leq 6,5$	≥ 15
2	$> 6,5$ $\leq 8,5$	≥ 25
3	$> 8,5$ $\leq 12,0$	≥ 35

18.6.5 Verschraubte Stöße

- (1) Die Verbindungsmittel (Muffen, Spannschlösser) müssen mindestens

- eine Streckgrenzlast entsprechend $1,0 \cdot \beta_S \cdot A_s$ und
- eine Bruchlast entsprechend $1,2 \cdot \beta_Z \cdot A_s$

aufweisen. Dabei sind β_S bzw. β_Z die Nennwerte der Streckgrenze bzw. Zugfestigkeit nach Tabelle 6 und A_s der Nennquerschnitt des gestoßenen Stabes. Für die Größe der Betondeckung und den lichten Abstand der Verbindungsmittel im Stoßbereich gelten die Werte nach Abschnitt 13.2 bzw. Abschnitt 18.2, wobei als Bezugsgröße der Durchmesser des gestoßenen Stabes gilt.

- (2) Aufstauchungen der gestoßenen Stäbe zur Vergrößerung des Kernquerschnitts sind mit einem Übergang mit der Neigung $\leq 1:3$ zulässig (siehe Bild 20). Die zusätzlich zur elastischen Dehnung auftretende Verformung (Schlupf an beiden Muffenenden) darf unter Gebrauchslast höchstens 0,1 mm betragen. Bei aufgerolltem Gewinde darf der Kernquerschnitt voll, bei geschnittenem Gewinde nur mit 80% in Rechnung gestellt werden.

- (3) Bei nicht vorwiegend ruhender Belastung ist stets ein Nachweis der Wirksamkeit der Stoßverbindungen durch Versuche erforderlich.

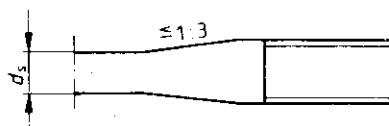


Bild 20. Aufgestauchtes Stabende mit Gewinde für verschraubten Stoß

18.6.6 Geschweißte Stöße

(1) Geschweißte Stöße sind nach DIN 4099 herzustellen. Sie dürfen mit dem Nennquerschnitt des (kleineren) gestoßenen Stabes in Rechnung gestellt werden. Die von der nicht vorwiegend ruhenden Belastung verursachte Schwingbreite der Stahlspannungen darf nicht mehr als 80 N/mm^2 betragen.

(2) Es dürfen die in Tabelle 24 aufgeführten Schweißverfahren für die genannten Anwendungsfälle eingesetzt werden. Bei übereinander liegenden Stäben von Überlappstößen gilt hinsichtlich der Verbügelung Abschnitt 18.6.3.4 b) sinngemäß. Bei allen anderen Überlappstößen genügt eine konstruktive Querbewehrung.

18.6.7 Kontaktstöße

(1) Druckstäbe mit $d_s \geq 20 \text{ mm}$ dürfen in Stützen durch Kontakt der Stabstirnflächen gestoßen werden, wenn sie beim Betonieren lotrecht stehen, die Stützen an beiden Enden unverschieblich gehalten sind und die gestoßenen Stäbe auch unter Berücksichtigung einer Beanspruchung nach Abschnitt 17.4 zwischen den gehaltenen Enden der Stützen nur Druck erhalten. Der zulässige Stoßanteil ist in Abschnitt 18.6.2 geregelt.

(2) Die Stöße sind gleichmäßig über den auf Druck beanspruchten Querschnittsbereich zu verteilen und müssen in den äußeren Vierteln der Stützenlänge angeordnet werden. Sie gelten als längsversetzt, wenn der Abstand der Stoßstellen in Längsrichtung mindestens $1,3 \cdot l_0$ (l_0 nach Gleichung

(21)) beträgt. Jeder Bewehrungsstab darf nur einmal innerhalb der gehaltenen Stützenenden gestoßen werden.

(3) Die Stabstirnflächen müssen rechtwinklig zur Längsachse gesägt und entgratet sein. Ihr mittiger Sitz ist durch eine feste Führung zu sichern, die die Stoßfuge vor dem Betonieren teilweise sichtbar lässt.

18.7 Biegezugbewehrung

18.7.1 Grundsätze

(1) Die Biegezugbewehrung ist so zu führen, daß in jedem Schnitt die Zugkraftlinie (siehe Abschnitt 18.7.2) abgedeckt ist.

(2) Die Biegezugbewehrung darf bei Plattenbalken- und Hohlkastenquerschnitten in der Platte höchstens auf einer Breite entsprechend der halben mitwirkenden Plattenbreite nach Abschnitt 15.3 angeordnet werden. Im Steg muß jedoch zur Beschränkung der Rißbreite ein angemessener Anteil verbleiben. Die Berechnung der Anschlußbewehrung für eine in der Platte angeordnete Biegezugbewehrung richtet sich nach Abschnitt 18.8.5.

18.7.2 Deckung der Zugkraftlinie

(1) Die Zugkraftlinie ist die in Richtung der Bauteilachse um das Versatzmaß v verschobene $(M_s/2 + N)$ -Linie (siehe Bilder 21 und 22 für reine Biegung). M_s ist dabei das auf die Schwerachse der Biegezugbewehrung bezogene Moment und N die Längskraft (als Zugkraft positiv). Längszugkräfte müssen, Längsdruckkräfte dürfen bei der Zugkraftlinie berücksichtigt werden. Die Zugkraftlinie ist stets so zu ermitteln, daß sich eine Vergrößerung der $(M_s/2 + N)$ -Fläche ergibt.

(2) Bei veränderlicher Querschnittshöhe ist für die Bestimmung von v die Nutzhöhe h des jeweils betrachteten Schnittes anzusetzen.

(3) Das Versatzmaß v richtet sich nach Tabelle 25.

Tabelle 24. Zulässige Schweißverfahren und Anwendungsfälle

	1	2	3	4
	Belastungsart	Schweißverfahren	Zugstäbe	Druckstäbe
1		Abbrennstumpfschweißen (RA)	Stumpfstoß	
2		Gaspreßschweißen (GP)	Stumpfstoß mit $d_s \geq 14 \text{ mm}$	
3	vorwiegend ruhend	Lichtbogenhandschweißen (E) ³¹⁾ Metall-Aktivgasschweißen (MAG) ³²⁾	Laschenstoß Überlappstoß Kreuzungsstoß ³³⁾ Verbindung mit anderen Stahlteilen	Stumpfstoß mit $d_s \geq 20 \text{ mm}$
4		Widerstandspunktschweißen (RP) (mit Einpunktschweißmaschine)	Überlappstoß mit $d_s \leq 12 \text{ mm}$ Kreuzungsstoß ³³⁾	
5		Abbrennstumpfschweißen (RA)	Stumpfstoß	
6	nicht vorwiegend ruhend	Gaspreßschweißen (GP)	Stumpfstoß mit $d_s \geq 14 \text{ mm}$	
7		Lichtbogenhandschweißen (E) Metall-Aktivgasschweißen (MAG)		Stumpfstoß mit $d_s \geq 20 \text{ mm}$

³¹⁾ Der Nenndurchmesser von Mattenstäben muß mindestens 8 mm betragen.

³²⁾ Der Nenndurchmesser von Mattenstäben muß mindestens 6 mm betragen.

³³⁾ Bei tragenden Verbindungen $d_s \leq 16 \text{ mm}$.

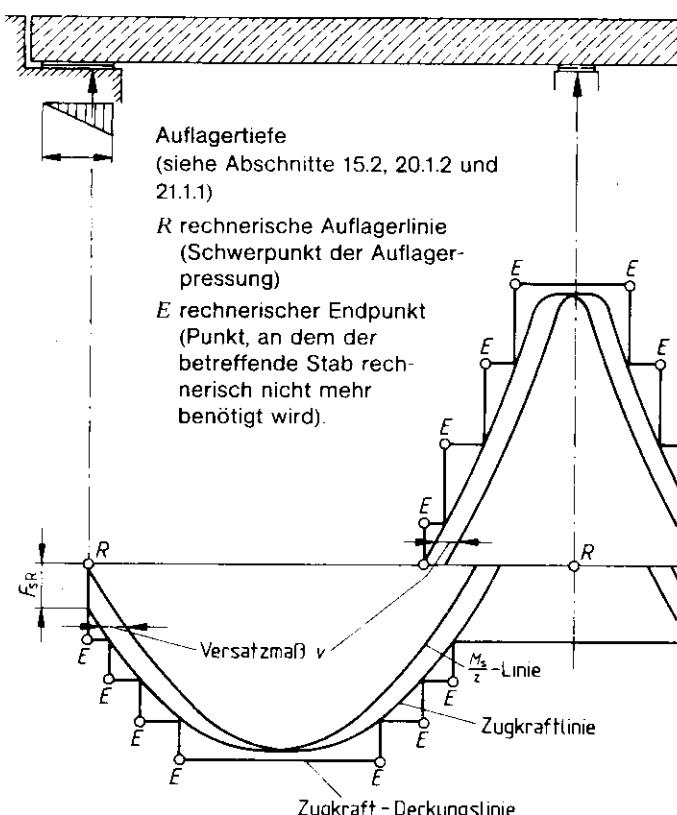


Bild 21. Beispiel für eine Zugkraft-Deckungslinie bei reiner Biegung

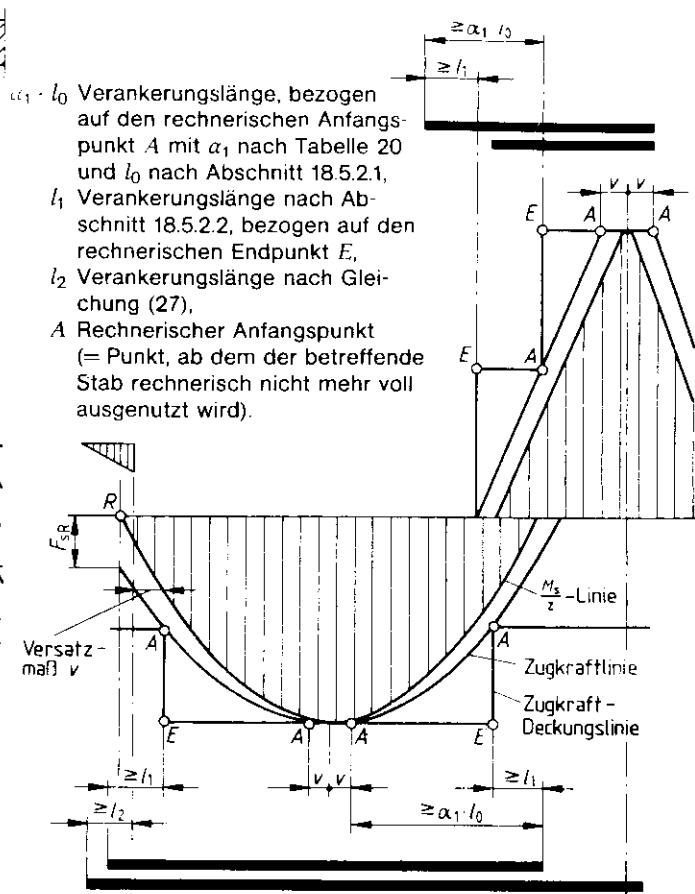


Bild 22. Beispiel für eine gestaffelte Bewehrung bei Platten mit Bewehrungsstäben $d_s < 16 \text{ mm}$ bei reiner Biegung

Tabelle 25. Versatzmaß v

	1	2	3
Anordnung der Schubbewehrung ³⁴⁾			Versatzmaß v bei
		voller Schubdeckung ³⁵⁾	verminderter Schubdeckung ³⁵⁾
1	schräg Abstand $\leq 0,25 h$		
	0,25 h	0,5 h	
2	schräg Abstand $> 0,25 h$		
3	schräg und annähernd rechtwinklig zur Bauteilachse	0,5 h	0,75 h
4	annähernd rechtwinklig zur Bauteilachse	0,75 h	1,0 h

³⁴⁾ „schräg“ bedeutet: Neigungswinkel zwischen Bauteilachse und Schubbewehrung 45° bis 60° ; „annähernd rechtwinklig“ bedeutet: Neigungswinkel zwischen Bauteilachse und Schubbewehrung $> 60^\circ$.

³⁵⁾ Siehe Abschnitte 17.5.4 und 17.5.5.

- (4) Im Schubbereich 1 darf das Versatzmaß bei Balken und Platten mit Schubbewehrung vereinfachend zu $v = 0,75 h$

angenommen werden, es muß bei Platten ohne Schubbewehrung $v = 1,0 h$ betragen.

(5) Wird bei Plattenbalken ein Teil der Biegezugbewehrung außerhalb des Steges angeordnet, so ist das Versatzmaß v der ausgelagerten Stäbe jeweils um den Abstand vom Stegrand zu vergrößern.

(6) Zur Zugkraftdeckung nicht mehr benötigte Bewehrungsstäbe dürfen gerade enden (gestaffelte Bewehrung) oder auf- bzw. abgebogen werden.

(7) Die Deckung der Zugkraftlinie ist bei gestaffelter Bewehrung oder im Schubbereich 3 (siehe Abschnitt 17.5.5) mindestens genähert nachzuweisen.

18.7.3 Verankerung außerhalb von Auflagern

(1) Die Verankerungslänge gestaffelter bzw. auf- oder abgebogener Stäbe, die nicht zur Schubsicherung herangezogen werden, beträgt $\alpha_1 \cdot l_0$ (α_1 nach Tabelle 20, l_0 nach Abschnitt 18.5.2.1) und ist vom rechnerischen Endpunkt E (siehe Bild 21) nach den Bildern 23 a) oder b) zu messen.

(2) Bei Platten mit Stabdurchmessern $d_s < 16 \text{ mm}$ darf davon abweichend für die vom rechnerischen Endpunkt E gemessene Verankerungslänge das Maß l_1 nach Abschnitt 18.5.2.2 eingesetzt werden, wenn nachgewiesen wird, daß die vom rechnerischen Anfangspunkt A aus gemessene Verankerungslänge den Wert $\alpha_1 \cdot l_0$ nicht unterschreitet (siehe Bild 22).

(3) Aufgebogene oder abgebogene Stäbe, die zur Schubsicherung herangezogen werden, sind im Bereich von Betonzugspannungen mit $1,3 \cdot \alpha_1 \cdot l_0$, im Bereich von Betondruckspannungen mit $0,6 \cdot \alpha_1 \cdot l_0$ zu verankern (siehe Bilder 23 c) und d)).

18.7.4 Verankerung an Endauflagern

(1) An frei drehbaren oder nur schwach eingespannten Endauflagern ist eine Bewehrung zur Aufnahme der Zugkraft F_{sR} nach Gleichung (26) erforderlich, es muß jedoch mindestens ein Drittel der größten Feldbewehrung vorhanden sein. Für Platten ohne Schubbewehrung ist zusätzlich Abschnitt 20.1.6.2 zu beachten.

$$F_{sR} = Q_R \cdot \frac{v}{h} + N \quad (26)$$

(2) Diese Bewehrung ist hinter der Auflagervorderkante bei direkter Auflagerung mit der Verankerungslänge l_2 nach Gleichung (27)

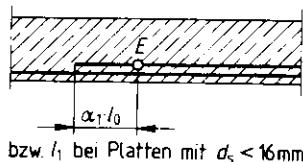
$$l_2 = \frac{2}{3} l_1 \geq 6 d_s \quad (27)$$

bei indirekter Lagerung mit der Verankerungslänge l_3 nach Gleichung (28) zu verankern, in allen Fällen jedoch mindestens über die rechnerische Auflagerlinie zu führen.

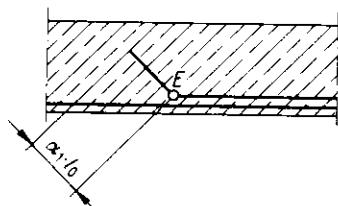
$$l_3 = l_1 \geq 10 d_s \quad (28)$$

(3) Dabei ist l_1 die Verankerungslänge nach Abschnitt 18.5.2.2; d_s ist bei Betonstahlmatten aus Doppelstäben auf den Durchmesser des Einzelstabes zu beziehen.

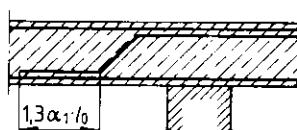
(4) Ergibt sich bei Betonstahlmatten erf A_s /vorh $A_s \leq 1/3$, so genügt zur Verankerung mindestens ein Querstab hinter der rechnerischen Auflagerlinie.



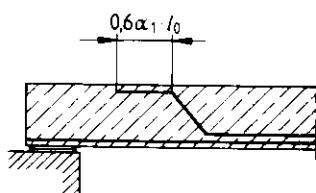
a) Gestaffelte Stäbe



b) Aufbiegungen, die nicht zur Schubdeckung herangezogen werden



c) Schubabbiegung, verankert im Bereich von Betonzugspannungen



d) Schubaufbiegung, verankert im Bereich von Betondruckspannungen

Bild 23. Beispiele für Verankerungen außerhalb von Auflagern

18.7.5 Verankerung an Zwischenauflagern

(1) An Zwischenauflagern von durchlaufenden Platten und Balken, an Endauflagern mit anschließenden Kragarmen, an eingespannten Auflagern und an Rahmenecken ist mindestens ein Viertel der größten Feldbewehrung mindestens um das Maß $6 d_s$ bis hinter die Auflagervorderkante zu führen. Für Platten ohne Schubbewehrung ist zusätzlich Abschnitt 20.1.6.2 zu beachten.

(2) Zur Aufnahme rechnerisch nicht berücksichtigter Beanspruchungen (z.B. Brandeinwirkung, Stützensenkung) empfiehlt es sich jedoch, den im Absatz (1) geforderten Anteil der Feldbewehrung durchzuführen oder über dem Auflager kraftschlüssig zu stoßen, insbesondere bei Auflagerung auf Mauerwerk.

18.8 Schubbewehrung

18.8.1 Grundsätze

(1) Die nach Abschnitt 17.5 erforderliche Schubbewehrung muß den Zuggurt mit der Druckzone zugfest verbinden und ist in der Zug- und Druckzone nach den Abschnitten 18.8.2 oder 18.8.3 oder 18.8.4 zu verankern. Die Verankerung muß in der Druckzone zwischen dem Schwerpunkt der Druckzonenfläche und dem Druckrand erfolgen; dies gilt als erfüllt, wenn die Schubbewehrung über die ganze Querschnittshöhe reicht. In der Zugzone müssen die Verankerungselemente möglichst nahe am Zugrand angeordnet werden.

(2) Die Schubbewehrung kann bestehen

- aus vertikalen oder schrägen Bügeln (siehe Abschnitt 18.8.2),
- aus Schrägstäben (siehe Abschnitt 18.8.3),
- aus vertikalen oder schrägen Schubzulagen (siehe Abschnitt 18.8.4),
- aus einer Kombination der vorgenannten Elemente.

(3) Die Schubbewehrung ist mindestens dem Verlauf der Bemessungswerte τ entsprechend zu verteilen. Dabei darf das Schubspannungsdigramm nach Bild 24 abgestuft abgedeckt werden, wobei jedoch die Einschnittslängen l_E die Werte

$$l_E = 1,0 h \text{ für die Schubbereiche 1 und 2 bzw.}$$

$$l_E = 0,5 h \text{ für den Schubbereich 3}$$

nicht überschreiten dürfen und jeweils die Fläche A_A mindestens gleich der Fläche A_E sein muß.

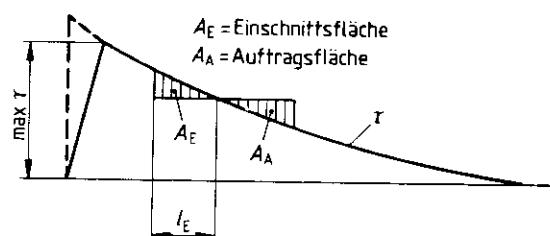


Bild 24. Zulässiges Einschneiden des Schubspannungsdigrammes

(4) Für die Schubbewehrung in punktförmig gestützten Platten siehe Abschnitt 22.

18.8.2 Bügel

18.8.2.1 Ausbildung der Bügel

(1) Bügel müssen bei Balken und Plattenbalken die Biegezugbewehrung und die Druckzone umschließen. Sie können aus Einzelementen zusammengesetzt werden. Werden in Platten Bügel angeordnet, so müssen sie mindestens die Hälfte der Stäbe der äußersten Bewehrungslage umfassen und brauchen die Druckzone nicht zu umschließen.

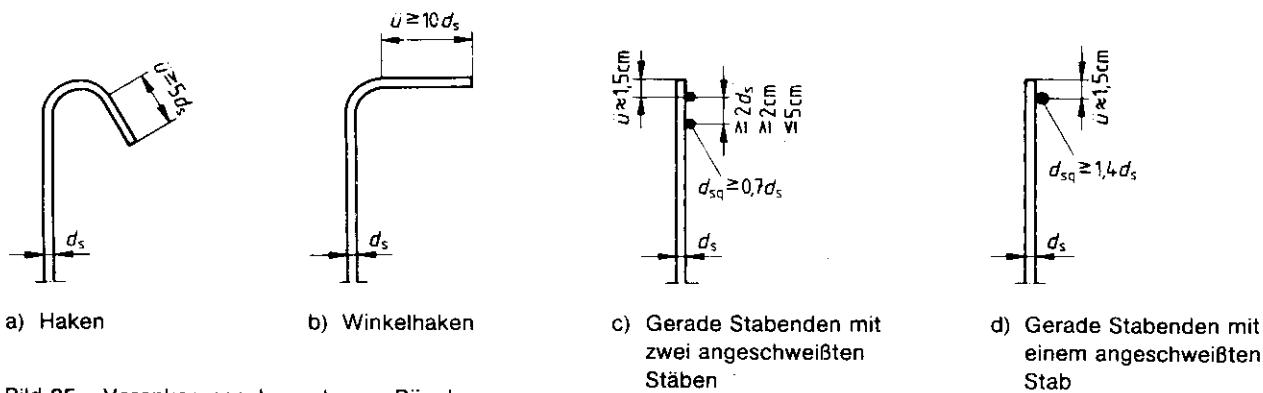
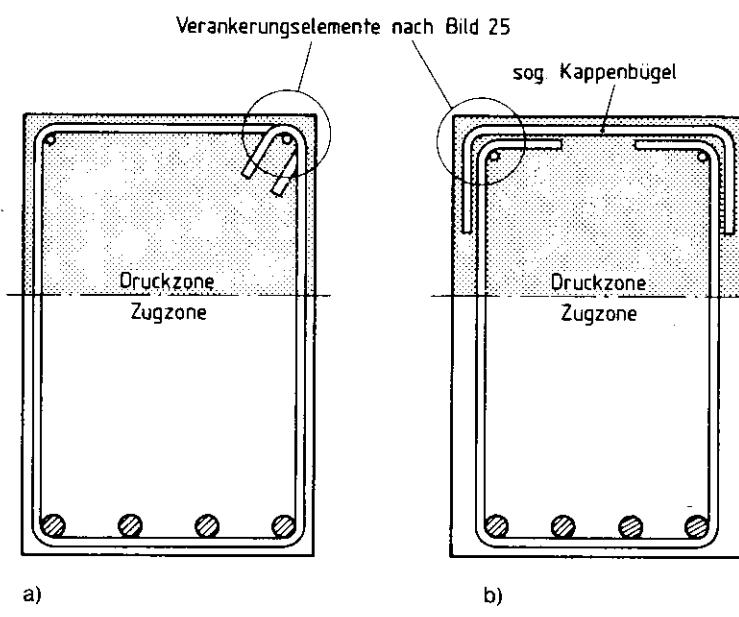
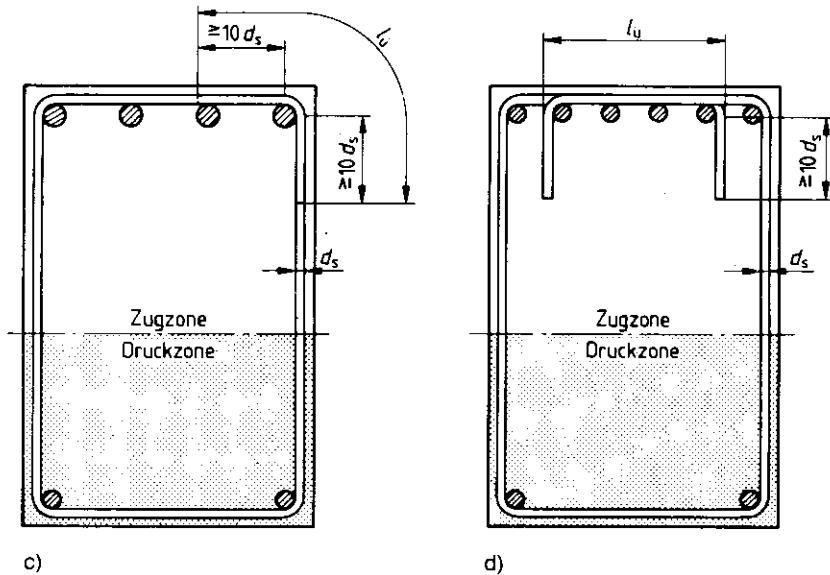


Bild 25. Verankerungselemente von Bügeln



Schließen in der Druckzone



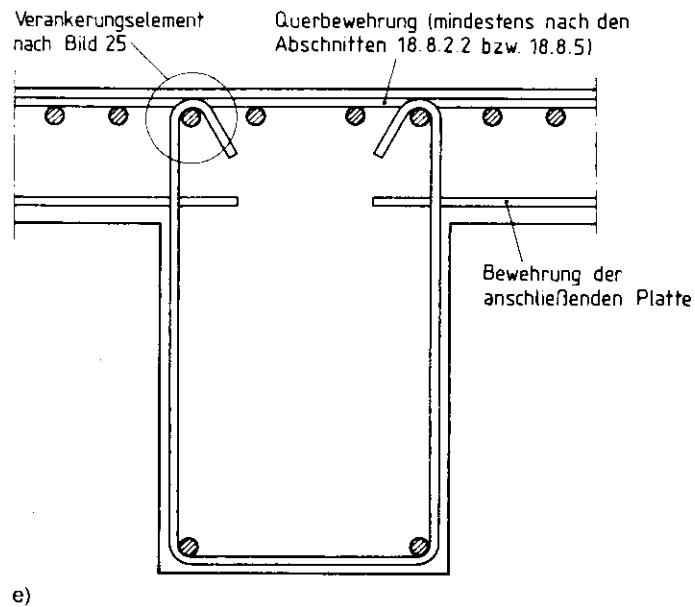
Schließen in der Zugzone

l_u nach den Abschnitten 18.6.3
bzw. 18.6.4. Beiwert $\alpha_1 = 0,7$
nur zulässig, wenn an den Bügelerenden Haken oder Winkelhaken
angeordnet werden.

l_u nach den Abschnitten 18.6.3
bzw. 18.6.4 mit $\alpha_1 = 0,7$.

Bild 26. Beispiele für das Schließen von Bügeln

Schließen in der Zugzone



e)

Schließen bei Plattenbalken im Bereich der Platte
(in der Druck- und Zugzone zulässig)

Bild 26. Beispiele für das Schließen von Bügeln (Fortsetzung)

- (2) Bügel dürfen abweichend von Abschnitt 18.5 in der Zug- und Druckzone mit Verankerungselementen nach Bild 25 verankert werden. Verankerungen nach den Bildern 25 c) und d) sind nur zulässig, wenn durch eine ausreichende Betondeckung die Sicherheit gegenüber Abplatzungen sichergestellt ist. Dies gilt als erfüllt, wenn die seitliche Betondeckung (Mindestmaß) der Bügel im Verankerungsbereich mindestens $3 d_s$ (d_s Bügeldurchmesser) und mindestens 5 cm beträgt, bei geringeren Betondeckungen ist die ausreichende Sicherheit durch Versuche nachzuweisen. Für die Scherfestigkeit der Schweißknoten gilt DIN 488 Teil 1, für die Ausführung der Schweißung DIN 488 Teil 4 bzw. DIN 4099.
- (3) Bei Balken sind die Bügel in der Druckzone nach den Bildern 26 a) oder b), in der Zugzone nach den Bildern 26 c) oder d) zu schließen.
- (4) Bei Plattenbalken dürfen die Bügel im Bereich der Platte stets mittels durchgehender Querstäbe nach Bild 26 e) geschlossen werden.
- (5) Bei Druckgliedern siehe Abschnitt 25.1.

(6) Die Abstände der Bügel und der Querstäbe zum Schließen der Bügel nach Bild 26 e) in Richtung der Biegezugbewehrung sowie die Abstände der Bügelschenkel quer dazu dürfen die Werte der Tabelle 26 nicht überschreiten (die kleineren Werte sind maßgebend).

(7) Die Ausbildung der Übergreifungsstöße von Bügeln im Stegbereich richtet sich nach Abschnitt 18.6.

(8) Bei feingliedrigen Fertigteilen üblicher Hochbauten nach Abschnitt 2.2.4 darf für Bügel auch kaltverformter Draht nach Abschnitt 6.6.3 (2) verwendet werden. Dabei ist die Bemessung jedoch stets mit $\beta_s = 220 \text{ N/mm}^2$ durchzuführen.

18.8.2.2 Mindestquerschnitt

In Balken, Plattenbalken und Rippendecken (Ausnahmen siehe Abschnitt 17.5.5) sind stets Bügel anzurufen, deren Mindestquerschnitt mit dem Bemessungswert $\tau_{bÜ}$ nach Gleichung (29) zu ermitteln ist.

$$\tau_{bÜ} = 0,25 \tau_0$$

Dabei ist τ_0 der Grundwert der Schubspannung nach Abschnitt 17.5.3.

18.8.3 Schrägstäbe

- (1) Schrägstäbe können als Schubbewehrung angerechnet werden, wenn ihr Abstand von der rechnerischen Auflagerlinie bzw. untereinander in Richtung der Bauteillängsachse Bild 27 entspricht.

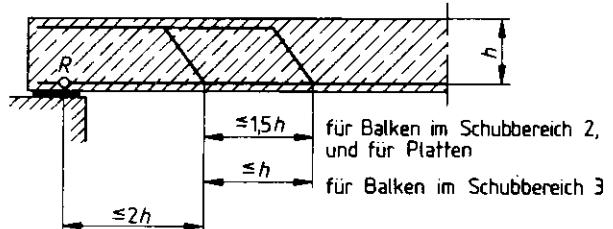


Bild 27. Zulässiger Abstand von Schrägstäben, die als Schubbewehrung dienen

- (2) Werden Schrägstäbe im Längsschnitt nur an einer Stelle angeordnet, so darf ihnen höchstens die in einem Längenbereich von $2,0 \cdot h$ vorhandene Schubkraft zugewiesen werden.
- (3) Für die Verankerung der Schrägstäbe gilt Abschnitt 18.7.3, Absatz (3).
- (4) In Bauteilquerrichtung sollen die aufgebogenen Stäbe möglichst gleichmäßig über die Querschnittsbreite verteilt werden.

18.8.4 Schubzulagen

- (1) Schubzulagen sind korb-, leiter- oder girlandenartige Schubbewehrungselemente, die die Biegezugbewehrung nicht umschließen (siehe Bild 28). Sie müssen aus Rippstäben oder Betonstahlmatte bestehen und sind möglichst gleichmäßig über den Querschnitt zu verteilen. Sie sind beim Betonieren in ihrer planmäßigen Lage zu halten.

Tabelle 26. **Obere Grenzwerte der zulässigen Abstände der Bügel und Bügelschenkel**

	1	2	3
Abstände der Bügel in Richtung der Biegezugbewehrung			
	Art des Bauteils und Höhe der Schubbeanspruchung	Bemessungsspannung der Schubbewehrung	
		$\sigma_s \leq 240 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_s = 286 \text{ N/mm}^2$
1	Platten im Schubbereich 2	0,6 d bzw. 80 cm	0,6 d bzw. 80 cm
2	Balken im Schubbereich 1	0,8 d_0 bzw. 30 cm ³⁶⁾	0,8 d_0 bzw. 25 cm ³⁶⁾
3	Balken im Schubbereich 2	0,6 d_0 bzw. 25 cm	0,6 d_0 bzw. 20 cm
4	Balken im Schubbereich 3	0,3 d_0 bzw. 20 cm	0,3 d_0 bzw. 15 cm
Abstand der Bügelschenkel quer zur Biegezugbewehrung			
5	Bauteildicke d bzw. $d_0 \leq 40 \text{ cm}$	40 cm	
6	Bauteildicke d bzw. $d_0 > 40 \text{ cm}$	d oder d_0 bzw. 80 cm	

³⁶⁾ Bei Balken mit $d_0 < 20 \text{ cm}$ und $\tau_0 \leq \tau_{011}$ braucht der Abstand nicht kleiner als 15 cm zu sein.

(2) Schubzulagen sind nach Abschnitt 18.8.2.1 wie Bügel zu verankern. Bei girlandenförmigen Schubzulagen muß der Biegerollendurchmesser jedoch mindestens $d_{br} = 10 \cdot d_s$ betragen.

(3) Bei Platten in Bereichen mit Schubspannungen $\tau_0 \leq 0,5 \tau_{02}$ dürfen Schubzulagen auch allein verwendet werden; in Bereichen mit Schubspannungen $\tau_0 > 0,5 \tau_{02}$ dürfen Schubzulagen nur in Verbindung mit Bügeln nach Abschnitt 18.8.2 angeordnet werden.

(4) Bei feingliedrigen Fertigteilträgern (z. B. I-, T- oder Hohlquerschnitten mit Stegbreiten $b_0 \leq 8 \text{ cm}$) dürfen einschnittige Schubzulagen allein als Schubbewehrung verwendet werden, wenn die Druckzone und die Biegezugbewehrung nach den Abschnitten 18.8.2.2 bzw. 18.8.5 gesondert umschlossen sind.

(5) Für die Stababstände der Schubzulagen gilt Tabelle 26.

18.8.5 Anschluß von Zug- oder Druckgurten

(1) Bei Plattenbalken, Balken mit I-förmigen oder Hohlquerschnitten u. a. sind die außerhalb der Bügel liegenden Zugstäbe (siehe Abschnitt 18.7.1 (2)) bzw. die Druckplatten (Flansche) mit einer über die Stege durchlaufenden Querbewehrung anzuschließen.

(2) Die Schubspannungen τ_{0a} in den Plattenanschnitten sind nach Abschnitt 17.5 zu berechnen. Sie dürfen τ_{02} nicht überschreiten.

(3) Die erforderliche Anschlußbewehrung ist nach Abschnitt 17.5.5 zu bemessen, wobei τ_0 durch τ_{0a} zu ersetzen ist.

(4) Sie ist bei Schubbeanspruchung allein etwa gleichmäßig auf die Plattenober- und -unterseite zu verteilen, wobei eine über den Steg durchlaufende oder dort mit l_1 nach Abschnitt 18.5.2.2 verankerte Plattenbewehrung auf die Anschlußbewehrung angerechnet werden darf. Wird die Platte außer durch Schubkräfte auch durch Querbiegemomente beansprucht, so genügt es, außer der Bewehrung infolge Querbiegung 50% der Anschlußbewehrung infolge Schubbeanspruchung auf der Biegezugseite der Platte anzuordnen.

(5) Bei Bauteilen üblicher Hochbauten nach Abschnitt 2.2.4 mit beiderseits des Steges anschließenden Platten darf auf einen rechnerischen Nachweis der Anschlußbewehrung verzichtet werden, wenn ihr Querschnitt mindestens gleich der

Hälfte der Schubbewehrung im Steg ist. Für Druckgurte ist darüber hinaus ein Nachweis der Schubspannung τ_{0a} im Plattenanschnitt entbehrlich.

(6) Bei konzentrierter Lasteinleitung an Trägerenden ohne Querträger und einer in der Platte angeordneten Biegezugbewehrung ist die Anschlußbewehrung auf einer Strecke entsprechend der halben mitwirkenden Plattenbreite b_m nach Abschnitt 15.3 jedoch immer für τ_{0a} zu bemessen und stets auf die Plattenober- und -unterseite zu verteilen.

(7) Für die größten zulässigen Stababstände der Anschlußbewehrung gilt Tabelle 26, Zeilen 2 bis 4, wobei die im Steg vorhandene Schubspannung zugrunde zu legen ist.

18.9 Andere Bewehrungen

18.9.1 Randbewehrung bei Platten

Freie, ungestützte Ränder von Platten und breiten Balken (siehe Abschnitt 17.5.5) mit Ausnahme von Fundamenten und Bauteilen üblicher Hochbauten nach Abschnitt 2.2.4 im Gebäudeinneren sind durch eine konstruktive Bewehrung (z. B. Steckbügel) einzufassen.

18.9.2 Unbeabsichtigte Einspannungen

Zur Aufnahme rechnerisch nicht berücksichtigter Einspannungen sind geeignete Bewehrungen anzuordnen (siehe z. B. Abschnitt 20.1.6.2.(2) und Abschnitt 20.1.6.4).

18.9.3 Umlenkkräfte

(1) Bei Bauteilen mit gebogenen oder geknickten Leibungen ist die Aufnahme der durch die Richtungsänderung der Zug- oder Druckkräfte hervorgerufenen Zugkräfte nachzuweisen; in der Regel sind diese Umlenkkräfte durch zusätzliche Bewehrungselemente (z. B. Bügel, siehe Bilder 29 a) und b)) oder durch eine besondere Bewehrungsführung (z. B. nach Bild 30) abzudecken.

(2) Stark geknickte Leibungen ($\alpha \geq 45^\circ$, siehe Bild 30) wie z. B. Rahmenecken dürfen in der Regel nur unter Verwendung von Beton der Festigkeitsklasse B 25 oder höher ausgeführt werden, anderenfalls sind die nach Abschnitt 17.2 aufnehmbaren Schnittgrößen am Eckbereich (siehe Bild 30) auf $\frac{2}{3}$ zu verringern, d. h. die Bemessungsschnittgrößen sind um den Faktor 1,5 zu erhöhen. Bei Rahmen aus balkenartigen Bauteilen sind Stiele und Riegel auch im Eckbereich konstruktiv zu verbügeln; dies kann

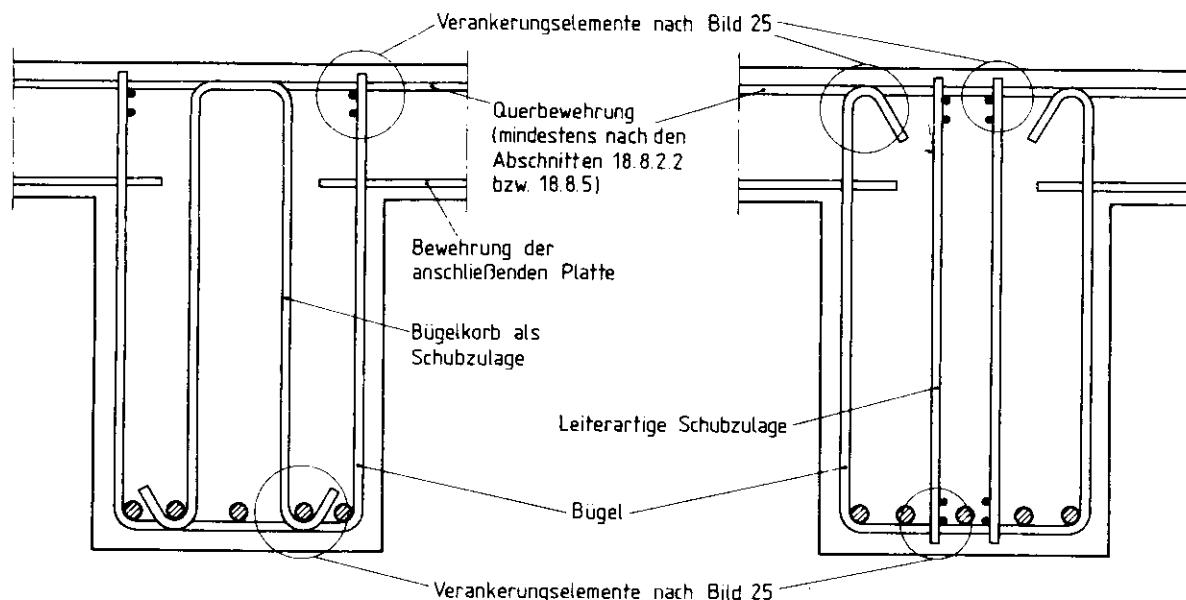


Bild 28. Beispiel für eine Schubbewehrung aus Bügeln und Schubzulagen in Plattenbalken

dort z.B. durch sich orthogonal kreuzende, haarnadelförmige Bügel (Steckbügel) oder durch eine andere gleichwertige Bewehrung erfolgen. Bei Rahmentragwerken aus plattenartigen Bauteilen ist zumindest die nach den Abschnitten 20.1.6.3 bzw. 25.5.5.2 vorgeschriebene Querbewehrung auch im Eckbereich anzordnen.

- a) Bei Bauteilen mit geknicktem Zuggurt (positives Moment, siehe Bild 30) und einem Knickwinkel $\alpha \geq 45^\circ$ ist stets eine Schrägbewehrung A_{ss} anzurufen, wenn ein Biegemoment, das einem Bewehrungsanteil von $\mu \geq 0,4\%$ entspricht, umgeleitet werden soll. Dabei ist μ der größere der beiden Bewehrungsprozentsätze der anschließenden Bauteile. Für $\mu \leq 1\%$ muß A_{ss} mindestens der Hälfte dieses Bewehrungsanteils, für $\mu > 1\%$ dem gesamten Bewehrungsanteil entsprechen. Überschreitet der Knickwinkel $\alpha = 100^\circ$, ist zur Aufnahme dieser Schrägbewehrung eine Voute auszubilden und A_{ss} stets für das gesamte umzuleitende Moment auszulegen.

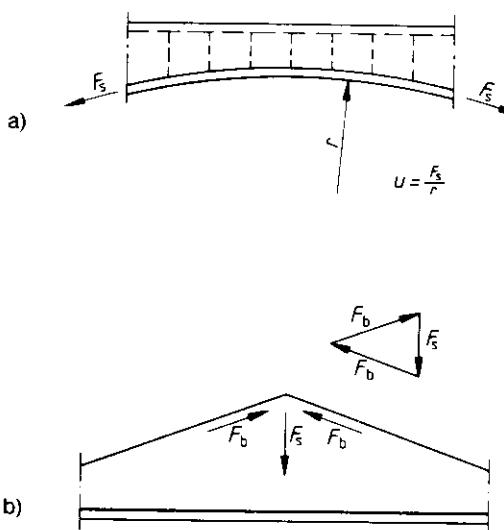


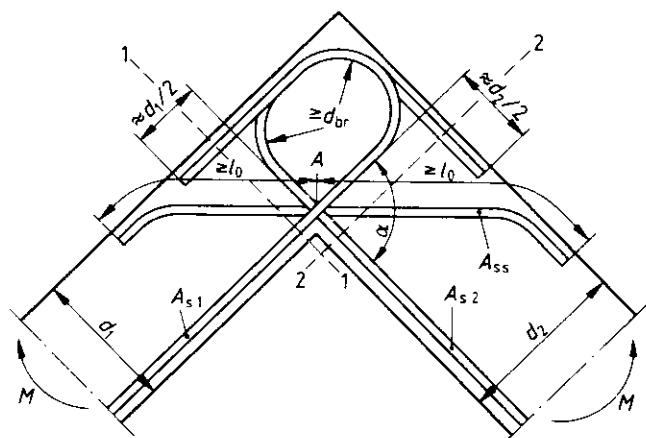
Bild 29. Umlenkkräfte

Bei Bauteilen mit einer Dicke bis etwa $d = 100\text{ cm}$ genügt zur Aufnahme der Umlenkkräfte eine schlaufenartig die Biegedruckzone umfassende Führung der beiden Biege-

zugbewehrungen nach Bild 30. Bei dickeren Bauteilen oder bei Verzicht auf eine schlaufenartige Führung der Biegezugbewehrung müssen die gesamten Umlenkkräfte durch Bügel oder eine gleichwertige Bewehrung oder andere Maßnahmen aufgenommen werden.

Bei einer schlaufenartigen Bewehrungsführung und Einhaltung der Angaben in Bild 30 kann ein Nachweis der Verankerungslängen für die Biegezugbewehrungen entfallen. In allen anderen Fällen sind diese jeweils ab der Kreuzungsstelle A mit dem Maß l_0 nach Gleichung (21) zu verankern.

Wird die Bewehrung nicht schlaufenartig geführt, ist entlang des gedrückten Außenrandes im Eckbereich eine über die Querschnittsbreite verteilte Bewehrung anzurufen, die in den anschließenden Bauteilen mit der Verankerungslänge l_0 nach Abschnitt 18.5.2.1 zu verankern ist.



d_{br} nach Tabelle 18, Zeilen 5 oder 6

d_1 bzw. $d_2 \leq 100\text{ cm}$

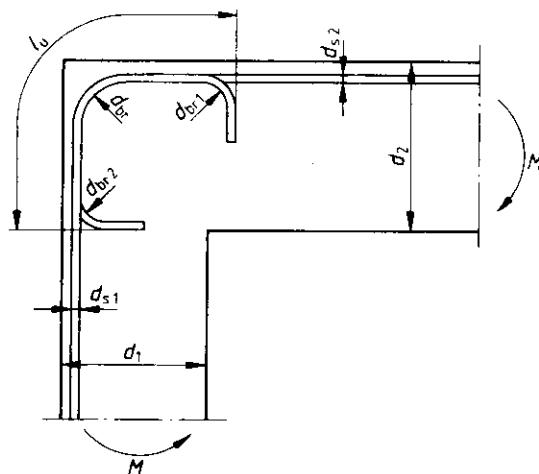
Bemessungsschnitte 1--1 und 2--2

Querbewehrung bzw. Bügel nicht dargestellt

Bild 30. Beispiel für die Ausbildung einer Rahmenecke bei positivem Moment mit einer schlaufenartigen Bewehrungsführung

- b) Wird bei Rahmenecken mit negativem Moment die Bewehrung im Bereich der Ecke gestoßen, darf die Übergreifungslänge $l_{\text{ü}}$ (siehe Abschnitt 18.6.3) nach Bild 31 berechnet werden. Dabei darf der Beiwert $\alpha_1 = 0,7$ nur in Ansatz gebracht werden, wenn an den Stabenden Haken oder Winkelhaken angeordnet werden. Für die Querbewehrung gilt Abschnitt 18.6.3.4.

(3) Die in Abschnitt 21.1.2 geforderte Zusatzbewehrung zur Beschränkung der Rißbreite bei hohen Stegen ist bei Rahmenecken ab Bauhöhen $d > 70$ cm erforderlich.



d_{br} nach Tabelle 18, Zeilen 5 oder 6

$d_{\text{br}1}, d_{\text{br}2}$ nach Tabelle 18, Zeilen 2 oder 3

Querbewehrung bzw. Bügel nicht dargestellt

Bild 31. Beispiel für die Ausbildung einer Rahmenecke bei negativem Moment und Bewehrungsstoß der Rahmenecke

18.10 Besondere Bestimmungen für einzelne Bauteile

18.10.1 Kragplatten, Kragbalken

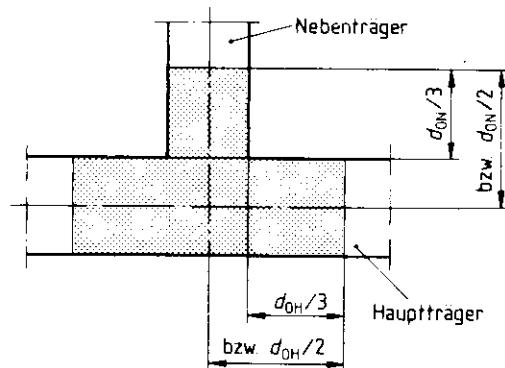
(1) Die Biegezugbewehrung ist im einspannenden Bauteil nach Abschnitt 18.5 zu verankern oder gegebenenfalls nach Abschnitt 18.6 an dessen Bewehrung anzuschließen. Bei Einzellasten am Kragende ist die Bewehrung nach Abschnitt 18.7.4, Gleichungen (26) bis (28) zu verankern.

(2) Am Ende von Kragplatten ist an ihrer Unterseite stets eine konstruktive Randquerbewehrung anzurichten. Bei Verkehrslasten $p > 5,0 \text{ kN/m}^2$ ist eine Querbewehrung nach Abschnitt 20.1.6.3 (1) anzuordnen. Bei Einzellasten siehe auch Abschnitt 20.1.6.3 (3).

18.10.2 Anschluß von Nebenträgern

(1) Die Last von Nebenträgern, die in den Hauptträger einbinden (indirekte Lagerung), ist durch Aufhängebügel oder Schrägstäbe aufzunehmen. Der überwiegende Teil dieser Aufhängebewehrung ist dabei im unmittelbaren Durchdringungsbereich anzurichten. Die Aufhängebügel oder Schrägstäbe sind für die volle aufzunehmende Auflagerlast des Nebenträgers zu bemessen. Die im Kreuzungsbereich (siehe Bild 32) vorhandene Schubbewehrung darf auf die Aufhängebewehrung angerechnet werden, sofern der Nebenträger auf ganzer Höhe in den Hauptträger einmündet. Die Aufhängebügel sind nach Abschnitt 18.8.2, die Schrägstäbe nach Abschnitt 18.7.3 (3) zu verankern.

(2) Der größtmögliche, nach Bild 32 definierte Kreuzungsbereich darf zugrunde gelegt werden.



d_{0N} Konstruktionshöhe des Nebenträgers

d_{0H} Konstruktionshöhe des Hauptträgers

Bild 32. Größe des Kreuzungsbereiches beim Anschluß von Nebenträgern

18.10.3 Angehängte Lasten

Bei angehängten Lasten sind die Aufhängevorrichtungen mit der erforderlichen Verankerungslänge l_1 nach Abschnitt 18.5 in der Querschnittshälfte der lastabgewandten Seite zu verankern oder nach Abschnitt 18.6 mit Bügeln zu stoßen.

18.10.4 Torsionsbeanspruchte Bauteile

(1) Für die nach Abschnitt 17.5.6 erforderliche Torsionsbewehrung ist bevorzugt ein rechtwinkliges Bewehrungsnetz aus Bügeln (siehe Abschnitt 18.8.2) und Längsstäben zu verwenden. Die Bügel sind in Balken und Plattenbalken nach den Bildern 26 c) oder d) zu schließen oder im Stegbereich nach Abschnitt 18.6 zu stoßen.

(2) Die Bügelabstände dürfen im torsionsbeanspruchten Bereich das Maß $u_k/8$ bzw. 20 cm nicht überschreiten. Hierin ist u_k der Umfang – gemessen in der Mittellinie – eines gedachten räumlichen Fachwerkes nach Abschnitt 17.5.6.

(3) Die Längsstäbe sind im Einleitungsbereich der Torsionsbeanspruchung nach Abschnitt 18.5 zu verankern. Sie können gleichmäßig über den Umfang verteilt oder in den Ecken konzentriert werden. Ihr Abstand darf jedoch nicht mehr als 35 cm betragen.

(4) Wirken Querkraft und Torsion gleichzeitig, so darf bei einer aus Bügeln und Schubzulagen bestehenden Schubbewehrung die Torsionsbeanspruchung den Bügeln und die Querkraftbeanspruchung den Schubzulagen zugewiesen werden.

18.11 Stabbündel

18.11.1 Grundsätze

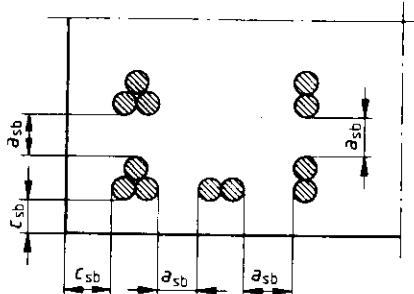
(1) Stabbündel bestehen aus zwei oder drei Einzelstäben mit $d_s \leq 28 \text{ mm}$, die sich berühren und die für die Montage und das Betonieren durch geeignete Maßnahmen zusammengehalten werden.

(2) Sofern nichts anderes bestimmt wird, gelten die Abschnitte 18.1 bis 18.10 unverändert, und es ist bei allen Nachweisen, bei denen der Stabdurchmesser eingeht, anstelle des Einzelstabdurchmessers d_s der Vergleichsdurchmesser d_{sv} einzusetzen. Der Vergleichsdurchmesser d_{sv} ist der Durchmesser eines mit dem Bündel flächengleichen Einzelstabes und ergibt sich für ein Bündel aus n Einzelstäben gleichen Durchmessers d_s zu $d_{sv} = d_s \cdot \sqrt{n}$.

(3) Der Vergleichsdurchmesser darf in Bauteilen mit überwiegendem Zug ($e/d \leq 0,5$) den Wert $d_{sv} = 36 \text{ mm}$ nicht überschreiten.

18.11.2 Anordnung, Abstände, Betondeckung

Die Anordnung der Stäbe im Bündel sowie die Mindestmaße für die Betondeckung c_{sb} und für den lichten Abstand der Stabbündel a_{sb} richten sich nach Bild 33. Das Nennmaß der Betondeckung richtet sich entweder nach Tabelle 10 oder ist dadurch zu ermitteln, daß das Mindestmaß $c_{sb} = d_{sv}$ um 1,0 cm erhöht wird. Für die Betondeckung der Hautbewehrung (siehe Abschnitt 18.11.3) gilt Abschnitt 13.2.



Gegenseitige Mindestabstände

$$a_{sb} \geq d_{sv}$$

$$a_{sb} \geq 2 \text{ cm}$$

Nennmaß der Betondeckung:

$$c_{sb} \text{ nach Tabelle 10 bzw. } \geq d_{sv} + 1,0 \text{ cm}$$

Bild 33. Anordnung, Mindestabstände und Mindestbetondeckung bei Stabbündeln

18.11.3 Beschränkung der Rißbreite

(1) Der Nachweis der Beschränkung der Rißbreite ist bei Stabbündeln mit dem Vergleichsdurchmesser d_{sv} zu führen.

(2) Bei Stabbündeln in vorwiegend auf Biegung beanspruchten Bauteilen mit $d_{sv} > 36 \text{ mm}$ ist zur Sicherstellung eines ausreichenden Rißverhaltens immer eine Hautbewehrung in der Zugzone des Bauteils einzulegen.

(3) Als Hautbewehrung sind nur Betonstahlmatten mit Längs- und Querstababständen von jeweils höchstens 10 cm zulässig. Der Querschnitt der Hautbewehrung muß in Richtung der Stabbündel Gleichung (30) entsprechen und quer dazu mindestens $2,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ betragen.

$$a_{sh} \geq 2 c_{sb} \text{ in } \text{cm}^2/\text{m} \quad (30)$$

Hierin sind:

a_{sh} Querschnitt der Hautbewehrung in Richtung der Stabbündel in cm^2/m ,

c_{sb} Mindestmaß der Betondeckung der Stabbündel in cm.

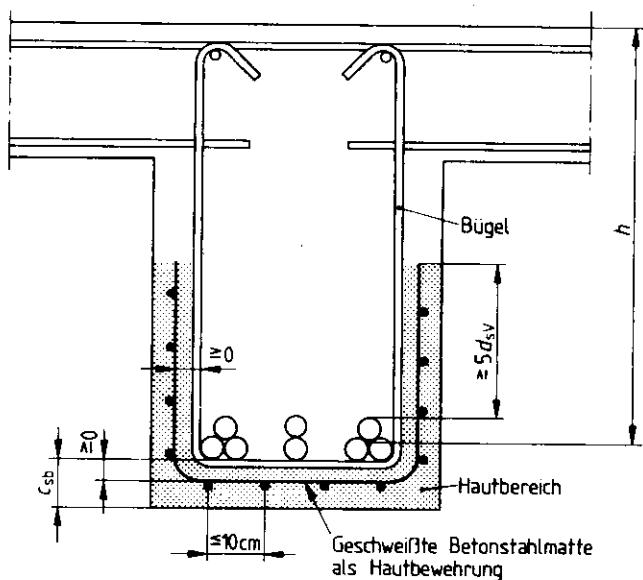
(4) Die Hautbewehrung muß mindestens um das Maß $5 d_{sv}$ an den Bauteilecken über die innerste Lage der Stabbündel (siehe Bild 34 a)) bzw. bei Plattenbalken im Stützbereich über das äußerste Stabbündel reichen (siehe Bild 34 b)). Die Hautbewehrung ist auf die Biegezug-, Quer- oder Schubbewehrung anrechenbar, wenn die für diese Bewehrungen geforderten Bedingungen eingehalten werden. Stöße der Längsstäbe sind jedoch in jedem Fall mindestens nach den Regeln für Querstäbe nach den Abschnitten 18.6.3 bzw. 18.6.4.4 auszubilden.

18.11.4 Verankerung von Stabbündeln

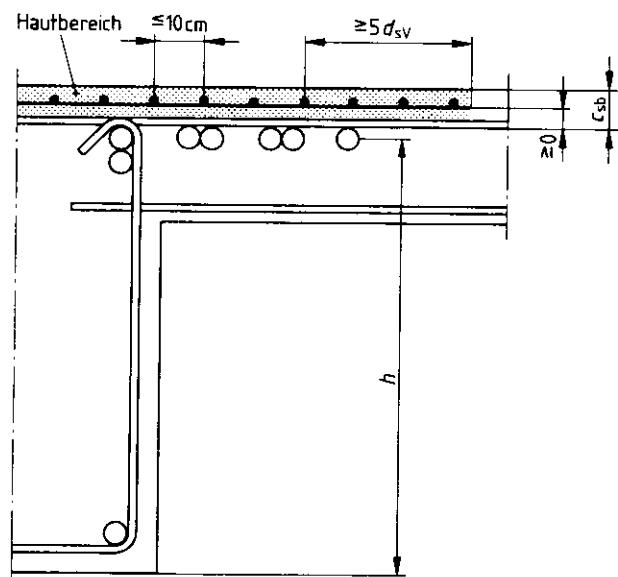
(1) Zugbeanspruchte Stabbündel dürfen unabhängig von d_{sv} über dem End- und Zwischenauflager, bei $d_{sv} \leq 28 \text{ mm}$ auch vor dem Auflager ohne Längsversatz der Einzelstäbe an einer Seite enden. Ab $d_{sv} > 28 \text{ mm}$ sind bei einer Verankerung der Stabbündel vor dem Auflager die Stabenden gegenseitig in Längsrichtung zu versetzen (siehe Bild 35 oder Bild 36).

(2) Bei einer Verankerung der Stäbe nach Bild 35 darf für die Berechnung der Verankerungslänge der Durchmesser des Einzelstabes d_s eingesetzt werden; in allen anderen Fällen ist d_{sv} zugrunde zu legen.

(3) Bei druckbeanspruchten Stabbündeln dürfen alle Stäbe an einer Stelle enden. Ab einem Vergleichsdurchmesser $d_{sv} > 28 \text{ mm}$ sind im Bereich der Bündelenden mindestens vier Bügel mit $d_s = 12 \text{ mm}$ anzubringen, sofern der Spitzendruck nicht durch andere Maßnahmen (z. B. Anordnung der Stabenden innerhalb einer Deckenscheibe) aufgenommen wird; ein Bügel ist dabei vor den Stabenden anzubringen.

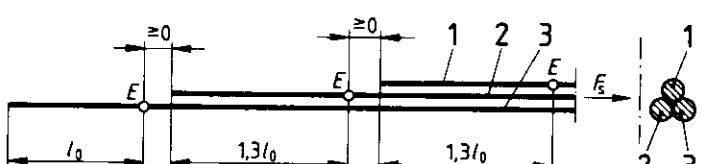


a) Feldbereich



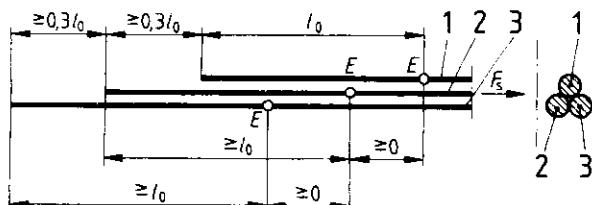
b) Stützbereich

Bild 34. Beispiele für die Anordnung der Hautbewehrung im Querschnitt eines Plattenbalkens



Ermittlung von l_0 mit d_s

Bild 35. Beispiel für die Verankerung von Stabbündeln vor dem Auflager bei auseinandergezogenen rechnerischen Endpunkten E



Ermittlung von l_0 mit d_{SV}

Bild 36. Beispiel für die Verankerung von Stabbündeln von dem Auflager bei dicht beieinander liegenden rechnerischen Endpunkten E

18.11.5 Stoß von Stabbündeln

(1) Die Übergreifungslänge l_u errechnet sich nach den Abschnitten 18.6.3.2 bzw. 18.6.3.3. Stabbundles aus zwei Stäben mit $d_{sv} \leq 28\text{mm}$ dürfen ohne Längsversatz der Einzelstäbe gestoßen werden; für die Berechnung von l_u ist dann d_{sv} zugrunde zu legen.

(2) Bei Stabbündeln aus zwei Stäben mit $d_{sv} > 28 \text{ mm}$ bzw. bei Stabbündeln aus drei Stäben sind die Einzelstäbe stets um mindestens $1,3 l_u$ in Längsrichtung versetzt zu stoßen (siehe Bild 37), wobei jedoch in jedem Schnitt eines gestoßenen Bündels höchstens vier Stäbe vorhanden sein dürfen; für die Berechnung von l_u ist dann der Durchmesser des Einzelstabes einzusetzen.

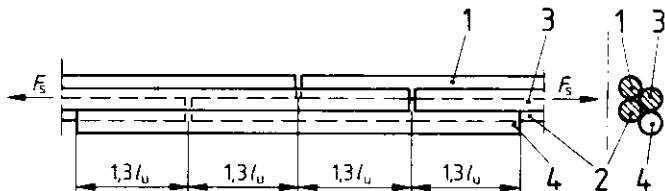


Bild 37. Beispiel für einen zugbeanspruchten Übergangsstoß durch Zulage eines Stabes bei einem Bündel aus drei Stäben

18.11.6 Verbügelung druckbeanspruchter Stabbündel

Bei Verwendung von Stabbündeln mit $d_{sv} > 28\text{ mm}$ als Druckbewehrung muß abweichend von Abschnitt 25.2.2.2 der Mindeststabdurchmesser für Einzelbügel oder Bügelwendeln 12 mm betragen.

19 Stahlbetonfertigteile

19.1 Bauten aus Stahlbetonfertigteilen

(1) Für Bauten aus Stahlbetonfertigteilen und für die Fertigteile selbst gelten die Bestimmungen für entsprechende Bauten und Bauteile aus Ort beton, soweit in den folgenden Abschnitten nichts anderes gesagt ist.

(2) Auf die Einhaltung der Konstruktionsgrundsätze nach Abschnitt 15.8.1 ist bei Bauten aus Fertigteilen besonders zu achten. Tragende und aussteifende Fertigbauteile sind durch Bewehrung oder gleichwertige Maßnahmen miteinander und gegebenenfalls mit Bauteilen aus Ortbeton so zu verbinden, daß sie auch durch außergewöhnliche Beanspruchungen (Bauwerkssetzungen, starke Erschütterungen, bei Bränden usw.) ihren Halt nicht verlieren.

19.2 Allgemeine Anforderungen an die Fertigteile

(1) Stahlbetonfertigteile gelten als werkmäßig hergestellt, wenn sie in einem Betonfertigteilwerk (Betonwerk) hergestellt sind, das die Anforderungen des Abschnitts 5.3 erfüllt.

(2) Bei der Bernessung der Stahlbetonfertigteile nach den Abschnitten 17.1 bis 17.5 sind die ungünstigsten Beanspruchungen zu berücksichtigen, die beim Lagern und Befördern (z. B. durch Kopf-, Schräg- oder Seitenlage oder durch Unter-

stützung nur im Schwerpunkt) und während des Bauzustandes und im endgültigen Zustand entstehen können. Werden bei Fertigteilen die Beförderung und der Einbau ständig von einer mit den statischen Verhältnissen vertrauten Fachkraft überwacht, so genügt es, bei der Bemessung dieser Teile nur die planmäßigen Beförderungs- und Montagezustände zu berücksichtigen.

(3) Für die ungünstigsten Beanspruchungen, die beim Befördern der Fertigteile bis zum Absetzen in die endgültige Lage entstehen können, darf der Sicherheitsbeiwert γ für die Bemessung bei Biegung und Biegung mit Längskraft nach Abschnitt 17.2.2 auf $\gamma_M = 1,3$ vermindert werden. Fertigteile mit wesentlichen Schäden dürfen nicht eingebaut werden.

(4) Die Bemessung für den Lastfall „Befördern“ darf entfallen, wenn die Fertigteile nicht länger als 4 m sind. Bei stabförmigen Bauteilen ist jedoch die Druckzone stets mit mindestens einem 5 mm dicken Bewehrungsteil zu bewahren.

(5) Zur Erzielung einer genügenden Seitensteifigkeit müssen Fertigteile, deren Verhältnis Länge/Breite größer als 20 ist, in der Zug- oder Druckzone mindestens zwei Bewehrungsstäbe mit möglichst grossem Abstand besitzen.

19.3 Mindestmaße

(1) Die Mindestdicke darf bei werkmäßig hergestellten Fertigteilen um 2 cm kleiner sein, als bei entsprechenden Bauteilen aus Ortbeton, jedoch nicht kleiner als 4 cm. Die Plattendicke von vorgefertigten Rippendecken muß jedoch mindestens 5 cm sein. Wegen der Maße von Druckgliedern siehe Abschnitt 25.2.1.

(2) Unbewehrte Plattspeigel von Kassettenplatten dürfen abweichend hiervon mit einer Mindestdicke von 2,5 cm ausgeführt werden, wenn sie nur bei Reinigungs- und Ausbesserungsarbeiten begangen werden und der Rippenabstand in der einen Richtung höchstens 65 cm und in der anderen bei B 25 höchstens 65 cm, bei B 35 höchstens 100 cm und bei B 45 oder Beton höherer Festigkeit höchstens 150 cm beträgt. Die Plattspeigel dürfen keine Löcher haben.

(3) Die Dicke d von Stahlbetonhohldielen muß für Geschoßdecken mindestens 6 cm, für Dachdecken, die nur bei Reinigungs- und Ausbesserungsarbeiten betreten werden, mindestens 5 cm sein. Das Maß d_1 muß mindestens $\frac{1}{4}d$, das Maß d_2 mindestens $\frac{1}{6}d$ sein (siehe Bild 38). Die nach Abzug der Hohlräume verbleibende kleinste Querschnittsbreite $b_0 = b - \Sigma a$ muß mindestens $\frac{1}{3}b$ sein, sofern nach Abschnitt 17.5.3 keine größere Breite erforderlich ist.

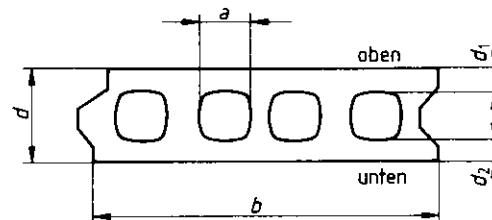


Bild 38. Stahlbetonhohldielen

19.4 Zusammenwirken von Fertigteilen und Ort-beton

(1) Bei der Bemessung von durch Ortbeton ergänzten Fertigteilquerschnitten nach den Abschnitten 17.1 bis 17.5 darf so vorgegangen werden, als ob der Gesamtquerschnitt von Anfang an einheitlich hergestellt worden wäre; das gilt auch für nachträglich anbetonierte Auflagerenden. Voraussetzung hierfür ist, daß die unter dieser Annahme in der Fuge wirkenden Schubkräfte durch Bewehrungen nach den Abschnitten 17.5.4 und 17.5.5 aufgenommen werden und die Fuge zwischen dem ursprünglichen Querschnitt und der Ergänzung rauh oder ausreichend profiliert ausgeführt wird. Die Schub-

sicherung kann auch durch bewehrte Verzahnungen oder geeignete stahlbaumäßige Verbindungen vorgenommen werden.

(2) Bei der Bemessung für Querkraft darf von der in Abschnitt 17.5.5 angegebenen Abminderung der Grundwerte τ_0 nur in den im Abschnitt 19.7.2 angegebenen Fällen Gebrauch gemacht werden. Der Grundwert τ_0 darf τ_{02} (siehe Tabelle 13, Zeilen 2 bzw. 4) nicht überschreiten.

(3) Werden im gleichen Querschnitt Fertigteile und Ortbeton oder auch Zwischenbauteile unterschiedlicher Festigkeit verwendet, so ist für die Bemessung des gesamten Querschnitts die geringste Festigkeit dieser Teile in Rechnung zu stellen, sofern nicht das unterschiedliche Tragverhalten der einzelnen Teile rechnerisch berücksichtigt wird.

19.5 Zusammenbau der Fertigteile

19.5.1 Sicherung im Montagezustand

Fertigteile sind so zu versetzen, daß sie vom Augenblick des Absetzens an – auch bei Erschütterungen – sicher in ihrer Lage gehalten werden; z. B. sind hohe Träger auch gegen Umkippen zu sichern.

19.5.2 Montagestützen

(1) Fertigteile sollen so bemessen sein, daß sich keine kleineren Abstände der Montagestützen als 150 cm, bei Platten 100 cm, ergeben.

(2) Die Aufnahme negativer Momente über den Montagestützen braucht bei Plattendecken nach Abschnitt 19.7.6, Balkendecken nach Abschnitt 19.7.7, Plattenbalkendecken nach Abschnitt 19.7.5, Tabelle 27, Zeile 5, und Rippendecken nach Abschnitt 19.7.8, nicht nachgewiesen zu werden, wenn die Feldmomente unter Annahme frei drehbar gelagerter Balken auf zwei Stützen ermittelt werden. Decken mit biegesteifer Bewehrung nach Abschnitt 2.1.3.7 sind im Montagezustand stets als Balken auf zwei Stützen zu rechnen.

19.5.3 Auflagertiefe

(1) Für die Mindestauflagertiefe im endgültigen Zustand gelten die Bestimmungen für entsprechende Bauteile aus Ortbeton. Bei nachträglicher Ergänzung des Auflagerbereichs durch Ortbeton muß die Auflagertiefe im Montagezustand unter Berücksichtigung möglicher Maßabweichungen mindestens 3,5 cm betragen. Diese Auflagerung kann durch Hilfsstützungen in unmittelbarer Nähe des endgültigen Auflagers ersetzt werden.

(2) Die Auflagertiefe von Zwischenbauteilen muß mindestens 2,5 cm betragen. In tragende Wände dürfen nur Zwischenbauteile ohne Hohlräume eingreifen, deren Festigkeit mindestens gleich der des Wandmauerwerks ist.

19.5.4 Ausbildung von Auflagern und druckbeanspruchten Fugen

(1) Fertigteile müssen im Endzustand an den Auflagern in Zementmörtel oder Beton liegen. Hierauf darf bei Bauteilen mit kleinen Maßen und geringen Auflagerkräften, z. B. bei Zwischenbauteilen von Decken und bei schmalen Fertigteilen für Dächer, verzichtet werden. Anstelle von Mörtel oder Beton dürfen andere geeignete ausgleichende Zwischenlagen verwendet werden, wenn nachteilige Folgen für Standsicherheit (z. B. Aufnahme der Querzugsspannungen), Verformung, Schallschutz und Brandschutz ausgeschlossen sind.

(2) Für die Berechnung der Mörtelfugen gilt Abschnitt 17.3.4. Die Zusammensetzung des Zementmörtels muß die Bedingungen von Abschnitt 6.7.1, die des Betons von Abschnitt 6.5 erfüllen.

(3) Druckbeanspruchte Fugen zwischen Fertigteilen sollen mindestens 2 cm dick sein, damit sie sorgfältig mit Mörtel oder Beton ausgefüllt werden können. Wenn sie mit Mörtel ausgepreßt werden, müssen sie mindestens 0,5 cm dick sein.

(4) Waagerechte Fugen dürfen dünner sein, wenn das obere Fertigteil auf einem frischen Mörtelbett abgesetzt wird, in dem die planmäßige Höhenlage des Fertigteils durch geeignete Vorrichtungen (Abstandhalter) sichergestellt wird.

19.6 Kennzeichnung

(1) Auf jedem Fertigteil sind deutlich lesbar der Hersteller und der Herstellungstag anzugeben. Abkürzungen sind zulässig. Die Einbauriegelung ist zu kennzeichnen, wenn Verwechslungsgefahr besteht. Fertigteile von gleichen äußeren Maßen, aber mit verschiedener Bewehrung, Betonfestigkeitsklasse oder Betondeckung, sind unterschiedlich zu kennzeichnen. (2) Dürfen Fertigteile nur in bestimmter Lage, z. B. nicht auf der Seite liegend, befördert werden, so ist hierauf in geeigneter Weise, z. B. durch Aufschriften, hinzuweisen.

19.7 Geschoßdecken, Dachdecken und vergleichbare Bauteile mit Fertigteilen

19.7.1 Anwendungsbereich und allgemeine Bestimmungen

(1) Geschoßdecken, Dachdecken und vergleichbare Bauteile mit Fertigteilen dürfen verwendet werden

- bei vorwiegend ruhender, gleichmäßig verteilter Verkehrslast (siehe DIN 1055 Teil 3),
- bei ruhenden Einzellasten, wenn hinsichtlich ihrer Verteilung Abschnitt 20.2.5 (1) eingehalten ist,
- bei Radlasten bis 7,5 kN (z. B. Personenkraftwagen),
- bei Fabriken und Werkstätten nur nach den Bedingungen von Tabelle 27 in Abschnitt 19.7.5.

(2) Für Decken mit Fertigteilen gelten die in den Abschnitten 19.7.2 bis 19.7.10 angegebenen zusätzlichen Bestimmungen und Vereinfachungen. Angaben über Regelausführungen für die Querverbindung von Fertigteilen in Abschnitt 19.7.5 gestatten die Wahl ausreichender Querverbindungsmitte in Abhängigkeit von der Höhe der Verkehrslast und der Deckenbauart.

19.7.2 Zusammenwirken von Fertigteilen und Ortbeton in Decken

(1) Bei vorwiegend ruhenden Lasten, nicht aber in Fabriken und Werkstätten, darf der Grundwert τ_0 der Schubspannung bei Decken für die Bemessung der Schub- und der Verbundbewehrung (siehe Abschnitt 19.7.3) zwischen Fertigteilen und Ortbeton nach Abschnitt 17.5.5 abgemindert werden, wenn die Verkehrslast nicht größer als 5,0 kN/m² ist, die Berührungsflächen der Fertigteile rau sind und der Grundwert τ_0 bei Platten 0,7 τ_{011} (siehe Tabelle 13, Zeile 1 b), bei anderen Bauteilen 0,7 τ_{012} (siehe Tabelle 13, Zeile 3) nicht überschreitet. In diesem Fall ist Gleichung (17) zu ersetzen durch Gleichung (31) bzw. Gleichung (32).

$$\tau = \frac{\text{vorh } \tau_0^2}{0,7 \tau_{011}} \geq 0,4 \tau_0 \quad (31)$$

$$\tau = \frac{\text{vorh } \tau_0^2}{0,7 \tau_{012}} \geq 0,4 \tau_0 \quad (32)$$

(2) Das Zusammenwirken von Ortbeton und statisch mitwirkenden Zwischenbauteilen braucht bei Verkehrslasten bis 5,0 kN/m² nicht nachgewiesen zu werden, wenn die Zwischenbauteile eine rauhe Oberfläche haben oder aus gebranntem Ton bestehen. Von solchen Zwischenbauteilen dürfen jedoch nur die äußeren, unmittelbar am Ortbeton haftenden Stege bis 2,5 cm je Rippe und die Druckplatte als mitwirkend angesehen werden.

19.7.3 Verbundbewehrung zwischen Fertigteilen und Ortbeton

(1) Die Verbundbewehrung zwischen Fertigteilen und Ortbeton ist nach den Abschnitten 19.4 bzw. 19.7.2 zu bemessen.

Sie braucht nicht auf alle Fugenbereiche verteilt zu werden, die zwischen Fertigteil und Ortbeton im Querschnitt entstehen (siehe Bild 39).

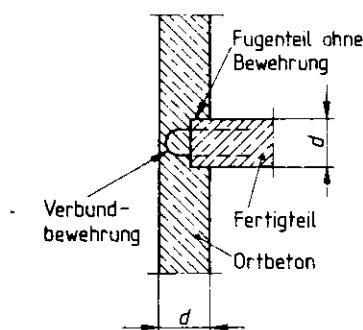


Bild 39. Verbundbewehrung in Fugen

(2) Bügelförmige Verbundbewehrungen müssen ab der Fuge nach Abschnitt 18.5 verankert werden; dies gilt als erfüllt, wenn die Ausführung nach Abschnitt 18.8.2.1 erfolgt. Die Verbundbewehrungen müssen mit Längsstäben kraftschlüssig verbunden werden oder aber in der Druck- und Zugzone mindestens je einen Längsstab umschließen.

(3) Der größte in Spannrichtung gemessene Abstand von Verbundbewehrungen bei Decken soll nicht mehr als das Doppelte der Deckendicke d betragen.

(4) Bei Fertigplatten mit Ortbetonschicht (siehe Abschnitt 19.7.6) darf der Abstand der Verbundbewehrung quer zur Spannrichtung höchstens das 5fache der Deckendicke d , jedoch höchstens 75 cm, der größte Abstand vom Längsrand der Platten höchstens 37,5 cm betragen.

19.7.4 Deckenscheiben aus Fertigteilen

19.7.4.1 Allgemeine Bestimmungen

(1) Eine aus Fertigteilen zusammengesetzte Decke gilt als tragfähige Scheibe, wenn sie im endgültigen Zustand eine zusammenhängende, ebene Fläche bildet, die Einzelteile der Decke in Fugen druckfest miteinander verbunden sind und wenn die in der Scheibenebene wirkenden Lasten durch Bogen- oder Fachwerkwirkung zusammen mit den dafür bewehrten Randgliedern und Zugpfosten aufgenommen werden können. Die zur Fachwerkwirkung erforderlichen Zugpfosten können durch Bewehrungen gebildet werden, die in den Fugen zwischen den Fertigteilen verlegt und in den Randgliedern nach Abschnitt 18 verankert werden. Die Bewehrung der Randglieder und Zugpfosten ist rechnerisch nachzuweisen.

(2) Bei Deckenscheiben, die zur Ableitung der Windkräfte eines Geschosses dienen, darf auf die Anordnung von Zugpfosten verzichtet werden, wenn die Länge der kleineren Seite der Scheibe höchstens 10 m und die Länge der größeren Seite höchstens das 1,5fache der kleineren Seite beträgt und wenn die Scheibe auf allen Seiten von einem Stahlbetonringanker umschlossen wird, dessen Bewehrung unter Gebrauchslast eine Zugkraft von mindestens 30 kN aufnehmen kann (z.B. mindestens 2 Stäbe mit dem Durchmesser $d_s = 12$ mm oder eine Bewehrung mit gleicher Querschnittsfläche).

(3) Fugen, die von Druckstrebens des Ersatztragwerks (Bogen oder Fachwerk) gekreuzt werden, müssen nach Abschnitt 19.4 ausgebildet werden, wenn die rechnerische Schubspannung unter Annahme gleichmäßiger Verteilung in den Fugen größer als $0,1 \text{ N/mm}^2$ ist.

19.7.4.2 Deckenscheiben in Bauten aus vorgefertigten Wand- und Deckentafeln

(1) Bei Bauten aus vorgefertigten Wand- und Deckentafeln ohne Traggerippe sind zusätzlich zu der in Abschnitt 19.7.4.1 geforderten Scheibenbewehrung auch in allen Fugen über tragenden und aussteifenden Innenwänden Bewehrungen

anzuordnen, die für eine Zugkraft von mindestens 15 kN zu bemessen sind. Diese Bewehrungen sind mit der Scheibenbewehrung nach Abschnitt 19.7.4.1 und untereinander nach den Bestimmungen der Abschnitte 18.5 und 18.6 zu verbinden. Bei nicht raumgroßen Deckentafeln ist in den Zwischenfugen ebenfalls eine Bewehrung einzulegen, die für eine Zugkraft von mindestens 15 kN zu bemessen und mit den übrigen Bewehrungen nach den Abschnitten 18.5 und 18.6 zu verbinden ist.

(2) Ist bei den vorgenannten Bewehrungen wegen einspringender Ecken o. ä. eine geradlinige Führung nicht möglich, so ist die Weiterleitung ihrer Zugkraft durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen.

19.7.5 Querverbindung der Fertigteile

(1) Wird eine Decke, Rampe oder ein ähnliches Bauteil durch nebeneinanderliegende Fertigteile gebildet, so muß durch geeignete Maßnahmen sichergestellt werden, daß an den Fugen aus unterschiedlicher Belastung der einzelnen Fertigteile keine Durchbiegungsunterschiede entstehen.

(2) Ohne Nachweis darf eine ausreichende Querverteilung der Verkehrslasten vorausgesetzt werden, wenn die Mindestanforderungen der Tabelle 27 erfüllt sind; die notwendigen konstruktiven Maßnahmen dürfen auch durch wirksame (z.B. IV statt III) ersetzt werden.

(3) In den übrigen Fällen ist die Übertragung der Querkräfte in den Fugen unter Ausschluß der Zugfestigkeit des Betons (siehe Abschnitt 17.2.1) nachzuweisen. Dabei sind die Lasten in jeweils ungünstigster Stellung anzunehmen. Bei Decken, die unter der Annahme gleichmäßig verteilter Verkehrslasten berechnet werden, darf der rechnerische Nachweis der Querverbindung für eine entlang der Fugen wirkende Querkraft in Größe der auf 0,5 m Einzugsbreite wirkenden Verkehrslast geführt werden. Die Weiterführung dieser Kraft braucht in den anschließenden Bauteilen im allgemeinen nicht nachgewiesen zu werden. Nur wenn bei Plattenbalken die Fuge in die Platte fällt, ist nachzuprüfen, ob das von der Fugenkraft in der Platte ausgelöste Kragmoment das unter Vollast entstehende Moment übersteigt.

(4) Bei Fertigteilen, die bei asymmetrischer Belastung instabil werden (z.B. bei einsteigigen Plattenbalken, die keine Torsionsmomente abtragen können), ist die Querverbindung zur Sicherung des Gleichgewichts biegesteif auszubilden.

(5) Die Kurzzeichen I bis V der Tabelle 27 bedeuten, geordnet nach ihrer Wirksamkeit für die Querverteilung, folgende konstruktive Maßnahmen:

I Mindestens 2 cm tiefe Nuten in den Fertigteilen an der Seite der Fugen nach Bild 40, die mit Mörtel nach Abschnitt 6.7.1 oder mit Beton mindestens der Festigkeitsklasse B 15 ausgefüllt werden, so daß die Querkräfte auch ohne Inanspruchnahme der Haftung zwischen Mörtel und Fertigteil übertragen werden können.

Bei $p \geq 2,75 \text{ kN/m}^2$ sind stets Ringanker anzuordnen.

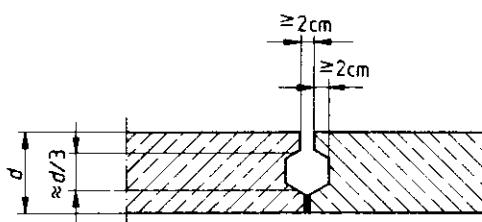


Bild 40. Beispiel für Fugen zwischen Fertigteilen

II Querbewehrung nach Abschnitt 20.1.6.3, Absatz (1), in einer mindestens 4 cm dicken Ortbetonschicht (z.B. nach Bild 41 a)) oder im Fertigteil mit Stoßausbildung (z.B. nach Bild 41 b)).

Tabelle 27. Maßnahmen für die Querverbindung von Fertigteilen

	1	2	3	4	5		
Deckenart	vorwiegend ruhende Verkehrslasten			vorwiegend ruhende und nicht vorwiegend ruhende Verkehrslasten			
	$p \leq 3,5 \text{ kN/m}^2$ ³⁷⁾	$p \leq 5,0 \text{ kN/m}^2$	$p \leq 10 \text{ kN/m}^2$	p unbeschränkt			
	nicht in Fabriken und Werkstätten	also in Fabriken und Werkstätten mit leichtem Betrieb		also in Fabriken und Werkstätten mit schwerem Betrieb			
1	Dicht verlegte Fertigteile aller Art (Platten, Stahlbetonhohldecken, Balken, Plattenbalken) mit Ausnahme von Rippendecken	I	II	nur mit Nachweis			
2	Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht (siehe Abschnitt 19.7.6)	III	III	III	III nur mit durchlaufender Querbewehrung		
3	Rippendecken mit ganz oder teilweise vorgefertigten Rippen und Ortbetonplatte oder mit statisch mitwirkenden Zwischenbauteilen und Rippendecken nach Abschnitt 21.2.1 mit Ortbetonrippen und statisch mitwirkenden Zwischenbauteilen oder Deckenziegeln	IV	IV	nicht zulässig			
4	Balkendecken aus ganz oder teilweise vorgefertigten Balken im Achsabstand von höchstens 1,25 m mit statisch nicht mitwirkenden Zwischenbauteilen	V	V	nicht zulässig			
5	Plattenbalkendecken a) mit Balken aus Ortbeton und Fertigplatten b) mit ganz oder teilweise vorgefertigten Balken und Ortbetonplatten c) mit vorgefertigten Balken und Fertigplatten	keine Maßnahme außer Nachweis der Durchlaufwirkung der Platte und ihrer biege- und schubfesten Verbindung mit dem Balken					
6	Raumgroße Fertigteile aller Art ohne Ergänzung durch Ortbeton	Bestimmungen für Bauteile aus Ortbeton maßgebend					
37) Gilt auch für dazugehörige Flure							

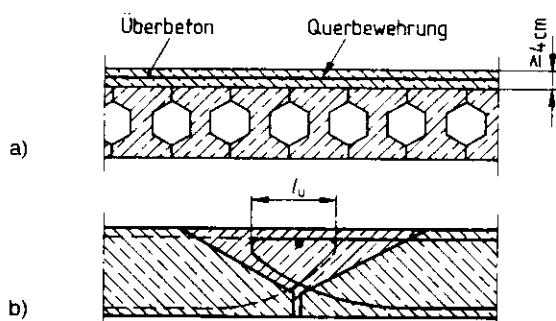


Bild 41. Beispiele für Anordnung einer Querbewehrung
III Querbewehrung nach Abschnitt 20.1.6.3, Absatz (1), im Ortbeton unter Beachtung des Abschnitts 13.2 möglichst

weit unten liegend (siehe Bild 42 a)) oder nach Abschnitt 19.7.6 gestoßen (siehe Bild 42 b)).

IV Querrippen nach Abschnitt 21.2.2.3. Die Querrippen sind bei Verkehrslasten über $3,5 \text{ kN/m}^2$ für die vollen, sonst für die halben Schnittgrößen der Längsrinne zu bemessen. Sie sind etwa so hoch wie die Längsrinnen auszubilden und zu verbügeln.

V wie **IV**, bei Stützweiten über 4 m jedoch stets mindestens eine Querrippe.

19.7.6 Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht

- Die Dicke der Ortbetonschicht muß mindestens 5 cm betragen. Die Oberfläche der Fertigplatten im Anschluß an die Ortbetonschicht muß rauh sein.

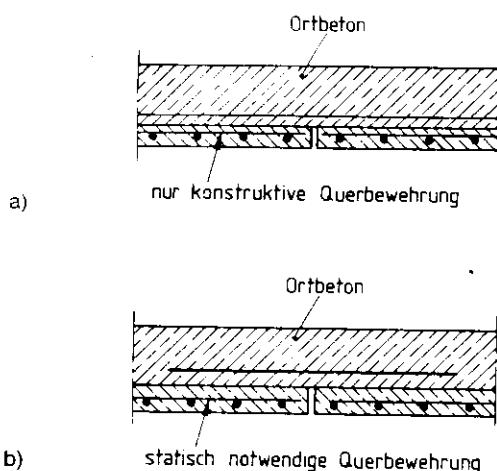


Bild 42. Beispiele für die Anordnung einer Querbewehrung

- (2) Bei einachsigen gespannten Platten muß die Hauptbewehrung stets in der Fertigplatte liegen. Die Querbewehrung richtet sich nach Abschnitt 20.1.6.3. Sie kann in der Fertigplatte oder im Ortbeton angeordnet werden. Liegt die Querbewehrung in der Fertigplatte, so ist sie an den Plattenstößen nach den Abschnitten 18.5 und 18.6 zu verbinden, z.B. durch zusätzlich in den Ortbeton eingelegte oder dorthin aufgebogene Bewehrungsstäbe mit beidseitiger Übergreifungslänge l_g nach Abschnitt 18.6.3.2. Liegt die Querbewehrung im Ortbeton, so muß auch in der Fertigplatte eine Mindestquerbewehrung nach Abschnitt 20.1.6.3 (3) liegen.
- (3) Bei zweiachsigen gespannten Platten ist die Feldbewehrung einer Richtung in der Fertigplatte, die der anderen im Ortbeton anzutragen. Bei der Ermittlung der Schnittgrößen solcher Platten darf die günstige Wirkung einer Drillsteifigkeit nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn sich innerhalb des Drillbereichs nach Abschnitt 20.1.6.4 keine Stoßfuge der Fertigplatte befindet.
- (4) Bei raumgroßen Fertigplatten kann die Bewehrung beider Richtungen in die Fertigplatten gelegt werden.
- (5) Wegen des Nachweises der Schubsicherung zwischen Fertigplatten und Ortbeton siehe Abschnitt 19.7.2.

19.7.7 Balkendecken mit und ohne Zwischenbauteile

- (1) Balkendecken sind Decken aus ganz oder teilweise vorgefertigten Balken im Achsabstand von höchstens 1,25 m mit Zwischenbauteilen, die in der Längsrichtung der Balken nicht mittragen oder Decken aus Balken ohne solche Zwischenbauteile, z.B. aus unmittelbar nebeneinander verlegten Stahlbetonfertigteilen.
- (2) Werden Balken am Auflager durch daraufstehende Wände (mit Ausnahme von leichten Trennwänden nach den Normen der Reihe DIN 4103) belastet und ist der lichte Abstand der Balkenstege kleiner als 25 cm, so muß der Zwischenraum zwischen den Balken am Auflager mit Beton gefüllt, darf also nicht ausgemauert werden. Balken mit obenliegendem Flansch und Hohlkalken müssen daher auf der Länge des Auflagers mit vollen Köpfen geliefert oder so ausgebildet werden, z.B. durch Ausklinken eines oberen Flanschteils, daß der Raum zwischen den Stegen am Auflager nach dem Verlegen mit Beton ausgefüllt werden kann.

- (3) Ortbeton zur seitlichen Vergrößerung der Druckzone der Balken darf bis zu einer Breite gleich der 1,5fachen Deckendicke und nicht mehr als 35 cm als statisch mitwirkend in Rechnung gestellt werden für die Aufnahme von Lasten, die aufgebracht werden, wenn der Ortbeton mindestens die Druckfestigkeit eines Betons B 15 erreicht hat und der Balken an den Anschlußfugen ausreichend rau ist. Wegen des Nachweises des Verbundes zwischen Fertigteilbalken und Ortbeton siehe Abschnitt 19.7.2.

19.7.8 Stahlbetonrippendecken mit ganz oder teilweise vorgefertigten Rippen

19.7.8.1 Allgemeine Bestimmungen

Wegen der Definition und der zulässigen Verkehrslast siehe Abschnitt 21.2.1. Vorgefertigte Streifen von Rippendecken müssen an jedem Längs- und Querrand eine Rippe haben.

19.7.8.2 Stahlbetonrippendecken mit statisch mitwirkenden Zwischenbauteilen

(1) Die Stoßfugenaussparungen statisch mitwirkender Zwischenbauteile (siehe Definition nach Abschnitt 21.3.8) sind in einem Arbeitsgang mit den Längsrissen sorgfältig mit Beton auszufüllen.

(2) Bei Rippendecken (siehe Abschnitt 21.2) mit statisch mitwirkenden Zwischenbauteilen darf eine Ortbetondruckschicht über den Zwischenbauteilen statisch nicht in Rechnung gestellt werden.

(3) Als wirksamer Druckquerschnitt gelten die im Druckbereich liegenden Querschnittsteile der Stahlbetonfertigteile, des Ortbetons und von den statisch mitwirkenden Zwischenbauteilen der vermittelbaren Anteil der Druckzone. Für die Dicke der Druckplatte ist das Maß s_t (siehe DIN 4158 und DIN 4159) in Rechnung zu stellen, für die Stegbreite bei der Biegebemessung nur die Breite der Betonrippe, bei der Schubbemessung die Breite der Betonrippe zuzüglich 2,5 cm.

(4) Sollen in einem Bereich, in dem die Druckzone unten liegt, Zwischenbauteile als statisch mitwirkend in Rechnung gestellt werden, so dürfen nur solche mit voll vermittelbarer Stoßfuge nach DIN 4159 oder untenliegende Schalungsplatten, Form GM nach DIN 4158/05.78, verwendet werden. Beim Übergang zu diesem Bereich sind die offenen Querschnittsteile der über die ganze Deckendicke reichenden Zwischenbauteile aus Beton zu verschalen. Schalungsplatten müssen ebenfalls voll vermittelbare Stoßfugen haben. Auf die sorgfältige Ausfüllung der Stoßfugen mit Beton ist in diesen Fällen ganz besonders zu achten. Die statische Nutzhöhe der Rippendecken ist für diesen Bereich in der Rechnung um 1 cm zu vermindern.

(5) Die Bemessung ist nach Abschnitt 17 so durchzuführen, als ob die ganze mitwirkende Druckplatte aus Beton der in Tabelle 28, Spalte 1, angegebenen Festigkeitsklasse bestünde. Wegen des Zusammenwirkens von Ortbeton und Fertigteil ist Abschnitt 19.4 zu beachten.

Tabelle 28. Druckfestigkeiten der Zwischenbauteile und des Betons

	1	2	3
	Festigkeitsklasse des Betons in Rippen und Stoßfugen	Erforderliche Druckfestigkeit der Zwischenbauteile nach DIN 4158 N/mm ²	Erforderliche Druckfestigkeit der Zwischenbauteile nach DIN 4159 N/mm ²
1	B 15	20	22,5
2	B 25	—	30

- (6) Die Mindestquerbewehrung nach Abschnitt 21.2.2.1 ist in den Stoßfugenaussparungen der Zwischenbauteile anzutragen. Wegen Querrippen siehe Abschnitt 21.2.2.3.

19.7.9 Stahlbetonhohldielen

Bei Stahlbetonhohldielen (Mindestmaße siehe Abschnitt 19.3) mit einer Verkehrslast bis 3,5 kN/m² darf auf Bügel und bei Breiten bis 50 cm auch auf eine Querbewehrung verzichtet werden, wenn die Schubspannungen die Werte der Tabelle 13, Zeile 1b, nicht überschreiten.

19.7.10 Vorgefertigte Stahlsteindecken

Bilden mehrere vorgefertigte Streifen von Stahlsteindecken die Decke eines Raumes, so sind zur Querverbindung Maßnahmen erforderlich, die denen nach Abschnitt 19.7.5 gleichwertig sind.

19.8 Wände aus Fertigteilen

19.8.1 Allgemeines

(1) Für Wände aus Fertigteilen gelten die Bestimmungen für Wände aus Orthobeton (siehe Abschnitt 25.5), sofern in den folgenden Abschnitten nichts anderes gesagt ist.

(2) Tragende und aussteifende Wände (siehe Abschnitt 25.5) dürfen nur aus geschoßhohen Fertigteilen zusammengesetzt werden, mit Ausnahme von Paßstücken im Bereich von Treppenpodesten. Wird zur Aufnahme senkrechter und waagerechter Lasten ein Zusammenwirken der einzelnen Fertigteile vorausgesetzt, so sind die Beanspruchungen in den Fugen nachzuweisen (siehe auch Abschnitt 19.8.5).

(3) Bei Wänden aus zwei oder mehr nicht raumgroßen Wandtafeln gelten die einzelnen Wandtafeln als zwei- oder dreiseitig gehalten nach Abschnitt 25.5.2.

19.8.2 Mindestdicken

19.8.2.1 Fertigteilwände mit vollem Rechteckquerschnitt

Für die Mindestwanddicke tragender Fertigteilwände gilt Abschnitt 25.5.3.2, Tabelle 33.

19.8.2.2 Fertigteilwände mit aufgelöstem Querschnitt oder mit Hohlräumen

(1) Fertigteilwände mit aufgelöstem Querschnitt (z.B. Wände mit lotrechten Hohlräumen) müssen mindestens das gleiche Flächenmoment 2. Grades haben wie Vollwände mit der Mindestwanddicke nach Tabelle 33.

(2) Die kleinste Dicke von Querschnittsteilen solcher Wände muß mindestens gleich $1/10$ des lichten Rippen- oder Stegabstandes, mindestens aber 5 cm sein.

19.8.3 Lotrechte Stoßfugen zwischen tragenden und aussteifenden Wänden

(1) Wird die Wand beim Nachweis der Knicksicherheit nach Abschnitt 17.4 als drei- oder vierseitig gehalten angesehen, so müssen die tragenden Wände mit den sie aussteifenden Wänden verbunden sein, z.B. durch Vergußfugen und Bewehrung. Diese Bewehrung soll möglichst in den Drittelpunkten der Wandhöhe angeordnet werden und jeweils $1/100$ der senkrechten Last der auszusteifenden tragenden Wand übertragen können. Mindestens sind jedoch in den Drittelpunkten Schlaufen mit Stäben von 8 mm Durchmesser nach Abschnitt 6.6.2 oder gleichwertige stahlbaumäßige Verbindungen anzordnen. Anschlüsse, die auf die ganze Wandhöhe verteilt den gleichen Bewehrungsquerschnitt aufweisen, gelten als gleichwertig.

(2) Die Fugenbewehrung ist so auszubilden, daß der Fugenbeton einwandfrei eingebracht und verdichtet werden kann.

(3) Werden tragende Wände von beiden Seiten durch in einer Flucht liegende oder höchstens um die 6fache Dicke der tragenden Wand gegeneinander versetzte Wände gehalten, so darf auf eine Fugenbewehrung zwischen der tragenden Wand und den aussteifenden Wänden verzichtet werden.

19.8.4 Waagerechte Stoßfugen

(1) Steht eine Wand über dem Stoß zweier Deckenplatten oder über einer in einen Außenwandknoten einbindenden Deckenplatte, so dürfen bei der Bemessung ohne Berücksichtigung des Knickens nur 50 % des tragenden Wandquerschnitts in Rechnung gestellt werden, sofern nicht durch

Versuche – unter Beachtung der Auflagerbedingungen – nachgewiesen wird, daß ein höherer Anteil zulässig ist.

(2) Abweichend davon dürfen bei der Bemessung ohne Berücksichtigung des Knickens am Anschliff zu Knoten von Außen- und Innenwänden 60 % des tragenden Wandquerschnitts in Rechnung gestellt werden, wenn im anschließenden Wandfuß und Wandkopf mindestens die in Bild 43 dargestellte Querbewehrung angeordnet wird. Bei der Bemessung der Wand im Knoten beträgt hierbei der Sicherheitsbeiwert $y = 2,1$.

(3) Der Querschnitt der Querbewehrung muß mindestens betragen:

$$a_{sbu} = b_w/8$$

a_{sbu} in cm^2/m , b_w in cm

(4) Der Abstand der Querbewehrung s_{bu} muß in Richtung der Wandlängsachse betragen:

$$s_{bu} \leq b_w \\ \leq 20 \text{ cm}$$

(5) Der Durchmesser der Längsstäbe d_{sl} darf bei Betonstabstahl III S 8 mm und bei Betonstabstahl IV S bzw. Betonstahlmatten IV M 6 mm nicht unterschreiten.

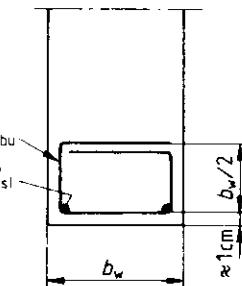


Bild 43. Zusätzliche Querbewehrung

19.8.5 Scheibenwirkung von Wänden

(1) Werden mehrere Wandtafeln zu einer für die Steifigkeit des Bauwerks notwendigen Scheibe zusammengefügt, so ist auch die Übertragung der in den lotrechten und waagerechten Fugen auftretenden Schubkräfte nachzuweisen. Dabei ist die Zugkomponente der Schubkraft, die sich bei einer Zerlegung der Schubkraft in eine horizontale Zugkomponente und eine unter 45° gegen die Stoßfuge geneigte Druckkomponente ergibt, stets durch Bewehrung aufzunehmen; diese darf in Höhe der Decken zusammengefaßt werden, wenn die Gesamtbreite der Scheibe mindestens gleich der Geschoßhöhe ist. Bei Schubspannungen, die größer als $0,2 \text{ N/mm}^2$ sind, ist auch die Übertragung der Druckkomponente der Schubkraft von einer Wandtafel zur anderen nachzuweisen.

(2) Aussteifende Wandscheiben können bei Gerippebauten auch aus nichttragenden und nichtgeschoßhohen Wandtafeln zusammengefügt werden, wenn Gerippestützen als Randglieder der Scheibe wirken und die Wandscheiben wie eine Deckenscheibe nach Abschnitt 19.7.4 ausgeführt werden.

(3) Bei großer Nachgiebigkeit der Wandscheiben müssen deren Formänderungen bei der Ermittlung der Schnittgrößen berücksichtigt werden. Dieser Nachweis darf entfallen, wenn Gleichung (3) aus Abschnitt 15.8.1 erfüllt ist.

19.8.6 Anschluß der Wandtafeln an Deckenscheiben

(1) Sämtliche tragenden und aussteifenden Außenwandtafeln sind an ihrem oberen Rand – bei Hochhäusern³⁸⁾ auch an ihrem unteren Rand – mit den anschlie-

³⁸⁾ Auszug aus den „Bauordnungen“ der Länder: Hochhäuser sind Gebäude, bei denen der Fußboden mindestens eines Aufenthaltsraumes mehr als 22 m über der festgelegten Geländeoberfläche liegt.

Benden Deckenscheiben aus Fertigteilen oder Ortbeton durch Bewehrung oder andere Stahlteile zu verbinden. Jede dieser Verbindungen ist für eine rechtwinklig zur Wandebene wirkende Zugkraft von 7,0 kN je m unter Einhaltung der zulässigen Spannungen zu bemessen und zu verankern. Der waagerechte Abstand dieser Verbindungen darf nicht größer als 2 m, ihr Abstand von den senkrechten Tafelrändern nicht größer als 1 m sein.

(2) Bei Außenwandtafeln von Hochhäusern, die zwischen ihren aussteifenden Wänden nicht gestoßen sind und deren Länge zwischen diesen Wänden höchstens das Doppelte ihrer Höhe ist, dürfen die Verbindungen am unteren Rand ersetzt werden durch Verbindungen gleicher Gesamtzugkraft, die in der unteren Hälfte der lotrechten Fugen zwischen der Außenwand und ihren aussteifenden Wänden anzutragen sind.

(3) Am oberen Rand tragender Innenwandtafeln muß mindestens eine Bewehrung von 0,7 cm²/m in den Zwischenraum zwischen den Deckentafeln eingreifen. Diese Bewehrung darf an zwei Punkten vereinigt werden, bei Wandtafeln mit einer Länge bis 2,50 m genügt ein Anschlußpunkt etwa in Wandmitte. Die Bewehrung darf durch andere gleichwertige Maßnahmen ersetzt werden.

19.8.7 Metallische Verankerungs- und Verbindungsmitte bei mehrschichtigen Wandtafeln

Für Verankerungs- und Verbindungsmitte mehrschichtiger Wandtafeln ist nichtrostender Stahl zu verwenden, der ausreichend alkali- und säurebeständig und ausreichend kaltverformbar ist³⁹⁾.

20 Platten und plattenartige Bauteile

20.1 Platten

20.1.1 Begriff und Plattenarten

(1) Platten sind ebene Flächentragwerke, die quer zu ihrer Ebene belastet sind; sie können linienförmig oder auch punktförmig gelagert sein.

(2) Form und Anordnung der stützenden Ränder oder Punkte bestimmen Größe und Richtung der Plattschnittgrößen. Die folgenden Abschnitte beziehen sich auf Rechteckplatten. Für Platten abweichender Form (z. B. schiefwinklige oder kreisförmige Platten) mit linienförmiger Lagerung sind diese Bestimmungen sinngemäß anzuwenden. Für punktförmig gestützte Platten und für gemischt gestützte Platten im Bereich der punktförmigen Stützung siehe auch Abschnitt 22.

(3) Je nach ihrer statischen Wirkung werden einachsig und zweiachsig gespannte Platten unterschieden.

(4) Einachsig gespannte Platten tragen ihre Last im wesentlichen in einer Richtung ab (Spannrichtung). Beanspruchungen quer zur Spannrichtung, die aus der Behinderung der Querdehnung, aus der Querverteilung von Einzel- oder Streckenlasten oder durch eine in der Rechnung nicht berücksichtigte Auflagerung parallel zur Spannrichtung entstehen, brauchen nicht nachgewiesen zu werden. Diese Beanspruchungen sind jedoch durch konstruktive Maßnahmen zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 20.1.6.3).

(5) Bei zweiachsig gespannten Platten werden beide Richtungen für die Tragwirkung herangezogen. Vierseitig gelagerte Rechteckplatten, deren größere Stützweiten nicht größer als das Zweifache der kleineren ist, sowie dreiseitig oder an zwei benachbarten Rändern gelagerte Rechteckplatten sind im allgemeinen als zweiachsig gespannt zu berechnen und auszubilden.

(6) Werden sie zur Vereinfachung des statischen Systems als einachsig berechnet, so sind die aus den vernachlässigten Tragwirkungen herrührenden Beanspruchungen durch eine geeignete konstruktive Bewehrung zu berücksichtigen.

(7) Bei Hohlplatten sind besonders die Abschnitte 17.5 (Schub), 22.5 (Durchstanzen), 20.1.5 und 20.1.6 (Abheben von den Ecken) sinngemäß zu beachten.

(8) Wegen der Stützweite siehe Abschnitt 15.2.

(9) Wegen vorgefertigter Bauteile siehe Abschnitt 19, insbesondere für Fertigteilplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht siehe Abschnitt 19.7.6 für Balkendecken mit oder ohne Zwischenbauteile siehe Abschnitt 19.7.7.

20.1.2 Auflager

(1) Die Auflagertiefe ist so zu wählen, daß die zulässigen Pressungen in der Auflagerfläche nicht überschritten werden (für Beton siehe die Abschnitte 17.3.3 und 17.3.4, für Mauerwerk DIN 1053 Teil 1/11.74, Abschnitt 7.4) und die erforderlichen Verankerungslängen der Bewehrung (siehe die Abschnitte 18.7.4 und 18.7.5) untergebracht werden können.

(2) Die Auflagertiefe muß mindestens sein bei Auflagerung

- | | |
|---|------|
| a) auf Mauerwerk und Beton B 5 oder B 10 | 7 cm |
| b) auf Bauteilen aus Beton B 15 bis B 55 und Stahl | 5 cm |
| c) auf Trägern aus Stahlbeton oder Stahl, wenn seitliches Ausweichen der Auflager durch konstruktive Maßnahmen verhindert und die Stützweite der Platte nicht größer als 2,50 m ist | 3 cm |

(3) Auf geneigten Flanschen ist trockene Auflagerung unzulässig.

20.1.3 Plattendicke

(1) Die Plattendicke muß mindestens sein

- | | |
|--|-------|
| a) im allgemeinen | 7 cm |
| b) bei befahrbaren Platten | |
| für Personenkraftwagen | 10 cm |
| für schwere Fahrzeuge | 12 cm |
| c) bei Platten, die nur ausnahmsweise, z. B. bei Ausbesserungs- oder Reinigungsarbeiten begangen werden, z. B. Dachplatten | 5 cm |

(2) Wegen der Abhängigkeit der Plattendicke von der zulässigen Durchbiegung siehe Abschnitt 17.7.

20.1.4 Lastverteilung bei Punkt-, Linien- und Rechtecklasten in einachsig gespannten Platten

(1) Wird kein genauerer Nachweis erbracht, so darf bei Punkt-, Linien- und gleichförmig verteilten Rechtecklasten die mitwirkende Lastverteilungsbreite b_m quer zur Tragrichtung nach DAfStB-Heft 240 ermittelt werden.

(2) Die Lasteintragungsbreite t darf angenommen werden zu

$$t = b_0 + 2d_1 + d \quad (33)$$

Hierin sind:

b_0 Lastaufstandsbreite

d_1 lastverteilende Deckschicht

d Plattendicke

(3) Für die Berechnung des Biegemomentes gilt

$$m = \frac{M}{b_m} \quad (34)$$

³⁹⁾ Hierfür sind z. B. folgende nichtrostende Stähle nach DIN 17 440 mit den Werkstoffnummern 1.4401 und 1.4571 und für Verbindungselemente (Schrauben, Muttern und ähnliche Gewindeteile) die Stahlgruppe A 4 nach DIN 267 Teil 11 entsprechend den Bedingungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung („Nichtrostende Stähle“) geeignet. Sie dürfen jedoch nicht in chlorhaltiger Atmosphäre (z. B. über gechlortem Schwimmbeckenwasser), verwendet werden.

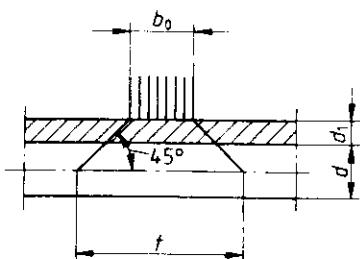


Bild 44. Lasteintragungsbreite

Für die Berechnung der Querkraft gilt

$$q = \frac{Q}{b_m} \quad (35)$$

Es bedeuten:

M größtes Balkenmoment (Feldmoment M_F bzw. Stützmoment M_S infolge der auf der Länge t gleichmäßig verteilten Last)

m Plattenmoment je m Breite

Q Balkenquerkraft am Auflager

q Plattenquerkraft je m Breite am Auflager

b_m mitwirkende Lastverteilungsbreite an der Stelle des größten Feldmomentes bzw. am Auflager

t Lasteintragungsbreite

(4) Die mitwirkende Lastverteilungsbreite der Platte darf nicht größer als die mögliche angesetzt werden (z.B. unter einer Last nahe am ungestützten Rand, siehe Bild 45).

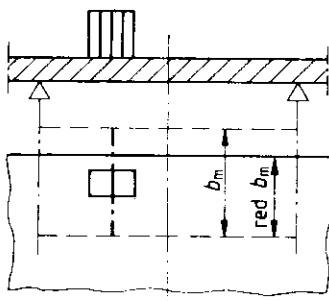


Bild 45. Reduzierte mitwirkende Lastverteilungsbreite bei Lasten in Randnähe

(5) Für den Nachweis gegen Durchstanzen gilt Abschnitt 22.5.

20.1.5 Schnittgrößen

(1) Für die Ermittlung der Schnittgrößen in Platten jeder Form und Lagerungsart gelten die Bestimmungen des Abschnitts 15. Auf der sicheren Seite liegende Näherungsverfahren sind zulässig, z.B. darf für zweiachsig gespannte Rechteckplatten die Berechnung näherungsweise mit sich kreuzenden Plattenstreifen gleicher größter Durchbiegung erfolgen. Zur Ermittlung der Schnittgrößen aus Punkt-, Linien- und Rechtecklasten darf die mitwirkende Lastverteilungsbreite nach DAfStb-Heft 240 ermittelt werden.

(2) Die nach der Plattentheorie ermittelten Feldmomente sind angemessen zu erhöhen (siehe z.B. DAfStb-Heft 240), wenn

- die Ecken nicht gegen Abheben gesichert sind oder
- bei Ecken, an denen zwei frei drehbar gelagerte Ränder bzw. ein frei aufliegender und ein eingespannter Rand zusammenstoßen, keine Eckbewehrung nach Abschnitt 20.1.6.4 eingelegt wird.

- Aussparungen in den Ecken vorhanden sind, die die Drillsteifigkeit wesentlich beeinträchtigen.

(3) Ausreichende Sicherung gegen Abheben von Ecken kann angenommen werden, wenn mindestens eine der an die Ecke anschließenden Seiten der Platte mit der Unterstützung oder der benachbarten Platte biegesteif verbunden ist oder ausreichende Auflast vorhanden ist, d.h. mindestens $\frac{1}{6}$ der auf die Gesamtplatte entfallenden Last.

(4) Durchlaufende, zweiachsig gespannte Platten (siehe auch DAfStb-Heft 240), deren Stützweitenverhältnis $\min l / \max l$ in einer Durchlaufrichtung nicht kleiner als 0,75 ist, dürfen bei der Ermittlung der Stützmomente als über den Stützen voll eingespannt betrachtet werden. Die größten und kleinsten Feldmomente dürfen dadurch ermittelt werden, daß für die Vollbelastung mit $q' = g + p/2$ volle Einspannung und für die feldweise wechselnde Belastung mit $q'' = \pm p/2$ freie Drehbarkeit über den Stützen angenommen wird.

(5) Die Stützkräfte, die von gleichmäßig belasteten zweiachsig gespannten Platten auf die Balken abgegeben werden und die zur Ermittlung der Schnittgrößen dieser Balken dienen, dürfen aus den Lastanteilen berechnet werden, die sich aus der Zerlegung der Grundriffäche in Trapeze und Dreiecke nach Bild 46 ergeben.

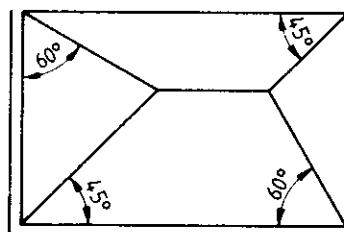


Bild 46. Lastverteilung zur Ermittlung der Stützkräfte

(6) Stoßen an einer Ecke zwei Plattenränder mit gleichartiger Stützung zusammen, so beträgt der Zerlegungswinkel 45°. Stoßt ein voll eingespannter mit einem frei aufliegenden Rand zusammen, so beträgt der Zerlegungswinkel auf der Seite der Einspannung 60°. Bei teilweiser Einspannung dürfen die Winkel zwischen 45° und 60° angenommen werden.

20.1.6 Bewehrung

20.1.6.1 Allgemeine Anforderungen

Neben den Bestimmungen des Abschnitts 18 sind die nachstehenden Bewehrungsrichtlinien anzuwenden, soweit nicht bei genauerer Berechnung eine entsprechende Bewehrung eingelegt wird.

20.1.6.2 Hauptbewehrung

(1) Bei Platten ohne Schubbewehrung darf die Feldbewehrung nur dann nach der Zugkraftlinie (siehe Abschnitt 18.7.2) abgestuft werden, wenn der Grundwert $\tau_0 \leq k_1 \cdot \tau_{011}$ bzw. $\tau_0 \leq k_2 \cdot \tau_{011}$ ist (τ_{011} nach Tabelle 13, Zeile 1a, und k_1 nach Gleichung (14) bzw. k_2 nach Gleichung (15) in Abschnitt 17.5.5), und wenn mindestens die Hälfte der Feldbewehrung über das Auflager geführt wird. Sollen für τ_{011} die Werte der Tabelle 13, Zeile 1b, ausgenutzt werden, so ist in Platten ohne Schubbewehrung die volle Feldbewehrung von Auflager zu Auflager durchzuführen.

(2) Zur Deckung des Moments aus einer rechnerisch nicht berücksichtigten Einspannung ist eine Bewehrung von etwa $\frac{1}{3}$ der Feldbewehrung anzuordnen.

(3) Der Abstand der Bewehrungsstäbe s darf im Bereich der größten Momente in Abhängigkeit von der Plattendicke d höchstens betragen:

$$d \geq 25 \text{ cm} : s \leq 25 \text{ cm}, \quad d \leq 15 \text{ cm} : s \leq 15 \text{ cm} \quad (36)$$

Zwischenwerte sind linear zu interpolieren.

(4) Bei zweiachsig gespannten Platten darf der Abstand der Bewehrungsstäbe in der minderbeanspruchten Stützrichtung nicht größer sein als $2d$ bzw. höchstens 25 cm.

(5) Wird bei zweiachsig gespannten Platten die Deckung der Momente nicht genauer nachgewiesen, so darf in den Randstreifen von der Breite $c = 0,2 \text{ min } l$ die parallel zum stützenden Rand verlaufende Bewehrung auf die Hälfte der in der gleichen Richtung liegenden Bewehrung des mittleren Plattenbereichs abgemindert werden ($a_{s \text{ Rand}} = 0,5 a_{s \text{ Mitte}}$).

(6) Der durch Einzel- oder Streckenlasten bedingte Anteil der Längsbewehrung ist auf eine Breite $b = 0,5 b_m$, jedoch mindestens auf t_y nach Gleichung (33), zu verteilen (siehe Bild 47).

(7) Die Bestimmungen dieses Abschnitts gelten auch bei der Verwendung von biegesteifer Bewehrung.

20.1.6.3 Querbewehrung einachsig gespannter Platten

(1) Einachsig gespannte Platten sind mit einer Querbewehrung zu versehen, deren Querschnitt je Meter mindestens 20% der für gleichmäßig verteilte Belastung im Feld erforderlichen Hauptbewehrung sein muß. Besteht die Querbewehrung aus einer anderen Stahlsorte als die Hauptbewehrung, so ist ihr Querschnitt im umgekehrten Verhältnis ihrer Streckgrenzen zu vergrößern. Mindestens sind aber bei Betonstabstahl III S und bei Betonstabstahl IV S drei Stäbe mit Durchmesser $d_s = 6 \text{ mm}$, und bei Betonstahlmatten IV M drei Stäbe mit Durchmesser $d_s = 4,5 \text{ mm}$ je Meter oder eine größere Anzahl von dünneren Stäben mit gleichem Gesamtquerschnitt je Meter anzugeben.

(2) Diese Querbewehrung genügt in der Regel auch zur Aufnahme der Querzugsspannungen nach Abschnitt 18.5.2.3. Bei durchlaufenden Platten ist im Bereich der Zwischenaufhänger eine geeignete obere konstruktive Querbewehrung anzugeben.

(3) Unter Einzel- oder Streckenlasten ist – sofern kein genauerer Nachweis geführt wird – zusätzlich eine untere Querbewehrung einzulegen, deren Querschnitt je Meter mindestens 60% des durch die Strecken- oder Einzellast bedingten Anteils der Hauptbewehrung sein muß. Auch bei Kragplatten sind 60% der Bewehrung, die zur Aufnahme des durch die Einzellast verursachten Stützmoments erforderlich ist, auf der Unterseite einzulegen. Die Länge l_q dieser zusätzlichen Querbewehrung darf dabei nach Gleichung (37) ermittelt werden.

$$l_q \geq b_m + 2 l_1 \quad (37)$$

Hierin sind:

b_m mitwirkende Lastverteilungsbreite nach Abschnitt 20.1.4
 l_1 Verankerungslänge nach Abschnitt 18.5.2.2.

(4) Diese Querbewehrung ist auf eine Breite $b = 0,5 b_m$, jedoch mindestens auf t_x nach Gleichung (33) zu verteilen und soll um $b_m/4$ gestaffelt werden (siehe Bild 47).

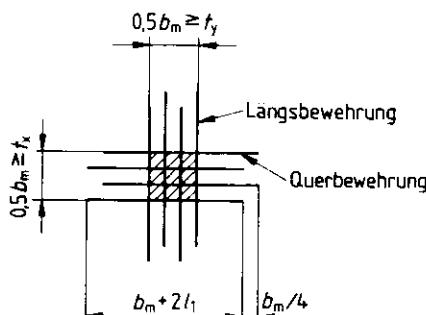


Bild 47. Zusätzliche Bewehrung unter einer Einzellast

(5) Liegt die Hauptbewehrung gleichlaufend mit einer in der Rechnung nicht berücksichtigten Stützung (z. B. Steg, Balken, Wand), so sind die dort auftretenden Zugspannungen durch eine besondere rechtwinklig zu dieser Stützung verlaufende obere Querbewehrung aufzunehmen, die das Abreißen der

Platte verhindert. Wird diese Bewehrung nicht besonders ermittelt, so ist je Meter Stützung 60% der Hauptbewehrung a_s der Platte in Feldmitte anzugeben. Mindestens aber sind fünf Bewehrungsstäbe je Meter anzugeben, und zwar bei Betonstabstahl III S, Betonstabstahl IV S und Betonstahlmatten IV M mit Durchmesser $d_s = 6 \text{ mm}$ oder eine größere Anzahl von dünneren Stäben mit gleichem Gesamtquerschnitt je Meter Stützung. Diese Bewehrung muß mindestens um ein Viertel der in der Berechnung zugrunde liegenden Plattenstützweite über die Stützung hinausreichen.

(6) Für die nicht mittragend gerechneten Stützungen ist zusätzlich ein angemessener Lastanteil zu berücksichtigen.

20.1.6.4 Eckbewehrung

(1) Wird eine Eckbewehrung (Drillbewehrung) angeordnet, dann ist diese bei vierseitig gelagerten Platten nach Abschnitt 20.1.5 auf eine Breite von $0,2 \text{ min } l$ und auf eine Länge von $0,4 \text{ min } l$ an der Oberseite in Richtung der Winkelhalbierenden und an der Unterseite rechtwinklig dazu zu verlegen. Ihr Querschnitt je Meter muß in beiden Richtungen gleich dem der größten unteren Feldbewehrung sein.

Diese Eckbewehrung darf am Auflager und im Feld am Hakenanfang bzw. am ersten Querstab als verankert angesehen werden. Bei Rippenstahl darf hier der Haken durch eine Verankerungslänge von $20 d_s$ ersetzt werden.

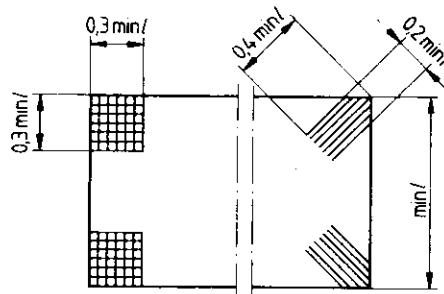


Bild 48. Rechtwinklige und schräge Eckbewehrung, Oberseite

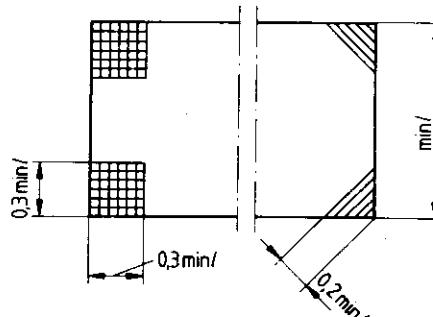


Bild 49. Rechtwinklige und schräge Eckbewehrung, Unterseite

(2) Die Eckbewehrung darf durch eine parallel zu den Seiten verlaufende obere und untere Netzbewehrung ersetzt werden, die in jeder Richtung den gleichen Querschnitt wie die Feldbewehrung hat und $0,3 \text{ min } l$ (siehe Bilder 48 und 49) lang ist.

(3) In Plattencken, in denen ein frei aufliegender und ein eingespannter Rand zusammenstoßen, ist die Hälfte der in Absatz (2) angegebenen Eckbewehrung rechtwinklig zum freien Rand einzulegen.

(4) Bei vierseitig gelagerten Platten, die einachsig gespannt gerechnet werden, empfiehlt es sich, zur Beschränkung der Rißbildung in den Ecken ebenfalls eine Eckbewehrung nach Absatz (1) oder Absatz (2) anzugeben.

- (5) Ist die Platte mit Randbalken oder benachbarten Deckenfeldern biegefest verbunden, so brauchen die zugehörigen Drillmomente nicht nachgewiesen und keine Drillbewehrung angeordnet zu werden.
- (6) Bei anderen, z. B. dreiseitig frei gelagerten Platten, ist eine nach der Elastizitätstheorie sich ergebende Eckbewehrung anzurufen.

20.2 Stahlsteindecken

20.2.1 Begriff

- (1) Stahlsteindecken sind Decken aus Deckenziegeln, Beton oder Zementmörtel und Betonstahl, bei denen das Zusammenwirken der genannten Baustoffe zur Aufnahme der Schnittgrößen nötig ist. Der Zementmörtel muß wie Beton verdichtet werden.
- (2) Stahlsteindecken sind aus Deckenziegeln mit einer Druckfestigkeit in Strangrichtung von $22,5 \text{ N/mm}^2$ oder von 30 N/mm^2 nach DIN 4159 und Beton mindestens der Festigkeitsklasse B 15 (siehe auch Abschnitt 19.7.8.2, Tabelle 28) und mit einem Achsabstand der Bewehrung von höchstens 25 cm herzustellen.
- (3) Stahlsteindecken dürfen nur als einachsig gespannt gerechnet werden.
- (4) Für sie gelten die Bestimmungen von Abschnitt 20.1, soweit in den folgenden Abschnitten nichts anderes gesagt ist. Stahlsteindecken, die den Vorschriften dieses Abschnitts entsprechen, gelten als Decken mit ausreichender Querverteilung im Sinne von DIN 1055 Teil 3.
- (5) Für vorgefertigte Stahlsteindecken ist außerdem Abschnitt 19, insbesondere Abschnitt 19.7.10, zu beachten.

20.2.2 Anwendungsbereich

- (1) Stahlsteindecken dürfen verwendet werden bei den unter a) bis c) angegebenen gleichmäßig verteilten und vorwiegend ruhenden Verkehrslasten nach DIN 1055 Teil 3 und bei Decken, die nur mit Personenkraftwagen befahren werden. Decken mit Querbewehrung nach b) und c) dürfen auch bei Fabriken und Werkstätten mit leichtem Betrieb verwendet werden.
- a) $p \leq 3,5 \text{ kN/m}^2$ einschließlich dazugehöriger Flure bei voll- und teilvermörtelten Decken ohne Querbewehrung;
- b) $p \leq 5,0 \text{ kN/m}^2$ bei teilvermörtelten Decken mit obenliegender Mindestquerbewehrung nach Abschnitt 20.1.6.3 in den Stoßfugenaussparungen der Deckenziegel;
- c) p unbeschränkt bei vollvermörtelten Decken mit untenliegender Mindestquerbewehrung nach Abschnitt 20.1.6.3 in den Stoßfugenaussparungen der Deckenziegel.
- (2) Stahlsteindecken dürfen als tragfähige Scheiben z. B. für die Aufnahme von Windlasten, verwendet werden, wenn sie den Bedingungen des Abschnitts 19.7.4.1 entsprechen.

20.2.3 Auflager

- (1) Wegen der Auflagertiefe siehe Abschnitt 20.1.2. Werden Stahlsteindecken am Auflager durch daraufstehende Wände mit Ausnahme von leichten Trennwänden nach den Normen der Reihe DIN 4103 belastet, so sind die Deckenauflager aus Beton mindestens der Festigkeitsklasse B 15 herzustellen.
- (2) Bei Stahlträgern muß der Auflagerstreifen über den Unterflanschen der Stahlträger voll aus Beton hergestellt werden. Stelzungen am Auflager müssen gleichzeitig mit der Stahlsteindecke hergestellt werden. Schmale, hohe Stelzungen sind zu bewehren.

20.2.4 Deckendicke

Die Dicke von Stahlsteindecken muß mindestens 9 cm betragen.

20.2.5 Lastverteilung bei Einzel- und Streckenlasten

- (1) Sind Einzellasten größer als die auf 1 m^2 entfallende gleichmäßig verteilte Verkehrslast p oder größer als $7,5 \text{ kN}$, so sind sie durch geeignete Maßnahmen auf eine größere Aufstandsfläche zu verteilen. Ihre Aufnahme ist nachzuweisen.
- (2) Der Nachweis bei Stahlsteindecken mit voll vermortelbaren und nach Abschnitt 20.1.6.3 bewehrten Querfugen kann nach Abschnitt 20.1.4 geführt werden.
- (3) Für alle übrigen Stahlsteindecken darf als mitwirkende Lastverteilungsbreite nur die Lasteintragungsbreite t nach Gleichung (33) angenommen werden.

20.2.6 Bemessung

20.2.6.1 Biegebemessung

- (1) Die Bemessung für Biegung ist nach Abschnitt 17 so durchzuführen, als ob der ganze mitwirkende Druckquerschnitt aus Beton bestünde, und zwar aus Beton B 15 bei Deckenziegeln mit einer mittleren Druckfestigkeit in Strangrichtung von mindestens $22,5 \text{ N/mm}^2$ nach DIN 4159 und aus Beton B 25 bei Deckenziegeln mit einer Druckfestigkeit von mindestens 30 N/mm^2 . Eine etwa oberhalb der Deckenziegel aufgebrachte Betonschicht darf bei der Ermittlung des Druckquerschnitts nicht in Rechnung gestellt werden.
- (2) Bei Stahlsteindecken aus Deckenziegeln mit vollvermortelbaren Stoßfugen nach DIN 4159, gilt als wirksamer Druckquerschnitt der im Druckbereich liegende Querschnitt der Betonstege und der Deckenziegel ohne Abzug der Hohlräume. Liegt die Druckzone unten, so ist die statische Nutzhöhe h in der Rechnung um 1 cm zu vermindern.
- (3) Bei Stahlsteindecken aus Deckenziegeln mit teilvermortelbaren Stoßfugen nach DIN 4159 gilt als wirksamer Druckquerschnitt der im Druckbereich liegende Querschnitt der Betonstege sowie der Querschnittsteil der Deckenziegel von der Höhe s_t ohne Abzug der Hohlräume. Im Bereich negativer Momente etwa vorhandene Schalungsziegel, z. B. zur Verbreiterung der Betondruckzone, dürfen auf die statische Nutzhöhe nicht angerechnet werden.

20.2.6.2 Schubnachweis

- (1) Die Schubspannungen sind nach Abschnitt 17.5 nachzuweisen. Bei der Ermittlung des Grundwertes der Schubspannung τ_0 ist die Breite der Betonrippen und die der in halber Deckenhöhe vorhandenen Stege der Deckenziegel anzusetzen, wobei aber der in Rechnung zu stellende Anteil der Stege der Deckenziegel nicht größer als 5 cm je Betonrippe sein darf.
- (2) Eine Schubbewehrung ist nicht erforderlich. Der Grundwert der Schubspannung τ_0 darf die für Beton zugelassenen Werte τ_{011} nach Abschnitt 17.5.3, Tabelle 13, Zeile 1b, nicht überschreiten. Wird bei Stahlsteindecken aus Deckenziegeln mit einer mittleren Druckfestigkeit in Strangrichtung von mindestens $22,5 \text{ N/mm}^2$ an Stelle eines Betons B 15 ein Beton B 25 verwendet, so darf die zulässige Schubspannung nach Tabelle 13, Zeile 1b, Spalte 4, um $0,07 \text{ N/mm}^2$ erhöht werden.
- (3) Aufbiegungen der Zugbewehrungen sind nicht zulässig.

20.2.7 Bauliche Ausbildung

- (1) Die Deckenziegel sind mit durchgehenden Stoßfugen unvermauert zu verlegen. Sie müssen vor dem Einbringen des Betons so durchfeuchtet sein, daß sie nur wenig Wasser aus dem Beton oder Mörtel aufsaugen. Auf die volle Ausfüllung der Fugen und Rippen ist sorgfältig zu achten, besonders, wenn die Druckzone unten liegt.
- (2) In Bereichen, in denen die Druckzone unten liegt, müssen Deckenziegel mit voll vermortelbarer Stoßfuge nach DIN 4159 verwendet werden, soweit hier nicht an Stelle der Deckenziegel Vollbeton verwendet wird. Das Eindringen des Betons in die Hohlräume der Deckenziegel ist durch geeig-

nete Maßnahmen zu verhüten, damit eine ausreichende Verdichtung des Betons möglich ist und das Berechnungsgewicht der Decke nicht überschritten wird.

(3) Stahlsteindecken zwischen Stahlträgern dürfen nur dann als durchlaufende Decken behandelt werden, wenn ihre Oberkante mindestens 4 cm über der Trägeroberkante liegt, so daß die oberen Stahlsteinlagen mit ausreichender Betondeckung durchgeführt werden können.

20.2.8 Bewehrung

(1) Die Hauptbewehrung ist möglichst gleichmäßig auf alle Längsrinnen zu verteilen. Sie muß mit Ausnahme des Höchstabstandes der Bewehrung nach Abschnitt 20.1.6.2 entsprechen.

(2) Wegen der Querbewehrung siehe die Abschnitte 20.2.2 und 20.2.5.

20.3 Glasstahlbeton

20.3.1 Begriff und Anwendungsbereich

(1) Glasstahlbeton ist eine Bauart aus Beton, Betongläsern und Betonstahl, bei der das Zusammenwirken dieser Baustoffe zur Aufnahme der Schnittgrößen nötig ist.

(2) Für Glasstahlbeton gelten die Bestimmungen für Stahlbetonplatten (siehe Abschnitt 20.1), soweit in den folgenden Abschnitten nichts anderes gesagt ist. Die Betongläser müssen DIN 4243 entsprechen.

(3) Bauteile aus Glasstahlbeton dürfen nur als Abschluß gegen die Außenluft (Oberlicht, Abdeckung von Lichtschächten usw.) mit einer Verkehrslast von höchstens 5,0 kN/m² und im allgemeinen nur für überwiegend auf Biegung beanspruchten Teile verwendet werden. Jedoch dürfen auch räumliche Bauteile (siehe Abschnitt 24) aus Glasstahlbeton ausgeführt werden, wenn zylindrische, über die ganze Dicke reichende Betongläser verwendet werden. Eine Verwendung für Durchfahrten und befahrbare Decken ist ausgeschlossen.

(4) Werden Bauteile aus Glasstahlbeton in Sonderfällen befahren, so dürfen nur Betongläser nach DIN 4243, Form C und Form D, verwendet werden. Diese dürfen jedoch nicht als statisch mitwirkend in Rechnung gestellt werden.

(5) Bauteile aus Glasstahlbeton dürfen mit Ort beton oder als Fertigteile ausgeführt werden. Hierzu siehe Abschnitt 19, insbesondere Abschnitt 19.7.9 sinngemäß.

20.3.2 Mindestanforderungen, bauliche Ausbildung und Herstellung

(1) Die Betongläser müssen unmittelbar ohne Zwischen schaltung nachgiebiger Stoffe wie Asphalt oder dergleichen, in den Beton eingebettet sein, so daß ein ausreichender Verbund zwischen Glas und Beton sichergestellt ist.

(2) Hohlgläser müssen über die ganze Plattendicke reichen.

(3) Betonrippen müssen bei einachsig gespannten Tragwerken mindestens 6 cm hoch, bei zweiachsig gespannten Tragwerken mindestens 8 cm hoch und in Höhe der Bewehrung mindestens 3 cm breit sein.

(4) Alle Längs- und Querrippen müssen mindestens einen Bewehrungsstab mit einem Durchmesser von mindestens 6 mm erhalten.

(5) Bauteile aus Glasstahlbeton müssen einen umlaufenden Stahlbetonringbalken mit geschlossener Ringbewehrung erhalten. Der Ringbalken darf innerhalb eines anschließenden Stahlbetonbauteils liegen. Breite und Dicke des Balkens müssen mindestens so groß wie die Dicke des Bauteils selbst sein. Die Ringbewehrung muß so groß sein wie die Bewehrung der Längsrinnen. Die Bewehrung aller Rippen ist bis an die äußeren Ränder des umlaufenden Balkens zu führen.

(6) Bauteile aus Glasstahlbeton sind durch besondere Maßnahmen vor erheblichen Zwangskräften aus der Gebäudekonstruktion zu schützen, z. B. durch nachgiebige Fugen.

20.3.3 Bemessung

(1) Bauteile aus Glasstahlbeton können als einachsig oder zweiachsig gespannte Tragwerke berechnet werden. Im letzten Fall darf die größere Stützweite höchstens doppelt so groß wie die kleinere sein.

(2) Die Bemessung auf Biegung ist nach Abschnitt 17 so durchzuführen, als ob ein einheitlicher Stahlbetonquerschnitt vorläge. Dabei dürfen die in der Druckzone liegenden Querschnittsteile der Glaskörper als statisch mitwirkend in Rechnung gestellt werden (siehe jedoch Abschnitt 20.3.1 (4)). Hohlräume brauchen bei allseitig geschlossenen Hohlgläsern nicht abgezogen zu werden. Als Druckfestigkeit ist die des Rippenbetons in Rechnung zu stellen, jedoch keine größere als die von B 25. Der Bewehrungsgrad $\mu = A_s/b \cdot h$ darf bei Verwendung von Hohlgläsern 1,2% nicht überschreiten. Für b ist hierbei die volle Breite, d. h. ohne Abzug der Gläser oder Hohlräume, einzusetzen.

(3) Bei Berechnung des Grundwerts der Schubspannung τ_0 (siehe Abschnitt 17.5.3) dürfen die Stege der Betongläser nicht in Rechnung gestellt werden. Die Schubbewehrung ist nach den Abschnitten 17.5.4 und 17.5.5 zu bemessen.

21 Balken, Plattenbalken und Rippendecken

21.1 Balken und Plattenbalken

21.1.1 Begriffe, Auflagerstiefe, Stabilität

(1) Balken sind überwiegend auf Biegung beanspruchte stabförmige Träger beliebigen Querschnitts.

(2) Plattenbalken sind stabförmige Tragwerke, bei denen kraftschlüssig miteinander verbundene Platten und Balken (Rippen) bei der Aufnahme der Schnittgrößen zusammenwirken. Sie können als einzelne Träger oder als Plattenbalkendecken ausgeführt werden.

(3) Für die Auflagerstiefe von Balken und Plattenbalken gilt Abschnitt 20.1.2 (1); sie muß jedoch mindestens 10 cm betragen. Für die Dicke der Platten von Plattenbalken gilt Abschnitt 20.1.3; sie muß jedoch mindestens 7 cm betragen.

(4) Bei sehr schlanken Bauteilen ist auf die Stabilität gegen Kippen und Beulen zu achten.

21.1.2 Bewehrung

(1) Wegen des Mindestabstandes der Bewehrung siehe Abschnitt 18.2, wegen unbeabsichtigter Einspannung Abschnitt 18.9.2 und wegen der Anordnung einer Abreibbewehrung in angrenzenden Platten Abschnitt 20.1.6.3.

(2) Wegen der Anordnung der Schubbewehrung in Balken, Plattenbalken und Rippendecken siehe die Abschnitte 17.5 und 18.8.

(3) In Balken und in Stegen von Plattenbalken mit mehr als 1 m Höhe sind an den Seitenflächen Längsstäbe anzurichten, die über die Höhe der Zugzone zu verteilen sind. Der Gesamtquerschnitt dieser Bewehrung muß mindestens 8% des Querschnitts der Biegezugbewehrung betragen. Diese Bewehrung darf als Zugbewehrung mitgerechnet werden, wenn ihr Abstand zur Nulllinie berücksichtigt und wenn sie nach Abschnitt 18.7 ausgebildet wird.

21.2 Stahlbetonrippendecken

21.2.1 Begriff und Anwendungsbereich

(1) Stahlbetonrippendecken sind Plattenbalkendecken mit einem lichten Abstand der Rippen von höchstens 70 cm, bei denen kein statischer Nachweis für die Platten erforderlich ist. Zwischen den Rippen können unterhalb der Platte statisch nicht mitwirkende Zwischenbauteile nach DIN 4158 oder DIN 4160 liegen. An die Stelle der Platte können ganz oder teilweise Zwischenbauteile nach DIN 4158 oder DIN 4159 oder Deckenziegel nach DIN 4159 treten, die in Richtung der Rippen mittragen. Diese Decken sind für Verkehrslasten $p \leq 5,0 \text{ kN/m}^2$ zulässig, und zwar auch bei Fabriken und Werk-

stätten mit leichtem Betrieb, aber nicht bei Decken, die von Fahrzeugen befahren werden, die schwerer als Personenkraftwagen sind. Einzellasten über 7,5 kN sind durch bauliche Maßnahmen (z. B. Querrippen) unmittelbar auf die Rippen zu übertragen.

(2) Wegen der Rippendecken mit ganz oder teilweise vorgefertigten Rippen siehe Abschnitt 19.7.8. Dieser gilt sinngemäß auch für Abschnitt 21.2, soweit nachstehend nichts anderes gesagt ist.

21.2.2 Einachsig gespannte Stahlbetonrippendecken

21.2.2.1 Platte

Ein statischer Nachweis ist für die Druckplatte nicht erforderlich. Ihre Dicke muß mindestens $1/10$ des lichten Rippenabstandes, mindestens aber 5 cm betragen. Als Querbewehrung sind mindestens bei Betonstabstahl III S und Betonstabstahl IV S drei Stäbe mit Durchmesser $d_s = 6$ mm und bei Betonstahlmatten IV M drei Stäbe mit Durchmesser $d_s = 4,5$ mm oder eine größere Anzahl von dünneren Stäben mit gleichem Gesamtquerschnitt je Meter anzuordnen.

21.2.2.2 Längsrippen

(1) Die Rippen müssen mindestens 5 cm breit sein. Soweit sie zur Aufnahme negativer Momente unten verbreitert werden, darf die Zunahme der Rippenbreite b_0 nur mit der Neigung 1:3 in Rechnung gestellt werden.

(2) Die Längsbewehrung ist möglichst gleichmäßig auf die einzelnen Rippen zu verteilen.

(3) Am Auflager darf jeder zweite Bewehrungsstab aufgebogen werden, wenn in jeder Rippe mindestens zwei Stäbe liegen. Über den Innenstützen von durchlaufenden Rippendecken darf nur die durchgeführte Feldbewehrung als Druckbewehrung mit $\mu_d \leq 1\%$ von A_b in Rechnung gestellt werden.

(4) Die Druckbewehrung ist gegen Ausknicken, z. B. durch Bügel, zu sichern.

(5) In den Rippen sind Bügel nach Abschnitt 18.8.2 anzuordnen. Auf Bügel darf verzichtet werden, wenn die Verkehrslast 2,75 kN/m² und der Durchmesser der Längsbewehrung 16 mm nicht überschreiten, die Feldbewehrung von Auflager zu Auflager durchgeführt wird und die Schubbeanspruchung $\tau_0 \leq \tau_{011}$ nach Tabelle 13, Zeile 1b, ist.

(6) Im Bereich der Innenstützen durchlaufender Decken und bei Decken, die feuerbeständig sein müssen, sind stets Bügel anzuordnen.

(7) Für die Auflagertiefe der Längsrippen gilt Abschnitt 21.1.1. Wird die Decke am Auflager durch daraufstehende Wände (mit Ausnahme von leichten Trennwänden) belastet, so ist am Auflager zwischen den Rippen ein Vollbetonstreifen anzuordnen, dessen Breite gleich der Auflagertiefe und dessen Höhe gleich der Rippenhöhe ist. Er kann auch als Ringanker nach Abschnitt 19.7.4.1 ausgebildet werden.

21.2.2.3 Querrippen

(1) In Rippendecken sind Querrippen anzuordnen, deren Mittenabstände bzw. deren Abstände vom Rand der Vollbetonstreifen die Werte s_q der Tabelle 29 nicht überschreiten.

(2) Bei Decken, die eine Verkehrslast $p \leq 2,75$ kN/m² und eine Stützweite bzw. eine lichte Weite zwischen den Rändern der Vollbetonstreifen bis zu 6 m haben, und bei den zugehörigen Fluren mit $p \leq 3,5$ kN/m² sind Querrippen entbehrlich; bei Verkehrslasten $p > 2,75$ kN/m² oder bei Stützweiten bzw. lichten Weiten über 6 m ist mindestens eine Querrippe erforderlich.

(3) Die Querrippen sind bei Verkehrslasten über 3,5 kN/m² für die vollen, sonst für die halben Schnittgrößen der Längsrippen zu bemessen. Diese Bewehrung ist unten, besser unten und oben anzuordnen. Querrippen sind etwa so hoch wie Längsrippen auszubilden und zu verbügeln.

Tabelle 29. Größter Querrippenabstand s_q

Verkehrslast p kN/m ²	1	2	3
	Abstand der Querrippen bei		
	$s_l \leq \frac{l}{8}$	$s_l > \frac{l}{8}$	
1	$\leq 2,75$	–	$12 d_0$
2	$> 2,75$	$10 d_0$	$8 d_0$

Hierin sind:
 s_l Achsabstand der Längsrippen
 l Stützweite der Längsrippen
 d_0 Dicke der Rippendecke

21.2.3 Zweiachsig gespannte Stahlbetonrippendecken

(1) Bei zweiachsig gespannten Rippendecken sind die Regeln für einachsig gespannte Rippendecken sinngemäß anzuwenden. Insbesondere müssen in beiden Achsrichtungen die Höchstabstände und die Mindestmaße der Rippen und Platten nach den Abschnitten 21.2.2.1 bis 21.2.2.3 eingehalten werden.

(2) Die Schnittgrößen sind nach Abschnitt 20.1.5 zu ermitteln. Die günstige Wirkung der Drillmomente darf nicht in Rechnung gestellt werden.

22 Punktformig gestützte Platten

22.1 Begriff

Punktformig gestützte Platten sind Platten, die unmittelbar auf Stützen mit oder ohne verstärktem Kopf aufgelagert und mit den Stützen biegefest oder gelenkig verbunden sind. Lochrandgestützte Platten (z. B. Hubdecken) sind keine punktförmig gestützte Platten im Sinne dieser Norm.

22.2 Mindestmaße

- Die Platten müssen mindestens 15 cm dick sein.
- Für die Stützen gilt Abschnitt 25.2.

22.3 Schnittgrößen

22.3.1 Näherungsverfahren

(1) Punktformig gestützte Platten mit einem rechteckigen Stützenraster dürfen für vorwiegend lotrechte Lasten nach dem in DAFStb-Heft 240 angegebenen Näherungsverfahren berechnet werden.

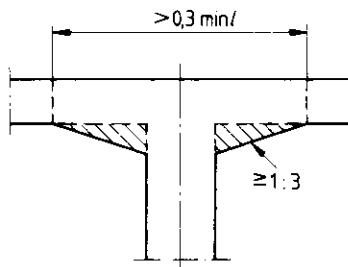
(2) Für die Verteilung der Schnittgrößen ist dabei jedes Deckenfeld in beiden Richtungen in einen inneren Streifen mit einer Breite von 0,6 l (Feldstreifen) und zwei äußere Streifen mit einer Breite von je 0,2 l (½ Gurtstreifen) zu zerlegen.

22.3.2 Stützenkopfverstärkungen

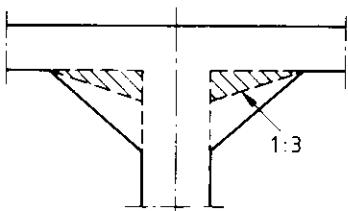
Bei der Ermittlung der Schnittgrößen muß der Einfluß einer Stützenkopfverstärkung berücksichtigt werden, wenn der Durchmesser der Verstärkung größer als 0,3 min l und die Neigung eines in die Stützenkopfverstärkung eingeschriebenen Kegels oder einer Pyramide gegen die Plattenmittelfläche $\geq 1:3$ ist (siehe Bild 50). Als min l ist die kleinere Stützweite einzusetzen.

22.4 Nachweis der Biegebewehrung

(1) Ist eine Stützenkopfverstärkung mit einer Neigung $\geq 1:3$ vorhanden, so darf für die Ermittlung der Biegebewehrung nur diejenige Nutzhöhe angesetzt werden, die sich für eine Neigung dieser Verstärkung gleich 1:3 ergeben würde (siehe Bild 50 b)).



a) bei der Ermittlung der Schnittgrößen



b) bei der Biegebemessung

Bild 50. Berücksichtigung einer Stützenkopfverstärkung

(2) Von der Bewehrung zur Deckung der Feldmomente sind an der Plattenunterseite je Tragrichtung 50% mindestens bis zu den Stützenachsen gerade durchzuführen. Bei Platten ohne Schubbewehrung muß über den Innenstützen eine durchgehende untere Bewehrung (siehe Bild 55) mit dem Querschnitt $A_s = \max Q_r / \beta_S$ vorhanden sein (Q_r siehe Gleichung (38)).

(3) Wird eine punktförmig gestützte Platte an einem Rand stetig unterstützt, so darf bei Anwendung des Näherungsverfahrens nach DAFStb-Heft 240 in dem unmittelbar an diesem Rand liegenden halben Gurtstreifen und in dem benachbarten Feldstreifen die Bewehrung gegenüber derjenigen des Feldstreifens eines Innenfeldes um 25% vermindert werden.

(4) An freien Plattenrändern ist die Bewehrung der Gurtstreifen kraftschlüssig zu verankern (siehe Bild 51). Bei Eck- und Randstützen mit biegefester Verbindung zwischen Platte und Stütze ist eine Einspannbewehrung anzuordnen.

(5) Die Biegetragfähigkeit im Bereich des Rundschnitts (siehe Abschnitt 22.5.1.1) ist nachzuweisen; der Biegebewehrungsgrad μ muß hier in jeder der sich an der Plattenoberseite kreuzenden Bewehrungsrichtungen mindestens 0,5% betragen.

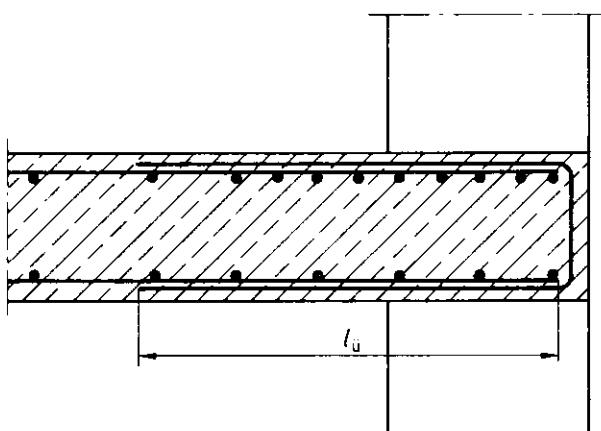


Bild 51. Beispiel für eine schlaufenartige Bewehrungs-führung an freien Rändern neben Eck- und Rand-stützen

22.5 Sicherheit gegen Durchstanzen

22.5.1 Ermittlung der Schubspannung τ_r

22.5.1.1 Punktformig gestützte Platten ohne Stützenkopfverstärkungen

(1) Zum Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen der Platten ist die größte rechnerische Schubspannung τ_r in einem Rundschnitt (siehe Bild 52) nach Gleichung (38) zu ermitteln.

$$\tau_r = \frac{\max Q_r}{u \cdot h_m} \quad (38)$$

in Gleichung (38) sind:

$\max Q_r$ größte Querkraft im Rundschnitt der Stütze

u u_0 für Innenstützen

$0,6 u_0$ für Randstützen

$0,3 u_0$ für Eckstützen

u_0 Umfang des um die Stütze geführten Rundschnitts mit dem Durchmesser d_r

$d_r = d_{st} + h_m$

d_{st} Durchmesser bei Rundstützen

d_{st} $1,13 \sqrt{b \cdot d}$ bei rechteckigen Stützen mit den Seitenlängen b und d ; dabei darf für die größere Seitenlänge nicht mehr als der 1,5fache Betrag der kleineren in Rechnung gestellt werden.

h_m Nutzhöhe der Platte im betrachteten Rundschnitt, Mittelwert aus beiden Richtungen.

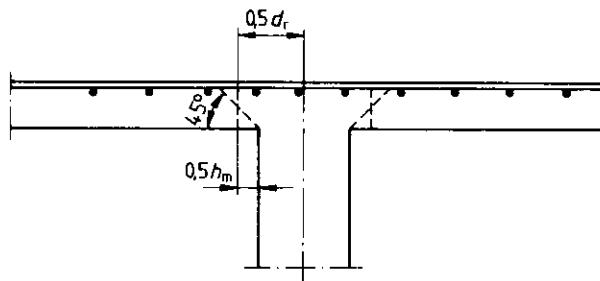


Bild 52. Platte ohne Stützenkopfverstärkung

(2) In Gleichung (38) ist für u auch dann u_0 einzusetzen, wenn der Abstand der Achse einer Randstütze vom Plattenrand mindestens $0,5 l_x$ bzw. $0,5 l_y$ beträgt. Ist der Abstand einer Stützenachse vom Plattenrand kleiner, so dürfen für u Zwischenwerte linear interpoliert werden.

(3) Die Wirkung einer nicht rotationssymmetrischen Biegebeanspruchung der Platte ist bei der Ermittlung von τ_r zu berücksichtigen. Liegen die Voraussetzungen des Näherungsverfahrens nach DAFStb-Heft 240 vor, so darf im Falle einer Biegebeanspruchung aus gleichmäßig verteilter lotrechter Belastung bei Randstützen auf eine genaue Ermittlung verzichtet werden, wenn die sich aus der Gleichung (38) ergebende rechnerische Schubspannung τ_r um 40% erhöht wird. Bei Innenstützen darf in diesem Fall auf die Untersuchung der Wirkung einer Biegebeanspruchung verzichtet, also mit τ_r gerechnet werden.

22.5.1.2 Punktformig gestützte Platten mit Stützenkopfverstärkungen

(1) Wird eine Stützenkopfverstärkung ausgebildet, deren Länge $l_s \leq h_s$ (siehe Bild 53) ist, so ist ein Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen im Bereich der Verstärkung nicht erforderlich. Nach Abschnitt 22.5.1.1 ist τ_r für die Platte außerhalb der Stützenkopfverstärkung in einem Rundschnitt mit dem Durchmesser d_{ra} nach Bild 53 zu ermitteln. Für die Ermittlung von u gelten die Angaben des Abschnitts 22.5.1.1 sinngemäß mit

$$d_{ra} = d_{st} + 2 l_s + h_m \quad (39)$$

Bei rechteckigen Stützen mit den Seitenlängen b und d ist

$$d_{ra} = h_m + 1,13 \sqrt{(b + 2 l_{sx})(d + 2 l_{sy})} \quad (40)$$

Hierin bedeuten:

l_s Länge der Stützenkopfverstärkung bei Rundstützen

l_{sx} und l_{sy} Längen der Stützenkopfverstärkung bei rechteckigen Stützen

In Gleichung (40) darf für den größeren Klammerwert nicht mehr als der 1,5fache Betrag des kleineren Klammerwertes in Rechnung gestellt werden.

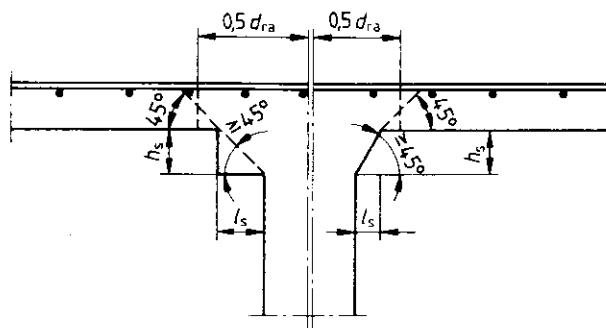


Bild 53. Platte mit Stützenkopfverstärkung nach Absatz (1) mit $l_s \leq h_s$

(2) Wird eine Stützenkopfverstärkung ausgebildet, deren Länge $l_s > h_s$ und $\leq 1,5(h_m + h_s)$ ist, so ist die rechnerische Schubspannung τ_r so zu ermitteln, als ob nach Absatz (1) $l_s = h_s$ wäre.

(3) Wird eine Stützenkopfverstärkung ausgebildet, deren Länge $l_s > 1,5(h_m + h_s)$ ist (siehe Bild 54), so ist τ_r sowohl im Bereich der Verstärkung als auch außerhalb der Verstärkung im Bereich der Platte zu ermitteln. Für beide Rundschnitte ist die Sicherheit gegen Durchstanzen nachzuweisen. Für den Nachweis im Bereich der Verstärkung gilt Abschnitt 22.5.1.1, wobei h_m durch h_r und d_r durch d_{ri} zu ersetzen ist; für die Ermittlung von τ_r gilt Gleichung (38). Bei schrägen oder ausgerundeten Stützenkopfverstärkungen darf für h_r nur die im Rundschnitt vorhandene Nutzhöhe eingesetzt werden.

Dabei ist zu setzen:

$$d_{ra} = d_{st} + 2 l_s + h_m$$

$$d_{ri} = d_{st} + h_s + h_m$$

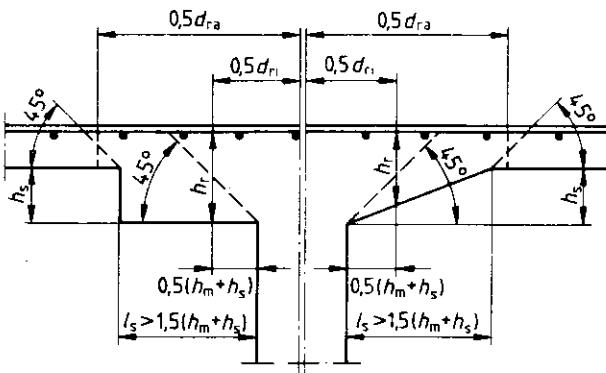


Bild 54. Platte mit Stützenkopfverstärkung nach Absatz (3) mit $l_s > 1,5(h_m + h_s)$

22.5.2 Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen

(1) Die nach Gleichung (38) ermittelte rechnerische Schubspannung τ_r ist den mit den Beiwerten x_1 und x_2 versehenen zulässigen Schubspannungen τ_{011} und τ_{022} nach Tabelle 13 in Abschnitt 17.5.3 gegenüberzustellen.

Dabei muß

$$\tau_r \leq x_2 \cdot \tau_{02} \quad (41)$$

sein.

(2) Für $\tau_r \leq x_1 \cdot \tau_{011}$ ist keine Schubbewehrung erforderlich; dabei brauchen die Beiwerte k_1 und k_2 nach den Gleichungen (14) und (15) in Abschnitt 17.5.5 nicht berücksichtigt zu werden.

(3) Ist $x_1 \cdot \tau_{011} < \tau_r \leq x_2 \cdot \tau_{02}$, so muß eine Schubbewehrung angeordnet werden, die für $0,75 \max Q_r$ (wegen $\max Q_r$ siehe Erläuterung zu Gleichung (38)) zu bemessen ist. Die Stahlspannung ist dabei nach Abschnitt 17.5.4 in Rechnung zu stellen. Die Schubbewehrung soll 45° oder steiler geneigt sein und den Bildern 55 und 56 entsprechend im Bereich c verteilt werden. Bügel müssen mindestens je eine Lage der oberen und unteren Bewehrung der Platte umgreifen.

Es bedeuten:

$$\begin{aligned} x_1 &= 1,3 \cdot a_s \cdot \sqrt{\mu_g} \\ x_2 &= 0,45 \cdot a_s \cdot \sqrt{\mu_g} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} (\mu_g \text{ ist in \% einzusetzen}) \\ a_s = 1,3 \text{ für Betonstabstahl III S} \\ 1,4 \text{ für Betonstabstahl IV S und} \\ \text{Betonstahlmatten IV M} \end{array} \right.$$

a_s das Mittel der Bewehrung a_{sx} und a_{sy} in den beiden sich über der Stütze kreuzenden Gurtstreifen an der betrachteten Stütze in cm^2/m .

a_{sx}, a_{sy} A_{Gurt} in cm^2 , dividiert durch die Gurtstreifenbreite, auch wenn die Schnittgrößen nicht nach dem Näherungsverfahren berechnet werden.

μ_g $\frac{a_s}{h_m}$ vorhandener Bewehrungsgrad, jedoch mit $\mu_g \leq 25 \frac{\beta_{WN}}{\beta_S} \leq 1,5\%$ in Rechnung zu stellen.

h_m Nutzhöhe der Platte im betrachteten Rundschnitt, Mittelwert aus beiden Richtungen.

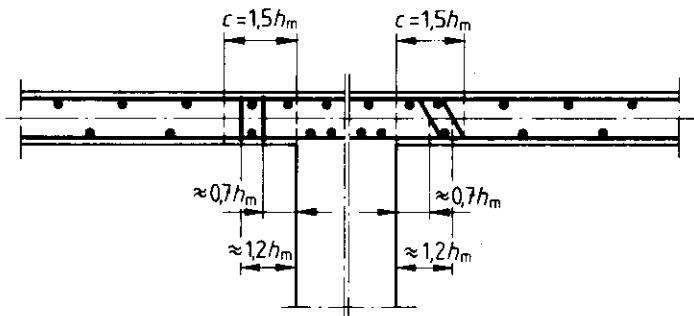


Bild 55. Beispiele für die Schubbewehrung einer Platte ohne Stützenkopfverstärkung

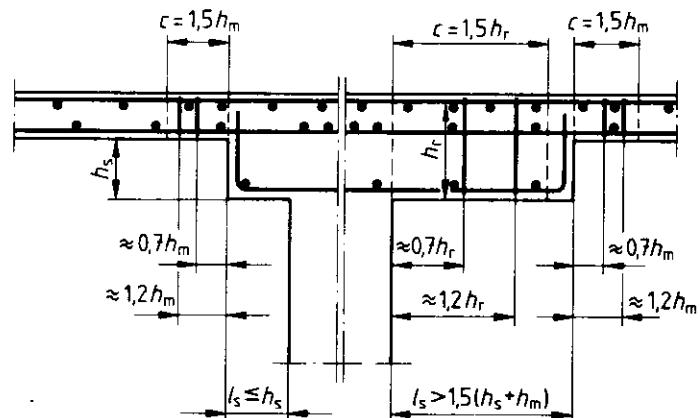


Bild 56. Beispiele für die Schubbewehrung einer Platte mit Stützenkopfverstärkung

22.6 Deckendurchbrüche

- (1) Werden in den Bereichen c (siehe Bilder 55 und 56) Deckendurchbrüche vorgesehen, so dürfen ihre Grundrissmaße in Richtung des Umfanges bei Rundstützen bzw. der Seitenlängen bei rechteckigen Stützen nicht größer als $1/3 d_{st}$ (siehe Erläuterung zu Gleichung (38)), die Summe der Flächen der Durchbrüche nicht größer als ein Viertel des Stützenquerschnitts sein.
- (2) Der lichte Abstand zweier Durchbrüche bei Rundstützen muß auf dem Umfang der Stütze gemessen mindestens d_{st} betragen. Bei rechteckigen Stützen dürfen Durchbrüche nur im mittleren Drittel der Seitenlängen und nur jeweils an höchstens zwei gegenüberliegenden Seiten angeordnet werden.
- (3) Die nach Gleichung (38) ermittelte rechnerische Schubspannung τ_r ist um 50% zu erhöhen, wenn die größtzulässige Summe der Flächen der Durchbrüche ausgenutzt wird. Ist die Summe der Flächen der Durchbrüche kleiner als ein Viertel des Stützenquerschnitts, so darf der Zuschlag zu τ_r entsprechend linear vermindert werden.

22.7 Bemessung bewehrter Fundamentplatten

- (1) Der Verlauf der Schnittgrößen ist nach der Plattentheorie zu ermitteln. Daraus ergibt sich die Größe der erforderlichen Biegebewehrung und ihre Verteilung über die Breite der Fundamentplatten. Die in Abschnitt 22.4 (5) geltende Begrenzung des Biegebewehrungsgrades darf bei Bemessung dieser Fundamente unberücksichtigt bleiben.
- (2) Für die Ermittlung von $\max Q_r$ darf eine Lastausbreitung unter einem Winkel von 45° bis zur unteren Bewehrungslage angenommen werden (siehe Bild 57). Es gilt daher:

$$\max Q_r = N_{st} - \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} \sigma_0 \quad (42)$$

mit $d_k = d_r + h_m$

- (3) Bei bewehrten Streifenfundamenten darf sinngemäß verfahren werden.
- (4) Bei der Bemessung auf Durchstanzen nach Abschnitt 22.5.2 ist bei der Ermittlung der Beiwerte x_1 bzw. x_2 als Bewehrungsgehalt der im Bereich des Rundschnitts mit dem Durchmesser d_r vorhandene Wert einzusetzen.
- (5) Nähere Angaben sind in DAfStb-Heft 240 enthalten.

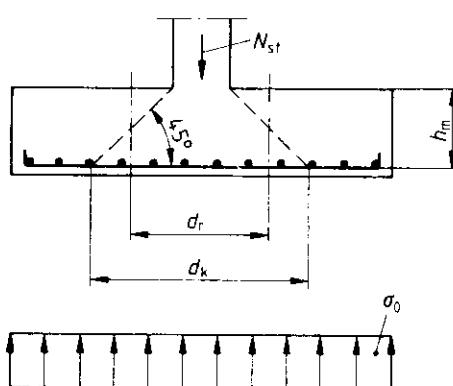


Bild 57. Lastausbreitung

23 Wandartige Träger

23.1 Begriff

Wandartige Träger sind in Richtung ihrer Mittelfläche belastete ebene Flächentragwerke, für die die Voraussetzungen des Abschnitts 17.2.1 nicht mehr zutreffen, sie sind deshalb nach der Scheibentheorie zu behandeln, DAfStb-Heft 240 enthält entsprechende Angaben für einfache Fälle.

23.2 Bemessung

- (1) Der Sicherheitsabstand zwischen Gebrauchslast und Bruchlast ist ausreichend, wenn unter Gebrauchslast die Hauptdruckspannungen im Beton den Wert $\beta_R/2.1$ und die Zugspannungen im Stahl den Wert $\beta_S/1.75$ nicht überschreiten (siehe Abschnitt 17.2).

- (2) Die Hauptzugspannungen sind voll durch Bewehrung aufzunehmen. Die Spannungsbegrenzung nach Abschnitt 17.5.3 gilt hier nicht.

23.3 Bauliche Durchbildung

- (1) Wandartige Träger müssen mindestens 10 cm dick sein.
- (2) Bei der Bewehrungsführung ist zu beachten, daß durchlaufende wandartige Träger wegen ihrer großen Steifigkeit besonders empfindlich gegen ungleiche Stützensenkungen sind.
- (3) Die im Feld erforderliche Längsbewehrung soll nicht vor den Auflagern enden, ein Teil der Feldbewehrung darf jedoch aufgebogen werden. Auf die Verankerung der Bewehrung an den Endauflagern ist besonders zu achten (siehe Abschnitt 18.7.4).
- (4) Wandartige Träger müssen stets beidseitig eine waagrechte und lotrechte Bewehrung (Netzbewehrung) erhalten, die auch zur Abdeckung der Hauptzugspannungen nach Abschnitt 23.2 herangezogen werden darf. Ihr Gesamtquerschnitt je Netz und Bewehrungsrichtung darf $1,5 \text{ cm}^2/\text{m}$ bzw. 0,05% des Betonquerschnitts nicht unterschreiten.
- (5) Die Maschenweite des Bewehrungsnetzes darf nicht größer als die doppelte Wanddicke und nicht größer als etwa 30 cm sein.

24 Schalen und Faltwerke

24.1 Begriffe und Grundlagen der Berechnung

- (1) Schalen sind einfach oder doppelt gekrümmte Flächentragwerke geringerer Dicke mit oder ohne Randaussteifung.
- (2) Faltwerke sind räumliche Flächentragwerke, die aus ebenen, kraftschlüssig miteinander verbundenen Scheiben bestehen.
- (3) Für die Ermittlung der Verformungsgrößen und Schnittgrößen ist elastisches Tragverhalten zugrunde zu legen.

24.2 Vereinfachungen bei den Belastungsannahmen

24.2.1 Schneelast

Auf Dächern darf Vollbelastung mit Schnee nach DIN 1055 Teil 5 im allgemeinen mit der gleichen Verteilung wie die ständige Last in Rechnung gestellt werden. Falls erforderlich, sind außerdem die Bildung von Schneesäcken und einseitige Schneebelastung zu berücksichtigen.

24.2.2 Windlast

Bei Schalen und Faltwerken ist die Windverteilung durch Modellversuche im Windkanal zu ermitteln, falls keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen. Soweit die Windlast die Wirkung der Eigenlast erhöht darf sie als verhältnismäßiger Zuschlag zur ständigen Last angesetzt werden.

24.3 Beuluntersuchungen

- (1) Schalen und Faltwerke sind, sofern die Beulsicherheit nicht offensichtlich ist, unter Berücksichtigung der elastischen Formänderungen infolge von Lasten auf Beulen zu untersuchen. Die Formänderungen infolge von Kriechen und Schwinden, die Verminderung der Steifigkeit bei Übergang vom Zustand I in Zustand II und Ausführungsungenauigkeiten, insbesondere ungewollte Abweichungen von der planmäßigen Krümmung und von der planmäßigen Bewehrungslage sind abzuschätzen. Bei einem nur mittig angeordneten Bewehrungsnetz ist die Verminderung der Steifigkeit beim Übergang vom Zustand I in Zustand II besonders groß.

(2) Die Beulsicherheit darf nicht kleiner als 5 sein. Ist die näherungsweise Erfassung aller vorgenannten Einflüsse bei der Übertragung der am isotropen Baustoff – theoretisch oder durch Modellversuche – gefundenen Ergebnisse auf den anisotropen Stahlbeton nicht ausreichend gesichert oder bestehen größere Unsicherheiten hinsichtlich der möglichen Beulformen, muß die Beulsicherheit um ein entsprechendes Maß größer als 5 gewählt werden.

24.4 Bemessung

(1) Für die Betondruckspannungen und die Stahlzugspannungen gilt Abschnitt 23.2, wobei gegebenenfalls eine weitergehende Begrenzung der Stahlspannungen zweckmäßig sein kann.

(2) Die Bemessung der Schalen und Faltwerke auf Biegung (z.B. im Bereich der Randstörungsmomente) ist nach Abschnitt 17.2 durchzuführen.

(3) Die Zugspannungen im Beton, die sich für Gebrauchslast unter Annahme voller Mitwirkung des Betons in der Zugzone aus den in der Mittelfläche von Schalen und Faltwerken wirkenden Längskräften und Schubkräften rechnerisch ergeben, sind zu ermitteln.

(4) Die in den Mittelflächen wirkenden Hauptzugspannungen sind sinnvoll zu begrenzen, um Spannungsumlagerungen und Verformungen durch den Übergang vom Zustand I in Zustand II klein zu halten; sie sind durch Bewehrung aufzunehmen. Diese ist – insbesondere bei größeren Zugbeanspruchungen – möglichst in Richtung der Hauptlängskräfte zu führen (Trajektorien-Bewehrung). Dabei darf die Bewehrung auch dann noch als Trajektorien-Bewehrung gelten und als solche bemessen werden, wenn ihre Richtung um einen Winkel $\alpha \leq 10^\circ$ von der Richtung der Hauptlängskräfte abweicht. Bei größeren Abweichungen ($\alpha > 10^\circ$) ist die Bewehrung entsprechend zu verstärken. Abweichungen von $\alpha > 25^\circ$ sind möglichst zu vermeiden, sofern nicht die Zugspannung des Betons geringer als $0,16 \cdot (\beta_{WN})^{2/3}$ (β_{WN} nach Tabelle 1) sind oder in beiden Hauptspannungsrichtungen nahezu gleich große Zugspannungen auftreten.

24.5 Bauliche Durchbildung

(1) Auf die planmäßige Form und Lage der Schalung ist besonders zu achten.

(2) Bei Dicken über 6 cm soll die Bewehrung unter Berücksichtigung von Tabelle 30 gleichmäßig auf je ein Bewehrungsnetz jeder Leibungsseite aufgeteilt werden. Eine zusätzliche Trajektorien-Bewehrung nach Abschnitt 24.4 ist möglichst symmetrisch zur Mittelfläche anzuordnen. Bei Dicken $d \leq 6$ cm darf die gesamte Bewehrung in einem mittig angeordneten Bewehrungsnetz zusammengefaßt werden.

(3) Wird auf beiden Seiten eine Netzbewehrung angeordnet, so darf bei den innenliegenden Stäben der Höchstabstand nach Tabelle 30, Zeilen 1 und 2, um 50% vergrößert werden (siehe Bild 58).

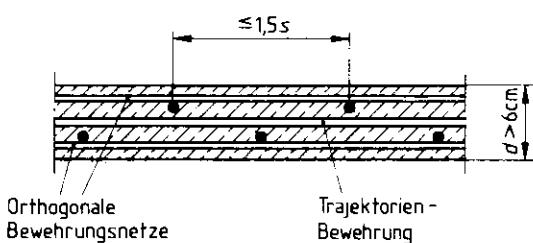


Bild 58. Bewehrungsabstände

Tabelle 30. Mindestbewehrung von Schalen und Faltwerken

Beton-dicke cm	Art	1	2	3	4
		Bewehrung			
		Stabdurch- messer mm min.			Abstand s der außenliegenden Stäbe cm max.
1	$d > 6$	im allgemeinen	6		20
		bei Beton- stahlmatten	5		
2	$d \leq 6$	im allgemeinen	6		15 bzw. 3 d
		bei Beton- stahlmatten	5		

25 Druckglieder

25.1 Anwendungsbereich

Es wird zwischen stabförmigen Druckgliedern mit $b \leq 5 d$ und Wänden mit $b > 5 d$ unterschieden, wobei $b \geq d$ ist. Wegen der Bemessung siehe Abschnitt 17, wegen der Betondeckung Abschnitt 13.2. Druckglieder mit Lastausmitten nach Abschnitt 17.4.1 (3) sind hinsichtlich ihrer baulichen Durchbildung wie Balken oder Platten zu behandeln. Druckglieder, deren Bewehrungsgehalt die Grenzen nach Abschnitt 17.2.3 überschreitet, fallen nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

25.2 Bügelbewehrte, stabförmige Druckglieder

25.2.1 Mindestdicken

(1) Die Mindestdicke biegelbewehrter, stabförmiger Druckglieder ist in Tabelle 31 festgelegt.

(2) Bei aufgelösten Querschnitten nach Tabelle 31, Zeile 2, darf die kleinste gesamte Flanschbreite nicht geringer sein als die Werte der Zeile 1.

(3) Beträgt die freie Flanschbreite mehr als das 5fache der kleinsten Flanschdicke, so ist der Flansch als Wand nach Abschnitt 25.5 zu behandeln.

(4) Die Wandungen von Hohlquerschnitten sind als Wände nach Abschnitt 25.5 zu behandeln, wenn ihre lichte Seitenlänge größer ist als die 10fache Wanddicke.

Tabelle 31. Mindestdicken biegelbewehrter, stabförmiger Druckglieder

Querschnittsform	1	2	3
	stehend hergestellte Druckglieder aus Ortbeton cm	Fertigteile und liegend hergestellte Druckglieder cm	
1 Vollquerschnitt, Dicke	20	14	
2 Aufgelöster Quer- schnitt, z.B. I-, T- und L-förmig (Flansch- und Stegdicke)	14	7	
3 Hohlquerschnitt (Wanddicke)	10	5	

(5) Bei Stützen und anderen Druckgliedern, die liegend hergestellt werden und untergeordneten Zwecken dienen, dürfen die Mindestdicken der Tabelle 31 unterschritten werden. Als Stützen und Druckglieder für untergeordnete Zwecke gelten nur solche, deren vereinzelter Ausfall weder die Standsicherheit des Gesamtbauwerks noch die Tragfähigkeit der durch sie abgestützten Bauteile gefährdet.

25.2.2 Bewehrung

25.2.2.1 Längsbewehrung

(1) Die Längsbewehrung A_s muß auf der Zugseite bzw. am weniger gedrückten Rand mindestens 0,4%, im Gesamtquerschnitt mindestens 0,8% des statisch erforderlichen Betonquerschnitts sein und darf – auch im Bereich von Übergangsstößen – 9% von A_b (siehe Abschnitte 17.2.3 und 25.3.3) nicht überschreiten. Bei statisch nicht voll ausgenutztem Betonquerschnitt darf die aus dem vorhandenen Betonquerschnitt ermittelte Mindestbewehrung im Verhältnis der vorhandenen zur zulässigen Normalkraft abgemindert werden; für die Ermittlung dieser Normalkräfte sind Lastausmitte und Schlankheit unverändert beizubehalten.

(2) Die Druckbewehrung A'_s darf höchstens mit dem Querschnitt A_s der im gleichen Betonquerschnitt am gezogenen bzw. weniger gedrückten Rand angeordneten Bewehrung in Rechnung gestellt werden.

(3) Die Nenndurchmesser der Längsbewehrung sind in Tabelle 32 festgelegt.

Tabelle 32. Nenndurchmesser d_{sl} der Längsbewehrung

	1	2
	Kleinste Querschnittsdicke der Druckglieder cm	Nenndurchmesser d_{sl} mm
1	< 10	8
2	≥ 10 bis < 20	10
3	≥ 20	12

(4) Bei Druckgliedern für untergeordnete Zwecke (siehe Abschnitt 25.2.1) dürfen die Durchmesser nach Tabelle 32 unterschritten werden.

(5) Der Abstand der Längsbewehrungsstäbe darf höchstens 30 cm betragen, jedoch genügt für Querschnitte mit $b \leq 40$ cm je ein Bewehrungsstab in den Ecken.

(6) Gerade endende, druckbeanspruchte Bewehrungsstäbe dürfen erst im Abstand l_1 (siehe Abschnitt 18.5.2.2) vom Stabende als tragend mitgerechnet werden. Kann diese Verankerungslänge nicht ganz in dem anschließenden Bauteil untergebracht werden, so darf auch ein höchstens $2 d$ (siehe

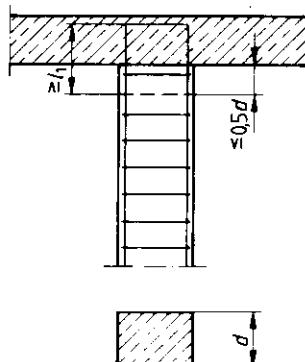


Bild 59. Verankerungsbereich der Stütze ohne besondere Verbundmaßnahmen

Bild 60) langer Abschnitt der Stütze bei der Verankerungslänge in Ansatz gebracht werden. Wenn mehr als $0,5 d$ als Verankerungslänge benötigt werden (siehe Bilder 59 und 60 a) und b), ist in diesem Bereich die Verbundwirkung durch allseitige Behinderung der Querdehnung des Betons sicherzustellen (z.B. durch Bügel bzw. Querbewehrung im Abstand von höchstens 8 cm).

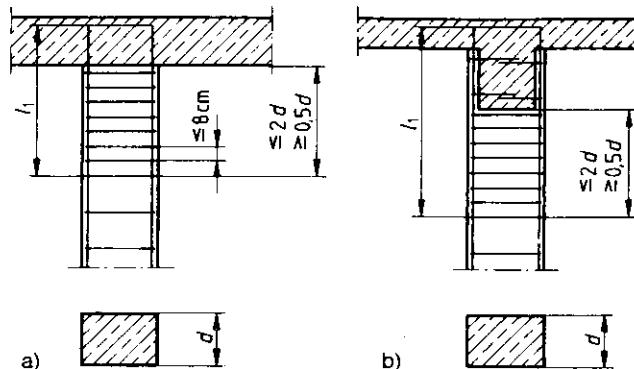


Bild 60. Verstärkung der Bügelbewehrung im Verankerungsbereich der Stützenbewehrung

25.2.2.2 Bügelbewehrung in Druckgliedern

(1) Bügel sind nach Bild 61 zu schließen und die Haken über die Stützenlänge möglichst zu versetzen. Die Haken müssen versetzt oder die Bügelenden nach den Bildern 26 c) oder d) geschlossen werden, wenn mehr als drei Längsstäbe in einer Querschnittsseite liegen.

(2) Der Mindeststabdurchmesser beträgt für Einzelbügel, Bügelwendel und für Betonstahlmatte 5 mm, bei Längsstäben mit $d_{sl} > 20$ mm mindestens 8 mm.

(3) Bügel und Wendel mit dem Mindeststabdurchmesser von 8 mm dürfen jedoch durch eine größere Anzahl dünnerer Stäbe bis zu den vorgenannten Mindeststabdurchmessern mit gleichem Querschnitt ersetzt werden.

(4) Der Abstand s_{bu} der Bügel und die Ganghöhe s_w der Bügelwendel dürfen höchstens gleich der kleinsten Dicke d des Druckgliedes oder dem 12fachen Durchmesser der Längsbewehrung sein. Der kleinere Wert ist maßgebend (siehe Bild 61).

(5) Mit Bügeln können in jeder Querschnittsseite bis zu fünf Längsstäbe gegen Knicken gesichert werden. Der größte Achsabstand des äußersten dieser Stäbe vom Eckstab darf höchstens gleich dem 15fachen Bügeldurchmesser sein (siehe Bild 62).

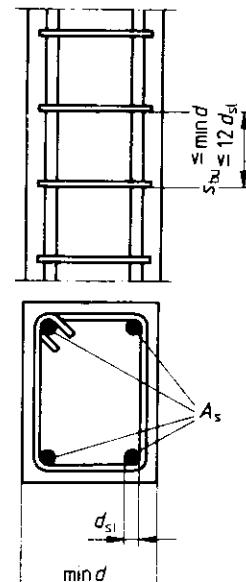


Bild 61. Bügelbewehrung

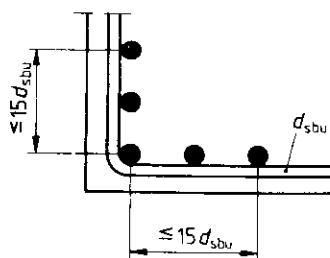


Bild 62. Verbügelung mehrerer Längsstäbe

(6) Weitere Längsstäbe und solche in größerem Abstand vom Eckstab sind durch Zwischenbügel zu sichern. Sie dürfen im doppelten Abstand der Hauptbügel liegen.

25.3 Umschnürte Druckglieder

25.3.1 Allgemeine Grundlagen

(1) Für umschnürte Druckglieder gelten die Bestimmungen für bügelbewehrte Druckglieder (siehe Abschnitt 25.2), sofern in den folgenden Abschnitten nichts anderes gesagt ist.

(2) Wegen der Bemessung umschnürter Druckglieder siehe Abschnitt 17.3.2.

25.3.2 Mindestdicke und Betonfestigkeit

Der Durchmesser d_k des Kernquerschnitts muß bei Ort beton mindestens 20 cm, bei werkmäßig hergestellten Druckgliedern mindestens 14 cm betragen. Weitere Angaben siehe Abschnitt 17.3.2.

25.3.3 Längsbewehrung

Die Längsbewehrung A_s muß mindestens 2 % von A_k betragen und darf auch im Bereich von Übergreifungsstößen 9 % von A_k nicht überschreiten. Es sind mindestens 6 Längsstäbe vorzusehen und gleichmäßig auf den Umfang zu verteilen.

25.3.4 Wendelbewehrung (Umschnürung)

(1) Die Ganghöhe s_w der Wendel darf höchstens 8 cm oder $d_k/5$ sein. Der kleinere Wert ist maßgebend. Der Stabdurchmesser der Wendel muß mindestens 5 mm betragen. Wegen einer Begrenzung des Querschnitts der Wendel siehe Abschnitt 17.3.2.

(2) Die Enden der Wendel, auch an Übergreifungsstößen sind in Form eines Winkelhakens nach innen abzubiegen oder an die benachbarte Windung anzuschweißen.

25.4 Unbewehrte, stabförmige Druckglieder (Stützen)

Für die Bemessung gilt Abschnitt 17.9. Die Mindestmaße richten sich nach den Tabellen 31 bzw. 33; die Wanddicke von Hohlquerschnitten darf jedoch die in Tabelle 31, Zeile 2, für aufgelöste Querschnitte angegebenen Werte nicht unterschreiten. Wenn bei aufgelösten Querschnitten die freie Flanschbreite größer ist als die kleinste Flanschdicke, gilt der Flansch als unbewehrte Wand.

25.5 Wände

25.5.1 Allgemeine Grundlagen

(1) Wände im Sinne dieses Abschnitts sind überwiegend auf Druck beanspruchte, scheibenartige Bauteile, und zwar

- tragende Wände zur Aufnahme lotrechter Lasten, z.B. Deckenlasten; auch lotrechte Scheiben zur Abtragung waagerechter Lasten (z.B. Windscheiben) gelten als tragende Wände;
- aussteifende Wände werden zur Knickaussteifung tragender Wände, dazu können jedoch auch tragende Wände verwendet werden;

c) nichttragende Wände werden überwiegend nur durch ihre Eigenlast beansprucht, können aber auch auf ihre Fläche wirkende Windlasten auf tragende Bauteile, z.B. Wand- oder Deckenscheiben, abtragen.

(2) Wände aus Fertigteilen sind in Abschnitt 19, insbesondere in Abschnitt 19.8, geregelt.

25.5.2 Aussteifung tragender Wände

(1) Je nach Anzahl der rechtwinklig zur Wandebene unverschieblich gehaltenen Ränder werden zwei-, drei- und vierseitig gehaltene Wände unterschieden. Als unverschiebbliche Halterung können Deckenscheiben und aussteifende Wände und andere ausreichend steife Bauteile angesehen werden. Aussteifende Wände und Bauteile sind mit den tragenden Wänden gleichzeitig hochzuführen oder mit den tragenden Wänden kraftschlüssig zu verbinden (siehe Abschnitt 19.8.3). Aussteifende Wände müssen mindestens eine Länge von $1/5$ der Geschoßhöhe haben, sofern nicht für den zusammenwirkenden Querschnitt der ausgesteiften und der aussteifenden Wand ein besonderer Knicknachweis geführt wird.

(2) Haben vierseitig gehaltene Wände Öffnungen, deren lichte Höhe größer als $1/3$ der Geschoßhöhe oder deren Gesamtfläche größer als $1/10$ der Wandfläche ist, so sind die Wandteile zwischen Öffnung und aussteifender Wand als dreiseitig gehalten und die Wandteile zwischen Öffnungen als zweiseitig gehalten anzusehen.

25.5.3 Mindestwanddicke

25.5.3.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Sofern nicht mit Rücksicht auf die Standsicherheit, den Wärme-, Schall- oder Brandschutz dickere Wände erforderlich sind, richtet sich die Wanddicke nach Abschnitt 25.5.3.2 und bei vorgefertigten Wänden nach Abschnitt 19.8.2.

(2) Die Mindestdicken von Wänden mit Hohlräumen können in Anlehnung an die Abschnitte 25.4 bzw. 25.2.1, Tabelle 31, festgelegt werden.

25.5.3.2 Wände mit vollem Rechteckquerschnitt

(1) Für die Mindestwanddicke tragender Wände gilt Tabelle 33. Die Werte der Tabelle 33, Spalten 4 und 6, gelten auch bei nicht durchlaufenden Decken, wenn nachgewiesen wird, daß die Ausmitte der lotrechten Last kleiner als $1/6$ der Wanddicke ist oder wenn Decke und Wand biegesteif miteinander verbunden sind; hierbei muß die Decke unverschieblich gehalten sein.

(2) Aussteifende Wände müssen mindestens 8 cm dick sein.

(3) Die Mindestwanddicken der Tabelle 33 gelten auch für Wandteile mit $b < 5 d$ zwischen oder neben Öffnungen oder für Wandteile mit Einzellasten, auch wenn sie wie bügelbewehrte, stabförmige Druckglieder nach Abschnitt 25.2 ausgebildet werden.

(4) Bei untergeordneten Wänden, z.B. von vorgefertigten, eingeschossigen Einzelgaragen, sind geringere Wanddicken zulässig, soweit besondere Maßnahmen bei der Herstellung, z.B. liegende Fertigung, dieses rechtfertigen.

25.5.4 Annahmen für die Bemessung und den Nachweis der Knicksicherheit

25.5.4.1 Ausmittigkeit des Lastangriffs

(1) Bei Innenwänden, die beidseitig durch Decken belastet werden, aber mit diesen nicht biegesteif verbunden sind, darf die Ausmitte von Deckenlasten bei der Bemessung in der Regel unberücksichtigt bleiben.

(2) Bei Wänden, die einseitig durch Decken belastet werden, ist am Kopfende der Wand eine dreiecksförmige Spannungsverteilung unter der Auflagerfläche der Decke in Rechnung zu stellen, falls nicht durch geeignete Maßnahmen eine zentrische Lasteintragung sichergestellt ist; am Fußende der Wand darf ein Gelenk in der Mitte der Aufstandsflächen angenommen werden.

Tabelle 33. Mindestwanddicken für tragende Wände

	Festigkeitsklasse des Betons	Herstellung	1	2	3	4	5	6
			Mindestwanddicken für Wände aus					
			unbewehrtem Beton		Stahlbeton			
			Decken über Wänden		Decken über Wänden			
			nicht durchlaufend cm	durchlaufend cm	nicht durchlaufend cm	durchlaufend cm		
1	bis B 10	Ortbeton	20	14	—	—	—	—
2	ab B 15	Ortbeton	14	12	12	10	—	—
3		Fertigteil	12	10	10	8	—	—

25.5.4.2 Knicklänge

(1) Je nach Art der Aussteifung der Wände ist die Knicklänge h_K in Abhängigkeit von der Geschoßhöhe h_s nach Gleichung (43) in Rechnung zu stellen.

$$h_K = \beta \cdot h_s \quad (43)$$

Für den Beiwert β ist einzusetzen bei:

a) zweiseitig gehaltenen Wänden

$$\beta = 1,00 \quad (44)$$

b) dreiseitig gehaltenen Wänden

$$\beta = \frac{1}{1 + \left[\frac{h_s}{3b} \right]^2} \geq 0,3 \quad (45)$$

c) vierseitig gehaltenen Wänden

$$\text{für } h_s \leq b: \beta = \frac{1}{1 + \left[\frac{h_s}{b} \right]^2} \quad (46)$$

$$\text{für } h_s > b: \beta = \frac{b}{2h_s} \quad (47)$$

Hierin ist:

b der Abstand des freien Randes von der Mitte der aussteifenden Wand bzw. Mittenabstand der aussteifenden Wände.

(2) Für zweiseitig gehaltene Wände, die oben und unten mit den Decken durch Ortbeton und Bewehrung biegesteif so verbunden sind, daß die Eckmomente voll aufgenommen werden, braucht nur die 0,85fache Knicklänge h_K angesetzt zu werden.

25.5.4.3 Nachweis der Knicksicherheit

(1) Für den Nachweis der Knicksicherheit bewehrter und unbewehrter Wände gelten die Abschnitte 17.4 bzw. 17.9. Weitere Näherungsverfahren siehe DAfSt-Heft 220.

(2) Bei Nutzhöhen $h < 7$ cm ist Abschnitt 17.2.1 zu beachten.

25.5.5 Bauliche Ausbildung

25.5.5.1 Unbewehrte Wände

(1) Die Ableitung der waagerechten Auflagerkräfte der Deckenscheiben in die Wände ist nachzuweisen.

(2) Wegen der Vermeidung grober Schwindrisse siehe Abschnitt 14.4.1. In die Außen-, Haus- und Wohnungstrennwände sind außerdem etwa in Höhe jeder Geschoß- oder Kellerdecke zwei durchlaufende Bewehrungsstäbe von mindestens 12 mm Durchmesser (Ringanker) zu legen. Zwischen zwei Trennfugen des Gebäudes darf diese Bewehrung nicht unterbrochen werden, auch nicht durch Fenster der Treppen-

häuser. Stöße sind nach Abschnitt 18.6 auszubilden und möglichst gegeneinander zu versetzen.

(3) Auf diese Ringanker dürfen dazu parallel liegende durchlaufende Bewehrungen angerechnet werden:

a) mit vollem Querschnitt, wenn sie in Decken oder in Fensterstürzen im Abstand von höchstens 50 cm von der Mittelebene der Wand bzw. der Decke liegen;

b) mit halbem Querschnitt, wenn sie mehr als 50 cm, aber höchstens im Abstand von 1,0 m von der Mittelebene der Decke in der Wand liegen, z.B. unter Fensteröffnungen.

(4) Aussparungen, Schlitze, Durchbrüche und Hohlräume sind bei der Bemessung der Wände zu berücksichtigen, mit Ausnahme von lotrechten Schlitzen bei Wandanschlüssen und von lotrechten Aussparungen und Schlitzen, die den nachstehenden Vorschriften für nachträgliches Einstemmen genügen.

(5) Das nachträgliche Einstemmen ist nur bei lotrechten Schlitzen bis zu 3 cm Tiefe zulässig, wenn ihre Tiefe höchstens $\frac{1}{6}$ der Wanddicke, ihre Breite höchstens gleich der Wanddicke, ihr gegenseitiger Abstand mindestens 2,0 m und die Wand mindestens 12 cm dick ist.

25.5.5.2 Bewehrte Wände

(1) Soweit nachstehend nichts anderes gesagt ist, gilt für bewehrte Wände Abschnitt 25.5.1 und für die Längsbewehrung Abschnitt 25.2.2.1.

(2) Belastete Wände mit einer geringeren Bewehrung als 0,5% des statisch erforderlichen Querschnitts gelten nicht als bewehrt und sind daher wie unbewehrte Wände nach Abschnitt 17.9 zu bemessen. Die Bewehrung solcher Wände darf jedoch für die Aufnahme örtlich auftretender Biegemomente, bei vorgetätigten Wänden auch für die Lastfälle Transport und Montage, in Rechnung gestellt werden, ferner zur Aufnahme von Zwangbeanspruchungen, z.B. aus ungleichmäßiger Erwärmung, behinderter Dehnung, durch Schwinden und Kriechen unterstützender Bauteile.

(3) In bewehrten Wänden müssen die Durchmesser der Tragstäbe mindestens 8 mm, bei Betonstahlmatten IV M mindestens 5 mm betragen. Der Abstand dieser Stäbe darf höchstens 20 cm sein.

(4) Außerdem ist eine Querbewehrung anzuordnen, deren Querschnitt mindestens $\frac{1}{6}$ des Querschnitts der Tragbewehrung betragen muß. Auf jeder Seite sind je Meter Wandhöhe mindestens anzuordnen, bei Betonstabstahl III S und Betonstabstahl IV S drei Stäbe mit Durchmesser $d_s = 6$ mm und bei Betonstahlmatten IV M drei Stäbe mit Durchmesser $d_s = 4,5$ mm je Meter oder eine größere Anzahl von dünneren Stäben mit gleichem Gesamtquerschnitt je Meter.

(5) Die außenliegenden Bewehrungsstäbe beider Wandseiten sind je m^2 Wandfläche an mindestens vier versetzt

angeordneter Stellen zu verbinden, z.B. durch S-Haken, oder bei dicken Wänden mit Steckbügeln im Innern der Wand zu verankern, wobei die freien Bügelenden die Verankerungslänge $0,5 l_0$ haben müssen (l_0 siehe Abschnitt 18.5.2.1).

(6) S-Haken dürfen bei Tragstäben mit $d_s \leq 16$ mm entfallen, wenn deren Betondeckung mindestens $2 d_s$ beträgt. In die-

sem Fall und stets bei Betonstahlmatten dürfen die druckbeanspruchten Stäbe außen liegen.

(7) Eine statisch erforderliche Druckbewehrung von mehr als 1% je Wandseite ist wie bei Stützen nach Abschnitt 25.2.2.2 zu verbügeln.

(8) An freien Rändern sind die Eckstäbe durch Steckbügel zu sichern.

Zitierte Normen und andere Unterlagen

DIN 267 Teil 11	Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen mit Ergänzungen zu ISO 3506, Teile aus rost- und säurebeständigen Stählen
Normen der Reihe	
DIN 488	Betonstahl
DIN 488 Teil 1	Betonstahl; Sorten, Eigenschaften, Kennzeichen
DIN 488 Teil 4	Betonstahl; Betonstahlmatten und Bewehrungsdrähte; Aufbau, Maße und Gewichte
DIN 1013 Teil 1	Stabstahl; Warmgewalzter Rundstahl für allgemeine Verwendung; Maße, zulässige Maß- und Formabweichungen
DIN 1048 Teil 1	Prüfverfahren für Beton; Frischbeton, Festbeton gesondert hergestellter Probekörper
DIN 1048 Teil 2	Prüfverfahren für Beton; Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen; Allgemeines Verfahren
DIN 1048 Teil 4	Prüfverfahren für Beton; Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, Anwendung von Bezugsgeraden und Auswertung mit besonderen Verfahren
DIN 1053 Teil 1	Mauerwerk; Berechnung und Ausführung
DIN 1055 Teil 3	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten
DIN 1055 Teil 5	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten; Schneelast und Eislast
DIN 1084 Teil 1	Überwachung (Güteüberwachung) im Beton- und Stahlbetonbau; Beton B II auf Baustellen
DIN 1084 Teil 2	Überwachung (Güteüberwachung) im Beton- und Stahlbetonbau; Fertigteile
DIN 1084 Teil 3	Überwachung (Güteüberwachung) im Beton- und Stahlbetonbau; Transportbeton
Normen der Reihe	
DIN 1164	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement
DIN 1164 Teil 100	(z.Z. Entwurf) Zemente; Portlandölschieferzement, Anforderungen, Prüfungen, Überwachung
DIN 4030	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase
DIN 4035	Stahlbetonrohre, Stahlbetondruckrohre und zugehörige Formstücke aus Stahlbeton; Maße, Technische Lieferbedingungen
DIN 4099	Schweißen von Betonstahl; Ausführung und Prüfung
DIN 4102 Teil 2	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
DIN 4102 Teil 4	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
Normen der Reihe	
DIN 4103	Nichttragende Trennwände
DIN 4108 Teil 2	Wärmeschutz im Hochbau; Wärmedämmung und Wärmespeicherung; Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung
DIN 4158	Zwischenbauteile aus Beton für Stahlbeton- und Spannbetondecken
DIN 4159	Ziegel für Decken und Wandtafeln, statisch mitwirkend
DIN 4160	Ziegel für Decken, statisch nicht mitwirkend
DIN 4187 Teil 2	Siebböden; Lochplatten für Prüfsiebe; Quadratlochung
DIN 4188 Teil 1	Siebböden; Drahtsiebböden für Analysensiebe, Maße
DIN 4226 Teil 1	Zuschlag für Beton; Zuschlag mit dichtem Gefüge; Begriffe, Bezeichnung und Anforderungen
DIN 4226 Teil 2	Zuschlag für Beton; Zuschlag mit porigem Gefüge (Leichtzuschlag); Begriffe, Bezeichnung und Anforderungen
DIN 4226 Teil 3	Zuschlag für Beton; Prüfung von Zuschlag mit dichtem oder porigem Gefüge
DIN 4226 Teil 4	Zuschlag für Beton; Überwachung (Güteüberwachung)
DIN 4227 Teil 1	Spannbeton; Bauteile aus Normalbeton mit beschränkter oder voller Vorspannung
DIN 4228	(z.Z. Entwurf) Werkmäßig hergestellte Betonmaste
DIN 4235 Teil 1	Verdichten von Beton durch Rütteln; Rüttelgeräte und Rüttelmechanik
DIN 4235 Teil 2	Verdichten von Beton durch Rütteln; Verdichten mit Innenrüttlern
DIN 4235 Teil 3	Verdichten von Beton durch Rütteln; Verdichten bei der Herstellung von Fertigteilen mit Außenrüttlern

DIN 4235 Teil 4	Verdichten von Beton durch Rütteln; Verdichten von Ortbeton mit Schalungsrüttlern
DIN 4235 Teil 5	Verdichten von Beton durch Rütteln; Verdichten mit Oberflächenrüttlern
DIN 4243	Betongläser; Anforderungen, Prüfung
DIN 4281	Beton für Entwässerungsgegenstände; Herstellung, Anforderungen und Prüfungen
DIN 17 100	Allgemeine Baustähle; Gütenorm
DIN 17 440	Nichtrostende Stähle; Technische Lieferbedingungen für Blech, Warmband, Walzdraht, gezogenen Draht, Stabstahl, Schmiedestücke und Halbzeug
Normen der Reihe	
DIN 18 195	Bauwerksabdichtungen
DIN 51 043	Traß; Anforderungen, Prüfung
DIN 52 100	Prüfung von Naturstein; Richtlinien zur Prüfung und Auswahl von Naturstein
DIN 53 237	Prüfung von Pigmenten; Pigmente zum Einfärben von zement- und kalkgebundenen Baustoffen
Normen der Reihe	
DIN EN 196	Prüfverfahren für Zement
Normen der Reihe	
DIN EN 197	Zement; Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien
DIN EN 197 Teil 1	(z.Z. Entwurf) Zement; Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien; Definitionen und Zusammensetzung, Deutsche Fassung pr EN 197 – 1: 1986
Vorläufige Richtlinie für Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton); Eignungsprüfung, Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung ⁴⁰⁾ (Vertriebs-Nr 65 008)	
Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton ⁴⁰⁾ (Vertriebs-Nr 65 009)	
Richtlinie für Beton mit Fließmittel und für Fließbeton; Herstellung, Verarbeitung und Prüfung ⁴⁰⁾ (Vertriebs-Nr 65 0011)	
Richtlinie Alkalireaktion im Beton; Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton ⁴⁰⁾ (Vertriebs-Nr 65 0012)	
DAfStB-Heft 220	„Bemessung von Beton- und Stahlbetonbauteilen nach DIN 1045“ ⁴⁰⁾
DAfStB-Heft 240	„Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken“ ⁴⁰⁾
DAfStB-Heft 337	„Verhalten von Beton bei hohen Temperaturen“ ⁴⁰⁾
DAfStB-Heft 400	Erläuterungen zu DIN 1045 „Beton und Stahlbeton“, Ausgabe 07.88
Merkblatt für Betonprüfstellen E ⁴¹⁾	
Merkblatt für Betonprüfstellen W ⁴¹⁾	
Richtlinien für die Zuteilung von Prüfzeichen für Betonzusatzmittel (Prüfrichtlinien) ⁴¹⁾	
Merkblatt für die Ausstellung von Transportbeton-Fahrzeug-Bescheinigungen ⁴¹⁾	
Richtlinie über Wärmebehandlung von Beton und Dampfmischen	
Merkblatt Betondeckung	
Herausgeber Deutscher Beton-Verein, e. V., Fachvereinigung Betonfertigteilbau im Bundesverband Deutsche Beton- und Fertigteilindustrie e. V. und Bundesfachabteilung Fertigteilbau im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V.	
DBV-Merkblatt „Rückbiegen“	
ACI Standard Recommended Practice of Hot Weather Concreting (ACI 305-72)	

Weitere Normen und andere Unterlagen

DIN 1055 Teil 1	Lastannahmen für Bauten; Lagerstoffe, Baustoffe und Bauteile; Eigenlasten und Reibungswinkel
DIN 1055 Teil 2	Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngrößen; Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel
DIN 1055 Teil 4	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten; Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken
DIN 1055 Teil 6	Lastannahmen für Bauten; Lasten in Silozellen
Merkblatt für die Anwendung des Betonmischens mit Dampfzuführung	
Herausgeber Verein Deutscher Zementwerke e. V. (Veröffentlicht z. B. in „beton“ Heft 9/1974)	
Merkblatt für Schutzüberzüge auf Beton bei sehr starken Angriffen auf Beton nach DIN 4030	
Herausgeber Verein Deutscher Zementwerke e. V. (Veröffentlicht z. B. in „beton“ Heft 9/1973)	
Vorläufige Richtlinien für die Prüfung von Betonzusatzmitteln zur Erteilung von Prüfzeichen ⁴¹⁾	
Richtlinien für die Überwachung von Betonzusatzmitteln (Überwachungsrichtlinien) ⁴¹⁾	

Frühere Ausgaben

DIN 1045: 09.25, 04.32, 05.37, 04.43xxx, 11.59, 01.72, 12.78

⁴⁰⁾ Herausgeber:

Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, Berlin; zu beziehen über: Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 1000 Berlin 30

⁴¹⁾ Herausgeber:

Institut für Bautechnik, Berlin; zu beziehen über: Deutsches Informationszentrum für Technische Regeln (DITR) im DIN, Burggrafenstraße 6, 1000 Berlin 30

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe Dezember 1978 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Umbenennung der Konsistenzbereiche
- b) Einführung einer Regelkonsistenz
- c) Erweiterung der Sieblinien für Betonzuschlag
- d) Verbesserte Regelungen für Außenbauteile
- e) Erweiterte Regelungen für Betonzusatzmittel
- f) Feinstanteile von Betonzuschlägen
- g) Wasserundurchlässiger Beton
- h) Beton mit hohem Frost- und Tausalzwiderstand
- i) Beton für hohe Gebrauchstemperaturen
- k) Anpassung an die Normen der Reihe DIN 488 Betonstahl
- l) Verarbeitung und Nachbehandlung von Beton
- m) Erhöhung der Betondeckung
- n) Bemessungskonzept bei Knicken nach zwei Richtungen
- o) Verbesserung der Schubbemessung
- p) Beschränkung der Rißbreite
- q) Regeiungen für Hin- und Zurückbiegen von Betonstahl
- r) Schweißen von Betonstahl
- s) Verbesserung konstruktiver Bewehrungsregeln

Allgemeine redaktionelle Anpassungen an die zwischenzeitlichen Normenfortschreibung

Erläuterungen

Formelzeichen und Kurzzeichen

Zeichen	Erläuterung	Abschnitt
A_b	Gesamtquerschnitt des Betons	17.2.3, 17.4.3, 18.6, 21.2, 25.2
A_{bZ}	Zugzone des Betons	17.6.2
A_s	Querschnitt der Längs-Zugbewehrung	17.2.3, 17.6.2, 18.5, 18.6, 18.7, 20.3, 22.4, 25.2, 25.3
A'_s	Querschnitt der Längs-Druckbewehrung	17.2.3, 25.2
KF	Konsistenz fließend	6.5.3, 9.4.2, 9.4.3, 21.2
KP	Konsistenz plastisch	2.1.2, 5.4.6, 6.5.3, 6.5.5, 9.4.2, 9.4.3, 10.2.2
KR	Konsistenz weich (Regelkonsistenz)	2.1.2, 5.4.6, 6.5.3, 6.5.5, 9.4.2, 9.4.3
KS	Konsistenz steif	5.4.6, 6.5.3, 6.5.5, 9.4.2, 9.4.3, 10.2.2
min c	Mindestmaß der Betondeckung	13.2.1
nom c	Nennmaß der Betondeckung	13.2.1
d_{br}	Biegerollendurchmesser	18.3, 18.5, 18.6, 18.8, 18.9
d_s	Nenndurchmesser Betonstahl	6.6.2, 6.6.3, 17.6.3, 17.8, 18, 20.1, 21.2, 25.5
d_{sv}	Vergleichsdurchmesser	17.6, 18.5, 18.6, 18.11
k_0	Beiwert	17.6.2
k_1	Beiwert	17.5.5, 20.1, 22.5
k_2	Beiwert	17.5.5, 20.1, 22.5
l_0	Grundmaß der Verankerungslänge	18.5, 18.6, 18.7, 18.9, 25.5
l_1	Verankerungslänge	18.5, 18.6, 18.7, 18.8, 18.10, 20.1
l_{ii}	Übergreifungslänge	18.6, 18.9, 18.11, 19.7
w/z	Wasserzementwert	4.3, 5.4.4, 6.5.2, 6.5.6, 6.5.7, 7.4.3, 9.1, 11.1
β_C	Zylinderfestigkeit ϕ 150 mm	7.4.3.5
β_R	Rechenwert der Betondruckfestigkeit	16.2.3, 17.2.1, 17.3.2, 17.3.3, 17.3.4, 23.2
β_{W7}	7-Tage-Würfeldruckfestigkeit	7.4.3.5
β_{W28}	28-Tage-Würfeldruckfestigkeit	6.2.2, 7.4.3.5
β_{W150}	Würfeldruckfestigkeit 150 mm Kantenlänge	7.4.3.5
β_{W200}	Würfeldruckfestigkeit 200 mm Kantenlängen	7.4.3.5
β_{WN}	Nennfestigkeit eines Würfels	6.2.2, 6.5.1, 6.5.2, 17.2.1, 17.6.2, 22.4, 22.5.2
β_{WS}	Serienfestigkeit einer Würfelserie	6.2.2, 7.4.2
β_{Wm}	mittlere Festigkeit einer Würfelserie	6.2.2
$\beta_S(R_e)$	Streckgrenze des Betonstahls	6.6.1, 6.6.3, 17.5.4, 17.6.2, 18.5, 18.6, 22.5, 23.2

Zeichen	Erläuterung	Abschnitt
$\beta_z(R_m)$	Zugfestigkeit des Betonstahls	6.6.3, 18.6.5
$\beta_{0,2}(R_{p0,2})$	0,2 %-Dehngrenze des Betonstahls	6.6.3
β_{bz}	Biegezugfestigkeit des Betons	17.6.2
β_{bz_w}	wirksame Biegezugfestigkeit des Betons	17.6.2
γ	Sicherheitsbeiwert	17.1, 17.2.2, 17.9, 18.5, 19.2
μ	Querdehnzahl	15.1.2, 16.2.2, 20.3, 21.2, 22.4
τ	Bemessungswert der Schubspannung	17.5.2, 17.5.5, 17.5.7, 18.8, 19.7
τ_0	Grundwert der Schubspannung	17.5.2, 17.5.3, 17.5.5, 17.5.7, 18.8, 19.4, 19.7, 20.1, 20.2, 20.3, 21.2
τ_{0a}	Schubspannung in Plattenanschnitt	18.8
τ_1	Grundwert der Verbundspannung	18.4, 18.5
τ_T	Grundwert der Torsionsspannung	17.5.6, 17.5.7
$\tau_{bü}$	Bemessungswert der Bügelschubspannung	18.8
τ_r	rechnerische Schubspannung in einem Rundschnitt	22.5, 22.6

232342

DIN 4227 Teil 1
Spannbeton; Bauteile aus Normalbeton
mit beschränkter oder voller Vorspannung

RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung,
Wohnen und Verkehr v. 7. 11. 1988 –
V B 2 – 461.100.1

1 Die Norm

DIN 4227 Teil 1 (Ausgabe Juli 1988)

Spannbeton; Bauteile aus Normalbeton mit beschränkter oder voller Vorspannung –

wird hiermit nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NW) als technische Baubestimmung bauaufsichtlich eingeführt.

Anlage Die Norm ist als Anlage abgedruckt.

2 Der Erlass vom 28. 2. 1980, mit dem DIN 4227 Teil 1, Ausgabe Dezember 1979, bauaufsichtlich eingeführt worden war, und der Erlass vom 27. 1. 1986, mit dem die „Richtlinie zur Änderung von DIN 4227 Teil 1“, Fassung Juli 1985 bauaufsichtlich eingeführt worden war, werden hiermit aufgehoben.

3 Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen – Anlage zum RdErl. v. 22. 3. 1985 (MBI. NW. S. 942/SMBI. NW. 2323) – erhält im Abschnitt 5.3 bei DIN 4227 Teil 1 folgende Fassung:

Spalte 1: 4227
Teil 1

Spalte 2: Juli 1988

Spalte 3: Spannbeton; Bauteile aus Normalbeton mit beschränkter oder voller Vorspannung

Spalte 4: 7. 11. 1988

Spalte 5: MBI. NW. S. 1699/
SMBI. NW. 232342

Spalte 6: x

DIN
4227
Teil 1

Spannbeton

Bauteile aus Normalbeton
mit beschränkter oder voller Vorspannung

Prestressed concrete; structural members made of normal-weight concrete,
with limited concrete tensile stresses or with concrete tensile stresses

Ersatz für Ausgabe 12.79

Béton précontraint; éléments structuraux en béton normal avec tension dans le béton
ou avec tension limitée dans le béton

Diese Norm wurde im Fachbereich VII Beton- und Stahlbetonbau/Deutscher Ausschuß für Stahlbeton des NABau ausgearbeitet.

Die Benennung „Last“ wird für Kräfte verwendet, die von außen auf ein System einwirken; dies gilt auch für zusammengesetzte Wörter mit der Silbe „...Last“ (siehe DIN 1080 Teil 1).

Die Normen der Reihe DIN 4227 umfassen folgende Teile:

- DIN 4227 Teil 1 Spannbeton; Bauteile aus Normalbeton mit beschränkter oder voller Vorspannung
- DIN 4227 Teil 2 Spannbeton; Bauteile mit teilweiser Vorspannung
- DIN 4227 Teil 3 Spannbeton; Bauteile in Segmentbauart, Bemessung und Ausführung der Fugen
- DIN 4227 Teil 4 Spannbeton; Bauteile aus Spannleichtbeton
- DIN 4227 Teil 5 Spannbeton; Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle
- DIN 4227 Teil 6 Spannbeton; Bauteile mit Vorspannung ohne Verbund

Inhalt

1 Allgemeines

- 1.1 Anwendungsbereich und Zweck
- 1.2 Begriffe

2 Bauaufsichtliche Zulassungen, Zustimmungen, bautechnische Unterlagen, Bauleitung und Fachpersonal

- 2.1 Bauaufsichtliche Zulassungen, Zustimmungen
- 2.2 Bautechnische Unterlagen, Bauleitung und Fachpersonal

3 Baustoffe

- 3.1 Beton
- 3.2 Spannstahl
- 3.3 Hüllrohre
- 3.4 Einpreßmörtel

4 Nachweis der Güte der Baustoffe

5 Aufbringen der Vorspannung

- 5.1 Zeitpunkt des Vorspannens
- 5.2 Vorrichtungen für das Spannen
- 5.3 Verfahren und Messungen beim Spannen

6 Grundsätze für die bauliche Durchbildung und Bauausführung

- 6.1 Bewehrung aus Betonstahl
- 6.2 Spannglieder
- 6.3 Schweißen
- 6.4 Einbau der Hüllrohre
- 6.5 Herstellung, Lagerung und Einbau der Spannglieder
- 6.6 Herstellen des nachträglichen Verbundes
- 6.7 Mindestbewehrung
- 6.8 Beschränkung von Temperatur- und Schwindrissen

7 Berechnungsgrundlagen

- 7.1 Erforderliche Nachweise
- 7.2 Formänderung des Betonstahles und des Spannstahles
- 7.3 Formänderung des Betons
- 7.4 Mitwirkung des Betons in der Zugzone
- 7.5 Nachträglich ergänzte Querschnitte
- 7.6 Stützmomente

8 Zeitabhängiges Verformungsverhalten von Stahl und Beton

- 8.1 Begriffe und Anwendungsbereich
- 8.2 Spannstahl
- 8.3 Kriechzahl des Betons
- 8.4 Schwindmaß des Betons
- 8.5 Wirksame Körpedicke
- 8.6 Wirksames Betonalter
- 8.7 Berücksichtigung der Auswirkung von Kriechen und Schwinden des Betons

9 Gebrauchszustand, ungünstigste Laststellung, Sonderlastfälle bei Fertigteilen, Spaltzugbewehrung

- 9.1 Allgemeines
- 9.2 Zusammenstellung der Beanspruchungen
- 9.3 Lastzusammenstellungen
- 9.4 Sonderlastfälle bei Fertigteilen
- 9.5 Spaltzugspannungen und Spaltzugbewehrung im Bereich von Spanngliedern

10 Rissebeschränkung

- 10.1 Zulässigkeit von Zugspannungen
- 10.2 Nachweis zur Beschränkung der Rißbreite
- 10.3 Arbeitsfugen annähernd rechtwinklig zur Tragrichtung
- 10.4 Arbeitsfugen mit Spanngliedkopplungen

11 Nachweis für den rechnerischen Bruchzustand bei Biegung, bei Biegung mit Längskraft und bei Längskraft

- 11.1 Rechnerischer Bruchzustand und Sicherheitsbeiwerte
- 11.2 Grundlagen
- 11.3 Nachweis bei Lastfällen vor Herstellen des Verbundes

12 Schiefe Hauptspannungen und Schubdeckung

- 12.1 Allgemeines
- 12.2 Spannungsnachweise im Gebrauchszustand
- 12.3 Spannungsnachweise im rechnerischen Bruchzustand
- 12.4 Bemessung der Schubbewehrung
- 12.5 Indirekte Lagerung
- 12.6 Eintragung der Vorspannung
- 12.7 Nachträglich ergänzte Querschnitte
- 12.8 Arbeitsfugen mit Kopplungen
- 12.9 Durchstanzen

13 Nachweis der Beanspruchung des Verbundes zwischen Spannglied und Beton

14 Verankerung und Kopplung der Spannglieder, Zugkraftdeckung

- 14.1 Allgemeines
- 14.2 Verankerung durch Verbund
- 14.3 Nachweis der Zugkraftdeckung
- 14.4 Verankerungen innerhalb des Tragwerks

15 Zulässige Spannungen

- 15.1 Allgemeines
- 15.2 Zulässige Spannung bei Teillächenbelastung
- 15.3 Zulässige Druckspannungen in der vorgedrückten Druckzone
- 15.4 Zulässige Spannungen in Spanngliedern mit Dehnungsbehinderung (Reibung)
- 15.5 Zulässige Betonzugspannungen für die Beförderungszustände bei Fertigteilen
- 15.6 Querbiegezugspannungen in Querschnitten, die nach DIN 1045 bemessen werden
- 15.7 Zulässige Stahlspannungen in Spanngliedern
- 15.8 Gekrümmte Spannglieder
- 15.9 Nachweise bei nicht vorwiegend ruhender Belastung

Zitierte Normen und andere Unterlagen

Weitere Normen

Entwurf und Ausführung von baulichen Anlagen und Bauteilen aus Spannbeton erfordern eine gründliche Kenntnis und Erfahrung in dieser Bauart. Deshalb dürfen bauliche Anlagen und Bauteile aus Spannbeton nur von solchen Ingenieuren und Unternehmern entworfen und ausgeführt werden, die diese Kenntnis und Erfahrung haben, besonders zuverlässig sind und sicherstellen, daß derartige Bauwerke einwandfrei bemessen und ausgeführt werden.

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich und Zweck

- (1) Diese Norm gilt für die Bemessung und Ausführung von Bauteilen aus Normalbeton, bei denen der Beton durch Spannglieder beschränkt oder voll vorgespannt wird und die Spannglieder im Endzustand im Verbund vorliegen.
- (2) Die sinngemäße Anwendung dieser Norm auf Bauteile, bei denen die Vorspannung auf andere Art erzeugt wird, ist jeweils gesondert zu überprüfen.
- (3) Vorgespannte Verbundträger werden in den Richtlinien für die Bemessung und Ausführung von Stahlverbundträgern (vorläufiger Ersatz für DIN 1078 und DIN 4239) behandelt.

1.2 Begriffe

1.2.1 Querschnittsteile

- (1) Bei vorgespannten Bauteilen unterscheidet man:
- (2) **Druckzone.** In der Druckzone liegen die Querschnittsteile, in denen ohne Vorspannung unter der gegebenen Belastung infolge von Längskraft und Biegemoment Druckspannungen entstehen würden. Werden durch die Vorspannung in der Druckzone Druckspannungen erzeugt, so liegt der Sonderfall einer **vorgedrückten Druckzone** vor (siehe Abschnitt 15.3).
- (3) **Vorgedrückte Zugzone.** In der vorgedrückten Zugzone liegen die Querschnittsteile, in denen unter der gegebenen Belastung infolge von Längskraft und Biegemoment ohne Vorspannung Zugspannungen entstehen würden, die durch Vorspannung stark abgemindert oder ganz aufgehoben werden.
- (4) Unter Einwirkung von Momenten mit wechselnden Vorzeichen kann eine Druckzone zur vorgedrückten Zugzone werden und umgekehrt.
- (5) **Spannglieder.** Das sind die Zugglieder aus Spannstahl, die zur Erzeugung der Vorspannung dienen; hierunter sind

auch Einzeldrähte, Einzelstäbe und Litzen zu verstehen. Fertigspannglieder sind Spannglieder, die nach Abschnitt 6.5.3 werkmäßig vorgefertigt werden.

1.2.2 Grad der Vorspannung¹⁾

- (1) Bei **voller Vorspannung** treten rechnerisch im Beton im Gebrauchszustand (siehe Abschnitt 9.1), mit Ausnahme der in Abschnitt 10.1.1 angegebenen Fälle, keine Zugspannungen infolge von Längskraft und Biegemoment auf.
- (2) Bei **beschränkter Vorspannung** treten dagegen rechnerisch im Gebrauchszustand (siehe Abschnitt 9.1) Zugspannungen infolge von Längskraft und Biegemoment im Beton bis zu den in den Abschnitten 10.1.2 und 15 angegebenen Grenzen auf.

1.2.3 Zeitpunkt des Spannens der Spannglieder

- (1) Beim **Spannen vor dem Erhärten des Betons** werden die Spannglieder von festen Punkten aus gespannt und dann einbetoniert (Spannen im Spannbett).
- (2) Beim **Spannen nach dem Erhärten des Betons** dienen die schon erhärteten Betonbauteile als Abstützung.

1.2.4 Art der Verbundwirkung von Spanngliedern²⁾

- (1) Bei **Vorspannung mit sofortigem Verbund** werden die Spannglieder nach dem Spannen im Spannbett so in den Beton eingebettet, daß gleichzeitig mit dem Erhärten des Betons eine Verbundwirkung entsteht.
- (2) Bei **Vorspannung mit nachträglichem Verbund** wird der Beton zunächst ohne Verbund vorgespannt; später wird für alle nach diesem Zeitpunkt wirksamen Lastfälle eine Verbundwirkung erzeugt.

¹⁾ Teilweise Vorspannung; siehe DIN 4227 Teil 2.

²⁾ Vorspannung ohne Verbund im Endzustand siehe DIN 4227 Teil 6.

2 Bauaufsichtliche Zulassungen, Zustimmungen, bautechnische Unterlagen, Bauleitung und Fachpersonal

2.1 Bauaufsichtliche Zulassungen, Zustimmungen

- (1) Entsprechend den allgemeinen bauaufsichtlichen Bestimmungen ist eine Zulassung bzw. eine Zustimmung im Einzelfall unter anderem erforderlich für:
- den Spannstahl (siehe Abschnitt 3.2)
 - das Spannverfahren.
- (2) Die Bescheide müssen auf der Baustelle vorliegen.

2.2 Bautechnische Unterlagen, Bauleitung und Fachpersonal

2.2.1 Bautechnische Unterlagen

Zu den bautechnischen Unterlagen gehören neben den Anforderungen nach DIN 1045/07.88, Abschnitte 3 bis 5, die Angaben über Grad, Zeitpunkt und Art der Vorspannung, das Herstellungsverfahren sowie das Spannprogramm.

2.2.2 Bauleitung und Fachpersonal

Bei der Herstellung von Spannbeton dürfen auf Baustellen und in Werken nur solche Führungskräfte (Bauleiter, Werkleiter) eingesetzt werden, die über ausreichende Erfahrungen und Kenntnisse im Spannbetonbau verfügen. Bei der Ausführung von Spannarbeiten und Einpreßarbeiten muß der hierfür zuständige Fachbauleiter stets anwesend sein.

3 Baustoffe

3.1 Beton

3.1.1 Vorspannung mit nachträglichem Verbund

- (1) Bei Vorspannung mit nachträglichem Verbund ist Beton der Festigkeitsklassen B 25 bis B 55 nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 6.5 zu verwenden.
- (2) Bei üblichen Hochbauten (Definition nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 2.2.4) darf für die nachträgliche Ergänzung vorgespannter Fertigteile auch Ortbeton der Festigkeitsklasse B 15 verwendet werden.
- (3) Der Chloridgehalt des Anmachwassers darf 600 mg Cl⁻ je Liter nicht überschreiten. Die Verwendung von Meerwasser und anderem salzhaltigen Wasser ist unzulässig. Es darf nur solcher Betonzuschlag verwendet werden, der hinsichtlich des Gehaltes an wasserlöslichem Chlorid (berechnet als Chlor) den Anforderungen nach DIN 4226 Teil 1/04.83, Abschnitt 7.6.6b) genügt (Chlorgehalt mit einem Massenanteil $\leq 0,02\%$).
- (4) **Betonzusatzmittel** dürfen nur verwendet werden, wenn für sie ein Prüfbescheid (Prüfzeichen) erteilt ist, in dem die Anwendung für Spannbeton geregelt ist.

3.1.2 Vorspannung mit sofortigem Verbund

- (1) Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund gelten die Festlegungen nach Abschnitt 3.1.1; jedoch muß der Beton mindestens der Festigkeitsklasse B 35 entsprechen. Dabei ist nur werkmaßige Herstellung nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 5.3 zulässig.
- (2) Alle **Zemente** der Normen der Reihe DIN 1164 der Festigkeitsklassen Z 45 und Z 55 sowie Portland- und Eisenportlandzement der Festigkeitsklasse Z 35 F dürfen verwendet werden.
- (3) **Betonzusatzstoffe** dürfen nicht verwendet werden.

3.1.3 Verwendung von Transportbeton

Bei Verwendung von Transportbeton müssen aus dem Betonartenverzeichnis (siehe DIN 1045/07.88, Abschnitt 5.4.4) die

- Eignung für Spannbeton mit nachträglichem Verbund bzw. die
- Eignung für Spannbeton mit sofortigem Verbund hervorgehen.

3.2 Spannstahl

Spanndrähte müssen mindestens 5,0 mm Durchmesser oder bei nicht runden Querschnitten mindestens 30 mm² Querschnittsfläche haben. Litzen müssen mindestens 30 mm² Querschnittsfläche haben, wobei die einzelnen Drähte mindestens 3,0 mm Durchmesser aufweisen müssen. Für Sonderzwecke, z.B. für vorübergehend erforderliche Bewehrung oder Rohre aus Spannbeton, sind Einzeldrähte von mindestens 3,0 mm Durchmesser bzw. bei nicht runden Querschnitten von mindestens 20 mm² Querschnittsfläche zulässig.

3.3 Hüllrohre

Es sind Hüllrohre nach DIN 18 553 zu verwenden.

3.4 Einpreßmörtel

Die Zusammensetzung und die Eigenschaften des Einpreßmörtels müssen DIN 4227 Teil 5 entsprechen.

4 Nachweis der Güte der Baustoffe

- (1) Für den Nachweis der Güte der Baustoffe gilt DIN 1045/07.88, Abschnitt 7. Darüber hinaus sind für den Spannstahl und das Spannverfahren die entsprechenden Abschnitte der Zulassungsbescheide zu beachten. Für die Güteüberwachung von Beton B II auf der Baustelle, von Fertigteilen und Transportbeton gelten DIN 1084 Teil 1 bis Teil 3.
- (2) Im Rahmen der Eigenüberwachung auf Baustellen und in Werken sind zusätzlich die in Tabelle 1 enthaltenen Prüfungen vorzunehmen.
- (3) Die Protokolle der Eigenüberwachung sind zu den Bauakten zu nehmen.
- (4) Über die Lieferung des Spannstahles ist anhand der vom Lieferwerk angebrachten Anhänger Buch zu führen; außerdem ist festzuhalten, in welche Bauteile und Spannglieder der Stahl der jeweiligen Lieferung eingebaut wurde.

5 Aufbringen der Vorspannung

5.1 Zeitpunkt des Vorspannens

- (1) Der Beton darf erst vorgespannt werden, wenn er fest genug ist, um die dabei auftretenden Spannungen einschließlich der Beanspruchungen an den Verankerungsstellen der Spannglieder aufnehmen zu können. Für die endgültige Vorspannung gilt dies als erfüllt, wenn durch Erhärtingsprüfung nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 7.4.4, nachgewiesen ist, daß die Würfeldruckfestigkeit β_{Wm} mindestens die Werte der Tabelle 2, Spalte 3, erreicht hat.
- (2) Eine frühzeitige Teilverspannung (z.B. zur Vermeidung von Schwind- und Temperaturrissen) ist zu empfehlen. Durch Erhärtingsprüfung ist dann nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 7.4.4, nachzuweisen, daß die Würfeldruckfestigkeit β_{Wm} des Betons die Werte nach Tabelle 2, Spalte 2, erreicht hat. In diesem Fall dürfen die Spannkräfte einzelner Spannglieder und die Betonspannungen im übrigen Bauteil nicht mehr als 30 % der für die Verankerung zugelassenen Spannkraft bzw. der nach Abschnitt 15 zulässigen Spannungen betragen. Liegt die durch Erhärtingsprüfung festgestellte Würfeldruckfestigkeit zwischen den Werten nach Tabelle 2, Spalten 2 und 3, so darf die zulässige Teilspannkraft linear interpoliert werden.

Tabelle 1. Eigenüberwachung

	1	2	3	4
	Prüfgegenstand	Prüfart	Anforderungen	Häufigkeit
1a	Spannstahl	Überprüfung der Lieferung nach Sorte und Durchmesser nach der Zulassung	Kennzeichnung; Nachweis der Güteüberwachung; keine Beschädigung; kein unzulässiger Rostanfall	Jede Lieferung
1b		Überprüfung der Transportfahrzeuge	Abgedeckte trockene Ladung; keine Verunreinigungen	Jede Lieferung
1c		Überprüfung der Lagerung	Trockene, luftige Lagerung; keine Verunreinigung; keine Übertragung korrosionsfördernder Stoffe (siehe Abschnitt 6.5.1)	Bei Bedarf
2	Fertigspannglieder	Überprüfung der Lieferung	Einhalten der Bestimmungen von Abschnitt 6.5.3	Jede Lieferung
3	Spannverfahren	–	Einhalten der Zulassung	Jede Anwendung
4	Vorrichtungen für das Spannen	Überprüfung der Spanneinrichtung	Einhalten der Toleranzen nach Abschnitt 5.2	Halbjährlich
5	Vorspannen	Messungen laut Spannprogramm (siehe Abschnitt 5.3)	Einhalten des Spannprogramms	Jeder Spannvorgang
6	Einpreßarbeiten	Überprüfung des Einpressens	Einhalten von DIN 4227 Teil 5	Jedes Spannglied

Tabelle 2. Mindestbetonfestigkeiten beim Vorspannen

	1	2	3
	Zugeordnete Festigkeitsklasse	Würfeldruckfestigkeit β_{Wm} beim Teilverspannen N/mm^2	Würfeldruckfestigkeit β_{Wm} beim endgültigen Vorspannen N/mm^2
1	B 25	12	24
2	B 35	16	32
3	B 45	20	40
4	B 55	24	48

Anmerkung:
Die „zugeordnete Festigkeitsklasse“ ist die laut Zulassung für das jeweilige Spannverfahren erforderliche Festigkeitsklasse des Betons.

5.2 Vorrichtungen für das Spannen

- (1) Vorrichtungen für das Spannen sind vor ihrer ersten Benutzung und später in der Regel halbjährlich mit kalibrierten Geräten darauf zu prüfen, welche Abweichungen vom Sollwert die Anzeigen der Spannvorrichtungen aufweisen. Soweit diese Abweichungen von äußeren Einflüssen abhängen (z.B. bei Öldruckpressen von der Temperatur), ist dies zu berücksichtigen.
- (2) Vorrichtungen, deren Fehlergrenze der Anzeige im Bereich der endgültigen Vorspannkraft um mehr als 5% vom Prüfdiagramm abweicht, dürfen nicht verwendet werden.

5.3 Verfahren und Messungen beim Spannen

- (1) Die Vorspannung ist entsprechend einem Spannprogramm aufzubringen. Dieses muß für jedes Spannglied neben der zeitlichen Folge des Spannens Angaben über Spannkraft und Spannweg unter Berücksichtigung der Zusammendrückung des Betons, der Reibung, des Schlupfes und des Zeitpunktes des Lehrgerüstabsenkens enthalten. Im Falle von Teilverspannung sind die bis zum endgültigen Vorspannen eingetretenen Spannkraftverluste zu berücksichtigen. Das Spannprogramm ist so aufzustellen, daß keine unzulässigen Beanspruchungen des Betons entstehen.
- (2) Über das Spannen ist ein Spannprotokoll zu führen, in das alle beim Spannen durchgeföhrten Messungen einschließlich etwaiger Unregelmäßigkeiten einzutragen sind. Die Messungen müssen mindestens Spannkraft und Spannweg umfassen. Wenn die Summe aus den Absolutwerten der prozentualen Abweichung von der Sollspannkraft und der prozentualen Abweichung vom Sollspannweg bei einem einzelnen Spannglied mehr als 15% beträgt, muß die zuständige Bauaufsicht unverzüglich verständigt werden. Ist die Abweichung von der Sollspannkraft oder vom Sollspannweg bei der Summe aller in einem Querschnitt liegenden Spannglieder größer als 5%, so ist gleichfalls die Bauaufsicht zu verständigen.
- (3) Schlagartige Übertragung der Vorspannkraft ist zu vermeiden.

6 Grundsätze für die bauliche Durchbildung und Bauausführung

6.1 Bewehrung aus Betonstahl

- (1) Für die Bewehrung gilt DIN 1045/07.88, Abschnitte 13 und 18.
- (2) Als glatter Betonstahl BSt 220 (Kennzeichen I) darf nur warmgewalzter Rundstahl nach DIN 1013 Teil 1 aus St 37-2

nach DIN 17 100 in den Nenndurchmessern $d_s = 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25$ und 28 mm verwendet werden³⁾.

(3) **Druckbeanspruchte Bewehrungsstäbe** in der äußeren Lage sind je m^2 Oberfläche an mindestens vier verteilt angeordneten Stellen gegen Ausknicken zu sichern (z. B. durch S-Haken oder Steckbügel), wenn unter Gebrauchslast die Betondruckspannung $0,2 \beta_{WN}$ überschritten wird. Die Sicherung kann bei höchstens 16 mm dicken Längsstäben entfallen, wenn die Betondeckung mindestens gleich der doppelten Stabdicke ist. Eine statisch erforderliche Druckbewehrung ist nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 25.2.2.2, zu verbügeln.

6.2 Spannglieder

6.2.1 Betondeckung von Hüllrohren

Die Betondeckung von Hüllrohren für Spannglieder muß mindestens gleich dem $0,6$ fachen Hüllrohr-Innendurchmesser sein; sie darf 4 cm nicht unterschreiten.

6.2.2 Licher Abstand der Hüllrohre

Der liche Abstand der Hüllrohre muß mindestens gleich dem $0,8$ fachen Hüllrohr-Innendurchmesser sein, er darf $2,5 \text{ cm}$ nicht unterschreiten.

6.2.3 Betondeckung von Spanngliedern mit sofortigem Verbund

(1) Die Betondeckung von Spanngliedern mit sofortigem Verbund wird durch die Anforderungen an den Korrosionsschutz, an das ordnungsgemäße Einbringen des Betons und an die wirksame Verankerung bestimmt; der Höchstwert ist maßgebend.

(2) Der Korrosionsschutz ist im allgemeinen sichergestellt, wenn für die Spannglieder die Mindestmaße der Betondeckung nach DIN 1045/07.88, Tabelle 10, Spalte 3, um $1,0 \text{ cm}$ erhöht werden.

(3) In den folgenden Fällen genügt es, für die Spannglieder die Mindestmaße der Betondeckung nach DIN 1045/07.88, Tabelle 10, Spalte 3, um $0,5 \text{ cm}$ zu erhöhen:

- bei Platten, Schalen und Faltwerken, wenn die Spannglieder innerhalb der Betondeckung nicht von Betonstahlbewehrung gekreuzt werden,
- an den Stellen der Fertigteile, an die mindestens eine $2,0 \text{ cm}$ dicke Ortbetonschicht anschließt,
- bei Spanngliedern, die für die Tragfähigkeit der fertig eingebauten Teile nicht von Bedeutung sind, z. B. Transportbewehrung.

(4) Mit Rücksicht auf das ordnungsgemäße Einbringen des Betons soll die Betondeckung größer als die Korngröße des überwiegenden Teils des Zuschlags sein.

(5) Für die wirksame Verankerung runder gerippter Einzeldrähte und Litzen mit $d_v \leq 12 \text{ mm}$ sowie nichtrunder gerippter Einzeldrähte mit $d_v \leq 8 \text{ mm}$ gelten folgende Mindestbetondeckungen:

$$c = 1,5 d_v \text{ bei profilierten Drähten und bei} \quad (1) \\ \text{Litzen aus glatten Einzeldrähten}$$

$$c = 2,5 d_v \text{ bei gerippten Drähten} \quad (2)$$

Darin ist für d_v zu setzen:

- bei Runddrähten der Spanndrahtdurchmesser,
- bei nichtrunden Drähten der Vergleichsdurchmesser eines Runddrahtes gleicher Querschnittsfläche,
- bei Litzen der Nenndurchmesser.

³⁾ Die bisherigen Regelungen der DIN 4227 Teil 1/12.79 für den Betonstahl I sind in das DAfStb-Heft 320 übernommen.

6.2.4 Licher Abstand der Spannglieder bei Vorspannung mit sofortigem Verbund

(1) Der liche Abstand der Spannglieder bei Vorspannung mit sofortigem Verbund muß größer als die Korngröße des überwiegenden Teils des Zuschlags sein; er soll außerdem die aus den Gleichungen (1) und (2) sich ergebenden Werte nicht unterschreiten.

(2) Bei der Verteilung von Spanngliedern über die Breite eines Querschnitts dürfen innerhalb von Gruppen mit 2 oder 3 Spanngliedern mit $d_v \leq 10 \text{ mm}$ die lichen Abstände der einzelnen Spannglieder bis auf $1,0 \text{ cm}$ verringert werden, wenn die Gesamtanzahl in einer Lage nicht größer ist als bei gleichmäßiger Verteilung zulässig.

6.2.5 Verzinkte Einbauteile

Zwischen Spanngliedern und verzinkten Einbauteilen muß mindestens $2,0 \text{ cm}$ Beton vorhanden sein; außerdem darf keine metallische Verbindung bestehen.

6.2.6 Mindestanzahl

(1) In der vorgedrückten Zugzone tragender Spannbetonauteile muß die Anzahl der Spannglieder bzw. bei Verwendung von Bündelspanngliedern die Gesamtanzahl der Drähte oder Stäbe mindestens den Werten der Tabelle 3, Spalte 2, entsprechen. Die Werte gelten unter der Voraussetzung, daß gleiche Stab- bzw. Drahtdurchmesser verwendet werden.

(2) Bei Verwendung von Stäben bzw. Drähten unterschiedlicher Querschnitte ist stets der Nachweis nach den Absätzen (3) und (4) zu führen.

Tabelle 3. Anzahl der Spannglieder

	1	2	3
	Art der Spannglieder	Mindestanzahl nach Absatz (1)	Anzahl der rechnerisch ausfallenden Stäbe bzw. Drähte ¹⁾
1	Einzelstäbe bzw. -drähte	3	1
2	Stäbe bzw. Drähte bei Bündelspanngliedern	7	3
3	7drähtige Litzen Einzeldrahtdurchmesser $d_v \geq 4 \text{ mm}^2$	1	–

1) Bei Verwendung von Stäben bzw. Drähten unterschiedlicher Querschnitte sind die jeweils dicken Stäbe bzw. Drähte in Ansatz zu bringen.

2) Werden in Ausnahmefällen Litzen mit geringerem Drahtdurchmesser verwendet, so beträgt die Mindestanzahl 2.

- Eine Unterschreitung der Werte nach Tabelle 3, von Spalte 2, Zeilen 1 und 2, ist zulässig, wenn der Nachweis geführt wird, daß bei Ausfall von Stäben bzw. Drähten entsprechend den Werten von Spalte 3 die Beanspruchung aus 1,0fachen Einwirkungen aus Last und Zwang aufgenommen werden können. Dieser Nachweis ist auf der Grundlage der für rechnerischen Bruchzustand getroffenen Festlegungen (siehe Abschnitte 11, 12.3, 12.4) zu führen, wobei anstelle von $y = 1,75$ jeweils $y = 1,0$ gesetzt werden darf.

(4) Tragreserven, z. B. aus Querabtragung der Lasten, sowie mögliche Umlagerungen der Schnittgrößen aus Änderungen des statischen Systems dürfen berücksichtigt werden. Werden bei diesem Nachweis auch Stahlbetonbauteile nach DIN 1045 in Rechnung gestellt, so darf anstelle der in DIN 1045/07.88, Abschnitt 17.2.2, genannten Sicherheitsbeiwerte einheitlich $y = 1.0$ gesetzt werden. Bei der Bemessung für Querkraft und Torsion dürfen dabei die Grundwerte der Schubspannung nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 17.5, auf das 1,75fache vergrößert werden.

6.3 Schweißen

(1) Für das Schweißen von Betonstahl gilt DIN 1045/07.88, Abschnitte 6.6 und 7.5.2 sowie DIN 4099. Das Schweißen an Spannstählen ist unzulässig, dagegen ist Brennschneiden hinter der Verankerung zulässig.

(2) Spannstahl und Verankerungen sind vor herunterfallendem Schweißgut zu schützen (z. B. durch widerstandsfähige Ummantelungen).

6.4 Einbau der Hüllrohre

(1) Hüllrohre dürfen keine Knicke, Eindrückungen oder andere Beschädigungen haben, die den Spann- oder Einpreßvorgang behindern. Hierfür kann es erforderlich werden, z. B. in Hochpunkten Verstärkungen nach DIN 18 553, anzutragen.

(2) Hüllrohre müssen so gelagert, transportiert und verarbeitet werden, daß kein Wasser oder andere für den Spannstahl schädliche Stoffe in das Innere eindringen können. Hüllrohrstöße und -anschlüsse sind durch besondere Maßnahmen, z. B. durch Umwicklung mit geeigneten Dichtungsbändern, abzudichten. Die Hüllrohre sind so zu befestigen, daß sie sich während des Betonierens nicht verschieben.

6.5 Herstellung, Lagerung und Einbau der Spannglieder

6.5.1 Allgemeines

(1) Der Spannstahl muß bei der Spanngliederherstellung sauber und frei von schädigendem Rost sein und darf hierbei nicht naß werden.

(2) Spannstähle mit leichtem Flugrost dürfen verwendet werden. Der Begriff „leichter Flugrost“ gilt für einen gleichmäßigen Rostansatz, der noch nicht zur Bildung von mit bloßem Auge erkennbaren Korrosionsnarben geführt hat und sich im allgemeinen durch Abwischen mit einem trockenen Lappen entfernen läßt. Eine Entrostung braucht jedoch auf diese Weise nicht vorgenommen zu werden.

(3) Beim Ablängen und Einbau der Spannstähle sind Knicke und Verletzungen zu vermeiden. Fertige Spannglieder sind bis zum Einbau in das Bauwerk bodenfrei und trocken zu lagern und vor Berührung mit schädigenden Stoffen zu schützen. Spannstahl ist auch in der Zeitspanne zwischen dem Verlegen und der Herstellung des Verbundes vor Korrosion und Verschmutzung zu schützen.

(4) Die Spannstähle für ein Spannglied sollen im Regelfall aus einer Lieferposition (Schmelze) entnommen werden. Die Zuordnung von Spanngliedern zur Lieferposition ist in den Aufzeichnungen nach Abschnitt 4 zu vermerken.

(5) Ankerplatten und Ankerkörper müssen rechtwinklig zur Spanngliedachse liegen.

6.5.2 Korrosionsschutz bis zum Einpressen

(1) Die Zeitspanne zwischen Herstellen des Spanngliedes und Einpressen des Zementmörtels ist eng zu begrenzen. Im Regelfall ist nach dem Vorspannen unverzüglich Zementmörtel in die Spannkanäle einzupressen. Zulässige Zeitspannen sind unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten zu beurteilen.

(2) Wenn das Eindringen und Ansammeln von Feuchte (auch Kondenswasser) vermieden wird, dürfen ohne besonderen Nachweis folgende Zeitspannen als unschädlich für den Spannstahl angesehen werden:

 bis zu 12 Wochen zwischen dem Herstellen des Spanngliedes und dem Einpressen,
 davon bis zu 4 Wochen frei in der Schalung
 und bis zu etwa 2 Wochen in gespanntem Zustand.

(3) Werden diese Bedingungen nicht eingehalten, so sind besondere Maßnahmen zum vorübergehenden Korrosionsschutz der Spannstähle vorzusehen; andernfalls ist der Nachweis zu führen, daß schädigende Korrosion nicht auftritt.

(4) Als besondere Schutzmaßnahme ist z. B. ein zeitweises Spülen der Spannkanäle mit vorgetrockneter und erforderlichenfalls gereinigter Luft geeignet.

(5) Die ausreichende Schutzwirkung und die Unschädlichkeit der Maßnahmen für den Spannstahl, für den Einpreßmörtel und für den Verbund zwischen Spanngliedern und Einpreßmörtel sind nachzuweisen.

6.5.3 Fertigspannglieder

(1) Die Fertigung muß in geschlossenen Hallen erfolgen.

(2) Die für den Spannstahl nach Zulassungsbescheid geltenden Bedingungen für Lagerung und Transport sind auch für die fertigen Spannglieder zu beachten; diese dürfen das Werk nur in abgedichteten Hüllrohren verlassen.

(3) Bei Auslieferung der Spannglieder sind folgende Unterlagen beizufügen:

- Lieferschein mit Angabe von Bauvorhaben, Spanngliedtyp, Positionsnummer der Spannglieder, Fertigungs- und Auslieferungsdatum und der Bestätigung, daß die Spannglieder güteüberwacht sind. Der Lieferschein muß auch die Angaben der Anhängeschilder der jeweils verwendeten Spannstähle enthalten;
- bei Verwendung von Restmengen oder Verschnitt Angaben über die Herkunft;
- Lieferzeugnisse für den Spannstahl und Lieferscheine für die Zubehörteile mit Angabe der hierfür fremdüberwachenden Stelle.

(4) Die Spannglieder sind durch den Bauleiter des Unternehmens oder dessen fachkundigen Vertreter bei Anlieferung auf Transportschäden (sichtbare Schäden an Hüllrohren und Ankern) zu überprüfen.

6.6 Herstellen des nachträglichen Verbundes

(1) Das Einpressen von Zementmörtel in die Spannkanäle erfordert besondere Sorgfalt.

(2) Es gilt DIN 4227 Teil 5. Es muß sichergestellt sein, daß die Spannstähle mit Zementmörtel umhüllt sind.

(3) Das Einpressen in jeden einzelnen Spannkanal ist im Protokoll unter Angabe etwaiger Unregelmäßigkeiten zu vermerken. Die Protokolle sind zu den Bauakten zu nehmen.

6.7 Mindestbewehrung

6.7.1 Allgemeines

(1) Sofern sich nach der Bemessung oder aus konstruktiven Gründen keine größere Bewehrung ergibt, ist eine Mindestbewehrung nach den nachstehenden Grundsätzen anzutragen. Dabei sollen die Stababstände 20 cm nicht überschreiten. Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund dürfen die Spanndrähte als Betonstabstahl IV S auf die Mindestbewehrung angerechnet werden. In jedem Querschnitt ist nur der Höchstwert von Oberflächen- oder Längs- oder Schubbewehrung maßgebend. Eine Addition der verschiedenen Arten von Mindestbewehrung ist nicht erforderlich.

Tabelle 4. Mindestbewehrung und erhöhte Mindestbewehrung (Werte in Klammern)

	1	2	3	4	5
		Platten/Gurtplatten oder breite Balken ($b_0 > d_0$)		Balken mit $b_0 \leq d_0$ Steg von Plattenbalken	
		Für alle Bauteile außer solchen von Brücken und vergleichbaren Bauwerken	Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken	Für alle Bauteile außer solchen von Brücken und vergleichbaren Bauwerken	Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken
1a	Bewehrung je m an der Ober- und Unterseite (jede der 4 Lagen), siehe auch Abschnitt 6.7.2	0,5 μd	1,0 μd	–	–
1b	Längsbewehrung je m in Gurtplatten (obere und untere Lage je für sich)	0,5 μd	1,0 μd (5,0 μd)	–	–
2a	Längsbewehrung je m bei Balken an jeder Seitenfläche, bei Platten an jedem gestützten oder nicht gestützten Rand	0,5 μd	1,0 μd	0,5 μb_0	1,0 μb_0
2b	Längsbewehrung bei Balken jeweils oben und unten	–	–	0,5 $\mu b_0 b_0$	1,0 $\mu \cdot b_0 d_0$ (2,5 $\mu \cdot b_0 d_0$)
3	Lotrechte Bewehrung je m an jedem gestützten oder nicht gestützten Rand (siehe auch DIN 1045/07.88, Abschnitt 18.9.1)	1,0 μd	1,0 μd	–	–
4	Schubbewehrung für Scheibenschub (Summe der Lagen)	a) 1,0 μd (in Querrichtung vorgespannt) b) 2,0 μd (in Querrichtung nicht vorgespannt)	2,0 μd	–	–
5	Schubbewehrung von Balkenstegen (Summe der Bügel)	2,0 μb_0 (nur bei breiten Balken, wenn σ_1 größer ist als die Werte der Tabelle 9, Zeile 51)		2,0 μb_0	2,0 μb_0
<p>Die Werte für μ sind der Tabelle 5 zu entnehmen.</p> <p>b_0 Stegbreite in Höhe der Schwerlinie des gesamten Querschnitts, bei Hohlplatten mit annähernd kreisförmiger Aussparung die kleinste Stegbreite</p> <p>d_0 Balkendicke</p> <p>d Plattendicke</p>					

(2) Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken (das sind Bauwerke im Freien unter nicht vorwiegend ruhender Belastung) dürfen die Bewehrungsstäbe bei Verwendung von Betonstabstahl III S und Betonstabstahl IV S den Stabdurchmesser 10 mm und bei Betonstahlmatten IV M den Stabdurchmesser 8 mm bei 150 mm Maschenweite nicht unterschreiten.

(3) Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken ist eine erhöhte Mindestbewehrung in gezogenen bzw. weniger gedrückten Querschnittsteilen (siehe Tabelle 4, Zeilen 1b und 2b, Werte in Klammern) anzugeben, wenn im Endzustand unter Haupt- und Zusatzlasten die nach Zustand I ermittelte Betondruckspannung am Rand dem Betrag nach kleiner als 2 N/mm² ist. Dabei dürfen Spannglieder unter Berücksichti-

gung der unterschiedlichen Verbundeigenschaften ange rechnet werden⁴⁾. In Gurtplatten sind Stabdurchmesser ≤ 16 mm zu verwenden, sofern kein genauer Nachweis erfolgt⁴⁾.

6.7.2 Oberflächenbewehrung von Spannbetonplatten

(1) An der Ober- und Unterseite sind Bewehrungsnetze anzuordnen, die aus zwei sich annähernd rechtwinklig kreuzenden Bewehrungslagen mit einem Querschnitt nach Tabelle 4, Zeilen 1a und 1b, bestehen. Die einzelnen Bewehrungen können in mehrere oberflächennahe Lagen aufgeteilt werden.

⁴⁾ Nachweise siehe DAfStb-Heft 320

(2) Abweichend davon ist bei statisch bestimmt gelagerten Platten des üblichen Hochbaues (nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 2.2.4) eine obere Mindestbewehrung nicht erforderlich. Bei Platten mit Vollquerschnitt und einer Breite $b \leq 1,20$ m darf außerdem die untere Mindestquerbewehrung entfallen. Bei rechnerisch nicht berücksichtigter Einspannung ist jedoch die Mindestbewehrung in Einspannrichtung über ein Viertel der Plattenstützweite einzulegen.

Tabelle 5. Grundwerte μ der Mindestbewehrung in %

	1	2	3
	Vorgesehene Betonfestigkeitsklasse	III S	IV S IV M
1	B 25	0,07	0,06
2	B 35	0,09	0,08
3	B 45	0,10	0,09
4	B 55	0,11	0,10

(3) Bei Hohlplatten mit annähernd kreisförmigen Aussparungen darf die Längsbewehrung auf den reinen Betonquerschnitt bezogen werden. Die Querbewehrung ist in gleicher Größe wie die Längsbewehrung zu wählen. Die Stege müssen hierbei eine Schubbewehrung nach Abschnitt 6.7.5 erhalten. Hohlplatten mit annähernd rechteckigen Aussparungen sind wie Kastenträger zu behandeln.

(4) Bei Platten mit veränderlicher Dicke darf die Mindestbewehrung auf die gemittelte Plattendicke d_m bezogen werden.

6.7.3 Schubbewehrung von Gurtscheiben

(1) Wirkt die Platte gleichzeitig als Gurtscheibe, muß die Mindestbewehrung zur Aufnahme des Scheibenschubs auf die örtliche Plattendicke bezogen werden.

(2) Für die Schubbewehrung von Gurtscheiben gilt Tabelle 4, Zeile 4.

6.7.4 Längsbewehrung von Balkenstegen

Für die Längsbewehrung von Balkenstegen gilt Tabelle 4, Zeile 2a und 2b. Mindestens die Hälfte der erhöhten Mindestbewehrung muß am unteren und/oder oberen Rand des Steges liegen, der Rest darf über das untere und/oder obere Drittel der Steghöhe verteilt sein.

6.7.5 Schubbewehrung von Balkenstegen

Für die Schubbewehrung von Balkenstegen gilt Tabelle 4, Zeile 5.

6.7.6 Längsbewehrung im Stützenbereich durchlaufender Tragwerke bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken

(1) Im Stützenbereich durchlaufender Tragwerke bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken – mit Ausnahme massiver Vollplatten – ist eine Längsbewehrung im unteren Drittel der Stegfläche und in der unteren Platte vorzusehen, wenn die Randdruckspannungen dem Betrag nach kleiner als 1 N/mm^2 sind. Diese Längsbewehrung ist aus der Querschnittsfläche des gesamten Steges und der unteren Platte zu ermitteln. Der Bewehrungsprozentsatz darf bei Randdruckspannungen zwischen 0 und 1 N/mm^2 linear zwischen 0,2% und 0% interpoliert werden.

(2) Die Hälfte dieser Bewehrung darf frühestens in einem Abstand $(d_0 + l_0)$, der Rest in einem Abstand $(2d_0 + l_0)$ von der

Lagerachse enden (d_0 Balkendicke, l_0 Grundmaß der Verankerungslänge nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 18.5.2.1).

6.8 Beschränkung von Temperatur und Schwindrissen

(1) Wenn die Gefahr besteht, daß die Hydratationswärme des Zements in dicken Bauteilen zu hohen Temperaturspannungen und dadurch zu Rissen führt, sind geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen (z. B. niedrige Frischbetontemperatur durch gekühlte Ausgangsstoffe, Verwendung von Zementen mit niedriger Hydratationswärme, Aufbringen einer Teilverspannung, Kühlen des erhärtenden Betons durch eingebaute Kühlrohre, Schutz des warmen Betons vor zu rascher Abkühlung).

(2) Auch beim abschnittsweisen Betonieren (z. B. Bodenplatte – Stege – Fahrbahnplatte bei einer Brücke) können Maßnahmen gegen Risse infolge von Temperaturunterschieden oder Schwinden erforderlich werden.

7 Berechnungsgrundlagen

7.1 Erforderliche Nachweise

Es sind folgende Nachweise zu erbringen:

- Im Gebrauchszustand (siehe Abschnitt 9) der Nachweis, daß die hierfür zugelassenen Spannungen nach Abschnitt 15, Tabelle 9, nicht überschritten werden. Dieser Nachweis ist unter der Annahme eines linearen Zusammenhangs zwischen Spannung und Dehnung zu führen.
- Der Nachweis zur Beschränkung der Rißbreite nach Abschnitt 10.
- Der Nachweis der Sicherheit gegen Versagen nach Abschnitt 11 (rechnerischer Bruchzustand).
- Der Nachweis der schiefen Hauptspannungen und der Schubdeckung nach Abschnitt 12.
- Der Nachweis der Beanspruchung des Verbundes nach Abschnitt 13.
- Der Nachweis der Zugkraftdeckung sowie der Verankerung und Kopplung der Spannglieder nach den Abschnitten 14 und 15.9.

7.2 Formänderung des Betonstahles und des Spannstahles

Für alle Nachweise im Gebrauchszustand darf mit elastischem Verhalten des Beton- und Spannstahles gerechnet werden. Für den Betonstahl gilt DIN 1045/07.88, Abschnitt 16.2.1. Für Spannstähle darf als Rechenwert des Elastizitätsmoduls bei Drähten und Stäben $2,05 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$, bei Litzen $1,95 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ angenommen werden. Bei der Ermittlung der Spannwege ist der Elastizitätsmodul des Spannstahles stets der Zulassung zu entnehmen.

7.3 Formänderung des Betons

(1) Bei allen Nachweisen im Gebrauchszustand und für die Berechnung der Schnittgrößen oberhalb des Gebrauchszustandes darf mit einem für Druck und Zug gleich großen Elastizitätsmodul E_b bzw. Schubmodul G_b nach Tabelle 6 gerechnet werden. Diese Richtwerte beziehen sich auf Beton mit Zuschlag aus überwiegend quarzitischem Kiessand (z. B. Rheinkiessand). Unter sonst gleichen Bedingungen können stark wassersaugende Sedimentgesteine (häufig bei Sandsteinen) einen bis zu 40% niedrigeren, dichte magmatische Gesteine (z. B. Basalt) einen bis zu 40% höheren Elastizitätsmodul und Schubmodul bewirken.

(2) Soll der Einfluß der Querdehnung berücksichtigt werden, darf dieser mit $\mu = 0,2$ angesetzt werden.

(3) Zur Berechnung der Formänderung des Betons oberhalb des Gebrauchszustandes siehe DIN 1045/07.88, Abschnitt 16.3.

Tabelle 6. Elastizitätsmodul und Schubmodul des Betons (Richtwerte)

	1	2	3
	Betonfestigkeitsklasse	Elastizitätsmodul E_b N/mm ²	Schubmodul G_b N/mm ²
1	B 25	30 000	13 000
2	B 35	34 000	14 000
3	B 45	37 000	15 000
4	B 55	39 000	16 000

7.4 Mitwirkung des Betons in der Zugzone

Bei Berechnungen im Gebrauchszustand darf die Mitwirkung des Betons auf Zug berücksichtigt werden. Für die Rissebeschränkung siehe jedoch Abschnitt 10.2.

7.5 Nachträglich ergänzte Querschnitte

Bei Querschnitten, die nachträglich durch Anbetonieren ergänzt werden, sind die Nachweise nach Abschnitt 7.1 sowohl für den ursprünglichen als auch für den ergänzten Querschnitt zu führen. Beim Nachweis für den rechnerischen Bruchzustand des ergänzten Querschnitts darf so vorgegangen werden, als ob der Gesamtquerschnitt von Anfang an einheitlich hergestellt worden wäre. Für die erforderliche Anschlußbewehrung siehe Abschnitt 12.7.

7.6 Stützmomente

Die Momentenfläche muß über den Unterstützungen parabelförmig ausgerundet werden, wenn bei der Berechnung eine frei drehbare Lagerung angenommen wurde (siehe DIN 1045/07.88, Abschnitt 15.4.1.2).

8 Zeitabhängiges Verformungsverhalten von Stahl und Beton

8.1 Begriffe und Anwendungsbereich

- (1) Mit Kriechen wird die zeitabhängige Zunahme der Verformungen unter andauernden Spannungen und mit Relaxation die zeitabhängige Abnahme der Spannungen unter einer aufgezwungenen Verformung von konstanter Größe bezeichnet.
- (2) Unter Schwinden wird die Verkürzung des unbelasteten Betons während der Austrocknung verstanden. Dabei wird angenommen, daß der Schwindvorgang durch die im Beton wirkenden Spannungen nicht beeinflußt wird.
- (3) Die folgenden Festlegungen gelten nur für übliche Beanspruchungen und Verhältnisse. Bei außergewöhnlichen Verhältnissen (z. B. hohe Temperaturen, auch kurzzeitig wie bei Wärmebehandlung) sind zusätzliche Einflüsse zu berücksichtigen.

8.2 Spannstahl

Zeitabhängige Spannungsverluste des Spannstahles (Relaxation) müssen entsprechend den Zulassungsbescheiden des Spannstahles berücksichtigt werden.

8.3 Kriechzahl des Betons

- (1) Das Kriechen des Betons hängt vor allem von der Feuchte der umgebenden Luft, den Maßen des Bauteiles und der Zusammensetzung des Betons ab.

der Zusammensetzung des Betons ab. Das Kriechen wird außerdem vom Erhärtungsgrad des Betons beim Belastungsbeginn und von der Dauer und der Größe der Beanspruchung beeinflußt.

- (2) Mit der Kriechzahl φ_t wird der durch das Kriechen ausgelöste Verformungszuwachs ermittelt. Für konstante Spannung σ_0 gilt:

$$\varepsilon_k = \frac{\sigma_0}{E_b} \varphi_t \quad (3)$$

Bei veränderlicher Spannung gilt Abschnitt 8.7.2. Für E_b gilt Abschnitt 7.3.

- (3) Da im allgemeinen die Auswirkungen des Kriechens nur für den Zeitpunkt $t = \infty$ zu berücksichtigen sind, kann vereinfachend mit den Endkriechzahlen φ_∞ nach Tabelle 7 gerechnet werden.

- (4) Ist ein genauerer Nachweis erforderlich oder sind die Auswirkungen des Kriechens zu einem anderen als zum Zeitpunkt $t = \infty$ zu beurteilen, so kann φ_t aus einem Fließanteil und einem Anteil der verzögert elastischen Verformung ermittelt werden:

$$\varphi_t = \varphi_{f,0} \cdot (k_{f,t} - k_{f,t_0}) + 0.4 k_{v,(t-t_0)} \quad (4)$$

Hierin bedeuten:

$\varphi_{f,0}$ Grundfließzahl nach Tabelle 8, Spalte 3.

k_f Beiwert nach Bild 1 für den zeitlichen Ablauf des Fließens unter Berücksichtigung der wirksamen Körperflecke d_{ef} nach Abschnitt 8.5, der Zementart und des wirksamen Alters.

t Wirksames Betonalter zum untersuchten Zeitpunkt nach Abschnitt 8.6.

t_0 Wirksames Betonalter beim Aufbringen der Spannung nach Abschnitt 8.6.

k_v Beiwert nach Bild 2 zur Berücksichtigung des zeitlichen Ablaufes der verzögert elastischen Verformung.

- (5) Wenn sich der zu untersuchende Kriechprozeß über mehr als 3 Monate erstreckt, darf vereinfachend $k_{v,(t-t_0)} = 1$ gesetzt werden.

8.4 Schwindmaß des Betons

- (1) Das Schwinden des Betons hängt vor allem von der Feuchte der umgebenden Luft, den Maßen des Bauteiles und der Zusammensetzung des Betons ab.

- (2) Ist die Auswirkung des Schwindens vom Wirkungsbeginn bis zum Zeitpunkt $t = \infty$ zu berücksichtigen, so kann mit den Endschwindmaßen $\varepsilon_{s,\infty}$ nach Tabelle 7 gerechnet werden.

- (3) Sind die Auswirkungen des Schwindens zu einem anderen als zum Zeitpunkt $t = \infty$ zu beurteilen, so kann der maßgebende Teil des Schwindmaßes bis zum Zeitpunkt t nach Gleichung (5) ermittelt werden:

$$\varepsilon_{s,t} = \varepsilon_{s,0} \cdot (k_{s,t} - k_{s,t_0}) \quad (5)$$

Hierin bedeuten:

$\varepsilon_{s,0}$ Grundsenschwindmaß nach Tabelle 8, Spalte 4.

k_s Beiwert zur Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung des Schwindens nach Bild 3.

t Wirksames Betonalter zum untersuchten Zeitpunkt nach Abschnitt 8.6.

t_0 Wirksames Betonalter nach Abschnitt 8.6 zu dem Zeitpunkt, von dem ab der Einfluß des Schwindens berücksichtigt werden soll.

Tabelle 7. Endkriechzahl und Endschwundmaß in Abhängigkeit vom wirksamen Betonalter und der mittleren Dicke des Bauteiles (Richtwerte)

Kurve	Lage des Bauteiles	Mittlere Dicke $d_m = 2 \frac{A^1}{u}$	Endkriechzahl φ_∞	Endschwundmaße ε_∞	
				Betonalter t_0 nach Abschnitt 8.4 in Tagen	Endschwundmaße ε_∞
1	feucht, im Freien (relative Luftfeuchte ≈ 70 %)	klein (≤ 10 cm)	4,0	0	-40 · 10 ⁻⁵
		groß (≥ 80 cm)		30	-30 · 10 ⁻⁵
	trocken, in Innenräumen (relative Luftfeuchte ≈ 50 %)	klein (≤ 10 cm)	30	20	-20 · 10 ⁻⁵
		groß (≥ 80 cm)	30	10	-10 · 10 ⁻⁵

Anwendungsbedingungen:

Die Werte dieser Tabelle gelten für den Konsistenzbereich KP. Für die Konsistenzbereiche KS bzw. KR sind die Werte um 25 % zu erhöhen bzw. zu erhöhen. Bei Verwendung von Fließmitteln darf die Ausgangskonsistenz angesetzt werden.

Die Tabelle gilt für Beton, der unter Normaltemperatur erhärtet und für den Zement der Festigkeitsklassen Z 35 F und Z 45 F verwendet wird. Der Einfluß auf das Kriechen von Zement mit langsamer Erhärtung (Z 25, Z 35 L, Z 45 L) bzw. mit sehr schneller Erhärtung (Z 55) kann dadurch berücksichtigt werden, daß die Richtwerte für den halben bzw. 1,5fachen Wert des Betonalters bei Belastungsbeginn abzulesen sind.

1) A Fläche des Betonquerschnitts; u der Atmosphäre ausgesetzter Umfang des Bauteiles.

Tabelle 8. Grundfließzahl und Grundschnittmaß in Abhängigkeit von der Lage des Bauteiles (Richtwerte)

	1	2	3	4	5
	Lage des Bauteiles	Mittlere relative Luftfeuchte in % etwa	Grundfließzahl φ_{f_0}	Grundschnittmaß ε_{s_0}	Beiwert k_{ef} nach Abschnitt 8.5
1	im Wasser		0,8	$+10 \cdot 10^{-5}$	30
2	in sehr feuchter Luft, z.B. unmittelbar über dem Wasser	90	1,3	$-13 \cdot 10^{-5}$	5,0
3	allgemein im Freien	70	2,0	$-32 \cdot 10^{-5}$	1,5
4	in trockener Luft, z.B. in trockenen Innenräumen	50	2,7	$-46 \cdot 10^{-5}$	1,0
Anwendungsbedingungen siehe Tabelle 7					

8.5 Wirksame Körperfürdicke

Für die wirksame Körperfürdicke gilt die Gleichung

$$d_{ef} = k_{ef} \frac{2 \cdot A}{u} \quad (6)$$

Hierin bedeuten:

- k_{ef} Beiwert nach Tabelle 8, Spalte 5, zur Berücksichtigung des Einflusses der Feuchte auf die wirksame Dicke.
 A Fläche des gesamten Betonquerschnitts
 u Die Abwicklung der der Austrocknung ausgesetzten Begrenzungsfläche des gesamten Betonquerschnitts. Bei Kastenträgern ist im allgemeinen die Hälfte des inneren Umfangs zu berücksichtigen.

8.6 Wirksames Betonalter

- (1) Wenn der Beton unter Normaltemperatur erhärtet, ist das wirksame Betonalter gleich dem wahren Betonalter. In den übrigen Fällen tritt an die Stelle des wahren Betonalters das durch Gleichung (7) bestimmte wirksame Betonalter.

$$t = \sum_i \frac{T_i + 10^\circ\text{C}}{30^\circ\text{C}} \Delta t_i \quad (7)$$

Hierin bedeuten:

- t Wirksames Betonalter
 T_i Mittlere Tagestemperatur des Betons in $^\circ\text{C}$
 Δt_i Anzahl der Tage mit mittlerer Tagestemperatur T_i des Betons in $^\circ\text{C}$
(2) Bei der Bestimmung von t_0 ist sinngemäß zu verfahren.

8.7 Berücksichtigung der Auswirkung von Kriechen und Schwinden des Betons

8.7.1 Allgemeines

- (1) Der Einfluß von Kriechen und Schwinden muß berücksichtigt werden, wenn hierdurch die maßgebenden Schnittgrößen oder Spannungen wesentlich in die ungünstigere Richtung verändert werden.
(2) Bei der Abschätzung der zu erwartenden Verformung sind die Auswirkungen des Kriechens und Schwindens stets zu verfolgen.
(3) Der rechnerische Nachweis ist für alle dauernd wirkenden Beanspruchungen durchzuführen. Wirkt ein nennenswerter Anteil der Verkehrslast dauernd, so ist auch der durchschnittlich vorhandene Betrag der Verkehrslast als Dauerlast zu betrachten.
(4) Bei der Berechnung der Auswirkungen des Schwindens darf sein Verlauf näherungsweise affin zum Kriechen angenommen werden.

8.7.2 Berücksichtigung von Belastungsänderungen

Bei sprunghaften Änderungen der dauernd einwirkenden Spannungen gilt das Superpositionsgebot. Ändern sich die Spannungen allmählich, z.B. unter Einfluß von Kriechen und Schwinden, so darf an Stelle von genauereren Lösungen näherungsweise als kriecherzeugende Spannung das Mittel zwischen Anfangs- und Endwert angesetzt werden, sofern die Endspannung nicht mehr als 30% von der Anfangsspannung abweicht.

8.7.3 Besonderheiten bei Fertigteilen

- (1) Bei Spannbetonfertigteilen ist der durch das zeitabhängige Verformungsverhalten des Betons hervorgerufene Spannungsabfall im Spannstahl in der Regel unter der ungünstigen Annahme zu ermitteln, daß eine Lagerungszeit von einem halben Jahr auftritt. Davon darf abgewichen werden, wenn sichergestellt ist, daß die Fertigteile in einem früheren Betonalter eingebaut und mit der maßgebenden Dauerlast belastet werden.
(2) Bei nachträglich durch Ortbeton ergänzten Deckenträgern unter 7 m Spannweite mit einer Verkehrslast $p \leq 3,5 \text{ kN/m}^2$ brauchen die durch unterschiedliches Kriechen und Schwinden von Fertigteil und Ortbeton hervorgerufenen Spannungsumlagerungen nicht berücksichtigt zu werden.
(3) Ändern sich die klimatischen Bedingungen zu einem Zeitpunkt t_i nach Aufbringen der Beanspruchung erheblich, so muß dies beim Kriechen und Schwinden durch die sich abschnittsweise ändernden Grundfließzahlen φ_{f_0} und zugehörigen Schwindmaße ε_{s_0} erfaßt werden.

9 Gebrauchszustand, ungünstigste Laststellung, Sonderlastfälle bei Fertigteilen, Spaltzugbewehrung

9.1 Allgemeines

Zum Gebrauchszustand gehören alle Lastfälle, denen das Bauwerk während seiner Errichtung und seiner Nutzung unterworfen ist. Ausgenommen sind Beförderungszustände für Fertigteile nach Abschnitt 9.4.

9.2 Zusammenstellung der Beanspruchungen

9.2.1 Vorspannung

In diesem Lastfall werden die Kräfte und Spannungen zusammengefaßt, die allein von der ursprünglich eingetragenen Vorspannung hervorgerufen werden.

9.2.2 Ständige Last

Wird die ständige Last stufenweise aufgebracht, so ist jede Laststufe als besonderer Lastfall zu behandeln.

9.2.3 Verkehrslast, Wind und Schnee

Auch diese Lastfälle sind unter Umständen getrennt zu untersuchen, vor allem dann, wenn die Lasten zum Teil vor, zum Teil erst nach dem Kriechen und Schwinden auftreten.

9.2.4 Kriechen und Schwinden

In diesem Lastfall werden alle durch Kriechen und Schwinden entstehenden Umlagerungen der Kräfte und Spannungen zusammengefaßt.

9.2.5 Wärmewirkungen

- (1) Soweit erforderlich, sind die durch Wärmewirkungen⁵⁾ hervorgerufenen Spannungen nachzuweisen. Bei Hochbauten ist DIN 1045/07.88, Abschnitt 16.5, zu beachten.
- (2) Beim Spannungsnachweis im Bauzustand brauchen bei durchlaufenden Balken und Platten Temperaturunterschiede nicht berücksichtigt zu werden, siehe jedoch Abschnitt 15.1. (3).
- (3) Bei Brücken nach DIN 1072 und vergleichbaren Bauwerken mit Wärmewirkung darf beim Spannungsnachweis im Endzustand auf den Nachweis des vollen Temperaturunterschiedes bei 0,7facher Verkehrslast verzichtet werden.

9.2.6 Zwang aus Baugrubenbewegungen

Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken ist Zwang aus wahrscheinlichen Baugrubenbewegungen nach DIN 1072 zu berücksichtigen.

9.2.7 Zwang aus Anheben zum Auswechseln von Lagern

Der Lastfall Anheben zum Auswechseln von Lagern bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken ist zu berücksichtigen. Die beim Anheben entstehende Zwangbeanspruchung darf bei der Spannungsermittlung unberücksichtigt bleiben.

9.3 Lastzusammenstellungen

Bei Ermittlung der ungünstigsten Beanspruchungen müssen in der Regel nachfolgende Lastfälle untersucht werden:

- Zustand unmittelbar nach dem Aufbringen der Vorspannung,
- Zustand mit ungünstiger Verkehrslast und teilweisem Kriechen und Schwinden,
- Zustand mit ungünstiger Verkehrslast nach Beendigung des Kriechens und Schwindens.

9.4 Sonderlastfälle bei Fertigteilen

- (1) Zusätzlich zu DIN 1045/07.88, Abschnitte 19.2, 19.5.1 und 19.5.2, gilt folgendes:
- (2) Für den Beförderungszustand, d.h. für alle Beanspruchungen, die bei Fertigteilen bis zum Versetzen in die für den Verwendungszweck vorgesehene Lage auftreten können, kann auf die Nachweise der Biegedruckspannungen in der Druckzone und der schießen Hauptspannungen im Gebrauchszustand verzichtet werden. Die Zugkraft in der Zugzone muß durch Bewehrung abgedeckt werden. Der Nachweis ist nach Abschnitt 10.2 zu führen; der Stabdurchmesser d_s darf jedoch die Werte nach Gleichung (8) überschreiten.
- (3) Für den Beförderungszustand darf bei den Nachweisen im rechnerischen Bruchzustand nach den Abschnitten 11, 12.3 und 12.4, der Sicherheitsbeiwert $y = 1,75$ auf $y = 1,3$ abgemindert werden (siehe DIN 1045/07.88, Abschnitt 19.2).

⁵⁾ Siehe DIN 1072

- (4) Bei dünnwandigen Trägern ohne Flansche bzw. mit schmalen Flanschen ist auf eine ausreichende Kippstabilität zu achten.

9.5 Spaltzugspannungen und Spaltzugbewehrung im Bereich von Spanngliedern

(1) Die zur Aufnahme der Spaltzugspannungen im Verankerungsbereich anzuhörende Bewehrung ist dem Zulassungsbescheid für das Spannverfahren zu entnehmen.

(2) Im Bereich von Spanngliedern, deren zulässige Spannkraft gemäß Tabelle 9, Zeile 65, mehr als 1500 kN beträgt, dürfen die Spaltzugspannungen außerhalb des Verankerungsbereiches den Wert

$$0,35 \cdot \sqrt[3]{\beta_{WN}^2} \text{ in N/mm}^2$$

nur überschreiten, wenn die Spaltzugkräfte durch Bewehrung aufgenommen werden, die für die Spannung $\beta_S/1,75$ bemessen ist⁶⁾. Die Bewehrung ist in der Regel je zur Hälfte auf beiden Seiten jeder Spanngliedlage anzuhören. Der Abstand der quer zu den Spanngliedern verlaufenden Stäbe soll 20 cm nicht überschreiten. Die Bewehrung ist an den Enden zu verankern.

10 Rissebeschränkung

10.1 Zulässigkeit von Zugspannungen

10.1.1 Volle Vorspannung

(1) Im Gebrauchszustand dürfen in der Regel keine Zugspannungen infolge von Längskraft und Biegemoment auftreten.

(2) In folgenden Fällen sind jedoch solche Zugspannungen zulässig:

- a) Im Bauzustand, also z.B. unmittelbar nach dem Aufbringen der Vorspannung vor dem Einwirken der vollen ständigen Last, siehe Tabelle 9, Zeilen 15 bis 17 bzw. Zeilen 33 bis 35.
- b) Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken unter Haupt- und Zusatzlasten, siehe Tabelle 9, Zeilen 30 bis 32; bei anderen Bauwerken unter wenig wahrscheinlicher Häufung von Lastfällen siehe Tabelle 9, Zeilen 12 bis 14.
- c) Bei wenig wahrscheinlichen Laststellungen, siehe Tabelle 9, Zeilen 12 bis 14 bzw. Zeilen 30 bis 32; als wenig wahrscheinliche Laststellungen gelten z.B. die gleichzeitige Wirkung mehrerer Kräne und Kranlasten in ungünstiger Stellung oder die Berücksichtigung mehrerer Einflußlinien-Beitragsflächen gleichen Vorzeichens, die durch solche entgegengesetzten Vorzeichens voneinander getrennt sind.

(3) Gleichgerichtete Zugspannungen aus verschiedenen Tragwirkungen (z.B. Wirkung einer Platte als Gurt eines Hauptträgers bei gleichzeitiger örtlicher Lastabtragung in der Platte) sind zu überlagern; dabei dürfen die Spannungen die Werte der Tabelle 9, Zeilen 12 bis 14 bzw. Zeilen 30 bis 32, nicht überschreiten. Für Lastfallkombinationen unter Einschluß der möglichen Baugrubenbewegungen nach DIN 1072 sind Nachweise der Betonzugspannungen nicht erforderlich.

10.1.2 Beschränkte Vorspannung

(1) Im Gebrauchszustand sind die in Tabelle 9, Zeilen 18 bis 26 bzw. bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken Zeilen 36 bis 44 angegebenen Zugspannungen infolge von Längskraft und Biegemoment zulässig.

⁶⁾ Ansätze für die Ermittlung können den Mitteilungen des Instituts für Bautechnik, Berlin, Heft 4/1979, Seiten 98 und 99, entnommen werden.

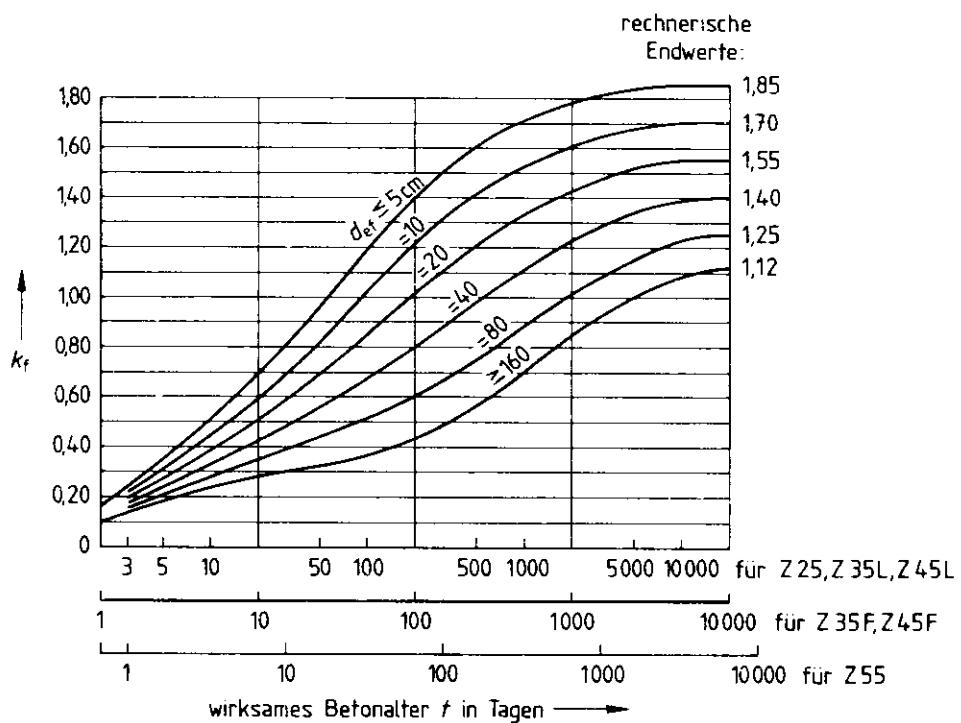
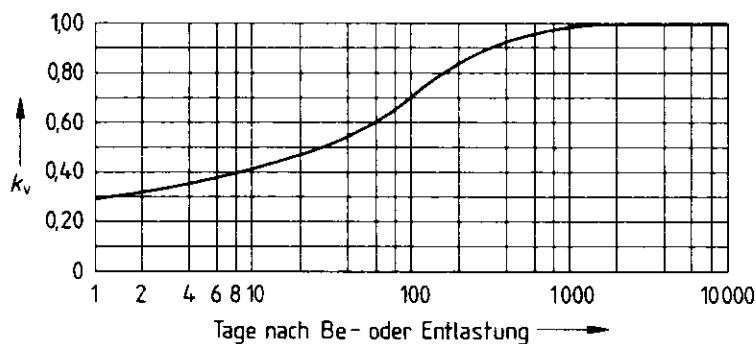
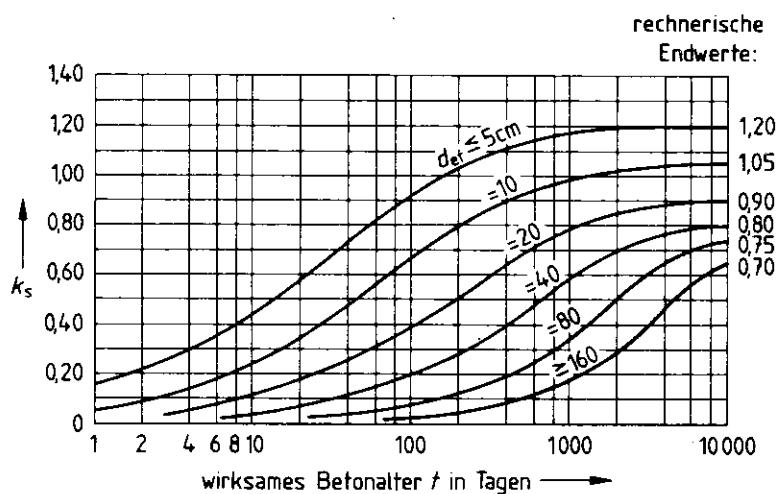
Bild 1. Beiwert k_f 

Bild 2. Verlauf der verzögert elastischen Verformung

Bild 3. Beiwerte k_s

(2) Bei Bauteilen im Freien oder bei Bauteilen mit erhöhtem Korrosionsangriff gemäß DIN 1045/07.88, Tabelle 10, Zeile 4, dürfen jedoch keine Zugspannungen aus Längskraft und Biegemoment auftreten infolge des Lastfalles Vorspannung plus ständige Last plus Verkehrslast, die während der Nutzung ständig oder längere Zeit im wesentlichen unverändert wirkt (bei Brücken die halbe Verkehrslast), plus Kriechen und Schwinden. In dem vorgenannten Lastfall sind an Stelle der Verkehrslast die wahrscheinlichen Baugrubbewegungen zu berücksichtigen, wenn sich dadurch ungünstigere Werte ergeben. Für Lastfallkombinationen unter Einschluß der möglichen Baugrubbewegungen nach DIN 1072 sind Nachweise der Betonzugspannungen nicht erforderlich.

(3) Gleichgerichtete Zugspannungen aus verschiedenen Tragwirkungen (z. B. Wirkung einer Platte als Gurt eines Hauptträgers bei gleichzeitiger örtlicher Lastabtragung in der Platte) sind zu überlagern; dabei sind die Werte nach Tabelle 9, Zeilen 21 bis 23 bzw. 39 bis 41, einzuhalten.

10.2 Nachweis zur Beschränkung der Rißbreite

(1) Zur Sicherung der Gebrauchsfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Bauteile ist die Rißbreite durch geeignete Wahl von Bewehrungsgehalt, Stahlspannung und Stabdurchmesser in dem Maß zu beschränken, wie es der Verwendungszweck erfordert.

(2) Die Betonstahlbewehrung zur Beschränkung der Rißbreite muß aus geripptem Betonstahl bestehen. Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund dürfen im Querschnitt vorhandene Spannglieder zur Beschränkung der Rißbreite herangezogen werden. Die Beschränkung der Rißbreite gilt als nachgewiesen, wenn folgende Bedingung eingehalten ist:

$$d_s \leq r \cdot \frac{\mu_z}{\sigma_s^2} \cdot 10^4 \quad (8)$$

Hierin bedeuten:

d_s größter vorhandener Stabdurchmesser der Längsbewehrung in mm (Betonstahl oder Spannstahl in sofortigem Verbund)

r Beiwert nach Tabelle 8.1⁷⁾

μ_z der auf die Zugzone A_{bz} bezogene Bewehrungsgehalt 100 $(A_s + A_v)/A_{bz}$ ohne Berücksichtigung der Spannglieder mit nachträglichem Verbund (Zugzone = Bereich von rechnerischen Zugdehnungen des Betons unter der in Absatz (5) angegebenen Schnittgrößenkombination, wobei mit einer Zugzonenhöhe von höchstens 0,80 m zu rechnen ist). Dabei ist vorausgesetzt, daß die Bewehrung A_s annähernd gleichmäßig über die Breite der Zugzone verteilt ist. Bei stark unterschiedlichen Bewehrungsgehalten μ_z innerhalb breiter Zugzonen muß Gleichung (8) auch örtlich erfüllt sein.

A_s Querschnitt der Betonstahlbewehrung der Zugzone A_{bz} in cm^2

A_v Querschnitt der Spannglieder in sofortigem Verbund in der Zugzone A_{bz} in cm^2

σ_s Zugspannung im Betonstahl bzw. Spannungszuwachs sämtlicher im Verbund liegender Spannstähle in N/mm^2 nach Zustand II unter Zugrundelegung linear-elastischen Verhaltens für die in Absatz (5) angegebene Schnittgrößenkombination, jedoch höchstens β_s (siehe auch Erläuterungen im DAfStb-Heft 320)

(3) Im Bereich eines Quadrates von 30 cm Seitenlänge, in dessen Schwerpunkt ein Spannglied mit nachträglichem Ver-

7) Bei unterschiedlichen Verbundeneigenschaften darf der Ermittlung der Bewehrung ein mittlerer Wert r zugrunde gelegt werden, siehe z. B. DAfStb-Heft 320.

Tabelle 8.1. **Beiwerte r zur Berücksichtigung der Verbundeneigenschaften**

Bauteile mit Umweltbedingungen nach DIN 1045/07.88, Tabelle 10, Zeile(n)	1	2	3 und 4 ¹⁾
zu erwartende Rißbreite	normal	normal	sehr gering
gerippter Betonstahl und gerippte Spannstähle in sofortigem Verbund	200	150	100
profilerter Spannstahl und Litzen in sofortigem Verbund	150	110	75

1) Auch bei Bauteilen im Einflußbereich bis zu 10 m von
 - Straßen, die mit Tausalzen behandelt werden
 oder
 - Eisenbahnstrecken, die vorwiegend mit Dieselmotor antrieb befahren werden.

bund liegt, darf die nach Absatz (2) nachgewiesene Betonstahlbewehrung um den Betrag

$$\Delta A_s = u_v \cdot \xi \cdot d_s / 4 \quad (9)$$

abgemindert werden.

Hierin bedeuten:

d_s nach Gleichung (8), jedoch in cm

u_v Umfang des Spanngliedes im Hüllrohr

Einzelstab: $u_v = \pi d_v$

Bündelspannglied, Litze: $u_v = 1,6 \cdot \pi \cdot \sqrt{A_v}$

d_v Spannglieddurchmesser des Einzelstabes in cm

A_v Querschnitt der Bündelspannglieder bzw. Litzen in cm^2

5 Verhältnis der Verbundfestigkeit von Spanngliedern im Einpreßmörtel zur Verbundfestigkeit von Rippenstahl im Beton

- Spannglieder aus glatten Stäben $\xi = 0,2$
- Spannglieder aus profilierten Drähten oder aus Litzen $\xi = 0,4$
- Spannglieder aus gerippten Stählen $\xi = 0,6$

(4) Ist der betrachtete Querschnittsteil nahezu mittig auf Zug beansprucht (z. B. Gurtplatte eines Kastenträgers), so ist der Nachweis nach Gleichung (8) für beide Lagen der Betonstahlbewehrung getrennt zu führen. Anstelle von μ_z tritt dabei jeweils der auf den betrachteten Querschnittsteil bezogene Bewehrungsgehalt des betreffenden Bewehrungsstranges.

(5) Bei überwiegend auf Biegung beanspruchten stabförmigen Bauteilen und Platten ist für den Nachweis nach Gleichung (8) von folgender Beanspruchungskombination auszugehen:

- 1,0fache ständige Last,
- 1,0fache Verkehrslast (einschließlich Schnee und Wind),
- 0,9- bzw. 1,1fache Summe aus statisch bestimmter und statisch unbestimmter Wirkung der Vorspannung unter Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden; der ungünstigere Wert ist maßgebend,
- 1,0fache Zwangsschnittgröße aus Wärmewirkung (auch im Bauzustand), wahrscheinlicher Baugrubbewegung, Schwinden und aus Anheben zum Auswechseln von Lagern.

- 1,0fache Schnittgröße aus planmäßiger Systemänderung.
- Zusatzmoment ΔM_1 mit

$$\Delta M_1 = \pm 5 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{EI}{d_0}$$

Hierin bedeuten:

EI Biegesteifigkeit im Zustand I im betrachteten Querschnitt,
 d_0 Querschnittsdicke im betrachteten Querschnitt
 (bei Platten ist $d_0 = d$ zu setzen).

Soweit diese Beanspruchungskombination ohne den statisch bestimmten Anteil der Vorspannung örtlich geringere Biegemomente als den Mindestwert

$$M_2 = \pm 15 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{EI}{d_0}$$

ergibt, so ist dieses Moment M_2 in den durch Bild 3.1 gekennzeichneten Bereichen mit dem dort angegebenen Verlauf anzunehmen. Für den Nachweis nach Gleichung (8) ist dabei von der mit M_2 ermittelten Grenzlinie und dem statisch bestimmten Anteil der 0,9- bzw. 1,1fachen Vorspannung als Beanspruchungskombination auszugehen.

(6) Für Beanspruchungskombinationen unter Einschluß der möglichen Baugrubenbewegungen sind Nachweise zur Beschränkung der Rißbreiten nicht erforderlich.

(7) Bei Platten mit Umweltbedingungen nach DIN 1045/07.88, Tabelle 10, Zeilen 1 und 2, braucht der Nachweis nach den Absätzen (2) bis (5) nicht geführt zu werden, wenn eine der folgenden Bedingungen a) oder b) eingehalten ist:

a) Die Ausmitte $e = |M/N|$ bei Lastkombinationen nach Absatz (5) entspricht folgenden Werten:

$$e \leq d/3 \quad \text{bei Platten der Dicke } d \leq 0,40 \text{ m}$$

$$e \leq 0,133 \text{ m} \quad \text{bei Platten der Dicke } d > 0,40 \text{ m}$$

b) Bei Deckenplatten des üblichen Hochbaues mit Dicken $d \leq 0,40$ m sind für den Wert der Druckspannung $|\sigma_N|$ in N/mm^2 aus Normalkraft infolge von Vorspannung und äußerer Last und den Bewehrungsgehalt μ in % für den Betonstahl in der vorgedrückten Zugzone – bezogen auf den gesamten Betonquerschnitt – folgende drei Bedingungen erfüllt:

$$\mu \geq 0,05$$

$$|\sigma_N| \geq 1,0$$

$$\frac{\mu}{0,15} + \frac{|\sigma_N|}{3} \geq 1,0$$

(8) Bei anderen Tragwerken (wie z. B. Behälter, Scheiben- und Schalentragwerke) sind besondere Überlegungen zur Erfüllung von Absatz (1) erforderlich.

10.3 Arbeitsfugen annähernd rechtwinklig zur Tragrichtung

(1) Arbeitsfugen, die annähernd rechtwinklig zur betrachteten Tragrichtung verlaufen, sind im Bereich von Zugspannungen nach Möglichkeit zu vermeiden. Es ist nachzuweisen, daß die größten Zugspannungen infolge von Längskraft und Biegemoment an der Stelle der Arbeitsfuge die Hälfte der nach den Abschnitten 10.1.1 oder 10.1.2, jeweils zulässigen Werte nicht überschreiten und daß infolge des Lastfalles Vorspannung plus ständige Last plus Kriechen und Schwinden keine Zugspannungen auftreten.

(2) Wird nicht nachgewiesen, daß die infolge Schwindens und Abfließens der Hydratationswärme im anbetonierte Teil auftretenden Zugkräfte durch Bewehrung aufgenommen werden können, so ist im anbetonierte Teil auf eine Länge $d_0 \leq 1,0$ m die parallel zur Arbeitsfuge laufende Bewehrung auf die doppelten Werte der Mindestbewehrung nach Abschnitt 6.7 – mit Ausnahme von Abschnitt 6.7.6 – anzuhe-

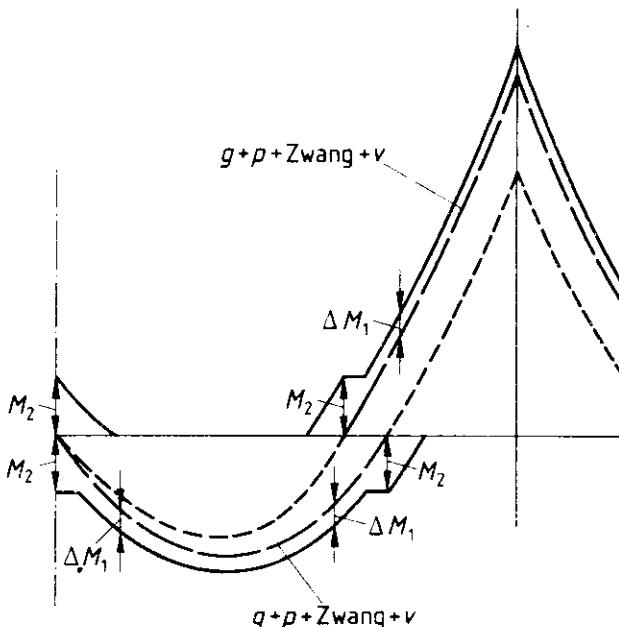


Bild 3.1. Abgrenzung der Anwendungsbereiche von M_2 (Grenzlinie der Biegemomente einschließlich der 0,9- bzw. 1,1fachen statisch unbestimmten Wirkung der Vorspannung v und Ansatz von ΔM_1)

ben. Diese Werte gelten auch als Mindestquerschnitt der obersten und untersten Lage der die Fuge kreuzenden Bewehrung, die beiderseits der Fuge auf einer Länge $d_0 + l_0 \leq 4,0$ m vorhanden sein muß (d_0 Balkendicke bzw. Plattendicke; l_0 Grundmaß der Verankerungslänge nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 18.5.2.1). Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken ist außerdem die Regelung über die erhöhte Mindestbewehrung nach Abschnitt 6.7.1 (3) zu beachten.

10.4 Arbeitsfugen mit Spanngliedkopplungen

(1) Werden in einer Arbeitsfuge mehr als 20% der im Querschnitt vorhandenen Spannkraft mittels Spanngliedkopplungen oder auf andere Weise vorübergehend verankert, gelten für die die Fuge kreuzende Bewehrung über die Abschnitte 10.2, 10.3, 14 und 15.9, hinaus die nachfolgenden Absätze (2) bis (5); dabei sollen die Stababstände nicht größer als 15 cm sein.

(2) Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken ist die erhöhte Mindestbewehrung nach Tabelle 4 grundsätzlich einzulegen.

(3) Ist bei Bauwerken nach Tabelle 4, Spalten 2 und 4, in der Fuge am jeweils betrachteten Rand unter ungünstigster Überlagerung der Lastfälle nach Abschnitt 9 (unter Berücksichtigung auch der Bauzustände) eine Druckrandspannung nicht vorhanden, so sind für die die Fuge kreuzende Längsbewehrung folgende Mindestquerschnitte erforderlich:

a) Für den Bereich des unteren Querschnittsrandes, wenn dort keine Gurtscheibe vorhanden ist:

0,2% der Querschnittsfläche des Steges bzw. der Platte (zu berechnen mit der gesamten Querschnittsdicke; bei Hohlplatten mit annähernd kreisförmigen Aussparungen darf der reine Betonquerschnitt zugrunde gelegt werden). Mindestens die Hälfte dieser Bewehrung muß am unteren Rand liegen; der Rest darf über das untere Drittel der Querschnittsdicke verteilt sein.

- b) Für den Bereich des unteren bzw. oberen Querschnittsrandes, wenn dort eine Gurtscheibe vorhanden ist (die folgende Regel gilt auch für Hohlplatten mit annähernd rechteckigen Aussparungen):
0,8% der Querschnittsfläche der unteren bzw. 0,4% der Querschnittsfläche der oberen Gurtscheibe einschließlich des jeweiligen (mit der gemittelten Scheibendicke zu bestimmenden) Durchdringungsbereiches mit dem Steg. Die Bewehrung muß über die Breite von Gurtscheibe und Durchdringungsbereich gleichmäßig verteilt sein.

- (4) Bei Bauwerken nach Absatz (3) dürfen die vorstehenden Werte für die Mindestlängsbewehrung auf die doppelten Werte nach Tabelle 4 ermäßigt werden, wenn die Druckrandspannung am betrachteten Rand mindestens 2 N/mm^2 beträgt. Bei Mindest-Druckrandspannungen zwischen 0 und 2 N/mm^2 darf der Querschnitt der Mindestlängsbewehrung zwischen den jeweils maßgebenden Werten linear interpoliert werden.

- (5) Bewehrungszulagen dürfen nach Bild 4 gestaffelt werden.

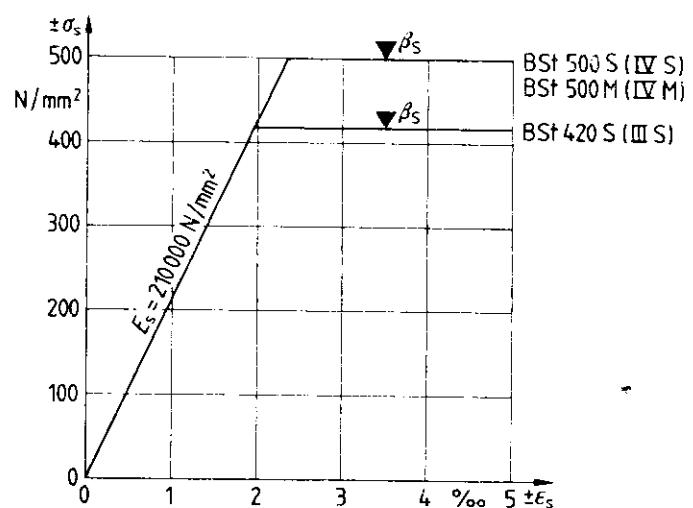


Bild 5. Rechenwerte für die Spannungsdehnungslinien der Betonstähle

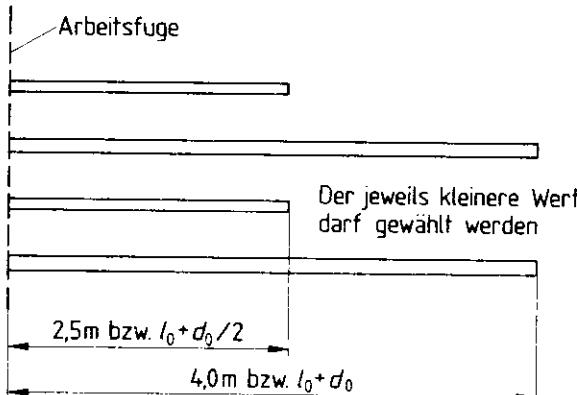


Bild 4. Staffelung der Bewehrungszulagen

11 Nachweis für den rechnerischen Bruchzustand bei Biegung, bei Biegung mit Längskraft und bei Längskraft

11.1 Rechnerischer Bruchzustand und Sicherheitsbeiwerte

- (1) Für den rechnerischen Bruchzustand ist bei statisch bestimmt gelagerten Spannbetontragwerken die 1,75fache Summe der äußeren Lasten (nach den Abschnitten 9.2.2 und 9.2.3) in ungünstigster Stellung anzusetzen ($y = 1,75$). Bei statisch unbestimmt gelagerten Tragwerken sind darüber hinaus – sofern diese ungünstig wirken – die 1,0fache Zwangbeanspruchung infolge von Schwinden, Wärmewirkungen und wahrscheinlicher Baugrubenbewegung⁸⁾ und Anheben zum Auswechseln von Lagern sowie die 1,0fache Schnittgröße am Gesamtquerschnitt aus Vorspannung (unter Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden) zu berücksichtigen. Bei Zwangbeanspruchung infolge Baugrubenbewegung darf das Kriechen berücksichtigt werden. Die Schnittgrößen aus den einzelnen Lastfällen sind im allgemeinen wie im Gebrauchszustand anzusetzen.

- (2) Die Sicherheit ist ausreichend, wenn die Schnittgrößen, die vom Querschnitt im Bruchzustand rechnerisch aufgenommen werden können, mindestens gleich den mit den in

- 8) Bei Brücken ist die Zwangbeanspruchung aus der 0,4fachen möglichen Baugrubenbewegung zu berücksichtigen, falls dies ungünstiger ist.

Absatz (1) angebenden Sicherheitsbeiwerten jeweils vervielfachten Schnittgrößen im Gebrauchszustand sind.

(3) Bei gleichgerichteten Beanspruchungen aus mehreren Tragwirkungen (Hauptträgerwirkung und örtliche Plattenwirkung im Zugbereich) braucht nur der Dehnungszustand jeweils einer Tragwirkung berücksichtigt zu werden.

(4) Die Schnittgrößen im rechnerischen Bruchzustand dürfen auch unter Berücksichtigung der Steifigkeitsverhältnisse im Zustand II ermittelt werden. Dabei sind für Betonstahl und Spannstahl die Elastizitätsmoduln nach Abschnitt 7.2, für druckbeanspruchten Beton die Elastizitätsmoduln nach Abschnitt 7.3 zugrunde zu legen. Als Sicherheitsbeiwert γ ist hierbei für die Vorspannung (unter Berücksichtigung des Spannungsverlustes infolge Kriechens und Schwindens) sowie für Zwang aus planmäßiger Systemänderung $\gamma = 1,0$, für alle übrigen Lastfälle $\gamma = 1,75$, anzusetzen. Wird hiervon Gebrauch gemacht, so ist die Schubdeckung zusätzlich im Gebrauchszustand nachzuweisen (siehe Abschnitt 12.4).

11.2 Grundlagen

11.2.1 Allgemeines

Die folgenden Bestimmungen gelten für Querschnitte, bei denen vorausgesetzt werden kann, daß sich die Dehnungen der einzelnen Fasern des Querschnitts wie ihre Abstände von der Nulllinie verhalten. Eine Mitwirkung des Betons auf Zug darf nicht in Rechnung gestellt werden.

11.2.2 Spannungsdehnungslinie des Stahles

- (1) Die Spannungsdehnungslinie des Spannstahles ist der Zulassung zu entnehmen, wobei jedoch anzunehmen ist, daß die Spannung oberhalb der Streck- bzw. der $\beta_{0,2}$ -Grenze nicht mehr ansteigt.

- (2) Für Betonstahl gilt Bild 5.

- (3) Bei druckbeanspruchtem Betonstahl tritt an die Stelle von β_S bzw. $\beta_{0,2}$ der Rechenwert $1,75/2,1 \cdot \beta_S$ bzw. $1,75/2,1 \cdot \beta_{0,2}$.

11.2.3 Spannungsdehnungslinie des Betons

- (1) Für die Bestimmung der Betondruckkraft gilt die Spannungsdehnungslinie nach Bild 6.

- (2) Zur Vereinfachung darf auch Bild 7 angewendet werden.

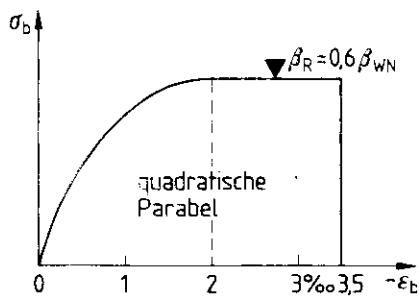


Bild 6. Rechenwerte für die Spannungsdehnungslinie des Betons

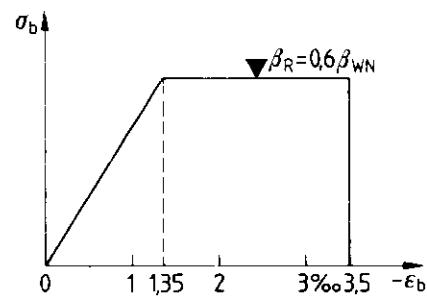


Bild 7. Vereinfachte Rechenwerte für die Spannungsdehnungslinie des Betons

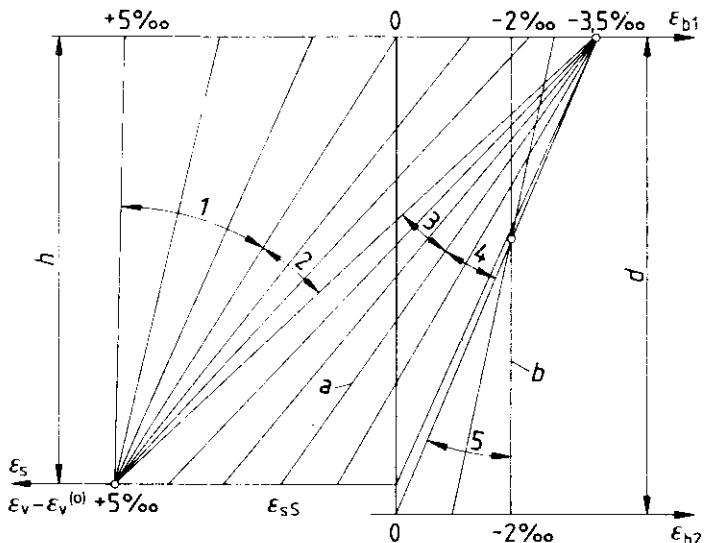


Bild 8. Dehnungsdiagramme (nach DIN 1045/07.88, Bild 13 oberer Teil)

11.2.4 Dehnungsdiagramm

- (1) Bild 8 zeigt die im rechnerischen Bruchzustand je nach Beanspruchung möglichen Dehnungsdiagramme.
- (2) Die Dehnung ε_s bzw. $\varepsilon_v - \varepsilon_v^{(0)}$ darf in der äußersten, zur Aufnahme der Beanspruchung im rechnerischen Bruchzustand herangezogenen Bewehrungslage 5 % nicht überschreiten. Im gleichen Querschnitt dürfen verschiedene Stahlsorten (z. B. Spannstahl und Betonstahl) entsprechend den jeweiligen Spannungsdehnungslinien gemeinsam in Rechnung gestellt werden.
- (3) Eine geradlinige Dehnungsverteilung über den Gesamtquerschnitt darf nur angenommen werden, wenn der Verbund zwischen den Spanngliedern und dem Beton nach Abschnitt 13 gesichert ist. Die durch Vorspannung im Spannstahl erzeugte Vordehnung ergibt sich als Dehnungsunterschied zwischen Spannglied und umgebendem Beton im Gebrauchszustand nach Kriechen und Schwinden. In Sonderfällen, z. B. bei vorgespannten Druckgliedern, kann die Spannung vor Kriechen und Schwinden maßgebend sein.

11.3 Nachweis bei Lastfällen vor Herstellen des Verbundes

- (1) Ein Nachweis ist erforderlich, sofern die Lastschnittgrößen, die vor Herstellung des Verbundes auftreten, 70 % der Werte nach Herstellung des Verbundes überschreiten.

(2) Vor dem Herstellen des Verbundes können sich die Spannglieder auf ihrer ganzen Länge frei dehnen. Das Verhalten im rechnerischen Bruchzustand hängt deshalb von dem Formänderungsverhalten des gesamten Tragwerks ab. Die in den Spanngliedern wirkende Spannung darf wie folgt angenommen werden, sofern kein genauerer Nachweis geführt wird:

- bei annähernd gleichmäßig belasteten Trägern auf 2 Stützen:

$$\sigma_{vu} = \sigma_v^{(0)} + 110 \text{ N/mm}^2 \leq \beta_{sv} \quad (10a)$$

- bei Kragträgern unabhängig vom Belastungsbild, falls die Spannglieder im anschließenden Feld zumindest jenseits des Momentennullpunktes im Verbund liegen:

$$\sigma_{vu} = \sigma_v^{(0)} + 50 \text{ N/mm}^2 \leq \beta_{sv} \quad (10b)$$

- bei Durchlaufträgern:

$$\sigma_{vu} = \sigma_v^{(0)} \quad (10c)$$

Hierin bedeuten:

- $\sigma_v^{(0)}$ Spannung im Spannglied im Bauzustand
 β_{sv} Streckgrenze bzw. $\beta_{0,2}$ -Grenze des Spannstahls

- (3) Bewehrung aus Betonstahl darf berücksichtigt werden.

12 Schiefe Hauptspannungen und Schubdeckung

12.1 Allgemeines

(1) Der Spannungsnachweis ist für den Gebrauchszustand nach Abschnitt 12.2 und für den rechnerischen Bruchzustand nach Abschnitt 12.3 zu führen. Hierbei brauchen Biegespannungen aus Quertragwirkung (aus Plattenwirkung einzelner Querschnittsteile) nicht berücksichtigt zu werden, sofern nachfolgend nichts anderes angegeben ist (Begrenzung der Biegezugspannung aus Quertragwirkung im Gebrauchszustand siehe Abschnitt 15.6).

(2) Es ist nachzuweisen, daß die jeweils zulässigen Werte der Tabelle 9 nicht überschritten werden. Der Nachweis darf bei unmittelbarer Stützung im Schnitt $0,5 d_0$ vom Auflagerrand geführt werden.

(3) Bei Lastfallkombinationen unter Einschluß möglicher Baugrubbewegungen kann auf den Nachweis der schießen Hauptzugspannungen im Gebrauchszustand verzichtet werden. Der Nachweis der Hauptdruckspannungen bzw. Schubspannungen im rechnerischen Bruchzustand⁹⁾ nach den Abschnitten 12.3.2 und 12.3.3 und der Schubbewehrung nach Abschnitt 12.4 ist jedoch zu führen.

(4) Bei Balkenträgerwerken mit gegliederten Querschnitten, z. B. bei Plattenbalken und Kastenträgern, sind die Schubspannungen aus Scheibenwirkung der einzelnen Querschnittsteile nicht mit den Schubspannungen aus Plattenwirkung zu überlagern.

(5) Als maßgebende Schnittkraftkombinationen kommen in Frage:

- Höchstwerte der Querkraft mit zugehörigem Torsions- und Biegemoment,
- Höchstwerte des Torsionsmomentes mit zugehöriger Querkraft und zugehörigem Biegemoment,
- Höchstwerte des Biegemomentes mit zugehöriger Querkraft und zugehörigem Torsionsmoment.

(6) Ungünstig wirkende Querkräfte, die sich aus einer Neigung der Spannglieder gegen die Querschnittsnormale ergeben, sind zu berücksichtigen; günstig wirkende Querkräfte infolge Spanngliedneigung dürfen berücksichtigt werden.

(7) Vor Herstellen des Verbundes sind bei den Spannungsnachweisen im Gebrauchszustand nach Abschnitt 12.2 die Spanngliedkräfte und gegebenenfalls die Umlenkkkräfte als äußere Last mit ihrem 1,0fachen Wert, im rechnerischen Bruchzustand nach Abschnitt 12.3 mit der Spannungszunahme nach Abschnitt 11.3 einzusetzen. Die Hauptdruckspannungen sind unter Berücksichtigung der abzuziehenden Querschnittsflächen der nicht verpreßten Spannkanäle nach Tabelle 9, Zeile 63, zu begrenzen. Dabei darf mit gleichmäßiger Spannungsverteilung über die verbleibende Querschnittsfläche gerechnet werden. Bei der Bemessung der Schubbewehrung kann die Spannungszunahme in den Längsspanngliedern ebenfalls nach Abschnitt 11.3 ermittelt werden. Eine zur Schubaufnahme notwendige, im Verbund liegende Längsbewehrung ist unter Zugrundelegung der Fachwerkanalogie zu ermitteln. Für Spannglieder als Schubbewehrung gilt Abschnitt 12.4.1, Absatz (3).

12.2 Spannungsnachweise im Gebrauchszustand

(1) Die nach Zustand I berechneten schießen Hauptzugspannungen dürfen im Bereich von Längsdruckspannungen sowie in der Mittelfläche von Gurten und Stegen (soweit zugbeanspruchte Gurte anschließen) auch im Bereich von Längszugspannungen die Werte der Tabelle 9, Zeilen 46 bis 49, nicht überschreiten.

9) Bei Brücken ist die Zwangbeanspruchung aus der 0,4fachen möglichen Baugrubbewegung zu berücksichtigen, falls dies ungünstiger ist.

(2) Unter ständiger Last und Vorspannung dürfen auch unter Berücksichtigung der Querbiegespannungen die nach Zustand I berechneten schießen Hauptzugspannungen die Werte der Tabelle 9, Zeilen 46 bis 49, nicht überschreiten.

12.3 Spannungsnachweise im rechnerischen Bruchzustand

12.3.1 Allgemeines

(1) Längs des Tragwerks sind zwei das Schubtragverhalten kennzeichnende Zonen zu unterscheiden:

- Zone a, in der Biegerisse nicht zu erwarten sind,
- Zone b, in der sich die Schubrisse aus Biegerissen entwickeln.

(2) Ein Querschnitt liegt in Zone a, wenn in der jeweiligen Lastfallkombination die größte nach Zustand I im rechnerischen Bruchzustand ermittelte Randzugspannung die nachstehenden Werte nicht überschreitet:

B 25	B 35	B 45	B 55
2,5 N/mm ²	2,8 N/mm ²	3,2 N/mm ²	3,5 N/mm ²

(3) Werden diese Werte überschritten, liegt der Querschnitt in Zone b.

12.3.2 Nachweise der schießen Hauptdruckspannungen in Zone a

(1) Sofern nicht in Zone a vereinfachend wie in Zone b verfahren wird, ist nachzuweisen, daß die nach Ausfall der schießen Hauptzugspannungen des Betons auftretenden schießen Hauptdruckspannungen die Werte der Tabelle 9, Zeilen 62 bzw. 63, nicht überschreiten.

(2) Auf diesen Nachweis darf bei druckbeanspruchten Gurten verzichtet werden, wenn die maximale Schubspannung im rechnerischen Bruchzustand kleiner als $0,1 \beta_{WN}$ ist.

(3) Die schießen Hauptdruckspannungen sind nach der Fachwerkanalogie zu ermitteln. Die Neigung der Druckstreben ist nach Gleichung (11) anzunehmen.

(4) Für Zustände nach Herstellen des Verbundes darf im Steg der Nachweis vereinfachend in der Schwerlinie des Trägers geführt werden, wenn die Stegdicke über die Trägerhöhe konstant ist oder wenn die minimale Stegdicke eingesetzt wird. Ein von Spanngliedern als Schubbewehrung erzeugter Spannungszustand ist zu berücksichtigen.

(5) Eine Torsionsbeanspruchung ist bei der Ermittlung der schießen Hauptdruckspannung zu berücksichtigen; dabei ist die Druckstrebenneigung nach Abschnitt 12.4.3 unter 45° anzunehmen. Bei Vollquerschnitten ist dabei ein Ersatzhohlquerschnitt nach Bild 9 anzunehmen, dessen Wanddicke $d_1 = d_m/6$ des in die Mittellinie eingeschriebenen größten Kreises beträgt.

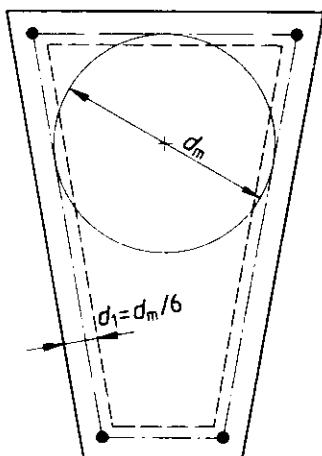


Bild 9. Ersatzhohlquerschnitt für Vollquerschnitte

12.3.3 Nachweis der Schub- und schießen Hauptdruckspannungen in Zone b

(1) Als maßgebende Spannungsgröße in Zone b gilt der Rechenwert der Schubspannung τ_R

- aus Querkraft nach Zustand II (siehe Abschnitt 12.1);
- aus Torsion nach Zustand I;

er darf die in Tabelle 9, Zeilen 56 bis 61, angegebenen Werte nicht überschreiten.

(2) Sofern die Größe des Hebelarmes der inneren Kräfte nicht genauer nachgewiesen wird, darf sie bei der Ermittlung von τ_R infolge Querkraft dem Wert gleichgesetzt werden, der beim Nachweis nach Abschnitt 11 im betrachteten Schnitt ermittelt wurde. Bei Trägern mit konstanter Nutzhöhe h darf mit jenem Hebelarm gerechnet werden, der sich an der Stelle des maximalen Momentes im zugehörigen Querkraftbereich ergibt.

(3) Ein von Spanngliedern als Schubbewehrung erzeugter Spannungszustand bleibt beim Nachweis der Schubspannung unberücksichtigt. Bei zugbeanspruchten Gurten ist die Schubspannung aus Querkraft für Zustand II aus der Zugkraftänderung der vorhandenen Gurtlängsbewehrung zwischen zwei benachbarten Querschnitten zu ermitteln, falls sie nicht nach Zustand I berechnet wird.

(4) In druckbeanspruchten Gurten und bei Einschnürungen der Druckzone sind die schießen Hauptdruckspannungen nachzuweisen und wie in Zone a zu begrenzen. Auf diesen Nachweis darf verzichtet werden, wenn die maximale Schubspannung im rechnerischen Bruchzustand kleiner als $0,1 \beta_{WN}$ ist (siehe Abschnitt 12.3.2).

12.4 Bemessung der Schubbewehrung

12.4.1 Allgemeines

(1) Die Schubdeckung durch Bewehrung ist für Querkraft und Torsion im rechnerischen Bruchzustand (siehe Abschnitt 12.1) in den Bereichen des Tragwerks und des Querschnitts nachzuweisen, in denen die Hauptzugspannung σ_I (Zustand I) bzw. die Schubspannung τ_R (Zustand II) eine der Nachweisgrenzen der Tabelle 9, Zeilen 50 bis 55, überschreitet.

(2) Die erforderliche Schubbewehrung ist für die in den Zugstreben eines gedachten Fachwerks wirkenden Kräfte zu bemessen (Fachwerkanalogie). Bezuglich der Neigung der Fachwerkstreben siehe Abschnitte 12.4.2 (Querkraft) und 12.4.3 (Torsion); die Bewehrungen sind getrennt zu ermitteln und zu addieren. Auf die Mindestschubbewehrung nach den Abschnitten 6.7.3 und 6.7.5 wird hingewiesen. Für die Bemessung der Bewehrung aus Betonstahl gelten die in Tabelle 9, Zeile 69, angegebenen Spannungen.

(3) Spannglieder als Schubbewehrung dürfen mit den in Tabelle 9, Zeile 65, angegebenen Spannungen zuzüglich β_S des Betonstahles, jedoch höchstens mit ihrer jeweiligen Streckgrenze bemessen werden.

(4) Bei unmittelbarer Stützung gilt:

Die Schubbewehrung am Auflager darf für einen Schnitt ermittelt werden, der $0,5 \cdot d_0$ vom Auflagerrand entfernt ist.

(5) Der Querkraftanteil aus einer auflagernahen Einzellast F im Abstand $a \leq 2 \cdot d_0$ von der Auflagerachse darf auf den Wert $a \cdot Q_F/2 \cdot d_0$ abgemindert werden. Dabei ist d_0 die Querschnittsdicke.

(6) Bei Berücksichtigung von Abschnitt 11.1, Absatz (4), ist die Schubdeckung zusätzlich im Gebrauchszustand nach den Grundsätzen der Zone a nachzuweisen. Dabei ist die Neigung der Druckstreben gegen die Querschnittsnormale gleich der Neigung der Hauptdruckspannungen im Zustand I anzunehmen. Für die Bemessung der Schubbewehrung aus Betonstahl gelten die in Tabelle 9, Zeile 68, angegebenen zulässigen Spannungen.

(7) Bei dicken Platten sind die in Tabelle 9, Zeile 51, angegebenen Werte nach der in DIN 1045/07.88, Abschnitt 17.5.5, getroffenen Regelung zu verringern. Diese Abminderung gilt jedoch nicht, wenn die rechnerische Schubspannung vorwiegend aus Einzellasten resultiert (z. B. Fahrbahnplatten von Brücken).

(8) Überschreiten die Hauptzugspannungen aus Querkraft und Querkraft plus Torsion die 0,6fachen Werte der Tabelle 9, Zeile 56, so dürfen für die Schubbewehrung nur Betonrippenstahl oder Spannglieder mit Endverankerung verwendet werden. Für die Abstände von Schrägstäben und Schrägbügeln gilt DIN 1045/07.88, Abschnitt 18.

(9) Bei gleichzeitigem Auftreten von Schub und Querbiegung darf in der Regel vereinfachend eine symmetrisch zur Mittelfläche von Stegen verteilte Schubbewehrung auf die zur Aufnahme der Querbiegung erforderliche Bewehrung voll angerechnet werden. Diese Vereinfachung gilt nicht bei geneigten Bügeln und bei Spanngliedern als Schubbewehrung. In Gurtscheiben darf sinngemäß verfahren werden.

12.4.2 Schubbewehrung zur Aufnahme der Querkräfte

(1) Bei der Bemessung der Schubbewehrung nach der Fachwerkanalogie darf die Neigung der Zugstreben gegen die Querschnittsnormale im allgemeinen zwischen 90° (Bügel) und 45° (Schrägstäbe, Schrägbügel) gewählt werden.

(2) Schrägstäbe, die flacher als 35° gegenüber der Trägerachse geneigt sind, dürfen als Schubbewehrung nicht herangezogen werden.

(3) In Zone a ist die Neigung ϑ der Druckstreben gegen die Querschnittsnormale im Trägersteg und in den Druckgurten nach Gleichung (11) anzunehmen:

$$\tan \vartheta = \tan \vartheta_1 \left(1 - \frac{\Delta \tau}{\tau_u} \right) \quad (11)$$

$\tan \vartheta \geq 0,4$

Hierin bedeuten:

$\tan \vartheta_1$ Neigung der Hauptdruckspannungen gegen die Querschnittsnormale im Zustand I in der Schwerlinie des Trägers bzw. in Druckgurten am Anschnitt

τ_u der Höchstwert der Schubspannung im Querschnitt aus Querkraft im rechnerischen Bruchzustand (nach Abschnitt 12.3), ermittelt nach Zustand I ohne Berücksichtigung von Spanngliedern als Schubbewehrung

$\Delta \tau$ 60% der Werte nach Tabelle 9, Zeile 50.

(4) Zone a darf auch wie Zone b behandelt werden. Für den Schubanschluß von Zuggurten gelten die Bestimmungen von Zone b.

(5) In Zone b ist die Neigung ϑ der Druckstreben gegen die Querschnittsnormale anzunehmen:

$$\tan \vartheta = 1 - \frac{\Delta \tau}{\tau_R} \quad (12)$$

$\tan \vartheta \geq 0,4$

Hierin bedeuten:

τ_R der für den rechnerischen Bruchzustand nach Zustand II ermittelte Rechenwert der Schubspannung

$\Delta \tau$ 60% der Werte nach Tabelle 9, Zeile 50.

(6) Beim Schubanschluß von Druckgurten gelten die für Zone a gemachten Angaben.

12.4.3 Schubbewehrung zur Aufnahme der Torsionsmomente

(1) Die Schubbewehrung zur Aufnahme der Torsionsmomente ist für die Zugkräfte zu bemessen, die in den Stäben

eines gedachten räumlichen Fachwerkastens mit Druckstreben unter 45° Neigung zur Trägerachse ohne Abminde rung entstehen.

- (2) Bei Vollquerschnitten verläuft die Mittellinie des gedachten Fachwerkastens wie in Bild 9.
- (3) Erhalten einzelne Querschnittsteile des gedachten Fachwerkastens Druckbeanspruchungen aus Längskraft und Biegemoment, so dürfen die in diesen Druckbereichen entstehenden Druckkräfte bei der Bemessung der Torsions bewehrung berücksichtigt werden.
- (4) Hinsichtlich der Neigung der Zugstreben gilt Abschnitt 12.4.2.

12.5 Indirekte Lagerung

Es gilt DIN 1045/07.88, Abschnitt 18.10.2. Für die Aufhänge bewehrung dürfen auch Spannglieder herangezogen werden, wenn ihre Neigung zwischen 45° und 90° gegen die Trägerachse beträgt. Dabei ist für Spannstahl die Streckgrenze β_S anzusetzen, wenn der Spannungszuwachs kleiner als 420 N/mm^2 ist.

12.6 Eintragung der Vorspannung

- (1) An den Verankerungsstellen der Spannglieder darf erst im Abstand e vom Ende der Verankerung (Eintragungslänge) mit einer geradlinigen Spannungsverteilung infolge Vorspannung gerechnet werden.
- (2) Bei Spanngliedern mit Endverankerung ist diese Eintragungslänge e gleich der Störungslänge s , die zur Ausbreitung der konzentriert angreifenden Spannkräfte bis zur Einstellung eines geradlinigen Spannungsverlaufes im Querschnitt nötig ist.
- (3) Bei Spanngliedern, die nur durch Verbund verankert werden, gilt für die Eintragungslänge e :

$$e = \sqrt{s^2 + (0,6 l_u)^2} \geq l_u \quad (13)$$

l_u Übertragungslänge aus Gleichung (17)

- (4) Zur Aufnahme der im Bereich der Eintragungslänge e auftretenden Spaltzugkräfte muß stets eine Querbewehrung angeordnet werden. Sie ist bei Verankerung durch Verbund unter Zugrundelegung einer kürzeren Eintragungslänge zu bemessen und entsprechend zu verteilen. Für gerippte Drähte ist diese verkürzte Eintragungslänge mit der Hälfte, bei gezogenen profilierten Drähten bzw. Litzen mit $\frac{3}{4}$ des Ausgangswertes anzunehmen. Zugkräfte aus Schub und Spaltzug brauchen nicht addiert zu werden, wenn örtlich die jeweils größere Zugkraft durch Bügel abgedeckt wird.

12.7 Nachträglich ergänzte Querschnitte

- (1) Schubkräfte zwischen Fertigteilen und Ort beton bzw. in Arbeitsfugen (siehe DIN 1045/07.88, Abschnitte 10.2.3 und 19.4), die in Richtung der betrachteten Tragwirkung verlaufen, sind stets durch Bewehrung abzudecken. Die Bewehrung ist nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 19.7.3, auszubilden. Die Fuge zwischen dem zuerst hergestellten Teil und der Ergänzung muß rauh sein. Dabei ist die Neigung der Druckstreben gegen die Querschnittsnormale wie folgt anzunehmen:

$$\tan \vartheta = \tan \vartheta_I \left(1 - 0,25 \frac{\Delta \tau}{\tau_u} \right) \geq 0,4 \text{ (Zone a)} \quad (14)$$

$$\tan \vartheta = 1 - \frac{0,25 \Delta \tau}{\tau_R} \geq 0,4 \text{ (Zone b)} \quad (15)$$

Erklärung der Formelzeichen siehe Abschnitt 12.4.2.

- (2) Wird Ort beton B 15 verwendet, so ist $\Delta \tau$ gleich $0,6 \text{ N/mm}^2$ zu setzen.
- (3) Sind die Fugen verzahnt oder wird die Oberfläche nachträglich verzahnt, so darf die Druckstrebenneigung nach Abschnitt 12.4.2 angenommen werden. Die Mindestschubbewehrung nach Tabelle 4 muß die Fuge durchdringen.

12.8 Arbeitsfugen mit Kopplungen

In Arbeitsfugen mit Spanngliedkopplungen darf an Stelle des Nachweises nach den Abschnitten 12.3 und 12.4 der Nachweis der Schubdeckung unter Annahme eines Ersatzfachwerks geführt werden, wenn die Fuge konstruktiv entsprechend ausgebildet wird (im allgemeinen verzahnte Fuge). Die Bewehrung ist unter Zugrundelegung des angenommenen Fachwerks zu bemessen. Die Richtung der Druckstrebe darf dabei höchstens 15° von der Normalen derjenigen Fugentieflage abweichen, von der die Druckkraft aufzunehmen ist. Die Druckspannung auf die Teillächen darf im rechnerischen Bruchzustand den Wert β_R nicht überschreiten.

12.9 Durchstanzen

- (1) Der Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen nach DIN 1045/07.88, Abschnitte 22.5 bis 22.7, zu führen.
- (2) Bei der Ermittlung der maßgebenden größten Querkraft $\max. Q_r$ im Rundschnitt zum Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen von punktförmig gestützten Platten darf eine entlastende und muß eine belastende Wirkung von Spanngliedern, die den Rundschnitt kreuzen, berücksichtigt werden. In den nach DIN 1045, zu führenden Nachweisen sind die Schnittgrößen aus Vorspannung mit dem Faktor 1/1,75 abzumindern.
- (3) Dabei dürfen in den Gleichungen für x_1 und x_2 $a_s = 1,3$ und für μ_g die Summe der Bewehrungsprozentsätze $\mu_g = \mu_s + \mu_{vi}$ eingesetzt werden.

Hierin bedeuten:

- μ_g vorhandener Bewehrungsprozentsatz, mit nicht mehr als 1,5% in Rechnung zu stellen
 μ_s Bewehrungsgrad in % der Bewehrung aus Betonstahl
 $\mu_{vi} = \frac{\sigma_{bv,N}}{\beta_S} \cdot 100$ ideeller Bewehrungsgrad in % infolge Vorspannung
 $\sigma_{bv,N}$ Längskraftanteil der Vorspannung der Platte zur Zeit $t = \infty$
 β_S Streckgrenze des Betonstahls.

- (4) Der Prozentsatz der Bewehrung aus Betonstahl im Bereich des Durchstanzkegels $d_k = d_{st} + 3 h_m$ muß mindestens 0,3% und daneben innerhalb des Gurtstreifens mindestens 0,15% betragen.

Hierin bedeuten:

- d_{st} nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 22.5.1.1
 h_m analog DIN 1045/07.88, Abschnitt 22.5.1.1, unter Berücksichtigung der den Rundschnitt kreuzenden Spannglieder.

13 Nachweis der Beanspruchung des Verbundes zwischen Spannglied und Beton

- (1) Im Gebrauchszustand erübrigert sich ein Nachweis der Verbundspannungen. Die maximale Verbundspannung τ_1 ist im rechnerischen Bruchzustand nachzuweisen.

(2) Näherungsweise darf sie bestimmt werden aus:

$$\tau_1 = \frac{Z_u - Z_v}{u_v \cdot l'} \quad (16)$$

Hierin bedeuten:

Z_u Zugkraft des Spanngliedes im rechnerischen Bruchzustand beim Nachweis nach Abschnitt 11

Z_v zulässige Zugkraft des Spanngliedes im Gebrauchszustand

u_v Umfang des Spanngliedes nach Abschnitt 10.2

l' Abstand zwischen dem Querschnitt des maximalen Momentes im rechnerischen Bruchzustand und dem Momentennullpunkt unter ständiger Last.

(3) τ_1 darf die folgenden Werte nicht überschreiten:

bei glatten Stählen: zul $\tau_1 = 1,2 \text{ N/mm}^2$,

bei profilierten Stählen und Litzen: zul $\tau_1 = 1,8 \text{ N/mm}^2$,

bei gerippten Stählen: zul $\tau_1 = 3,0 \text{ N/mm}^2$.

(4) Ergibt Gleichung (16) höhere Werte, so ist der Nachweis nach Abschnitt 11.2 für die mit zul τ_1 bestimmte Zugkraft Z_u neu zu führen.

14 Verankerung und Kopplung der Spannglieder, Zugkraftdeckung

14.1 Allgemeines

Die Spannglieder sind durch geeignete Maßnahmen so im Beton des Bauteiles zu verankern, daß die Verankerung die Nennbruchkraft des Spanngliedes erträgt und im Gebrauchszustand keine schädlichen Risse im Verankerungsbereich auftreten. Für Spannglieder mit Endverankerung und für Kopplung sind die Angaben den Zulassungen zu entnehmen.

14.2 Verankerung durch Verbund

(1) Bei Spanngliedern, die nur durch Verbund verankert werden, ist für die volle Übertragung der Vorspannung vom Stahl auf den Beton im Gebrauchszustand eine Übertragungslänge $l_{ü}$ erforderlich.

Dabei ist

$$l_{ü} = k_1 \cdot d_v \quad (17)$$

(2) Bei Einzelspanngliedern aus Runddrähten oder Litzen ist d_v der Nenndurchmesser, bei nicht runden Drähten ist für d_v der Durchmesser eines Runddrahtes gleicher Querschnittsfläche einzusetzen. Der Verbundbeiwert k_1 ist den Zulassungen für den Spannstahl zu entnehmen.

(3) Die ausreichende Verankerung im rechnerischen Bruchzustand ist nachgewiesen, wenn die Bedingungen nach a) oder b) erfüllt sind:

a) Die Verankerungslänge l der Spannglieder muß in einem Bereich liegen, der im rechnerischen Bruchzustand frei von Biegezugrissen (Zone a nach Abschnitt 12.3.1) und frei von SchubrisSEN ($\sigma_1 \leq$ Werte der Tabelle 9, Zeile 49, bei vorwiegend ruhender oder Zeile 50 bei nicht vorwiegend ruhender Belastung) ist.

Die Hauptzugspannung σ_1 braucht nur in einem Abstand von $0,5 d_0$ vom Auflagerrand nachgewiesen zu werden.

Die Verankerungslänge beträgt

$$l = \frac{Z_u}{\sigma_v \cdot A_v} \cdot l_{ü} \quad (18)$$

Hierin bedeuten:

$$Z_u = \frac{M_u}{z} + Q_u \cdot \frac{v}{h} \quad (19)$$

σ_v die zulässige Vorspannung des Spannstahles (siehe Tabelle 9, Zeile 65)

A_v Querschnittsfläche des Spanngliedes

v Versatzmaß nach DIN 1045

Der Anteil $Q_u \cdot v/h$ der Gleichung (19) braucht nur berücksichtigt zu werden, wenn anschließend an die Verankerungslänge Schubrisse vorausgesetzt werden müssen (Überschreitung der oben genannten Grenzwerte).

b) Der rechnerische Überstand der im Verbund liegenden Spannglieder über die Auflagervorderkante muß betragen:

$$l_1 = \frac{Z_{Au}}{\sigma_v \cdot A_v} \cdot l_{ü} \quad (20)$$

Bei direkter Lagerung genügt ein Überstand von $\frac{2}{3} l_1$.

Hierin bedeuten:

$Z_{Au} = Q_u \cdot \frac{v}{h}$ am Auflager zu verankernde Zugkraft; sofern ein Teil dieser Zugkraft nach DIN 1045 durch Längsbewehrung aus Betonstahl verankert wird, braucht der Überstand der Spannglieder nur für die nicht abgedeckte Restzugkraft $\Delta Z_{Au} = Z_{Au} - A_s \cdot \beta_S$ nachgewiesen zu werden.

Q_u die Querkraft am Auflager im rechnerischen Bruchzustand

A_v der Querschnitt der über die Auflager geführten unten liegenden Spannglieder

14.3 Nachweis der Zugkraftdeckung

(1) Bei gestaffelter Anordnung von Spanngliedern ist die Zugkraftdeckung im rechnerischen Bruchzustand nach DIN 1045/07.88, Abschnitt 18.7.2, durchzuführen. Bei Platten ohne Schubbewehrung ist $v = 1,5 h$ in Rechnung zu stellen.

(2) In der Zone a erübrigt sich ein Nachweis der Zugkraftdeckung, wenn die Hauptzugspannungen im rechnerischen Bruchzustand

- bei vorwiegend ruhender Belastung die Vergleichswerte der Tabelle 9, Zeile 49,
- bei nicht vorwiegend ruhender Belastung die Werte der Tabelle 9, Zeile 50,

nicht überschreiten.

(3) Werden am Auflager Spannglieder von der Trägerunterseite hochgeführt, so muß die Wirkung der vollen Trägerhöhe für die Schubtragfähigkeit durch eine Mindestgurtbewehrung zur Deckung einer Zuggurtkraft von $Z_u = 0,5 Q_u$ gesichert werden. Im Zuggurt verbleibende Spannglieder dürfen mit ihrer anfänglichen Vorspannkraft V_0 angesetzt werden.

(4) Im Bereich von Zwischenauflagern ist diese untere Gurtbewehrung in Richtung des Auflagers um $v = 1,5 h$ über den Schnitt hinaus zu führen, der bei der sich ergebenden Lastfallkombination einschließlich ungünstig wirkender Zwangbeanspruchungen (z. B. aus Temperaturunterschied oder Stützensenkung) noch Zug erhalten kann.

(5) Entsprechendes gilt auch für die obere Gurtbewehrung.

14.4 Verankerungen innerhalb des Tragwerks

(1) Wenn ein Teil des Querschnitts mit Ankerkörpern (Verankerungen, Spanngliedkopplungen) durchsetzt ist, sind Querschnittsschwächungen zu berücksichtigen infolge von:

- a) Ankerkörpern, bei denen zwischen Stirnfläche des Ankerkörpers und Beton bzw. Einpreßmörtel eine nachgiebige Zwischenlage angeordnet ist, bei allen Nachweisen im Gebrauchszustand und im rechnerischen Bruchzustand;
- b) Ankerkörper, die im Bereich von Längszugspannungen liegen, bei Nachweisen im Gebrauchszustand.

(2) Bei Verankerungen innerhalb von flächenhaften Tragwerksteilen müssen mindestens 25 % der eingetragenen Vorspannkraft durch Bewehrung nach rückwärts, d. h. über das Spanngliedende hinaus, verankert werden.

(3) Dabei darf nur jener Teil der Bewehrung berücksichtigt werden, der nicht weiter als in einem Abstand von $1,5\sqrt{A_1}$ von der Achse des endenden Spanngliedes liegt und dessen resultierende Zugkraft etwa in der Achse des endenden Spanngliedes liegt. Dabei ist A_1 die Aufstandsfläche des Ankerkörpers des Spanngliedes. Im Verbund liegende Spannglieder dürfen dabei mitgerechnet werden.

(4) Als zulässige Stahlspannung der Bewehrung aus Betonstahl gelten hierbei die Werte der Tabelle 9, Zeile 68. Für die Spannglieder darf die vorhandene Spannungsreserve bis zur zulässigen Spannstahlspannung nach Tabelle 9, Zeile 65, aber keine höhere Zusatzspannung als 240 N/mm^2 angesetzt werden.

(5) Sind hinter einer Verankerung Betondruckspannungen σ vorhanden, so darf die sich daraus ergebende kleinste Druckkraft abgezogen werden:

$$D = 5 \cdot A_1 \cdot \sigma \quad (21)$$

15 Zulässige Spannungen

15.1 Allgemeines

(1) Die bei den Nachweisen nach den Abschnitten 9 bis 12 und 14 zulässigen Beton- und Stahlspannungen sind in Tabelle 9 angegeben. Zwischenwerte dürfen nicht eingeschaltet werden. In der Mittelfläche von Gurtplatten sind die Spannungen für mittigen Zug einzuhalten.

(2) Bei nachträglicher Ergänzung von vorgespannten Fertigteilen durch Ortbeton B 15 (siehe Abschnitte 3.1.1 und 12.7) beträgt die zulässige Randdruckspannung 6 N/mm^2 .

(3) Bei Brücken nach DIN 1072 und vergleichbaren Bauwerken gelten die zulässigen Betonzugspannungen von Tabelle 9, Zeilen 42, 43 und 44, nur, sofern im Bauzustand keine Zwangsschnittgrößen infolge von Wärmewirkungen auftreten. Treten jedoch solche Zwangsschnittgrößen auf, so sind die Zahlenwerte der Tabelle 9, Zeilen 42, 43 und 44, um $0,5 \text{ N/mm}^2$ herabzusetzen.

15.2 Zulässige Spannung bei Teilflächenbelastung

Es gelten DIN 1045/07.88, Abschnitt 17.3.3, und für Brücken DIN 1075/04.81, Abschnitt 8.

15.3 Zulässige Druckspannungen in der vorgedrückten Druckzone

Der Rechenwert der Druckspannung, der den zulässigen Spannungen nach Tabelle 9, Zeilen 1 bis 4, gegenüberzustellen ist, beträgt

$$\sigma = 0,75 \sigma_v + \sigma_q \quad (22)$$

Hierin bedeuten:

σ_v Betondruckspannung aus Vorspannung

σ_q Betondruckspannung aus ungünstiger Lastzusammensetzung nach den Abschnitten 9.2.2 bis 9.2.7.

15.4 Zulässige Spannungen in Spanngliedern mit Dehnungsbehinderung (Reibung)

Bei Spanngliedern, deren Dehnung durch Reibung behindert ist, darf nach Tabelle 9, Zeile 66, die zulässige Spannung am Spannende erhöht werden, wenn die Bereiche der maximalen Momente hier von nicht berührt werden und die Erhöhung auf solche Bereiche beschränkt bleibt, in denen der Einfluß der Verkehrslasten gering ist.

15.5 Zulässige Betonzugspannungen für die Beförderungszustände bei Fertigteilen

Die zulässigen Betonzugspannungen betragen das Zweifache der zulässigen Werte für den Bauzustand.

15.6 Querbiegezugspannungen in Querschnitten, die nach DIN 1045 bemessen werden

(1) In Querschnitten, die nach DIN 1045 bemessen werden (z. B. Stege oder Bodenplatten bei Querbiegebeanspruchung), dürfen die nach Zustand I ermittelten Querbiegezugspannungen die Werte der Tabelle 9, Zeile 45, nicht überschreiten. Bei Brücken wird dieser Nachweis nur für den Lastfall H verlangt.

(2) Außerdem dürfen für den Lastfall ständige Last plus Vorspannung die nach Zustand I ermittelten Querbiegezugspannungen die Werte der Tabelle 9, Zeile 37, nicht überschreiten.

15.7 Zulässige Stahlspannungen in Spanngliedern

(1) Beim Spannvorgang darf die Spannung im Spannstahl vorübergehend die Werte nach Tabelle 9, Zeile 64, erreichen, der kleinere Wert ist maßgebend.

(2) Nach dem Verankern der Spannglieder gelten die Werte der Tabelle 9, Zeilen 65 bzw. 66 (siehe auch Abschnitt 15.4).

(3) Bei Spannverfahren, für die in den Zulassungen eine Abminderung der Spannkraft vorgeschrieben ist, muß die gleiche prozentuale Abminderung sowohl beim Spannen als auch nach dem Verankern der Spannglieder berücksichtigt werden.

15.8 Gekrümmte Spannglieder

In aufgerollten oder gekrümmten verlegten, gespannten Spanngliedern dürfen die Randspannungen den Wert $\beta_{0,01}$ nicht überschreiten. Die Randspannungen für Litzen dürfen mit dem halben Nenndurchmesser ermittelt werden.

15.9 Nachweise bei nicht vorwiegend ruhender Belastung

15.9.1 Allgemeines

(1) Mit Ausnahme der in den Abschnitten 15.9.2 und 15.9.3 genannten Fälle sind Nachweise der Schwingbreite für Betonstahl und Spannstahl nicht erforderlich.

(2) Für die Verwendung von Betonstahlmatten gilt DIN 1045/07.88, Abschnitt 17.8; für die Schubsicherung bei Eisenbahnbrücken dürfen jedoch Betonstahlmatten nicht verwendet werden.

15.9.2 Endverankerungen mit Ankerkörpern und Kopplungen

(1) An Endverankerungen mit Ankerkörpern sowie an festen und beweglichen Kopplungen der Spannglieder ist der Nachweis zu führen, daß die Schwingbreite das 0,7fache des im Zulassungsbescheid für das Spannverfahren angegebenen Wertes der ertragenen Schwingbreite nicht überschreitet.

(2) Dieser Nachweis ist, sofern im Querschnitt Zugspannungen auftreten, nach Zustand II zu führen. Hierbei sind nur die durch häufige Lastwechsel verursachten Spannungsschwankungen zu berücksichtigen.

(3) In diesen Querschnitten ist auch die Schwingbreite im Betonstahl nachzuweisen. Die ermittelten Schwingbreiten dürfen die Werte von DIN 1045/07.88, Abschnitt 17.8; nicht überschreiten.

(4) Bei diesem Nachweis sind in Querschnitten mit festen oder beweglichen Kopplungen außer den ständigen Lasten und der Vorspannung nach Kriechen und Schwinden

folgende Beanspruchungen als ständig wirkend zu berücksichtigen, soweit sie hinsichtlich der Spannungsschwankungen ungünstig wirken:

- Wahrscheinliche Baugrubbewegungen nach Abschnitt 9.2.6.
- Temperaturunterschiede nach Abschnitt 9.2.5. Bei Straßen- und Wegbrücken sind die Temperaturunterschiede nach DIN 1072/12.85, Tabelle 3, Spalten 4 bzw. 6, ohne Abminderung einzusetzen.
- Zusatzmoment $\Delta M = \pm \frac{EI}{10^4 d_0}$ (23)

Hierin bedeuten:

EI Biegesteifigkeit im Zustand I

d_0 Querschnittsdicke des jeweils betrachteten Querschnitts

(5) ΔM nach Gleichung (23) ist ausschließlich bei diesem Nachweis zu berücksichtigen.

15.9.3 Endverankerung von Spanngliedern mit sofortigem Verbund

Es ist nachzuweisen, daß die Änderung der Spannung aus häufigen Lastwechseln (siehe Abschnitt 15.9.2) am Ende der Übertragungslänge bei gerippten und profilierten Drähten nicht größer als 70 N/mm^2 , bei Litzen nicht größer als 50 MN/m^2 ist.

Tabelle 9. Zulässige Spannungen

Beton auf Druck infolge von Längskraft und Biegemoment im Gebrauchszustand						
	1	2	3	4	5	6
	Querschnittsbereich	Anwendungsbereich	Zulässige Spannungen N/mm^2			
1	Druckzone	Mittiger Druck in Säulen und Druckgliedern	8	10	11,5	13
2		Randspannung bei Voll- (z. B. Rechteck-) Querschnitt (einachsige Biegung)	11	14	17	19
3		Randspannung in Gurtplatten aufgelöster Querschnitten (z. B. Plattenbalken und Hohlkastenquerschnitte)	10	13	16	18
4		Eckspannungen bei zweiachsiger Biegung	12	15	18	20
5	vorgedrückte Zugzone	Mittiger Druck	11	13	15	17
6		Randspannung bei Voll- (z. B. Rechteck-) Querschnitten (einachsige Biegung)	14	17	19	21
7		Randspannung in Gurtplatten aufgelöster Querschnitte (z. B. Plattenbalken und Hohlkastenquerschnitte)	13	16	18	20
8		Eckspannung bei zweiachsiger Biegung	15	18	20	22

Tabelle 9. (Fortsetzung)

Beton auf Zug infolge von Längskraft und Biegemoment im Gebrauchszustand						
Allgemein (nicht bei Brücken)						
	1	2	3	4	5	6
	Vorspannung	Anwendungsbereich	Zulässige Spannungen N/mm²			
9 10 11			B 25	B 35	B 45	B 55
12 13 14	volle Vorspannung	allgemein: Mittiger Zug Randspannung Eckspannung	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
15 16 17		unter unwahrscheinlicher Häufung von Lastfällen: Mittiger Zug Randspannung Eckspannung	0,6 1,6 2,0	0,8 2,0 2,4	0,9 2,2 2,7	1,0 2,4 3,0
18 19 20		Bauzustand: Mittiger Zug Randspannung Eckspannung	0,3 0,8 1,0	0,4 1,0 1,2	0,4 1,1 1,4	0,5 1,2 1,5
21 22 23	beschränkte Vorspannung	allgemein: Mittiger Zug Randspannung Eckspannung	1,2 3,0 3,5	1,4 3,5 4,0	1,6 4,0 4,5	1,8 4,5 5,0
24 25 26		unter unwahrscheinlicher Häufung von Lastfällen: Mittiger Zug Randspannung Eckspannung	1,6 4,0 4,4	2,0 4,4 5,2	2,2 5,0 5,8	2,4 5,6 6,4
		Bauzustand: Mittiger Zug Randspannung Eckspannung	0,8 2,0 2,2	1,0 2,2 2,6	1,1 2,5 2,9	1,2 2,8 3,2

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken nach Abschnitt 6.7.1

	1	2	3	4	5	6
	Vorspannung	Anwendungsbereich	Zulässige Spannungen N/mm ²			
			B 25	B 35	B 45	B 55
27	volle Vorspannung	unter Hauptlasten:				
28		Mittiger Zug	0	0	0	0
29		Randspannung	0	0	0	0
		Eckspannung	0	0	0	0
30		unter Haupt- und Zusatzlasten:				
31		Mittiger Zug	0,6	0,8	0,9	1,0
32		Randspannung	1,6	2,0	2,2	2,4
		Eckspannung	2,0	2,4	2,7	3,0
33		Bauzustand:				
34	beschränkte Vorspannung	Mittiger Zug	0,3	0,4	0,4	0,5
35		Randspannung	0,8	1,0	1,1	1,2
		Eckspannung	1,0	1,2	1,4	1,5
36		unter Hauptlasten:				
37		Mittiger Zug	1,0	1,2	1,4	1,6
38		Randspannung	2,5	2,8	3,2	3,5
		Eckspannung	2,8	3,2	3,6	4,0
39		unter Haupt- und Zusatzlasten:				
40		Mittiger Zug	1,2	1,4	1,6	1,8
41		Randspannung	3,0	3,6	4,0	4,5
		Eckspannung	3,5	4,0	4,5	5,0
42		Bauzustand:				
43		Mittiger Zug ¹⁾	0,8	1,0	1,1	1,2
44		Randspannung ¹⁾	2,0	2,2	2,5	2,8
		Eckspannung ¹⁾	2,2	2,6	2,9	3,2

Biegezugspannungen aus Quertragwirkung beim Nachweis nach Abschnitt 15.6

45			3,0	4,0	5,0	6,0
----	--	--	-----	-----	-----	-----

Beton auf Schub

Schiefe Hauptzugspannungen im Gebrauchszustand

46	volle Vorspannung	Querkraft, Torsion				
		Querkraft plus Torsion in der Mittelfläche	0,8	0,9	0,9	1,0
47		Querkraft plus Torsion	1,0	1,2	1,4	1,5
		Querkraft, Torsion				
48	beschränkte Vorspannung	Querkraft plus Torsion in der Mittelfläche	1,8	2,2	2,6	3,0
49		Querkraft plus Torsion	2,5	2,8	3,2	3,5

¹⁾ Abschnitt 15.1, (3), ist zu beachten.

Tabelle 9. (Fortsetzung)

Schiefe Hauptzugspannungen bzw. Schubspannungen im rechnerischen Bruchzustand ohne Nachweis der Schubbewehrung (Zone a und Zone b)								
	1	2	3	4	5	6		
	Beanspruchung	Bauteile	Zulässige Spannungen N/mm ²					
			B 25	B 35	B 45	B 55		
50	Querkraft	bei Balken	1,4	1,8	2,0	2,2		
51		bei Platten ²⁾ (Querkraft senkrecht zur Platte)	0,8	1,0	1,2	1,4		
52	Torsion	bei Vollquerschnitten	1,4	1,8	2,0	2,2		
53		in der Mittelfläche von Stegen und Gurten	0,8	1,0	1,2	1,4		
54	Querkraft plus Torsion	in der Mittelfläche von Stegen und Gurten	1,4	1,8	2,0	2,2		
55		bei Vollquerschnitten	1,8	2,4	2,7	3,0		
Grundwerte der Schubspannung im rechnerischen Bruchzustand in Zone b und in Zuggurten der Zone a								
56	Querkraft	bei Balken	5,5	7,0	8,0	9,0		
57		bei Platten (Querkraft senkrecht zur Platte)	3,2	4,2	4,8	5,2		
58	Torsion	bei Vollquerschnitten	5,5	7,0	8,0	9,0		
59		in der Mittelfläche von Stegen und Gurten	3,2	4,2	4,8	5,2		
60	Querkraft plus Torsion	in der Mittelfläche von Stegen und Gurten	5,5	7,0	8,0	9,0		
61		bei Vollquerschnitten	5,5	7,0	8,0	9,0		
Beton auf Schub								
Schiefe Hauptdruckspannungen im rechnerischen Bruchzustand in Zone a und in Zone b								
62	Querkraft, Torsion, Querkraft plus Torsion	in Stegen	11	15	20	25		
63	Querkraft, Torsion, Querkraft plus Torsion	in Gurtplatten	15	21	27	33		
Stahl auf Zug								
Stahl der Spannglieder								
	1	2	Zulässige Spannungen					
	Beanspruchung		Zulässige Spannungen					
64	vorübergehend, beim Spannen (siehe auch Abschnitte 9.3 und 15.7)		0,8 β_S bzw. 0,65 β_Z					
65	im Gebrauchszustand		0,75 β_S bzw. 0,55 β_Z					
66	im Gebrauchszustand bei Dehnungsbehinderung (siehe Abschnitt 15.4)		5% mehr als nach Zeile 65					
67	Randspannungen in Krümmungen (siehe auch Abschnitt 15.8)		$\beta_{0,01}$					
Betonstahl								
68	Zur Aufnahme der im Gebrauchszustand auftretenden Zugspannung		BSt 420 S (III S) BSt 500 S (IV S) BSt 500 M (IV M)			$\beta_S/1,75$		
69	Beim Nachweis zur Beschränkung der Rißbreite, zur Aufnahme der Zugkräfte bei Biegung im rechnerischen Bruchzustand und zur Bemessung der Schubbewehrung		BSt 420 S (III S) BSt 500 S (IV S) BSt 500 M (IV M)			β_S		

2) Für dicke Platten ($d > 30$ cm) siehe Abschnitt 12.4.1

Zitierte Normen und andere Unterlagen

DIN 1013 Teil 1	Stabstahl; Warmgewalzter Rundstahl für allgemeine Verwendung, Maße, zulässige Maß- und Formabweichungen
DIN 1045	Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung
DIN 1072	Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen
DIN 1075	Betonbrücken; Bemessung und Ausführung
DIN 1084 Teil 1	Überwachung (Güteüberwachung) im Beton- und Stahlbetonbau; Beton II auf Baustellen
DIN 1084 Teil 2	Überwachung (Güteüberwachung) im Beton- und Stahlbetonbau; Fertigteile
DIN 1084 Teil 3	Überwachung (Güteüberwachung) im Beton- und Stahlbetonbau; Transportbeton
Normen der Reihe	
DIN 1164	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement
DIN 4099	Schweißen von Betonstahl; Anforderungen und Prüfungen
DIN 4226 Teil 1	Zuschlag für Beton; Zuschlag mit dichtem Gefüge, Begriffe, Bezeichnung und Anforderungen
DIN 4227 Teil 2	Spannbeton; Bauteile mit teilweiser Vorspannung
DIN 4227 Teil 5	Spannbeton; Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle
DIN 4227 Teil 6	Spannbeton; Bauteile mit Vorspannung ohne Verbund
DIN 17 100	Allgemeine Baustähle; Gütenorm
DIN 18 553	Hüllrohre aus Bandstahl für Spannglieder; Anforderungen, Prüfungen

DAfStB-Heft 320¹⁰⁾ Erläuterungen zu DIN 4227 Spannbeton

Richtlinien für die Bemessung und Ausführung von Stahlverbundträgern (vorläufiger Ersatz für DIN 1078 und DIN 4239).

Mitteilungen des Instituts für Bautechnik, Berlin

Weitere Normen

DIN 488 Teil 1	Betonstahl; Sorten, Eigenschaften, Kennzeichen
DIN 488 Teil 3	Betonstahl; Betonstabstahl, Prüfungen
DIN 488 Teil 4	Betonstahl; Betonstahlmatten und Bewehrungsdrähte, Aufbau, Maße und Gewichte
DIN 1055 Teil 1	Lastannahmen für Bauten; Lagerstoffe, Baustoffe und Bauteile, Eigenlasten und Reibungswinkel
DIN 1055 Teil 2	Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngrößen, Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel
DIN 1055 Teil 3	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten
DIN 1055 Teil 4	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten; Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken
DIN 1055 Teil 5	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten; Schneelast und Eislast
DIN 1055 Teil 6	Lastannahmen für Bauten; Lasten in Silozellen
DIN 4102 Teil 1	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Baustoffe, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
DIN 4102 Teil 2	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
DIN 4102 Teil 3	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Brandwände und nichttragende Außenwände, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
DIN 4102 Teil 4	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
DIN 4102 Teil 5	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Feuerschutzausschlüsse, Ausschlüsse in Fahrschachtwänden und gegen Feuerwiderstandsfähige Verglasungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
DIN 4102 Teil 6	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Lüftungsleitungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
DIN 4102 Teil 7	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bedachungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
DIN 4226 Teil 2	Zuschlag für Beton; Zuschlag mit porigem Gefüge (Leichtzuschlag), Begriffe, Bezeichnung und Anforderungen
DIN 4226 Teil 3	Zuschlag für Beton; Prüfung von Zuschlag mit dichtem oder porigem Gefüge

Frühere Ausgaben

DIN 4227: 10.53x; DIN 4227 Teil 1: 12.79

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe Dezember 1979 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Erweiterung der Regelungen für den Einbau von Hüllrohren.
- Erhöhung der Mindestbewehrung bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken.
- Konstruktive Regelungen für die Längsbewehrung von Balkenstegen.
- Nachweis für die Gebrauchsfähigkeit vorgespannter Konstruktionen (Beschränkung der Rißbreite).
- Angleichung an DIN 1072 hinsichtlich Zwangbeanspruchung, insbesonders aus Wärmewirkung.

Allgemeine redaktionelle Anpassungen an die zwischenzeitliche Normenfortschreibung.

¹⁰⁾ Herausgeber: Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, Berlin.

Zu beziehen über: Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 1000 Berlin 30.

**Einzelpreis dieser Nummer 33,- DM
zuzügl. Porto- und Versandkosten**

Bestellungen, Anfragen usw. sind an den A. Bagel Verlag zu richten. Anschrift und Telefonnummer wie folgt für
Abonnementsbestellungen: Grafenberger Allee 100, Tel. (0211) 6888/238 (8.00–12.30 Uhr), 4000 Düsseldorf 1

Bezugspreis halbjährlich 81,40 DM (Kalenderhalbjahr). Jahresbezug 162,80 DM (Kalenderjahr), zahlbar im voraus. Abbestellungen für Kalenderhalbjahresbezug müssen bis zum 30. 4. bzw. 31. 10. für Kalenderjahresbezug bis zum 31. 10. eines jeden Jahres beim A. Bagel Verlag vorliegen.

Reklamationen über nicht erfolgte Lieferungen aus dem Abonnement werden nur innerhalb einer Frist von drei Monaten nach Erscheinen anerkannt.

**In den Bezugs- und Einzelpreisen ist keine Umsatzsteuer i. S. d. § 14 UStG enthalten.
Einzelbestellungen: Grafenberger Allee 100, Tel. (0211) 6888/241, 4000 Düsseldorf 1**

Von Vorabeinsendungen des Rechnungsbetrages – in welcher Form auch immer – bitten wir abzusehen. Die Lieferungen erfolgen nur aufgrund schriftlicher Bestellung gegen Rechnung. Es wird dringend empfohlen, Nachbestellungen des Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen möglichst innerhalb eines Vierteljahres nach Erscheinen der jeweiligen Nummer beim A. Bagel Verlag vorzunehmen, um späteren Lieferschwierigkeiten vorzubeugen. Wenn nicht innerhalb von vier Wochen eine Lieferung erfolgt, gilt die Nummer als vergriffen. Eine besondere Benachrichtigung ergeht nicht.

Herausgeber: Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Haroldstraße 5, 4000 Düsseldorf 1
Herstellung und Vertrieb im Namen und für Rechnung des Herausgebers: A. Bagel Verlag, Grafenberger Allee 100, 4000 Düsseldorf 1
Druck: TSB Tiefdruck Schwann-Bagel, Düsseldorf und Mönchengladbach

ISSN 0177-3569