

Spannbeton

Bauteile aus Normalbeton mit beschränkter oder voller Vorspannung

DIN
4227
Teil 1

Prestressed concrete; structural members made of ordinary concrete, without concrete tensile stresses or with limited concrete tensile stresses

Ersatz für DIN 4227

Béton précontraint; éléments structuraux en béton normal sans tension dans le béton ou avec tension limitée dans le béton

Die vorliegende Norm wurde im Fachbereich VII Beton- und Stahlbetonbau/Deutscher Ausschuß für Stahlbeton des NABau ausgearbeitet. Sie ist den obersten Bauaufsichtsbehörden vom Institut für Bautechnik, Berlin, zur bauaufsichtlichen Einführung empfohlen worden.

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).

Die Norm DIN 4227 wird folgende Teile umfassen:

- 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
- DIN 4227 Teil 4*) Spannbeton; Bauteile aus Spannbeton
- DIN 4227 Teil 5 Spannbeton; Einpressen von Zementmörtel in Spannbeton
- DIN 4227 Teil 6*) Spannbeton; Bauteile mit Vorspannung ohne Verbund

Inhalt

	Seite		Seite
1 Allgemeines	2	7 Rechengrundlagen	8
1.1 Geltungsbereich, Zweck	2	7.1 Erforderliche Nachweise	8
1.2 Begriffe	2	7.2 Formänderung des Betonstahles und des Spannstahles	9
2 Mitgeltende Normen und Unterlagen	3	7.3 Formänderung des Betons	9
2.1 Normen und Richtlinien	3	7.4 Mitwirkung des Betons in der Zugzone	9
2.2 Bauaufsichtliche Zulassungen, Zustimmungen	3	7.5 Nachträglich ergänzte Querschnitte	9
2.3 Bautechnische Unterlagen, Bauleitung und Personal	3	7.6 Stützmomente	9
3 Baustoffe	4	8 Zeitabhängiges Verformungsverhalten von Stahl und Beton	9
3.1 Beton	4	8.1 Begriffe und Anwendungsbereich	9
3.2 Spannstahl	4	8.2 Spannstahl	9
3.3 Hüllrohre	4	8.3 Kriechzahl des Betons	9
3.4 Einpreßmörtel	4	8.4 Schwindmaß des Betons	9
4 Nachweis der Güte der Baustoffe	4	8.5 Wirksame Körperdicke	11
5 Aufbringen der Vorspannung	5	8.6 Wirksames Betonalter	11
5.1 Zeitpunkt des Vorspannens	5	8.7 Berücksichtigung der Auswirkung von Kriechen und Schwinden des Betons	11
5.2 Vorrichtungen für das Spannen	5	9 Gebrauchszustand, ungünstigste Laststellung, Sonderlastfälle bei Fertigteilen	11
5.3 Verfahren und Messungen beim Spannen	5	9.1 Allgemeines	11
6 Grundsätze für die bauliche Durchbildung und Bauausführung	5	9.2 Zusammenstellung der Beanspruchungen	11
6.1 Bewehrung aus Betonstahl	5	9.3 Lastzusammenstellungen	13
6.2 Spannglieder	5	9.4 Sonderlastfälle bei Fertigteilen	13
6.3 Schweißen	6	10 Rissebeschränkung	13
6.4 Einbau der Hüllrohre	6	10.1 Zulässigkeit von Zugspannungen	13
6.5 Herstellung, Lagerung und Einbau der Spannglieder	6	10.2 Nachweis zur Beschränkung der Rißbreite	13
6.6 Herstellen des nachträglichen Verbundes	8	10.3 Arbeitsfugen annähernd rechtwinklig zur Tragrichtung	14
6.7 Mindestbewehrung	8	10.4 Arbeitsfugen mit Spanngliedkopplungen	14
6.8 Beschränkung von Temperatur- und Schwindrissen	8		

*) Z. Z. noch Entwurf

Fortsetzung Seite 2 bis 25

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

	Seite
11 Nachweis für den rechnerischen Bruchzustand bei Biegung, bei Biegung mit Längskraft und bei Längskraft	15
11.1 Rechnerischer Bruchzustand und Sicherheitsbeiwerte	15
11.2 Grundlagen	15
11.3 Nachweis bei Lastfällen vor Herstellen des Verbundes	16
12 Schiefe Hauptspannungen und Schubdeckung	16
12.1 Allgemeines	16
12.2 Spannungsnachweise im Gebrauchszustand	17
12.3 Spannungsnachweise im rechnerischen Bruchzustand	17
12.4 Bemessung der Schubbewehrung	18
12.5 Indirekte Lagerung	18
12.6 Eintragung der Vorspannung	18
12.7 Nachträglich ergänzte Querschnitte	19
12.8 Arbeitsfugen mit Kopplungen	19
12.9 Durchstanzen	19
13 Nachweis der Beanspruchung des Verbundes zwischen Spannglied und Beton	19

	Seite
14 Verankerung und Kopplung der Spannglieder, Zugkraftdeckung	19
14.1 Allgemeines	19
14.2 Verankerung durch Verbund	20
14.3 Nachweis der Zugkraftdeckung	20
14.4 Verankerungen innerhalb des Tragwerks	20
15 Zulässige Spannungen	21
15.1 Allgemeines	21
15.2 Zulässige Spannung bei Teilflächenbelastung	21
15.3 Zulässige Druckspannungen in der vorgedrückten Zugzone	21
15.4 Zulässige Spannungen in Spanngliedern mit Dehnungsbehinderung (Reibung)	21
15.5 Zulässige Betonzugspannungen für die Beförderungszustände bei Fertigteilen	21
15.6 Querbiegezugspannungen in Querschnitten, die nach DIN 1045 bemessen werden	21
15.7 Zulässige Stahlspannungen in Spanngliedern	21
15.8 Gekrümmte Spannglieder	21
15.9 Nachweise bei nicht vorwiegend ruhender Belastung	21

Entwurf und Ausführung von baulichen Anlagen und Bauteilen aus Spannbeton erfordern eine gründliche Kenntnis und Erfahrung in dieser Bauart. Deshalb dürfen nur solche Ingenieure und Unternehmer damit betraut werden, die diese Kenntnis und Erfahrung haben, besonders zuverlässig sind und Gewähr dafür bieten, daß derartige Bauwerke einwandfrei bemessen und ausgeführt werden.

1 Allgemeines

1.1 Geltungsbereich, 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 liegen.
- (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, z. Z. noch Entwurf.

²⁾ Vorspannung ohne Verbund im Endzustand siehe DIN 4227 Teil 6, z. Z. noch Entwurf.

2 Mitgeltende Normen und Unterlagen

2.1 Normen und Richtlinien

- (1) Für Spannbetonbauteile gelten, soweit in den nachfolgenden Abschnitten nichts anderes bestimmt wird:

DIN 488 Teil 1	Betonstahl; Begriffe, Eigenschaften, Werkkennzeichen
DIN 488 Teil 3	Betonstahl; Betonstabstahl, Prüfungen
DIN 488 Teil 4	Betonstahl; Betonstahlmatten, Aufbau
DIN 1045	Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung
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 nicht schwingungsanfälliger Bauwerke
DIN 1055 Teil 5	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten; Schneelast und Eislast
DIN 1055 Teil 6	Lastannahmen für Bauten; Lasten in Silozellen
DIN 1072	Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen
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
DIN 1164 Teil 1	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Begriffe, Bestandteile, Anforderungen, Lieferung
DIN 1164 Teil 2	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Überwachung (Güteüberwachung)
DIN 1164 Teil 3	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Bestimmung der Zusammensetzung
DIN 1164 Teil 4	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Bestimmung der Mahlfeinheit
DIN 1164 Teil 5	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Bestimmung der Erstarrungszeiten mit dem Nadelgerät
DIN 1164 Teil 6	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Bestimmung der Raumbeständigkeit mit dem Kochversuch
DIN 1164 Teil 7	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Bestimmung der Festigkeit
DIN 1164 Teil 8	Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Bestimmung der Hydratationswärme mit dem Lösungskalorimeter
DIN 4099 Teil 1	Schweißen von Betonstahl; Anforderungen und Prüfungen

DIN 4099 Teil 2 (Vornorm) Schweißen von Betonstahl; Widerstands-Punktschweißungen an Betonstählen in Werken, Ausführung und Überwachung

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; Einreihung in die Begriffe

DIN 4102 Teil 5 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Feuerschutzabschlüsse, Abschlüsse in Fahrschachtwänden und gegen Feuer widerstandsfähige 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 1 Zuschlag für Beton; Zuschlag mit dichtem Gefüge, Begriffe, Bezeichnung, Anforderungen und Überwachung

DIN 4226 Teil 2 Zuschlag für Beton; Zuschlag mit porigem Gefüge (Leichtzuschlag), Begriffe, Bezeichnung, Anforderungen und Überwachung

DIN 4226 Teil 3 Zuschlag für Beton; Prüfung von Zuschlag mit dichtem oder porigem Gefüge

DIN 4227 Teil 5 Spannbeton; Einpressen von Zementmörtel in Spannkannäle

DIN 18 553 (z. Z. noch Entwurf) Hüllrohre für Spannglieder

Richtlinien für die Bemessung und Ausführung massiver Brücken (vorläufiger Ersatz für DIN 1075)

Richtlinien für die Bemessung und Ausführung von Stahlverbundträgern (vorläufiger Ersatz für DIN 1078 und DIN 4239)

Richtlinien für die Bemessung und Ausführung von Spannbeton-Masten (vorläufiger Ersatz für DIN 4228)

2.2 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.

2.3 Bautechnische Unterlagen, Bauleitung und Fachpersonal

2.3.1 Bautechnische Unterlagen

Zu den bautechnischen Unterlagen gehören außer dem nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitte 3 bis 5 Geforderten noch Angaben über Grad, Zeitpunkt und Art der Vorspannung, das Herstellungsverfahren sowie das Spannprogramm.

2.3.2 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

- (1) **3.1.1 Bei Vorspannung mit nachträglichem Verbund** ist Beton der Festigkeitsklassen B 25 bis B 55 nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitt 6.5 zu verwenden.
- (2) Bei üblichen Hochbauten (Definition nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitt 2.2.4) darf für die nachträgliche Ergänzung vorgespannter Fertigteile auch Ort beton 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. Wo nicht ausgeschlossen werden kann, daß sich Beton und Spannstahl berühren (z. B. bei Fächerverankerungen), gelten für den Zuschlag von Beton die Regelungen von Abschnitt 3.1.2.
- (4) **Betonzusatzmittel** dürfen nur verwendet werden, wenn für sie ein Prüfbescheid (Prüfzeichen) erteilt ist, in dem die Anwendung für Spannbeton geregelt ist.
- (1) **3.1.2 Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund** gelten die Festlegungen von Abschnitt 3.1.1; jedoch muß der Beton mindestens der Festigkeitsklasse B 35 entsprechen. Dabei ist nur werkmäßige Herstellung nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitt 5.3 zulässig.
- (2) Es darf nur solcher **Betonzuschlag** verwendet werden, dessen Gehalt an wasserlöslichem Chlorid (berechnet als Chlor) 0,02 Masse-% (bisher Gew.-%) nicht überschreitet (nach DIN 4226 Teil 1).

- (3) Alle **Zemente** nach DIN 1164 der Festigkeitsklassen Z 45 und Z 55 sowie Portland- und Eisenportlandzement der Festigkeitsklasse Z 35 F dürfen verwendet werden.
- (4) **Betonzusatzstoffe** dürfen nicht verwendet werden.

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 553⁹⁾ 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, Ausgabe Dezember 1978, 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 gilt DIN 1084.
- (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.

⁹⁾ Z. Z. noch Entwurf

Tabelle 1. **Eigenüberwachung**

	1	2	3	4
	Prüfgegenstand	Prüfart	Anforderungen	Häufigkeit
1 a	Spannstahl	Überprüfung der Lieferung nach Sorte und Durchmesser gemäß Zulassung	Kennzeichnung; Nachweis der Güteüberwachung; keine Beschädigung; kein unzulässiger Rostanfall	Jede Lieferung
1 b		Überprüfung der Transportfahrzeuge	Abgedeckte trockene Ladung; keine Verunreinigungen	Jede Lieferung
1 c		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 lt. Spannprogramm (siehe Abschnitt 5.3)	Einhalten des Spannprogramms	Jeder Spannvorgang
6	Einpreßarbeiten	Überprüfung des Einpressens	Einhalten von DIN 4227 Teil 5	Jedes Spannglied

- (4) Über die Lieferung des Spannstahls 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 Erhärtungsprüfung nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitt 7.4.4 nachgewiesen ist, daß die Würfeldruckfestigkeit β_{Wm} mindestens die Werte der Tabelle 2 Spalte 3 erreicht hat.
- (2) Eine frühzeitige Teilvorspannung (z. B. zur Vermeidung von Schwind- und Temperaturrissen) ist zu empfehlen. Durch Erhärtungsprüfung ist dann nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, 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 Spannkraften 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 Erhärtungsprüfung festgestellte Würfeldruckfestigkeit zwischen den Werten nach Spalten 2 und 3, so darf die zulässige Teilspannkraft linear interpoliert werden.

Tabelle 2. Mindestbetonfestigkeiten beim Vorspannen

	1	2	3
	Zugeordnete Festigkeitsklasse	Würfeldruckfestigkeit β_{Wm} beim Teilvorspannen 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

Definition:
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 prüfkalibrierten 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 Anzeigegenauigkeit im Bereich der endgültigen Vorspannkraft um mehr als $\pm 5\%$ 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 Teilvorspannung 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 durchgeführten 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 gelten die Abschnitte 13 und 18 von DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978.
- (2) **Druckbeanspruchte Bewehrungsstäbe** in der äußeren Lage sind je m² 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 β_{WN} überschritten wird. Die Sicherung kann bei höchstens 14 mm dicken Längsstäben entfallen, wenn die Betondeckung mindestens gleich der doppelten Stabdicken ist. Eine statisch erforderliche Druckbewehrung ist nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitt 25.2.2.2 zu verbügeln.

6.2 Spannglieder

6.2.1 Die Betondeckung von Hüllrohren für Spannglieder muß mindestens 3,0 cm betragen.

6.2.2 Der lichte Abstand der Hüllrohre muß mindestens gleich dem 0,8fachen Hüllrohr-Innendurchmesser sein; er darf 2,5 cm nicht unterschreiten.

- (1) **6.2.3 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 Größtwert ist maßgebend.
- (2) Der Korrosionsschutz ist im allgemeinen gewährleistet, wenn für die Spannglieder die Mindestmaße der Betondeckung nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, Tabelle 10 Spalte 6 um 1,0 cm erhöht werden.
- (3) In den folgenden Fällen genügt es, für die Spannglieder die Mindestmaße der Betondeckung nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, Tabelle 10 Spalte 6 um 0,5 cm zu erhöhen:
- bei Platten, Schalen und Faltenwerken, wenn die Spannglieder innerhalb der Betondeckung nicht von Betonstahlbewehrung gekreuzt werden,
 - an den Stellen der Fertigteile, an die mindestens eine 2,0 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 $d_v \leq 12$ mm sowie nicht runder ge-

ripter Einzeldrähte mit $d_v \leq 8$ mm gelten folgende Mindestbetondeckungen:

- $c = 1,5 d_v$ bei profilierten Drähten und bei Litzen (1)
aus glatten Einzeldrähten
 $c = 2,5 d_v$ bei gerippten Drähten (2)

Darin ist für d_v zu setzen:

- a) bei Runddrähten der Spanndrahtdurchmesser
b) bei nicht runden Drähten der Vergleichsdurchmesser eines Runddrahtes gleicher Querschnittsfläche
c) bei Litzen der Nenndurchmesser.

- (1) **6.2.4 Der lichte Abstand der Spannglieder bei Vorspannung mit sofortigem Verbund** muß größer als die Korngröße des überwiegenden Teiles des Zuschlages 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 $d_v \leq 10$ mm die lichten Abstände der einzelnen Spannglieder bis auf 1,0 cm verringert werden, wenn die Gesamtzahl in einer Lage nicht größer ist als bei gleichmäßiger Verteilung zulässig.

6.2.5 Zwischen Spanngliedern und **verzinkten Einbauteilen** muß mindestens 2,0 cm Beton vorhanden sein; außerdem darf keine metallische Verbindung bestehen.

6.2.6 Mindestanzahl

- (1) **6.2.6.1** In der vorgedrückten Zugzone tragender Spannbetonbauteile muß die Anzahl der Spannglieder bzw. bei Verwendung von Bündelspanngliedern die Gesamtanzahl der Drähte oder Stäbe mindestens den Werten der Spalte 2 der Tabelle 3 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 entsprechend Abschnitt 6.2.6.2 zu führen.

Tabelle 3. Anzahl der Spannglieder

	1	2	3
	Art der Spannglieder	Mindestanzahl nach Abschnitt 6.2.6.1	Anzahl der rechnerisch ausfallenden Stäbe bzw. Drähte *)
1	Einzelstäbe bzw. -drähte	3	1
2	Stäbe bzw. Drähte bei Bündelspanngliedern	7	3
3	7dräftige Litzen; Einzeldrahtdurchmesser $d_v \geq 4$ mm **)	1	—

*) Bei Verwendung von Stäben bzw. Drähten unterschiedlicher Querschnitte sind die jeweils dicksten Stäbe bzw. Drähte in Ansatz zu bringen.

**) Werden in Ausnahmefällen Litzen mit geringerem Drahtdurchmesser verwendet, so beträgt die Mindestanzahl 2.

- (1) **6.2.6.2** Eine Unterschreitung der Werte 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 Beanspruchungen aus 1,0-fachen 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 $\gamma = 1,75$ jeweils $\gamma = 1,0$ gesetzt werden darf.
- (2) Tragreserven, z. B. aus Queraustragung 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, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitt 17.2.2 genannten Sicherheitsbeiwerte einheitlich $\gamma = 1,0$ gesetzt werden. Bei der Bemessung für Querkraft und Torsion dürfen dabei die Grundwerte der Schubspannung nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitt 17.5 auf das 1,75fache vergrößert werden.

6.3 Schweißen

- (1) Für das Schweißen von Betonstahl gilt DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, 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

Hüllrohre dürfen keine Knicke, Eindrückungen oder andere Beschädigungen haben, die den Spann- oder Einpreßvorgang behindern. Hüllrohrstöße sind 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 im Zeitraum 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) Der Zeitraum 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 Zeiträume sind unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten zu beurteilen.

- (2) Wenn das Eindringen und Ansammeln von Feuchtigkeit (auch Kondenswasser) vermieden wird, dürfen ohne besonderen Nachweis folgende Zeiträume als unschädlich für den Spannstahl angesehen werden:

zwischen dem Herstellen des Spanngliedes und dem Einpressen bis zu 12 Wochen,
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 Spannkäule 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 gemäß 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:
- **Lieferscheine** mit Angabe von Bauvorhaben, Spanngliedertyp, 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 für die Zubehörteile mit Angabe der hierfür fremdüberwachenden Stelle.

Tabelle 4. Mindestbewehrung je m

	1	2	3	4	5
		Platten oder breite Balken ($b_0 > d_0$)		Balken mit $b_0 \leq d_0$ Stege von Plattenbalken	
		Für alle Bauteile außer solchen von Brücken und ver- gleichbaren Bau- werken	Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken	Für alle Bauteile außer solchen von Brücken und ver- gleichbaren Bau- werken	Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken
1	Bewehrung an der Ober- und Unterseite (jede der 4 Lagen), siehe auch Abschnitt 6.7.2	$0,5 \mu d$	$1,0 \mu d$	—	—
2a	Längsbewehrung bei Balken an jeder Seiten- fläche, bei Platten an jedem gestützten oder nicht gestützten Rand	$0,5 \mu d$	$1,0 \mu d$	$0,5 \mu b_0$	$1,0 \mu b_0$
2b	Längsbewehrung oben und unten	—	—	je Längeneinheit des Umfangs ent- sprechend Zeile 2a	$1,0 \mu d_0$
3	Lotrechte Bewehrung an jedem gestützten oder nicht gestützten Rand (siehe auch DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitt 18.9.1)	$1,0 \mu d$	$1,0 \mu d$	—	—
4	Schubbewehrung für Scheibenschub (Summe der Lagen)	a) $1,0 \mu d$ (in Quer- richtung vorge- spannt) b) $2,0 \mu d$ (in Quer- richtung nicht vorgespannt)	$2,0 \mu d$	—	—
5	Schubbewehrung von Balkenstegen (Summe der Bügel)	$2 \mu b_0$ (nur bei breiten Balken, wenn σ_I größer ist als die Werte der Tabelle 9 Zeile 51)		$2 \mu b_0$	$2 \mu b_0$

Die Werte für μ sind der Tabelle 5 zu entnehmen.
 b_0 Stegbreite in Höhe der Schwerlinie des gesamten Querschnittes, bei Hohlplatten mit annähernd kreisförmiger Ausparung die kleinste Stegbreite

- (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 Spannkanaäle erfordert besondere Sorgfalt.
- (2) Es gilt DIN 4227 Teil 5. Es muß sichergestellt sein, daß die Spannglieder mit Zementmörtel umhüllt sind.
- (3) Das Einpressen in jeden einzelnen Spannkanaal 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 gemäß den nachstehenden Grundsätzen anzuordnen. Dabei sollen die Stababstände 20 cm nicht überschreiten. Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund dürfen die Spanndrähte als BSt 420/500 auf die Mindestbewehrung angerechnet werden. In jedem Querschnitt ist nur der Größtwert von Oberflächen- oder Längs- oder Schubbewehrung maßgebend. Eine Addition der verschiedenen Arten von Mindestbewehrung ist nicht erforderlich.
- (2) Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken (das sind Bauwerke im Freien unter nicht vorwiegend ruhender Belastung) dürfen die Bewehrungsstäbe bei Verwendung von BSt 220/340 den Stabdurchmesser 10 mm, bei BSt 420/500 den Stabdurchmesser 8 mm und bei geschweißten Betonstahlmatten 500/550 RK den Stabdurchmesser 6 mm bei 150 mm Maschenweite nicht unterschreiten.

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 Zeile 1 bestehen. Die einzelnen Bewehrungen können in mehrere oberflächennahe Lagen aufgeteilt werden.
- (2) Abweichend davon ist bei statisch bestimmt gelagerten Platten des üblichen Hochbaues (nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, 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

	1	2	3	4
	Vorgesehene Betonfestigkeitsklasse	BSt 220/340	BSt 420/500	BSt 500/550
1	B 25	0,13 %	0,07 %	0,06 %
2	B 35	0,17 %	0,09 %	0,08 %
3	B 45	0,19 %	0,10 %	0,09 %
4	B 55	0,21 %	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 Zeilen 2a und 2b.

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 – 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 MN/m^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 MN/m^2 für BSt 420/500 bzw. BSt 500/550 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 $(2 d_0 + l_0)$ von der Lagerachse enden (d_0 Balkendicke; l_0 Grundmaß der Verankerungslänge nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, 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 Teilvorspannung, Kühlen des erhärtenden Betons durch eingebaute Kühlrohre, Schutz des warmen Betons vor zu rascher Abkühlung).
- (2) Auch beim abschnittswisen Betonieren (z. B. Bodenplatte – Stege – Fahrbahnplatte bei einer Brücke) können Maßnahmen gegen Risse infolge von Temperaturunterschieden oder Schwinden erforderlich werden.

7 Rechengrundlagen

7.1 Erforderliche Nachweise

Es sind folgende Nachweise zu erbringen:

- a) 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.
- b) Der Nachweis zur Beschränkung der Rißbreite nach Abschnitt 10.
- c) Der Nachweis der Sicherheit gegen Versagen nach Abschnitt 11 (rechnerischer Bruchzustand).
- d) Der Nachweis der schiefen Hauptspannungen und der Schubdeckung nach Abschnitt 12.
- e) Der Nachweis der Beanspruchung des Verbundes nach Abschnitt 13.
- f) Der Nachweis der Zugkraftdeckung sowie der Verankerung und Kopplung der Spannglieder nach den Abschnitten 14 und 15.9.