

# MINISTERIALBLATT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

Ausgabe A

26. Jahrgang

Ausgegeben zu Düsseldorf am 28. September 1973

Nummer 88

## NACHRUF

Am 18. September 1973 verstarb nach längerem, schwerem Leiden

Herr Staatssekretär a. D.

### Dr. Wilhelm Rombach

Träger des Großen Verdienstkreuzes mit Stern und Schulterband  
des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland,  
Inhaber des Komturkreuzes mit dem großen Stern  
des päpstlichen Gregoriusordens,  
Ehrensenator der Rheinisch-Westfälischen Technischen  
Hochschule zu Aachen.

Herr Staatssekretär a. D. Dr. Wilhelm Rombach wurde im Jahre 1884 zu Roetgen bei Monschau geboren. Nach Ablegung der juristischen Staatsexamen und seiner Promotion ging er zunächst in den höheren Justizdienst. Von 1920 bis 1923 war er als Landrat in Düren, daran anschließend als Regierungspräsident in Aachen tätig. Im Jahre 1928 wählte ihn der Rat der Stadt Aachen zum Oberbürgermeister. Im Zuge der politischen Verfolgung entthoben die nationalsozialistischen Machthaber ihn im Jahre 1933 seines Amtes. Nach dem Zusammenbruch 1945 wurde er vorübergehend wieder als Oberbürgermeister der Stadt Aachen eingesetzt. Von 1948 bis zum Eintritt in den Ruhestand im Jahre 1952 wirkte Staatssekretär Dr. Rombach im Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen als ständiger Vertreter des Ministers.

Tatkraft, hohe Pflichterfüllung, aufrechte Gesinnung und soziales Verständnis kennzeichneten den beruflichen Werdegang des Verstorbenen. Auch in Zeiten politischer Verfolgung trat er unerschrocken für den demokratischen Rechtsstaat ein. Während seiner Amtszeit im Innenministerium erwarb er sich aufgrund seines großen fachlichen Könnens und seiner reichen Erfahrungen bleibende Verdienste um den Wiederaufbau der Landesverwaltung. Über seine beruflichen Verpflichtungen hinaus widmete er sich mit starkem persönlichem Einsatz der sozialen Fürsorge für Körperbehinderte und Kranke. Durch sein Vorbild, seine vornehme Bescheidenheit und menschliche Güte wurde ihm in besonderem Maße das Vertrauen seiner Vorgesetzten und Mitarbeiter zuteil. Das Land Nordrhein-Westfalen gedenkt in tiefer Verehrung dieses um das öffentliche Wohl hochverdienten Beamten.

Der Innenminister  
des Landes Nordrhein-Westfalen

WILLI WEYER

## Inhalt

## I.

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

Glied.-Nr.	Datum	Titel	Seite
232342	4. 9. 1973	RdErl. d. Innenministers Spannbeton . . . . .	1463
232342	5. 9. 1973	RdErl. d. Innenministers Spannbeton; Weitere übergangsweise Anwendung bisher geltender Bestimmungen im Spannbetonbau . . .	1487
232342	5. 9. 1973	RdErl. d. Innenministers Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle . . . . .	1487

## II.

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

Datum	Hinweise	Seite
	<u>Inhalt des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen</u>	
Nr. 48 v. 31.8.1973 . . . . .		1495
Nr. 49 v. 6.9.1973 . . . . .		1495
Nr. 50 v. 18.9.1973 . . . . .		1495
	<u>Inhalt des Gemeinsamen Amtsblattes des Kultusministeriums und des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen</u>	
Nr. 8 – August 1973 . . . . .		1496

**I.****232342****Spannbeton**

RdErl. d. Innenministers v. 4. 9. 1973 – V B 2 – 461.100

- 1.** Die vom Deutschen Ausschuß für Stahlbeton im Fachnormenausschuß Bauwesen des Deutschen Normenausschusses aufgestellten

**Richtlinien für Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauteilen (Fassung Juni 1973)**

werden nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NW) als Richtlinie bauaufsichtlich eingeführt.

Die „Richtlinien“ werden als Anlage bekanntgemacht.

Die „Richtlinien“ ersetzen die Norm DIN 4227 (Ausgabe Oktober 1953) – Spannbeton; Richtlinien für die Bemessung und Ausführung –, die mit RdErl. d. Ministers für Wiederaufbau v. 12. 3. 1955 (MBI. NW. S. 577/SMBI. NW. 232342) bauaufsichtlich eingeführt worden ist.

Die „Richtlinien für Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauteilen“ dürfen nicht zusammen mit DIN 4227, Ausgabe Okt. 1953, DIN 1045, Ausgabe Nov. 1959, und sich auf diese Normen beziehende technische Baubestimmungen am selben Bauteil oder bei verschiedenen Bauteilen angewendet werden, deren Schnittgrößen sich wechselseitig beeinflussen<sup>1)</sup>.

- 2.** Bei der Anwendung der „Richtlinien für Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauteilen“, Fassung Juni 1973, ist folgendes zu beachten:

- 2.1** Der RdErl. v. 10. 2. 1972 (MBI. NW. S. 220/SMBI. NW. 232342), mit dem die Norm DIN 1045 – Beton- und Stahlbetonbau; Bemessung und Ausführung – (Ausgabe Januar 1972) bauaufsichtlich eingeführt worden ist, gilt sinngemäß.

- 2.2** Zu Abschnitt 2 – mitgeltende Bestimmungen und Bauvorlagen –

- 2.2.1** Als vorläufiger Ersatz des Normblattes DIN 1075 – Massive Brücken; Berechnungsgrundlagen – (Ausgabe 4.55 xx), bauaufsichtlich eingeführt mit RdErl. d. Ministers für Wiederaufbau v. 22. 1. 1957 (MBI. NW. S. 417/SMBI. NW. 23235), sind bei Brücken die „Richtlinien für die Bemessung und Ausführung massiver Brücken unter Berücksichtigung von DIN 1045 Ausgabe Januar 1972“, – Fassung August 1973 – (bauaufsichtliche Einführung in Vorbereitung) anzuwenden.

- 2.2.2** Als vorläufiger Ersatz der Norm DIN 1078 – Verbundträger-Straßenbrücken – (Ausgabe 9.55), bauaufsichtlich eingeführt mit RdErl. d. Ministers für Wiederaufbau v. 22. 1. 1957 (MBI. NW. S. 443/SMBI. NW. 23235), sind bei Verbundträger-Straßenbrücken die Richtlinien für die Bemessung und Ausführung von Stahlverbundträgern unter Berücksichtigung von DIN 1045 Ausgabe Januar 1972, (bauaufsichtliche Einführung in Vorbereitung) anzuwenden.

- 2.2.3** Zu Abschnitt 2.2  
Neue Baustoffe, Bauteile und Bauarten dürfen nur verwendet oder angewendet werden, wenn ihre Brauchbarkeit nach § 23 BauO NW nachgewiesen ist.  
Dies gilt auch für:

- a) Spannstahl,
- b) die Verankerung der Spannstähle durch Verbund (Vorspannung mit sofortigem Verbund),
- c) Spannverfahren,
- d) vorgespannten Leichtbeton.

Auf Nr. 2.5.1 wird ergänzend hingewiesen.

**2.2.4 Zu Abschnitt 2.3**

- 2.2.4.1** Die in Abschnitt 2.3 genannten bautechnischen Unterlagen sind nach § 1 Abs. 5 der Ersten Durchführungsverordnung zur BauO NW vom 26. Mai 1970 (GV. NW. S. 410/SVG. 232) als Bauvorlagen zu fordern. In der Baugenehmigung ist die Anzeige des Zeitpunkts der Vorspannung nach Abschnitt 2.3 der Richtlinien zu fordern.

- 2.2.4.2** Als statisch schwierige bauliche Anlagen und Bauteile besonderer Art gemäß Nr. 2.2., 2. Absatz der Durchführungsbestimmungen zur PrüfingVO, Anlage zum RdErl. v. 18. 6. 1963 (SMBI. NW. 2322) gelten Bauten bzw. Bauteile aus Spannbeton, soweit es sich hierbei um Tragwerke entsprechend Ziff. 2.2.3 meines RdErl. v. 10. 2. 1972 (MBI. NW. S. 220/SMBI. NW. 232342) handelt.

- 2.3** Zu Abschnitt 4 – Nachweis der Güte der Baustoffe – Über die Lieferung des Spannstahls ist anhand der vom Lieferwerk angebrachten Anhänger Buch zu führen. Bei verschiedenen Lieferungen ist außerdem festzuhalten, in welche Bauteile das Material der jeweiligen Lieferung eingebaut wurde. Diese Aufzeichnungen sind bei Ort betonbauten vom Unternehmer durchzuführen und mit den Lieferzeugnissen zu den Bauakten zu nehmen.

Bei werkmäßiger Fertigung sind die Bestimmungen der Norm DIN 1084 (bauaufsichtlich eingeführt mit RdErl. v. 21. 3. 1972 – MBI. NW. S. 1816/SMBI. NW. 232313) zu beachten, zusätzlich sind im Rahmen der Eigenüberwachungen die in Tabelle 1 der „Richtlinien“ angegebenen Prüfungen durchzuführen.

- 2.4** Zu Abschnitt 5 – Aufbringen der Vorspannung – Die nach Abschnitt 5.3 auszuführenden Messungen müssen mindestens Spannkraft und Spannweg umfassen. Bei werkmäßiger Fertigung gelten diese Messungen als Bestandteil der Eigenüberwachung nach DIN 1084. Bei Abweichungen von der Sollspannkraft dürfen die zulässigen Spannungen nach Tabelle 6 Zeile 64 nicht überschritten werden. Die Spannprotokolle einschließlich des nach Abschnitt 6.6 erforderlichen Vermerks über das ordnungsgemäße Einpressen von Zementmörtel in die Spannkanäle sind zu den Bauakten zu nehmen.

Bei Anzeige der in Abschnitt 5.3 genannten prozentualen Abweichungen von der Sollspannkraft und vom Sollspannweg ist zunächst die Ursache der Abweichungen – erforderlichenfalls unter Hinzuziehung geeigneter Gutachter – festzustellen und vom Unternehmer ein Nachweis über die Auswirkungen der Abweichungen zu fordern. Hiernach sind die zu treffenden Maßnahmen im Einzelfall festzulegen.

- 2.5** Zu Abschnitt 6 – Grundsätze für die bauliche Durchbildung und Bauausführung –

**2.5.1 Zu Abschnitt 6.2.3 und Abschnitt 6.2.4**

- Soweit die Mindestbetondeckung und der gegenseitige Mindestabstand der Spanndrähte durch Versuche nachzuweisen sind, bedürfen entsprechende Festlegungen der Zustimmung im Einzelfall nach § 23 BauO NW, sofern sie nicht allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen entnommen werden können.

**Zu Abschnitt 6.5**

Die Korrosionsschutzmaßnahmen sind im Einvernehmen mit der Bauaufsichtsbehörde festzulegen, sobald erkennbar wird, daß der Zeitraum zwischen dem Verlegen der Spannglieder und der Herstellung des Verbundes 6 Wochen überschreiten kann. Erforderlichenfalls sind Sachverständige einzuschalten.

**Zu Abschnitt 15 – Zulässige Spannungen –**

Volle Vorspannung ist außer bei Eisenbahnbrücken auch bei Bauteilen anzuwenden, die den vollen rechnerischen Verkehrslasten in häufiger Folge ausgesetzt werden, wie es z. B. bei Kranbahnen und bei Brücken unter anderen Schienenfahrzeugen der Fall sein kann.

<sup>1)</sup> Ausnahmen und die weitere übergangsweise Anwendung der Norm DIN 4227, Ausgabe Oktober 1953, und sich auf diese Norm beziehende technische Baubestimmungen regelt der RdErl. v. 5. 9. 1973 (MBI. NW. S. 1487/SMBI. NW. 232342).

3. Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen, Anlage zum RdErl. v. 17. 4. 1972 (SMBI. NW. 2323), ist in Abschnitt 5.3 wie folgt zu ändern:

3.1 Es ist zu streichen:

DIN	Ausgabe	Bezeichnung	Eingeführt			Weitere Erlasse	Bemerkungen
			als*)	durch RdErl. v.	Fundstelle		
1	2	3	4	5	6	7	8
4227	Oktober 1953	Spannbeton; Richtlinien für Bemessung und Ausführung	R	12. 3. 1955	MBI. NW. S. 577 SMBI. NW. 232342	Verwendung von Spannstählen für Zugglieder von Stahlbetonbauteilen: RdErl. v. 11. 3. 1960 (MBI. NW. S. 729/ SMBI. NW. 232342)  Korrosionsschutz bei Spannbeton- und Stahlbetonbauteilen: RdErl. v. 12. 4. 1967 (MBI. NW. S. 571/ SMBI. NW. 232342)	

3.2 Dafür ist zu setzen:

Spalte 2: Juni 1973

Spalte 3: Richtlinien für Bemessung und Ausführung  
von Spannbetonbauteilen unter Berücksichtigung von DIN 1045, Ausgabe Januar 1972

Spalte 4: R

Spalte 5: 4. 9. 1973

Spalte 6: MBI. NW. S. 1463/SMBI. NW. 232342

Spalte 7: Weitere übergangsweise Anwendung bisher geltender Bestimmungen im Spannbetonbau siehe RdErl. v. 5. 9. 1973 (MBI. NW. S. 1487/SMBI. NW. 232342).

4. Weitere Abdrucke dieser Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton können beim Beuth-Vertrieb GmbH, 1 Berlin 30, 5 Köln, 6 Frankfurt/Main, bezogen werden.

	Inhalt	Anlage
1.	Vorbemerkung	
1.1	Begriffsbestimmung	
1.1.1	Spannbeton	
1.2	Erzeugung der Vorspannung	
1.3	Bezeichnung der Querschnittsteile	
1.4	Grad der Vorspannung	
1.5	Zeitpunkt des Spannens der Spannglieder	
1.6	Art der Verbundwirkung von Spanngliedern	
2.	Mitgliedende Bestimmungen und Bauvorschriften	
2.1	Normen und Richtlinien	
2.2	Bauaufsichtliche Zulassungen, Zustimmungen	
2.3	Bautechnische Unterlagen, Bauleitung und Personal	
3.	Baustoffe	
3.1	Beton	
3.2	Spannstahl	
3.3	Betonstahl	
3.4	Hüllrohre	
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	Schlaffe Bewehrung	
6.1.1	Allgemeines	
6.1.2	Druckbeanspruchte Bewehrungsstäbe	
6.2	Betondeckung und gegenseitiger Abstand der Spannbewehrung	
6.3	Schweißung	
6.4	Hüllrohre	
6.5	Einbau und Korrosionsschutz des Spannstahles	
6.6	Herstellung des nachträglichen Verbundes	
6.7	Mindestbewehrung allgemein	
6.7.1	Allgemeines	
6.7.2	Oberflächenbewehrung von Platten	
6.7.3	Längsbewehrung bei Balkenstegen	
6.7.4	Schubbewehrung	
6.8	Mindestbewehrung bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken	
6.8.1	Allgemeines	
6.8.2	Oberflächenbewehrung von Platten	
6.8.3	Längsbewehrung bei Balkenstegen	
6.8.4	Längsbewehrung im Stützenbereich durchlaufender Tragwerke	
6.9	Beschränkung von Temperatur- und SchwindrisSEN	
7.	Rechengrundlagen	
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	DefinitioN und Anwendungsbereich	
8.2	Spannstahl	
8.3	Kriechzahl des Betons	
8.4	Schwindmaß des Betons	
8.5	Wirksame Körpedicke	
8.6	Wirksames Alter	
8.7	Berücksichtigung der Auswirkung von Kriechen und Schwinden des Betons	
8.7.1	Allgemeines	
8.7.2	Berücksichtigung von Belastungsänderungen	
8.7.3	Besonderheiten bei Fertigteilen	
9.	Gebrauchslast, ungünstigste Laststellung	
9.1	Allgemeines	
9.2	Lastfälle	
9.2.1	Vorspannung	
9.3.3	Ständige Last	
9.2.3	Verkehrslast	
9.2.4	Temperatur	
9.2.5	Kriechen und Schwinden	
9.3	Zwangungen aus Baugrubenbewegungen	
	Lastzusammenstellungen	
9.3.1	Zustand unmittelbar nach dem Aufbringen der Vorspannung	
9.3.2	Zustand mit ungünstiger Verkehrslast und teilweisem Kriechen und Schwinden	
9.3.3	Zustand mit ungünstiger Verkehrslast nach Beendigung des Kriechens und Schwindens	
9.4	Sonderlastfälle bei Fertigteilen	
10.	Rissebeschränkung bei Spannbetonbauteilen	
10.1	Zulässigkeit von Zugspannungen	
10.1.1	Bei voller Vorspannung	
10.1.2	Bei beschränkter Vorspannung	
10.2	Aufnahme der Zugkräfte im Beton durch Bewehrung	
10.2.1	Bei anteilmäßiger Durchsetzung der vorgedrückten Zugzone mit im Verbund liegenden Spanngliedern oder bei Betonzugspannungen infolge Längskraft und Biegemoment in der Druckzone	
10.2.2	Bei nicht anteilmäßiger Durchsetzung der vorgedrückten Zugzone mit im Verbund liegenden Spanngliedern	
10.3	Arbeitsfugen annähernd rechtwinklig zur Tragrichtung	
11.	Nachweis unter rechnerischer Bruchlast bei Biegung, Biegung mit Längskraft und Längskraft	
11.1	Rechnerische Bruchlast und Sicherheitsbeiwert	
11.2	Grundlagen	
11.2.1	Allgemeines	
11.2.2	Spannungs-Dehnungslinie des Stahles	
11.2.3	Spannungs-Dehnungslinie des Betons	
11.2.4	Dehnungsdigramm	
11.3	Nachweise bei Vorspannung mit sofortigem Verbund oder mit nachträglichem Verbund	
11.4	Nachweis bei Vorspannung ohne Verbund	
12.	Schiefe Hauptspannungen und Schubdeckung	
12.1	Allgemeines	
12.2	Spannungsnachweise unter Gebrauchslast	
12.3	Spannungsnachweise unter rechnerischer Bruchlast	
12.3.1	Allgemeines	
12.3.2	Spannungsnachweise in Zone a	
12.3.2.1	Schiefe Hauptzugspannungen	
12.3.2.2	Schiefe Hauptdruckspannungen	
12.3.3	Spannungsnachweise in Zone b	
12.4	Bemessung der Schubbewehrung	
12.4.1	Allgemeines	
12.4.2	Schubbewehrung zur Aufnahme der Querkräfte	
12.4.2.1	Zone a	
12.4.2.2	Zone b	
12.4.3	Schubbewehrung zur Aufnahme der Torsionsmomente	
12.5	Indirekte Lagerung	
12.6	Schubdeckung im Bereich der Eintragung der Vorspannung	
12.7	Nachträglich ergänzte Querschnitte	
13.	Nachweis der Beanspruchung des Verbundes zwischen Spannglied und Beton	
14.	Verankerung der Spannglieder	
14.1	Allgemeines	
14.2	Verankerung durch Verbund	
14.3	Nachweis der Zugkraftdeckung	
14.4	Besondere Hinweise für die Lage der Verankerungskörper der Spannglieder	
15.	Zulässige Spannungen	
15.1	Spannungstabelle	
15.2	Zulässige Spannung bei Teilbelastung	
15.3	Zulässige Spannungen in der vorgedrückten Druckzone (vgl. Abschn. 1.3.1)	
15.4	Zulässige Spannungen in Spanngliedern mit Dehnungshindernis (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 beim Vorspannen	
15.8	Gekrümmte Spannglieder	
15.9	Schlaffe Bewehrung bei nicht vorwiegend ruhender Belastung	
15.10	Zulässige Spannungen bei Brücken	

## Vorbemerkung

Entwurf und Ausführung von baulichen Anlagen und Bauteilen aus Spannbeton erfordern eine gründliche Kenntnis und Erfahrung in dieser Bauart. Daher 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. Begriffsbestimmung

#### 1.1 Spannbeton

Spannbetonbauteile sind Bauteile, bei denen der Beton derart vorgespannt ist, daß er unter Gebrauchslast (vgl. Abschn. 9) nicht oder nur begrenzt auf Zug beansprucht wird. Unter Vorspannung wird nur der auf diese Weise erzeugte Spannungszustand verstanden, der nach Abzug aller Spannungen, die aus anderen Lastfällen herühren, verbleibt.

#### 1.2 Erzeugung der Vorspannung

In den meisten Fällen wird die Vorspannung dadurch erzeugt, daß Spannglieder aus Stahl gespannt und in gespanntem Zustand mit dem Beton verbunden werden. Die Vorspannung kann aber auch durch eine zweckmäßige Wahl des Bauvorganges (z. B. durch Vorbelastung) oder dadurch entstehen, daß z. B. von unabhängigen Widerlagern aus mit Pressen Druckkräfte auf das vorzuspannende Bauteil ausgeübt werden.

#### 1.3 Bezeichnung der Querschnittsteile

Bei vorgespannten Bauteilen unterscheidet man:

- die Druckzone,
- die vorgedrückte Zugzone,
- die Spannglieder und
- die schlaffe Bewehrung.

1.3.1 *Druckzone*. In der Druckzone liegen die Querschnittsteile, in denen ohne Vorspannung unter der gegebenen Belastung infolge Längskraft und Biegemoment Druckspannungen entstehen würden. Werden durch die Vorspannung in der Druckzone Druckspannungen erzeugt, so liegt der Sonderfall einer *vorgedrückten Druckzone* vor (vgl. Abschn. 15.3).

1.3.2 *Vorgedrückte Zugzone*. In der vorgedrückten Zugzone liegen die Querschnittsteile in denen unter der gegebenen Belastung infolge Längskraft und Biegemoment ohne Vorspannung Zugspannungen entstehen würden, die durch Vorspannung stark abgemindert oder ganz aufgehoben werden.

1.3.3 *Die Lage der Druckzone bzw. der vorgedrückten Zugzone* in einem betrachteten Querschnitt ist vom jeweiligen Lastfall abhängig.

1.3.4 *Spannglieder* sind Zugglieder aus Spannstahl, die zur Erzeugung der Vorspannung dienen.

1.3.5 Als *schlaffe Bewehrung* werden die nicht vorgespannten Stahleinlagen bezeichnet.

### 1.4 Grad der Vorspannung

Man unterscheidet volle und beschränkte Vorspannung.

1.4.1 Bei *voller Vorspannung* sind im Beton unter Gebrauchslast (vgl. Abschn. 9), mit Ausnahme der in Abschn. 10.1.1 angegebenen Fälle, keine Zugspannungen infolge Längskraft und Biegemoment zulässig.

1.4.2 Bei *beschränkter Vorspannung* sind dagegen unter Gebrauchslast (vgl. Abschn. 9) Zugspannungen infolge Längskraft und Biegemoment im Beton bis zu den in Abschn. 10.1.2 und 15 angegebenen Grenzen zulässig.

### 1.5 Zeitpunkt des Spannens der Spannglieder

Die Spannglieder können vor oder nach dem Erhärten des Betons gespannt werden.

1.5.1 Beim *Spannen vor dem Erhärten des Betons* werden die Spannglieder von festen Punkten (Abstützungen) aus gespannt und dann einbetoniert (Spannen im Spannbett). Nach dem Erhärten des Betons wird die Verbindung der Spannglieder mit diesen Abstützungen gelöst, so daß nunmehr ihre Spannkraft auf den Beton übertragen wird und ihn vorspannt.

1.5.2 Beim *Spannen nach dem Erhärten des Betons* werden die schon erhärteten Betonbauteile als Abstützung benutzt und so beim Spannen der Spannglieder die Vorspannung im Beton erzeugt.

1.5.3 *Nachspannen*. Eine nachträgliche Regulierung der Vorspannung durch Erhöhen der Spannung in den Spanngliedern wird mit *Nachspannen* bezeichnet.

### 1.6 Art der Verbundwirkung von Spanngliedern

Man unterscheidet Vorspannung mit sofortigem Verbund, Vorspannung ohne Verbund und Vorspannung mit nachträglichem Verbund.

1.6.1 Bei *Vorspannung mit sofortigem Verbund* werden die Spannglieder nach dem Spannen im Spannbett oder dgl. so in den Beton eingebettet, daß gleichzeitig mit dem Erhärten des Betons eine Verbundwirkung entsteht.

1.6.2 Bei *Vorspannung ohne Verbund* liegen die Spannglieder außerhalb oder ohne Verbund innerhalb des Betonquerschnittes des vorzuspannenden Bauteiles.

1.6.3 Bei *Vorspannung mit nachträglichem Verbund* wird der Beton zunächst ohne Verbund vorgespannt, später wird aber durch geeignete Maßnahmen (z. B. Einpressen von Mörtel in Hüllohre) für alle nach diesem Zeitpunkt wirksamen Lastfälle eine Verbundwirkung erzeugt.

## 2. Mitgeltende Bestimmungen und Bauvorlagen

### 2.1 Normen und Richtlinien

Für Spannbetonbauteile gelten, soweit nachstehend nichts anderes bestimmt wird:

allgemein:

DIN 1045 Beton- und Stahlbetonbau, Bemessung und Ausführung

DIN 4228 Spannbetonmaste, Richtlinien für Be-messung und Ausführung

DIN 4102 Brandschutz.

sowie die Richtlinien für das Einpressen von Zementmörtel in Spannkanälen

und bei Brücken zusätzlich:

DIN 1075 Massive Brücken, Berechnungsgrund-lagen

DIN 1078 Verbundträger-Straßenbrücken, Richt-linien für die Berechnung und Ausbildung.

## 2.2 Bauaufsichtliche Zulassungen, Zustimmungen

Entsprechend den allgemeinen bauaufsichtlichen Bestim-mungen ist eine Zulassung bzw. eine Zustimmung im Einzelfall unter anderem erforderlich für:

2.2.1 den Spannstahl (vgl. Abschn. 3.2)

2.2.2 das Spannverfahren

2.2.3 die Verwendung von Leichtbeton.

Die Zulassungen müssen auf der Baustelle vorliegen.

## 2.3 Bautechnische Unterlagen, Bauleitung und Perso-nal

In den Bauvorlagen sind außer dem in DIN 1045, Abschn. 3 bis 5 Geforderten noch Grad, Zeitpunkt und Art der Vorspannung nach Abschn. 1.4 bis 1.6 und das Herstellungsverfahren (hierzu gehört auch das Spannpro-gramm) anzugeben und die erforderlichen Zulassungs-bescheide vorzulegen.

Für Bauleitung und Personal gilt sinngemäß DIN 1045, Abschn. 4 und 5.

Bei der Herstellung von Spannbeton dürfen auf Baustel-len und in Werken nur solche Führungskräfte (Bauleiter, Werksleiter) eingesetzt werden, die über ausreichende Erfahrungen und Kenntnisse im Spannbetonbau ver-fügen. Bei der Ausführung von Spannarbeiten muß der hierfür zuständige Fachbauleiter stets anwesend sein.

## 3. Baustoffe

### 3.1 Beton

3.1.1 Bei *Vorspannung mit nachträglichem Verbund* ist Beton der Festigkeitsklassen Bn 250 bis Bn 550 nach DIN 1045, Abschn. 6.5, zu verwenden. Dies gilt auch für die nachträgliche Ergänzung von Querschnitten, wenn sie als mitwirkend in Rechnung gestellt wird (vgl. Abschn. 7.5).

Auf die Einhaltung der Anforderungen an Baustellen für Beton II (Festigkeitsklassen Bn 350, Bn 450, Bn 550) nach DIN 1045, Abschn. 5.22 wird hingewiesen.

Abweichend hiervon darf bei üblichen Hochbauten (Definition siehe DIN 1045, Abschn. 2.2.4) für die nachträgliche Ergänzung vorgespannter Fertigteile auch Ort beton der Festigkeitsklasse Bn 150 verwendet wer-den.

Der Chloridgehalt des Anmachwassers darf  $600 \text{ mg Cl}^-$  je Liter nicht überschreiten. Die Verwendung von Meer-wasser und anderem salzhaltigem Wasser ist unzulässig. Betonzusatzmittel dürfen nur verwendet werden, wenn für sie ein Prüfbescheid (Prüfzeichen) erteilt ist, der die Anwendung für Spannbeton ausdrücklich gestattet.

3.1.2 Bei *Vorspannung mit sofortigem Verbund* gelten die Festlegungen des Abschn. 3.1.1; jedoch muß der Beton\*) mindestens der Festigkeitsklasse Bn 350 ent-sprechen. Dabei ist nur werkmaßige Herstellung nach DIN 1045, Abschn. 5.3 zulässig.

Verwendet werden dürfen alle Zemente nach DIN 1164 der Festigkeitsklassen Z 450 und Z 550, sowie Portland- und Eisenportlandzement der Festigkeitsklasse Z 350 F.

### 3.2 Spannstahl

Spanndrähte müssen mindestens 5,0 mm Durchmesser oder bei nicht runden Querschnitten mindestens  $30 \text{ mm}^2$  Querschnittsfläche haben. Litzen dürfen höchstens aus 7 Drähten bestehen; sie müssen mindestens  $30 \text{ mm}^2$  Querschnittsfläche haben, wobei die einzelnen Drähte mindestens 3 mm Durchmesser auf-weisen müssen. Für Sonderzwecke, z. B. für vorüber-gehend erforderliche Bewehrung oder Spannbetonrohre, sind Einzeldrähte von mindestens 3,0 mm Durchmesser bzw. bei nicht runden Querschnitten von mindestens  $20 \text{ mm}^2$  Querschnittsfläche zulässig.

### 3.3 Betonstahl

Es ist Betonstahl nach DIN 488 zu verwenden.

Abweichend hiervon darf bei feingliedrigen Fertigteilen des Hochbaues mit vorwiegend ruhender Belastung (nicht in Fabriken und Werkstätten mit leichtem Betrieb) und Verkehrslasten  $< 500 \text{ kp/m}^2$  für Bügel und Wendeln zur Aufnahme von Schub- und Spaltzugkräften auch geglätteter Draht entsprechend der Güte eines Betonstahls 22/34 oder gezogener Draht entsprechend der Güte von Betonstahl 42/50 bzw. 50/55 mit Durch-messer  $\geq 3 \text{ mm}$  verwendet werden.

### 3.4 Hüllrohre

Es sind nur geriffelte oder gewellte Rohre bzw. Kanäle zu verwenden; sie müssen ausreichend steif sein (vgl. Abschn. 6.4).

## 4. Nachweis der Güte der Baustoffe

Für den Nachweis der Güte der Baustoffe gilt DIN 1045, Abschn. 7.4. Darüber hinaus sind für den Spannstahl und das Spannverfahren die entsprechenden Abschnitte der Zulassungsbescheide zu beachten. Für die Güteüber-wachung von Beton II auf der Baustelle, von Fertigteilen

\*) Es darf nur solcher Zuschlag verwendet werden, dessen Gehalt an wasserlöslichem Chlorid (berechnet als Chlor) 0,02 Gew.-% nicht überschreitet (vgl. DIN 4226, Blatt 1, Abschn. 7.6.6).

und Transportbeton gilt DIN 1084. Im Rahmen der Eigenüberwachung sind zusätzlich die in Tabelle 1 enthaltenen Prüfungen vorzunehmen.

Tabelle 1

Prüfgegenstand	Prüfart	Anforderungen	Häufigkeit
1	2	3	4
Draht gemäß Abschnitt 3.3, 2. Absatz (bei Fertigteilen)	Feststellung von: Streckgrenze, Zugfestigkeit u. Mindestbruchdehnung	Einhaltung der entsprechenden Werte nach DIN 488	vierteljährlich und bei Wechsel des Stahlherstellers und/oder Lieferers
Spannstahl	Überprüfung der Lieferung nach Güte, Art und Durchmesser gem. Zulassung	Kennzeichnung, Nachweis der Güteüberwachung, keine Beschädigung u. unzulässiger Rostanfall	Jede Lieferung
	Überprüfung der Transportfahrzeuge	Abgedeckte Wagen, keine Verunreinigungen	Jede Lieferung
	-	Trockene, luftige Lagerung, keine Verunreinigung durch korrosionsfördernde Stoffe	Bei Bedarf
Einrichtungen für das Vorspannen	Überprüfung der Spanneinrichtung	Einhaltung der Toleranzen, Abschn. 5.2	halbjährlich

## 5. Aufbringen der Vorspannung

### 5.1 Zeitpunkt des Vorspannens

Der Beton darf erst vorgespannt werden, wenn er fest genug ist, um die dabei auftretenden Spannungen einschließlich der Beanspruchungen an den Verankerungsstellen aufnehmen zu können. Diese Voraussetzung gilt als erfüllt, wenn durch Erhärtungsprüfung gemäß DIN 1045, Abschn. 7.44 nachgewiesen ist, daß die Würfelfestigkeit  $\beta_{wM}$  die Werte der Tabelle 2, Spalte 2, erreicht hat.

Zur Vermeidung von Schwind- und Temperaturrissen sowie im Hinblick auf ein baldiges Ausschalen einzelner Bauwerksteile kann es zweckmäßig sein, möglichst frühzeitig einen Teil der Vorspannung aufzubringen. Dies ist erst dann zulässig, wenn durch Erhärtungsprüfung gemäß DIN 1045, Abschn. 7.44 nachgewiesen ist, daß die Würfelfestigkeit des Betons die Werte nach Tabelle 2, Spalte 3 erreicht hat. In diesem Fall dürfen die Teilspannkräfte und die Betonspannungen im übrigen Bau teil nicht mehr als 30 % der für die Verankerung zugelassenen Spannkraft bzw. der nach Abschn. 15 zulässigen Spannungen betragen. Liegt die durch Erhärtungsprüfung festgestellte Würfelfestigkeit zwischen den Werten der Spalte 2 und 3, so darf die zulässige Teilspannkraft linear interpoliert werden.

Tabelle 2

Bn	Würfelfestigkeit beim endgültigen Vorspannen kp/cm <sup>2</sup>	Würfelfestigkeit beim Teilverspannen kp/cm <sup>2</sup>
250	240	120
350	320	160
450	400	200
550	480	240

Die Betonfestigkeitsklasse Bn ist dabei die zur Aufnahme der im Zustand des Vorspannens auftretenden Spannungen und Kräfte (einschließlich der Verankerungskräfte) erforderliche Festigkeitsklasse des Betons. Wenn für die frühzeitig teilvorgespannten Spannglieder das Kriechen und Schwinden nicht besonders berücksichtigt wird, ist durch das Nachlassen einiger ausgewählter Spannglieder dieser Einfluß zu bestimmen und beim weiteren Spannen zu berücksichtigen.

### 5.2 Vorrichtungen für das Spannen

Vorrichtungen für das Spannen sind vor ihrer ersten Benutzung und später in der Regel halbjährlich darauf zu prüfen, welche Abweichungen vom Sollwert bei ihrer Verwendung eintreten. Soweit diese Abweichungen von äußeren Einflüssen abhängen (z. B. bei Ölpressen von der Temperatur), ist dies zu berücksichtigen.

Vorrichtungen, deren Fehler gegenüber dem Prüfdiagramm im Bereich der endgültigen Vorspannkraft größer als  $\pm 5\%$  ist, dürfen nicht verwendet werden.

### 5.3 Verfahren und Messungen beim Spannen

Es ist ein genaues Spannprogramm aufzustellen und der Festigkeitsberechnung beizufügen. Das Spannprogramm muß neben der zeitlichen Folge des Spannens für jedes Spannglied Angaben über Spannkraft und Spannweg unter Berücksichtigung der Zusammendrückung des Betons, der Reibung und des Schlupfes enthalten.

Die Reihenfolge beim Vorspannen ist so zu wählen, daß keine unzulässigen Beanspruchungen entstehen.

Alle beim Spannen durchgeföhrten Messungen sind im Spannprotokoll festzuhalten. Wenn die Summe aus der prozentualen Abweichung von der Sollspannkraft und der prozentualen Abweichung vom Sollspannweg bei einem einzelnen Spannglied mehr als 15 % beträgt, muß die zuständige Bauaufsicht 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.

## 6. Grundsätze für die bauliche Durchbildung und Bauausführung

### 6.1 Schlafe Bewehrung

#### 6.1.1 Allgemeines

Für die Bewehrungsführung gilt DIN 1045, Abschn. 13.2 (Betondeckung der Bewehrung), Abschn. 18.1 bis 18.4, 18.5.3.3, 18.5.4.2 und 18.8. Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken gilt zusätzlich DIN 1075. Abweichend von den Regelungen in DIN 1045, Abschn. 18.5.3.3 und 18.8 gilt folgendes:

Offene Bügel dürfen nur bei Querschnitten mit anschließenden Gurtplatten verwendet werden. Ist ihr Durchmesser größer als 14 mm, so ist ihre Verankerung nach DIN 1045, Abschn. 18.3.3 nachzuweisen. Die Querbewehrung zur Schubsicherung anschließender Gurtplatten ergibt sich aus der Berechnung bzw. nach Abschn. 6.7 und 6.8. Der Abstand der Querbewehrung darf vom Abstand der Bügel abweichen.

Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken wird der Höchstabstand der Bügelschenkel am gezogenen Rand in Querrichtung auf  $0,8 d_o$  höchstens jedoch 0,8 m begrenzt. ( $d_o$  = Bauhöhe)

Bei feingliedrigen Fertigteilträgern mit aufgelösten Querschnitten (z. B. I-, T- oder Hohlquerschnitten) und vorwiegend ruhender Belastung (nicht in Fabriken und Werkstätten mit leichtem Betrieb) dürfen die für die Schubdeckung im Steg erforderlichen Bügel einschnittig als Zick-Zack-Bügel ausgeführt oder einschnittig aus Betonstahlmatte ohne Haken gebildet werden, wenn die Biegezugbewehrung zusätzlich von Wendeln umschlossen wird, deren Ganghöhe weniger als 25 cm bzw.  $0,5 \cdot d_o$  beträgt.

Die Zick-Zack-Bügel müssen hierbei mindestens  $8 \cdot d_e$  ( $d_e$  = Stabdurchmesser des Bügels) in den Druckgurt bzw. in den Bewehrungskorb des Zuggurtes einbinden (siehe Bild 1). Außerdem darf der Krümmungsbeginn der zur Bügelperankierung verwendeten Schlaufen von Balkenrändern nicht weiter entfernt sein als der Schwerpunkt des Druckgurtes bzw. der Zugbewehrung. Bei einschnitten Bügeln aus Betonstahlmatte ohne Haken muß mindestens ein angeschweißter Längsstab zwischen dem Schwerpunkt des Druckgurtes bzw. der Zugbewehrung und dem Trägerrand liegen. Außerdem soll innerhalb der in den Gurten angeordneten Wendeln noch ein zweiter angeschweißter Längsstab vorhanden sein. Die angeschweißten Längsstäbe dürfen jedoch durchschnitten sein.

Abweichend von DIN 1045, Abschn. 18.8 ist zu beachten:

Bei Vollquerschnitten (auch mit Gurten) dürfen die zur Aufnahme der Torsionsmomente in Rechnung gestellten Bügel und Längsstäbe folgende Abstände nicht überschreiten:

bei  $\tau_T \leq 0,7 \tau_{o2}$  :  $a_T = 0,5 b$  höchstens jedoch 25 cm  
bei  $\tau_T > 0,7 \tau_{o2}$  :  $a_T = 0,3 b$  höchstens jedoch 15 cm

Dabei ist  $b$  die kleinste Breite des Vollquerschnittes. Für  $\tau_{o2}$  sind die Werte nach DIN 1045, Tabelle 14, Zeile 2 bzw. 4, einzusetzen.

Bei Hohlquerschnitten darf der Abstand der Torsionsbewehrung 25 cm nicht überschreiten.

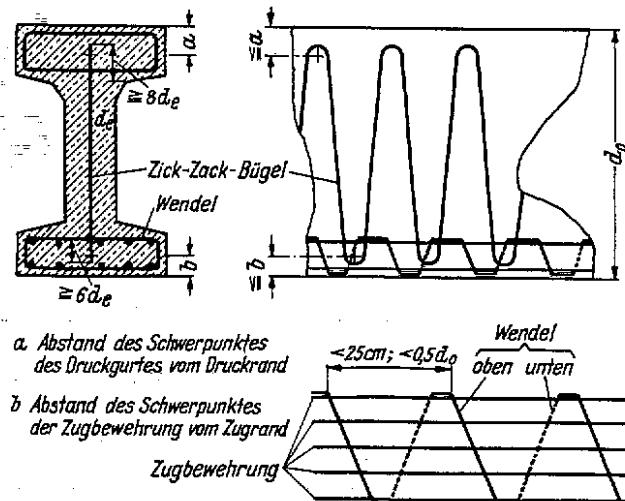


Bild 1

#### 6.1.2 Druckbeanspruchte Bewehrungsstäbe

Druckbeanspruchte Stäbe der schlaffen Bewehrung 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  $\beta_R/3$  überschritten wird ( $\beta_R$  vgl. Abschn. 11.2.3). Die Sicherung kann bei höchstens 14 mm dicken Längsstäben entfallen, wenn die Betondeckung mindestens gleich der doppelten Stabdicke ist. Eine statisch erforderliche Druckbewehrung ist nach DIN 1045, Abschnitt 25.2.2.2 zu verbügeln.

## 6.2 Betondeckung und gegenseitiger Abstand der Spannbewehrung

6.2.1 Die Betondeckung von Hülloren für Spannglieder muß mindestens 3,0 cm betragen, sofern sich nicht durch die nach DIN 1045 bzw. DIN 1075 geforderte Betondeckung der schlaffen Bewehrung bzw. aus der Zulassung des Spannverfahrens ein größerer Wert ergibt.

6.2.2 Der Mindestwert für den gegenseitigen Abstand der Hülloren ist in der Zulassung des Spannverfahrens festgelegt.

6.2.3 Die Betondeckung von Spanndrähten 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.

Der Korrosionsschutz ist im allgemeinen gewährleistet, wenn für die Spanndrähte die Mindestmaße der Betondeckung nach DIN 1045, Tabelle 10, Spalte 6, um 1,0 cm erhöht werden.

In den folgenden Fällen genügt es, für die Spanndrähte die Mindestmaße der Betondeckung nach DIN 1045. Tabelle 10, Spalte 6, um 0,5 cm zu erhöhen:

- a) bei Platten, Schalen und Faltwerken, wenn die Spanndrähte innerhalb der Betondeckung nicht von schlaffer Bewehrung gekreuzt werden,
- b) an den Stellen der Fertigteile, an die mindestens eine 2 cm dicke Ortbetonschicht anschließt,
- c) bei Spanndrähten, die für die Tragfähigkeit der fertig eingebauten Teile nicht von Bedeutung sind, z. B. Transportbewehrung.

Mit Rücksicht auf das ordnungsgemäße Einbringen des Betons soll die Betondeckung größer als die Korngröße des überwiegenden Teils des Zuschlags sein.

Die wirksame Verankerung der Spanndrähte erfordert bei nicht plötzlicher Übertragung der Vorspannkraft von der Spannbettverankerung auf den Beton (z. B. Nachlassen mittels hydraulischer Pressen) und bei vorwiegend ruhender Belastung die folgenden Mindestbetondeckungen:

$$\text{bei Bn 350: } \frac{200}{k_1} \cdot d_z \quad (1)$$

$$\text{Bn 450: } \frac{160}{k_1} \cdot d_z \quad (2)$$

$$\text{Bn 550: } \frac{125}{k_1} \cdot d_z \quad (3)$$

Der Verbundbeiwert  $k_1$  ist den Zulassungsbescheiden für den Spannstahl zu entnehmen.

Bei Einzelspanngliedern aus Runddrähten ist  $d_z$  der Spanndrahtdurchmesser. Bei nicht runden Drähten bzw. bei Litzen ist für  $d_z$  der Durchmesser eines Runddrahtes gleicher Querschnittsfläche einzusetzen. Die Gl. (1) bis (3) gelten bei runden, gerippten Einzeldrähten nur bis zu einem Spanndrahtdurchmesser  $d_z$  von 10 mm und bei Litzen entsprechender Querschnittsfläche, bei nicht runden, gerippten Einzeldrähten nur bis zu einem Durchmesser  $d_z$  von 8 mm. Werden diese Grenzwerte überschritten, so ist die erforderliche Betondeckung durch Versuche zu ermitteln, soweit sie nicht den Zulassungsbescheiden entnommen werden kann. Bei plötzlicher Übertragung der Vorspannkraft ist die Betondeckung um 25 %, bei nicht vorwiegend ruhender Belastung immer um 50 % zu vergrößern.

**6.2.4 Der gegenseitige Abstand der Spanndrähte bei Vorspannung mit sofortigem Verbund** muß bei vorwiegend ruhender Belastung größer als die Korngröße des überwiegenden Teiles des Zuschlags bzw. größer als  $2 d_z$  sein; er soll außerdem die aus den Gl. (1) bis (3) sich ergebenden Werte nicht unterschreiten. Bei der Verteilung der Spanndrähte über die Breite eines Querschnittes dürfen jedoch bei Gruppen von höchstens je 3 Spanndrähten nebeneinander die lichten Abstände der einzelnen Drähte innerhalb der Spanndrahtgruppen bis auf 1,0 cm verringert werden, wenn die seitlichen Abstände der Gruppen entsprechend vergrößert werden und die

Gesamtbreite  $b$  des Querschnitts in Höhe der Spannglieder mindestens gleich der Summe aus Spanndrahtdurchmessern und den für Überdeckung und lichten Abstand geltenden Mindestwerten ist.

Für die Verteilung der Spanndrähte über die Querschnittshöhe gelten die Werte nach Gl. (1) bis (3) jedoch als kleinste zulässige Einzelwerte. Bei runden gerippten Einzeldrähten und Litzen mit  $d_z > 10$  mm bzw. bei nicht runden, gerippten Einzeldrähten mit  $d_z > 8$  mm ist der kleinste gegenseitige Abstand der Spanndrähte durch Versuche nachzuweisen, soweit er nicht den Zulassungsbescheiden entnommen werden kann.

Bei nicht vorwiegend ruhender Belastung ist der gegenseitige Abstand um 50 % zu vergrößern.

### 6.3 Schweißung

Das Schweißen an Spannstählen ist unzulässig. Für das Schweißen von Betonstahl gilt DIN 1045, Abschn. 6.6 und 7.5.2 sowie DIN 4099.

Spannstahl ist vor Schweißwärme und herunterfallendem Schweißgut zu schützen (z. B. durch widerstandsfähige Ummantelungen).

### 6.4 Hüllrohre

Vor dem Betonieren sind die Rohre bzw. Kanäle auf etwa vorhandene Knicke, Eindrückungen oder andere Beschädigungen zu überprüfen; sind Behinderungen des Spannvorganges zu befürchten oder liegen undichte Stellen vor, dann müssen Abhilfemaßnahmen durchgeführt werden.

Besonderes Augenmerk ist auf die Abdichtung von Stoßen zu richten. Beim Betonieren ist sicherzustellen, daß die Rohre nicht beschädigt werden.

### 6.5 Einbau und Korrosionsschutz des Spannstahles

Der Spannstahl soll beim Einbau sauber und rostfrei sein. Spannstähle mit leichtem Flugrost dürfen verwendet werden. Der Begriff „leichter Flugrost“ gilt für einen Rostansatz, der durch Abwischen mit einem trockenen Lappen entfernt werden kann. Eine Entrostung auf diese Weise ist jedoch nicht vorzunehmen.

Das Ablängen der Spannstähle und deren Zusammenbau zu Spanngliedern muß im Trockenen erfolgen. Fertige Spannglieder sind bis zum Einbau in das Bauwerk bodenfrei und trocken zu lagern und vor Berührung mit schädigenden Chemikalien und Feuchtigkeit zu schützen. Beim Auslegen und Einbauen der Spannstähle sind Knicke oder mechanische Verletzungen zu vermeiden. Es ist besonders darauf zu achten, daß Spannstahl auch in der Zeit zwischen dem Verlegen und der Herstellung des Verbundes vor Korrosion geschützt ist. Für kurze Zeiträume genügt es, die Enden der Hüllrohre abzudichten und örtliche Feuchtigkeitsansammlungen zu vermeiden. Besondere Maßnahmen (z. B. kontinuierliches Spülen mit getrockneter Luft), die mit der Bauaufsichtsbehörde abzustimmen sind, können erforderlich werden, wenn

dieser Zeitraum 6 Wochen überschreitet oder eine besondere Gefährdung durch Korrosion zu erwarten ist. Bei Spanngliedern ohne Verbund muß die Überprüfung und Erneuerung des Korrosionsschutzes jederzeit möglich oder seine Dauerhaftigkeit nachgewiesen sein.

## 6.6 Herstellung des nachträglichen Verbundes

Wird der Verbund nachträglich durch das Einpressen von Mörtel in die Spannkanäle hergestellt, so sind die Richtlinien für das Einpressen von Zementmörtel in Spannkanälen zu beachten. Soweit der Zulassungsbescheid für das betreffende Spannverfahren abweichen-de Bestimmungen für das Einpressen enthält, sind diese maßgebend. Das ordnungsgemäße Einpressen ist im Spannprotokoll zu vermerken. Die Herstellung des nachträglichen Verbundes soll so früh wie möglich erfolgen.

## 6.7 Mindestbewehrung allgemein

### 6.7.1 Allgemeines

Sofern sich nach der Bemessung oder aus konstruktiven Gründen keine größere schlaffe Bewehrung ergibt, ist eine Mindestbewehrung gemäß den nachstehenden Grundsätzen anzurufen. Dabei sollen die Stababstände 25 cm nicht überschreiten. Das Grundmaß  $a_o$  der Verankerungslänge darf auf 2/3 des Wertes nach DIN 1045, Abschn. 18.3.2 abgemindert werden. Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund dürfen die Spanndrähte als BSt 42/50 auf die Mindestbewehrung angerechnet werden. In jedem Querschnitt ist nur der Größtwert von Oberflächen-, Längs- und Schubbewehrung maßgebend. Eine Addition der verschiedenen Arten von Mindestbewehrung ist also nicht erforderlich.

### 6.7.2 Oberflächenbewehrung von Platten

An der Ober- und Unterseite sind Bewehrungsnetze anzurufen, die aus zwei sich annähernd rechtwinklig kreuzenden Bewehrungslagen bestehen müssen.

Der Bewehrungsprozentsatz jeder der 4 Lagen muß – bezogen auf den Plattenquerschnitt – mindestens den halben Werten der Tabelle 3 entsprechen.

**Tabelle 3**

Betonfestigkeitsklasse	BSt 22/34	BSt 42/50 BSt 50/55
Bn 250	0,13 %	0,07 %
Bn 350	0,17 %	0,09 %
Bn 450	0,19 %	0,10 %
Bn 550	0,21 %	0,11 %

Die einzelnen Bewehrungslagen können in mehrere oberflächennahe Lagen aufgeteilt werden.

Alle freien und unterstützten Plattenränder sind durch Bewehrung einzufassen. Der Prozentsatz dieser Bewehrung darf – bezogen auf eine Breite von  $d/2$  ( $d$  = Plattendicke) – die 2fachen Werte der Tabelle 3 nicht unterschreiten. Die Längsbewehrung ist entlang der seitlichen Begrenzungsfächen der Platten innerhalb der

Rand einfassungsbewehrung anzurufen. Der Prozentsatz dieser Längsbewehrung darf – bezogen auf eine Breite von jeweils  $d/2$  – die Werte der Tabelle 3 nicht unterschreiten. Bei Hohlplatten mit annähernd kreisförmigen Aussparungen darf die Längsbewehrung auf den reinen Betonquerschnitt bezogen werden. Die Querbewehrung ist jedoch aus dem Vollquerschnitt ohne Hohlraumabzug zu berechnen. Die Stege müssen hierbei eine Schubbewehrung nach Abschn. 6.7.4 erhalten. Hohlplatten mit annähernd rechteckigen Aussparungen sind wie Kastenträger zu behandeln.

Bei Platten mit Vouten darf bei Spannweiten bis zu 15 m die Mindestbewehrung auf die gemittelte Plattendicke bezogen werden.

Für die Schubbewehrung von Gurtplatten, die in Querrichtung nicht vorgespannt sind, gelten die zweifachen Prozentsätze der Tabelle 3. Bei Gurtplatten ist immer die örtliche Plattendicke zu berücksichtigen. Die Bewehrungsanordnung darf unsymmetrisch sein.

### 6.7.3 Längsbewehrung bei Balkenstegen

Bei Balkenstegen, deren Bauhöhe  $d_o$  größer ist als die Breite  $b_o$ , darf auf jeder der beiden Seiten der Prozentsatz der Steglängsbewehrung – bezogen auf die Querschnittsfläche des Steges – die halben Werte der Tabelle 3 nicht unterschreiten. An der Ober- und Unterseite des Balkens muß – auf die Längeneinheit des Umfangs bezogen – die gleiche Bewehrung angeordnet werden. Ist die Breite  $b_o$  des Balkens größer als seine Höhe  $d_o$ , so darf auf jeder der beiden Seiten der Prozentsatz der Steglängsbewehrung – bezogen auf eine Breite von jeweils  $d_o/2$  – die Werte der Tabelle 3 nicht unterschreiten. An der Ober- und Unterseite des Balkens ist dabei eine Oberflächenbewehrung nach Abschn. 6.7.2 einzulegen.

### 6.7.4 Schubbewehrung

Bei Balkenstegen, deren Breite  $b_o$  größer ist als die Bauhöhe  $d_o$ , wenn gleichzeitig die schiefe Hauptzugspannung die Nachweissgrenze für Platten (Tabelle 6, Zeile 51) überschreitet, und bei Balkenstegen mit  $b_o < d_o$  darf der Prozentsatz der Schubbewehrung – bezogen auf die Schnittfläche  $b_o \cdot a$  – die zweifachen Werte der Tabelle 3 nicht unterschreiten.

Dabei ist

$b_o$  die Stegbreite in Höhe der Schwerlinie des gesamten Querschnittes, bei Hohlplatten mit annähernd kreisförmiger Aussparung die kleinste Stegbreite,

$a$  die Längeneinheit, gemessen in Steglängsrichtung.

Die Bewehrung ist annähernd gleichmäßig auf beide Seiten des Steges zu verteilen.

Liegt die schiefe Hauptzugspannung bei Balken mit  $b_o > d_o$  unter der Nachweissgrenze für Platten, so ist eine Rand einfassungsbewehrung anzurufen. Der Bewehrungsprozentsatz darf – bezogen auf eine Breite von  $d_o/2$  – die zweifachen Werte der Tabelle 3 nicht unterschreiten.

## 6.8 Mindestbewehrung bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken

### 6.8.1 Allgemeines

Für Brücken und vergleichbare Bauwerke (die sind Bauwerke im Freien unter nicht vorwiegend ruhender Belastung) gelten die Regelungen des Abschn. 6.7, soweit nachstehend nichts anderes angegeben ist.

Die Stabdurchmesser der Bewehrungsstäbe dürfen bei Verwendung von BSt 22/34 10 mm, bei BSt 42/50 8 mm nicht unterschreiten.

### 6.8.2 Oberflächenbewehrung von Platten

Der Bewehrungsprozentsatz jeder der 4 Lagen muß – bezogen auf den Plattenquerschnitt – mindestens den Werten der Tabelle 3 entsprechen. Der Prozentsatz der Randeinfassungs- und Längsbewehrung am Plattenrand darf – bezogen auf  $d/2$  ( $d$  = Plattendicke) – die zweifachen Werte der Tabelle 3 nicht unterschreiten.

### 6.8.3 Längsbewehrung bei Balkenstegen

Bei Balkenstegen muß auf jeder der beiden Seiten der Prozentsatz der Steglängsbewehrung – bezogen auf die Querschnittsfläche des Steges – den Werten der Tabelle 3 entsprechen. Ist die Breite  $b_o$  des Balkens größer als seine Höhe  $d_o$ , so darf auf jeder der beiden Seiten der Prozentsatz der Steglängsbewehrung – bezogen auf eine Breite von jeweils  $d_o/2$  – die zweifachen Werte der Tabelle 3 nicht unterschreiten. An der Ober- und Unterseite des Balkens ist dabei eine Oberflächenbewehrung nach Abschn. 6.8.2 einzulegen.

### 6.8.4 Längsbewehrung im Stützenbereich durchlaufender Tragwerke

Sofern nicht ein Lastfall Temperaturdifferenz zwischen Ober- und Unterseite des Tragwerkes berechnet wird, ist im Stützenbereich statisch unbestimmt gelagerter, durchlaufender Tragwerke – ausgenommen massive Vollplatten – eine Längsbewehrung im unteren Drittel der Stegfläche und in der unteren Platte vorzusehen, wenn die Randdruckspannungen weniger als  $20 \text{ kp/cm}^2$  betragen. Die geforderte Längsbewehrung ist jedoch aus der Querschnittsfläche des gesamten Steges und der unteren Platte zu ermitteln. Der Bewehrungsprozentsatz darf bei Randdruckspannungen zwischen 0 und  $20 \text{ kp/cm}^2$  für BSt 42/50 bzw. BSt 50/55 linear zwischen 0,3 und 0 % interpoliert werden.

Die eine Hälfte der Bewehrung darf frühestens in einer Entfernung gleich der 1,25fachen Trägerhöhe, die andere Hälfte in einer Entfernung gleich der 2,5fachen Trägerhöhe von der Lagerachse enden.

## 6.9 Beschränkung von Temperatur- und Schwindrissen

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 Frisch-

betontemperatur 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).

Auch beim abschnittsweisen Betonieren (z. B. Bodenplatte – Stege – Fahrbahnplatte bei einer Brücke) können Maßnahmen gegen Risse infolge von Temperaturunterschieden oder Schwinden erforderlich sein.

## 7. Rechengrundlagen

### 7.1 Erforderliche Nachweise

Bei Spannbeton müssen folgende Nachweise erbracht werden:

7.1.1 Unter Gebrauchslast (Abschn. 9) der Nachweis, daß die hierfür zugelassenen Spannungen nach Abschn. 15, Tabelle 6, nicht überschritten werden. Dieser Nachweis ist unter der Annahme eines linearen Zusammenhangs zwischen Spannung und Dehnung zu führen.

7.1.2 Der Nachweis der Rissebeschränkung nach Abschn. 10.

7.1.3 Der Nachweis der Bruchsicherheit nach Abschn. 11.

7.1.4 Der Nachweis der schiefen Hauptspannungen und der Schubdeckung nach Abschn. 12.

### 7.2 Formänderung des Betonstabes und des Spannstahles

Für alle Nachweise unter Gebrauchslast darf mit elastischem Verhalten des Beton- und Spannstahles gerechnet werden. Für den Betonstahl gilt DIN 1045, Abschn. 16.2.1. Der Elastizitätsmodul des Spannstahles ist der Zulassung zu entnehmen. Für Drähte und Stäbe darf im allgemeinen  $2,1 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$ , für Litzen  $1,9 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$  angenommen werden. Bei der Ermittlung der Spannwege ist der E-Modul des Spannstahles jedoch stets der Zulassung zu entnehmen.

### 7.3 Formänderung des Betons

Bei allen Nachweisen unter Gebrauchslast und für die Berechnung der Schnittgrößen oberhalb der Gebrauchslast darf mit einem für Druck und Zug gleich großen Elastizitätsmodul  $E_b$  bzw. Schubmodul  $G_b$  nach Tabelle 4 gerechnet werden.

**Tabelle 4**  
Elastizitätsmodul und Schubmodul des Betons

Betonfestigkeitsklasse	Elastizitätsmodul $E_b$	Schubmodul $G_b$
Bn 250	$300\,000 \text{ kp/cm}^2$	$125\,000 \text{ kp/cm}^2$
Bn 350	$340\,000 \text{ kp/cm}^2$	$142\,000 \text{ kp/cm}^2$
Bn 450	$370\,000 \text{ kp/cm}^2$	$154\,000 \text{ kp/cm}^2$
Bn 550	$390\,000 \text{ kp/cm}^2$	$162\,500 \text{ kp/cm}^2$

Sofern der Einfluß der Querdehnung von wesentlicher Bedeutung ist, darf er mit  $\mu = 1/5$  berücksichtigt werden.

#### 7.4 Mitwirkung des Betons in der Zugzone

Bei allen Berechnungen unter Gebrauchslast darf die Mitwirkung des Betons auf Zug berücksichtigt werden. Die Bewehrung zur Rissebeschränkung ist unter der Voraussetzung zu ermitteln, daß sie die gesamte Zugkraft allein aufnehmen kann (vgl. Abschn. 10.2.1 und 10.2.2).

#### 7.5 Nachträglich ergänzte Querschnitte

Bei Querschnitten, die nachträglich durch Anbetonieren ergänzt werden, sind die Nachweise nach Abschn. 7.1 sowohl für den ursprünglichen als auch für den ergänzten Querschnitt zu führen. Beim Nachweis der Bruchsicherheit für den ergänzten Querschnitt darf davon ausgegangen werden, daß dieser für die gesamten Lasten so wirkt, als ob er von Anfang an einheitlich hergestellt worden wäre. Voraussetzung hierfür ist, daß die Fuge zwischen dem ursprünglichen Querschnitt und der Ergänzung so ausgebildet wird, daß die unter dieser Annahme in ihr wirkenden schiefen Hauptzugkräfte durch entsprechende Bewehrungen übernommen werden können. Dies ist vor allem bei der Schubdeckung (vgl. Abschn. 12.7) zu beachten.

#### 7.6 Stützmomente

Die Momentenfläche muß, wenn bei der Berechnung eine frei drehbare Lagerung angenommen wurde, über den Unterstützungen parabelförmig ausgerundet werden (vgl. DIN 1045, Abschn. 15.4.1.2). Im Stützenbereich sind Nachbarquerschnitte zu untersuchen.

### 8. Zeitabhängiges Verformungsverhalten von Stahl und Beton

#### 8.1 Definition und Anwendungsbereich

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.

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. Die folgenden Festlegungen gelten nur für übliche Beanspruchungen und Verhältnisse. Bei außergewöhnlichen Verhältnissen (z. B. hohe Temperaturen) sind zusätzliche Einflüsse zu berücksichtigen.

#### 8.2 Spannstahl

Zeitabhängige Verformungen des Spannstahles (Spannungsverluste infolge Relaxation) müssen entsprechend den Zulassungsbescheiden des Spannstahles berücksichtigt werden.

#### 8.3 Kriechzahl des Betons

Das Kriechen des Betons hängt vor allem von der Feuchtigkeit der umgebenden Luft, den Abmessungen des Bauteiles und der Zusammensetzung des Betons ab. Das Kriechen wird außerdem von dem Erhärtungsgrad des Betons beim Belastungsbeginn und von der Dauer und der Größe der Beanspruchung beeinflußt.

Die Kriechzahl  $\varphi_t$  erfaßt den durch das Kriechen ausgelösten Verformungszuwachs. Ihre Definition zeigt die nachstehende, für konstante Spannung gültige Gleichung für die durch das Kriechen verursachte Dehnung:

$$\epsilon_k = \frac{\sigma_0}{E_b} \cdot \varphi_t \quad (4)$$

Bei veränderlicher Spannung gilt Abschn. 8.7.2. Für  $E_b$  sind die Werte von Tabelle 4 in Abschn. 7.3 einzusetzen.

Die Kriechzahl  $\varphi_t$  kann genügend genau durch Aufspaltung in einen Fließanteil  $\varphi_{fo}$  ( $k_{f,t} - k_{f,a}$ ) und in einen Anteil  $0,4 \cdot k_{v,(t-a)}$  der verzögert elastischen Verformung mit folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\varphi_t = \varphi_{fo} (k_{f,t} - k_{f,a}) + 0,4 k_{v,(t-a)} \quad (5)$$

Wenn sich der zu untersuchende Kriechprozeß über mehr als 3 Monate erstreckt, darf vereinfachend  $k_{v,(t-a)} = 1$  gesetzt werden.

$\varphi_{fo}$  Grundfließzahl nach Tabelle 5, Spalte 3. Die dort angegebenen Werte gelten für den Konsistenzbereich  $K_2$ . Für die Bereiche  $K_1$  bzw.  $K_3$  sind diese Zahlen um 25 % zu ermäßigen bzw. zu erhöhen.

$k_f$  Beiwert nach Bild 2 für den zeitlichen Ablauf des Fließens unter Berücksichtigung der wirksamen Körperdicke  $d_w$  nach Abschn. 8.5 und des wirksamen Alters beim Aufbringen der Spannung.

$t$  Wirksames Alter des Betons zum untersuchten Zeitpunkt (Abschn. 8.6).

$a$  Wirksames Alter des Betons beim Aufbringen der Spannung (Abschnitt 8.6).

$t - a$  Wirksame Dauer der Einwirkung der Spannung.

$k_v$  Beiwert nach Bild 3 zur Berücksichtigung des zeitlichen Ablaufes der verzögert elastischen Verformung.

#### 8.4 Schwindmaß des Betons

Das Schwinden des Betons hängt vor allem von der Feuchtigkeit der umgebenden Luft, den Abmessungen des Bauteiles und der Zusammensetzung des Betons ab.

Vom wirksamen Betonalter  $a$  an ist der maßgebende Teil des Schwindmaßes zum Zeitpunkt  $t$  nach Gl. (6) zu ermitteln.

$$\epsilon_{s,t} = \epsilon_{so} \cdot (k_{s,t} - k_{s,a}) \quad (6)$$

- $\epsilon_{so}$  Grundschnittdicke nach Tabelle 5, Spalte 4, für den Konsistenzbereich  $K_2$ . Für die Konsistenzbereiche  $K_1$  bzw.  $K_3$  gelten um 25 % ermäßigte bzw. erhöhte Werte.
- $k_s$  Beiwert zur Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung des Schwindens nach Bild 4.
- $t$  Wirksames Alter des Betons zum untersuchten Zeitpunkt nach Abschnitt 8.6.
- $\alpha$  Wirksames Alter des Betons nach Abschn. 8.6 zu dem Zeitpunkt, von dem ab der Einfluß des Schwindens berücksichtigt werden soll.

**Tabelle 5**  
Grundfließzahl und Grundschnittdicke  
in Abhängigkeit von der Lage des Bauteiles

	1	2	3	4	5
Lage des Bauteiles	Mittlere relative Luftfeuchte in % etwa	Konsistenzbereich $K_2$ Grundfließzahl $\varphi_{fo}^*$ )	Grundschnittdicke $\epsilon_{so}^*$ )	Beiwert $k_w$ nach Abschn. 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	$-10 \cdot 10^{-5}$	5,0	
3 allgemein im Freien	70	2,0	$-25 \cdot 10^{-5}$	1,5	
4 in trockener Luft, z.B. in trockenen Innenräumen	40	3,0	$-40 \cdot 10^{-5}$	1,0	

\*) Für die Konsistenzbereiche  $K_1$  bzw.  $K_3$  sind die Zahlen um 25 % zu ermäßigen bzw. zu erhöhen.

## 8.5 Wirksame Körperflechte

Für die wirksame Körperflechte gilt die Gleichung

$$d_w = k_w \cdot \frac{2F}{u} \quad (7)$$

$k_w$  Beiwert nach Tabelle 5, Spalte 5, zur Berücksichtigung des Einflusses der Feuchtigkeit auf die wirksame Dicke.

$F$  Fläche des gesamten Betonquerschnitts.

$u$  Die Abwicklung der der Austrocknung ausgesetzten Begrenzungsfäche des gesamten Betonquerschnittes. Bei Kastenträgern ist im allgemeinen die Hälfte des inneren Umfangs zu berücksichtigen.

## 8.6 Wirksames Alter

Wenn der Beton unter Normaltemperatur erhärtet und normal erhärtender Zement verwendet wird, ist das wirksame Betonalter gleich dem wahren Betonalter. In

den übrigen Fällen tritt an die Stelle des wahren Alters das durch Gl. (8) bestimmte wirksame Alter.

$$t = k_Z \sum \frac{T^\circ + 10^\circ}{30^\circ} \Delta t \quad (8)$$

Bei der Bestimmung von  $a$  ist sinngemäß zu verfahren.

$t$  Wirksames Betonalter.

$k_Z$  Ein von der Erhärtungsgeschwindigkeit des Zements abhängiger Beiwert. Er beträgt bei der Bestimmung der Kriechzahl für normal erhärtenden Zement Z 250, Z 350 L und Z 450 L  $k_Z = 1,0$  und für die frühhochfesten Zemente Z 350 F und Z 450 F  $k_Z = 2,0$  bzw. bei Z 550  $k_Z = 3,0$ .

Bei der Bestimmung des Schwindmaßes gilt immer  $k_Z = 1$ .

$T$  Mittlere Tagestemperatur des Betons in °C.

$\Delta t$  Anzahl der Tage mit mittlerer Tagestemperatur  $T$  des Betons in °C.

## 8.7 Berücksichtigung der Auswirkung von Kriechen und Schwinden des Betons

### 8.7.1 Allgemeines

Der Einfluß von Kriechen von Schwinden muß berücksichtigt werden, wenn hierdurch die maßgebenden Schnittgrößen oder Spannungen wesentlich in die ungünstigere Richtung verändert werden.

Bei der Abschätzung der zu erwartenden Verformung sind die Auswirkungen des Kriechens und Schwindens stets zu verfolgen.

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.

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 dem Einfluß von Kriechen und Schwinden, so darf an Stelle von genaueren Lösungen näherungsweise als kriecherzeugende Spannung  $\sigma$  das Mittel zwischen Anfangs- und Endwert eingesetzt werden, sofern die Endspannung nicht mehr als 70 % von der Anfangsspannung abweicht.

### 8.7.3 Besonderheiten bei Fertigteilen

Bei Spannbettfertigteilten 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 abge-

wichen werden, wenn sichergestellt ist, daß die Fertigteile in einem früheren Betonalter eingebaut werden.

Bei nachträglich durch Ortbeton ergänzten Deckenträgern unter 7 m Spannweite mit einer Nutzlast  $p < 350 \text{ kp/m}^2$  darf davon abgesehen werden, die durch unterschiedliches Kriechen und Schwinden von Fertigteil und Ortbeton hervorgerufenen Spannungsumlagerungen zu berücksichtigen.

Ändern sich zu einem Zeitpunkt  $t_i$  nach Aufbringen der Beanspruchung die klimatischen Bedingungen erheblich, so muß das beim Kriechen und Schwinden durch die sich abschnittweise ändernden Grundfließzahlen  $\varphi_{fo}$  und zugehörigen Schwindmaße  $\epsilon_{so}$  erfaßt werden.

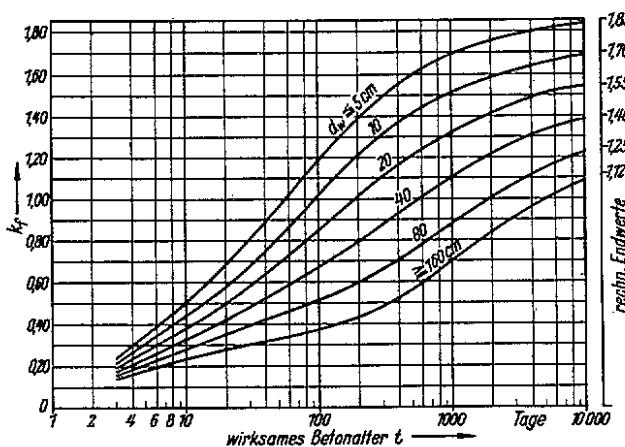


Bild 2: Beiwerte  $k_f$

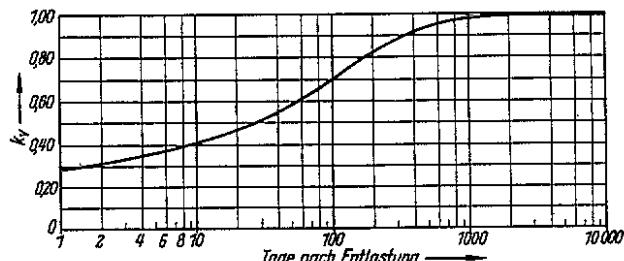


Bild 3: Verlauf der verzögert elastischen Verformung

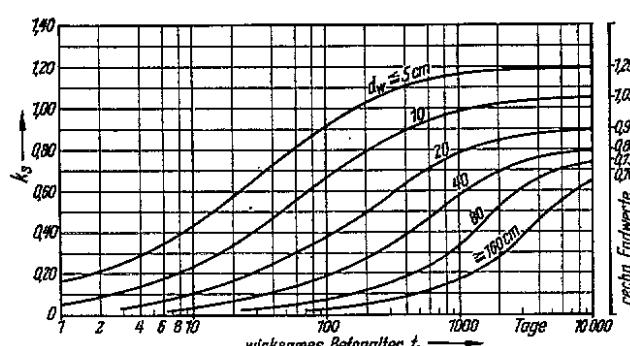


Bild 4: Beiwerte  $k_s$

## 9. Gebrauchslast, ungünstigste Laststellung

### 9.1 Allgemeines

Unter Gebrauchslast werden alle Lastfälle verstanden, denen das Bauwerk während seiner Errichtung und im

Gebrauch unterworfen ist. Ausgenommen sind Beförderungszustände für Fertigteile nach Abschn. 9.4. Die Größe der Vorspannung nimmt in der Regel vom Augenblick des Spannens bis zum Ende des Kriechens und Schwindens langsam ab. Zur Feststellung der Grenzwerte der Spannungen müssen daher die einzelnen Lastzusammenstellungen in der zeitlichen Reihenfolge ihres Eintretens untersucht werden, wobei der Bauvorgang und der Zeitpunkt der Ingebrauchnahme zu berücksichtigen sind.

### 9.2 Lastfälle

Für die Bildung der ungünstigsten Lastzusammenstellungen (Abschn. 9.3) sind stets folgende Lastfälle getrennt zu untersuchen:

#### 9.2.1 Vorspannung

In diesem Lastfall werden die Kräfte und Spannungen zusammengefaßt, die allein von der ursprünglich eingebrachten Vorspannung hervorgerufen werden (vgl. Abschn. 1.1).

#### 9.2.2 Ständige Last

Wird die ständige Last stufenweise aufgebracht, so ist jede Laststufe als besonderer Lastfall zu behandeln.

#### 9.2.3 Verkehrslast

Auch dieser Lastfall ist unter Umständen aufzugliedern (lotrechte Verkehrslast, Windlast, Schneelast usw.), vor allem dann, wenn die Lasten zum Teil vor, zum Teil erst nach dem Kriechen und Schwinden auftreten.

#### 9.2.4 Temperatur

Soweit erforderlich, sind auch die durch Temperaturänderungen hervorgerufenen Spannungen nachzuweisen.

#### 9.2.5 Kriechen und Schwinden

In diesem Lastfall werden alle durch Kriechen und Schwinden entstehenden Umlagerungen der Kräfte und Spannungen zusammengefaßt.

#### 9.2.6 Zwängungen aus Baugrubbewegungen

Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken sind Zwängungen aus wahrscheinlichen Baugrubbewegungen nach DIN 1072\*) zu berücksichtigen.

### 9.3 Lastzusammenstellungen

Bei Ermittlung der ungünstigsten Beanspruchungen müssen in der Regel nachfolgende Lastfälle untersucht werden:

#### 9.3.1 Zustand unmittelbar nach dem Aufbringen der Vorspannung

Bei der Ausbildung des Lehrgerüstes ist darauf zu achten, daß die Verkürzung der Bauteile infolge Vorspannung und Schwinden möglichst wenig behindert wird. Beim

\*) DIN 1072, Ausgabe November 1967, Abschn. 5.5.

Vorspannen bzw. beim Lehrgerüst-Absenken dürfen die zulässigen Betonspannungen nicht überschritten werden. Entsprechende Anweisungen über das Ausrüsten müssen im Spannprogramm vermerkt sein.

### 9.3.2 Zustand mit ungünstiger Verkehrslast und teilweisem Kriechen und Schwinden

Wirken hohe Verkehrslasten frühzeitig, kann der Zustand bei ihrem erstmaligen Auftreten maßgebend sein.

### 9.3.3 Zustand mit ungünstiger Verkehrslast nach Beendigung des Kriechens und Schwindens

## 9.4 Sonderlastfälle bei Fertigteilen

Zusätzlich zu DIN 1045, Abschn. 19.2, 19.5.1 und 19.5.2 gilt folgendes:

Für alle Beanspruchungen, die beim Befördern der Fertigteile bis zum Versetzen in die für den Verwendungszweck vorgesehenen Lage auftreten können, kann auf die Nachweise der Biegedruckspannungen und der schießen Hauptspannungen unter Gebrauchslast verzichtet werden. Der Nachweis der Rissebeschränkung nach Abschn. 10 kann nur dann entfallen, wenn im Beförderungszustand der Fertigteile die für den Bauzustand zulässigen Betonzugspannungen nicht überschritten werden (siehe auch Abschn. 15.5).

Für den Beförderungszustand darf bei den Nachweisen unter rechnerischer Bruchlast nach Abschn. 11, 12.3 und 12.4 der Sicherheitsbeiwert von  $\nu = 1,75$  auf  $\nu = 1,3$  abgemindert werden (vgl. DIN 1045, Abschn. 19.2). Abweichend davon ist der Sicherheitsbeiwert für die Beförderungszustände in voller Höhe (nach Abschn. 11.1) anzusetzen, wenn Menschen gefährdet werden können, wegen übergeordneter betrieblicher Anforderung (z. B. Bahnbetrieb) das Auswechseln beschädigter, vorgefertigter Bauteile nicht durchführbar ist, oder wenn durch Gebrauchsunfähigkeit eines vorgefertigten Bauteils nicht vertretbare Terminverzögerungen zu erwarten sind.

Bei dünnwandigen Trägern ohne Flansche bzw. mit schmalen Flanschen ist auf eine ausreichend Kippstabilität besonders zu achten.

## 10. Rissebeschränkung bei Spannbetonbauteilen

### 10.1 Zulässigkeit von Zugspannungen

#### 10.1.1 Bei voller Vorspannung

Bei voller Vorspannung dürfen unter Gebrauchslast in der Regel keine Zugspannungen infolge Längskraft und Biegemoment auftreten.

In folgenden Fällen sind jedoch solche Zugspannungen zulässig:

Im Bauzustand, also z. B. unmittelbar nach dem Aufbringen der Vorspannung vor dem Einwirken der vollen ständigen Last, vgl. Tabelle 6, Zeile 15 – 17 bzw. Zeile 33 – 35.

Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken unter Haupt- und Zusatzlasten, vgl. Tabelle 6, Zeile 30 – 32.

Im Hochbau bei einer unwahrscheinlichen Häufung von Lastfällen, vgl. Tabelle 6, Zeile 12 – 14.

Bei wenig wahrscheinlichen Verkehrslaststellungen, z. B. bei gleichzeitiger Wirkung mehrerer Krane und Kranlasten in ungünstiger Stellung oder bei Berücksichtigung mehrerer Einflusslinien – Beitragsflächen gleichen Vorzeichens, die durch solche entgegengesetzten Vorzeichens voreinander getrennt sind –, vgl. Tabelle 6, Zeile 12 – 14 bzw. Zeile 30 – 32.

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 6, Zeile 12 – 14 bzw. Zeile 30 – 32 nicht überschreiten. Für Lastfallkombinationen unter Einschluß der möglichen Baugrubbewegungen nach DIN 1072 sind Nachweise der Betonzugspannungen und der Rissebeschränkung nicht erforderlich.

#### 10.1.2 Bei beschränkter Vorspannung

Unter Gebrauchslast sind die in Tabelle 6, Zeile 18 – 26 bzw. bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken Zeile 36 – 44 angegebenen Zugspannungen infolge Längskraft und Biegemoment zulässig. Bei Bauteilen im Freien und bei Bauteilen mit erhöhtem Korrosionsangriff gemäß DIN 1045, Tabelle 10, Zeile 4 dürfen jedoch infolge des Lastfalles Vorspannung + ständige Last + Verkehrslast, die ständig oder längere Zeit im wesentlichen unverändert wirkt (bei Brücken die halbe Verkehrslast), + Kriechen und Schwinden keine Zugspannungen infolge Längskraft und Biegemoment auftreten. In dem vorgenannten Lastfall sind anstelle 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 und der Rissebeschränkung nicht erforderlich.

Gleichgerichtete Zugspannungen aus verschiedenen Tragwirkungen (z. B. Wirkung einer Platte als Gurt eines Hauptträgers bei gleichzeitiger örtlicher Lastabtragung in der Platte) sind zu überlagern.

### 10.2 Aufnahme der Zugkräfte im Beton durch Bewehrung

#### 10.2.1 Bei anteilmäßiger Durchsetzung der vorgedrückten Zugzone mit im Verbund liegenden Spanngliedern oder bei Betonzugspannungen infolge Längskraft und Biegemoment in der Druckzone

Der Randbereich der vorgedrückten Zugzone gilt als anteilmäßig von Spanngliedern durchsetzt, wenn der gegenseitige Spanngliedabstand folgende Grenzwerte nicht überschreitet:

$$20 d_z$$

$$d_o/2$$

$$40 \text{ cm}$$

Der kleinste Wert ist maßgebend. Dabei ist  $d_z$  der Durchmesser des Spannstabes (bei Bündel-Spanngliedern mit dem Spannstahlquerschnitt  $F_z$  ist  $d_z = 1,13 \sqrt{F_z}$  zu setzen) und  $d_o$  die Bauhöhe.

Für den Abstand der Spannglieder vom gezogenen Rand gelten die halben Werte. Die nach Abschn. 10.1 unter Gebrauchslast auftretenden Zugkräfte im Beton sind durch schlaffe Bewehrung aufzunehmen, die für die in Tabelle 6, Zeile 68 bzw. 69 angegebenen Stahlspannungen zu bemessen ist. Die Größe der Stahlzugkraft darf der nach Zustand I ermittelten Betonzugkraft gleichgesetzt werden, sofern nicht ein genauerer Nachweis nach Zustand II (mit gerissener Zugzone) unter Berücksichtigung des Ebenbleibens der Querschnitte durchgeführt wird. Diese Bewehrung ist möglichst nahe am gezogenen Rand anzurichten und über die Breite der Zugzone zu verteilen.

Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund und bei Vorspannung mit nachträglichem Verbund für alle Lastfälle, die nach Herstellung des Verbundes auftreten, darf auch der Querschnitt der im Zugbereich liegenden Spannglieder für die Aufnahme der Zugkräfte in Rechnung gestellt werden, wenn nachgewiesen wird, daß dadurch insgesamt die nach Tabelle 6, Zeile 65 – 67 zulässige Stahlspannung nicht überschritten wird. Der Spannungszuwachs muß außerdem kleiner als  $2400 \text{ kp/cm}^2$  bleiben.

#### 10.2.2 Bei nicht anteilmäßiger Durchsetzung der vorgedrückten Zugzone mit im Verbund liegenden Spanngliedern

Die folgenden Bestimmungen gelten auch für Vorspannung ohne Verbund und für Vorspannung mit nachträglichem Verbund für alle Lastfälle, die vor Herstellung der Verbundwirkung eintreten können.

In diesen Fällen sind die unter den Schnittgrößen aus Vorspannung + Kriechen und Schwinden + Summe der 1,35fachen Schnittgrößen aus ständiger Last, Verkehrslast, Temperatur und wahrscheinlicher Baugrubbewegung (bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken) in ungünstigster Anordnung auftretenden Zugkräfte im Beton durch schlaffe Bewehrung aufzunehmen, die für die in Tabelle 6, Zeile 70 und 71 angegebenen Stahlspannungen zu bemessen ist.

Die Größe der Stahlzugkraft darf der nach Zustand I ermittelten Betonzugkraft gleichgesetzt werden, sofern nicht ein genauerer Nachweis nach Zustand II (mit gerissener Zugzone) unter Berücksichtigung des Ebenbleibens der Querschnitte durchgeführt wird.

Die Bewehrung ist möglichst nahe am gezogenen Rand anzurichten und über die Breite des zugbeanspruchten Querschnittes zu verteilen.

Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund und bei Vorspannung mit nachträglichem Verbund für alle Lastfälle, die nach Herstellung des Verbundes auftreten, darf auch der Querschnitt der im Zugbereich liegenden

Spannglieder für die Aufnahme der Zugkräfte in Rechnung gestellt werden, wenn nachgewiesen wird, daß die Streckgrenze nicht überschritten wird. Der Spannungszuwachs muß außerdem kleiner als  $4200 \text{ kp/cm}^2$  bleiben.

#### 10.3 Arbeitsfugen annähernd rechtwinklig zur Tragrichtung

Arbeitsfugen, die annähernd rechtwinklig zur betrachteten Tragrichtung verlaufen, sind im Bereich von Zugspannungen nach Möglichkeit zu vermeiden. Bei voller und beschränkter Vorspannung der Arbeitsfuge ist nachzuweisen, daß die größten Zugspannungen infolge Längskraft und Biegemoment an der Stelle der Arbeitsfuge die Hälfte der nach Abschn. 10.1 zulässigen Werte nicht überschreiten und daß infolge des Lastfalles Vorspannung + ständige Last + Kriechen und Schwinden keine Zugspannungen auftreten. Wird die Aufnahme der infolge Schwindens und Abfließens der Hydratationswärme des anbetonierte Teiles auftretenden Zugkräfte durch Bewehrung nicht nachgewiesen, so ist im anbetonierte Teil auf eine Breite gleich der halben Länge der Arbeitsfuge die parallel zur Arbeitsfuge laufende Bewehrung auf die doppelten Werte anzuheben, die sich nach Abschn. 6.7 bzw. 6.8 – mit Ausnahme von 6.8.4 – ergeben.

In Stegen von Kastenträgern sind demnach die Bügel auf eine Abschnittslänge von  $d_o/2$ , in plattenförmigen Querschnittsteilen die Querbewehrung auf eine Abschnittslänge von  $b/2$  wie angegeben zu verstärken.

### 11. Nachweis unter rechnerischer Bruchlast bei Biegung, Biegung mit Längskraft und Längskraft

#### 11.1 Rechnerische Bruchlast und Sicherheitsbeiwert

Als rechnerische Bruchlast gilt bei statisch bestimmt gelagerten Spannbetontragwerken die 1,75fache Summe von ständiger Last und Verkehrslast in ungünstigster Stellung. Bei statisch unbestimmt gelagerten Tragwerken tritt außerdem – sofern diese ungünstig wirkt – die 1,0fache Zwangsbeanspruchung infolge Schwinden, Temperaturänderung und wahrscheinlicher Baugrubbewegung\*) sowie die 1,0fache äußere Schnittgröße aus Vorspannung (unter Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden) hinzu. Bei Zwangsbeanspruchung infolge Baugrubbewegung darf das Kriechen berücksichtigt werden. Die Schnittgrößen aus den einzelnen Lastfällen sind hierbei im allgemeinen wie unter Gebrauchslast anzusetzen und mit den angegebenen Sicherheitsbeiwerten zu vervielfachen.

Abweichend hiervon dürfen die Schnittgrößen unter rechnerischer Bruchlast auch unter Berücksichtigung der Steifigkeitsverhältnisse im Zustand II ermittelt werden. Dabei dürfen für Betonstahl und Spannstahl die Elastizitätsmoduln nach Abschn. 7.2, für druckbeanspruchten Beton die Elastizitätsmoduln nach Abschn. 7.3 zu-

\*) Bei Brücken ist die Zwangsbeanspruchung aus der 0,4fachen möglichen Baugrubbewegung zu berücksichtigen, falls dies ungünstiger ist.

grundegelegt werden. Als Sicherheitsbeiwert ist hierbei für die Vorspannung (unter Berücksichtigung des Spannungsverlustes infolge Kriechens und Schwindens)  $\nu = 1,0$ , für alle übrigen Lastfälle  $\nu = 1,75$  anzusetzen.

Wird hiervon Gebrauch gemacht, so ist die Schubdeckung zusätzlich unter Gebrauchslast nachzuweisen (vgl. Abschn. 12.4).

## 11.2 Grundlagen

### 11.2.1 Allgemeines

Die folgenden Bestimmungen gelten für Tragwerke, bei denen vorausgesetzt werden kann, daß sich die Dehnungen der einzelnen Fasern des Querschnittes wie ihre Abstände von der Nulllinie verhalten. Eine Mitwirkung des Betons auf Zug darf nicht in Rechnung gestellt werden.

### 11.2.2 Spannungs-Dehnungslinie des Stahles

Die Spannungs-Dehnungslinie des Spannstahles ist der Zulassung (vgl. Abschn. 2.2) zu entnehmen, wobei jedoch anzunehmen ist, daß die Spannung oberhalb der Streck- bzw. der  $\beta_{0,2}$ -Grenze nicht mehr ansteigt. Für die schlaffe Bewehrung gilt Bild 5.

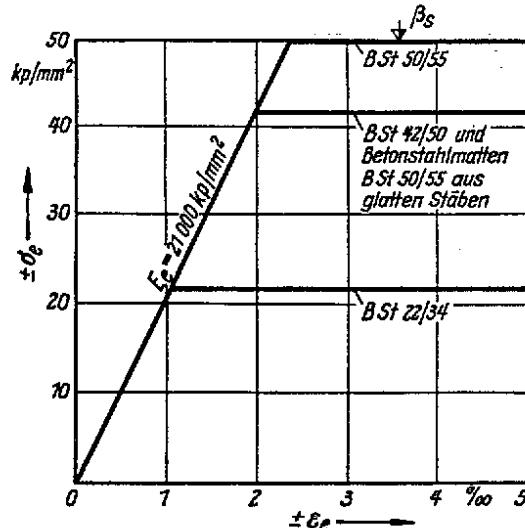


Bild 5: Rechenwerte für die Spannungsdehnungslinien der Betonstähle

Bei druckbeanspruchtem Betonstahl tritt an die Stelle von  $\beta_s$  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 Spannungs-Dehnungslinie des Betons

Für die Bestimmung der Betondruckkraft gilt die Spannungs-Dehnungslinie nach Bild 6.

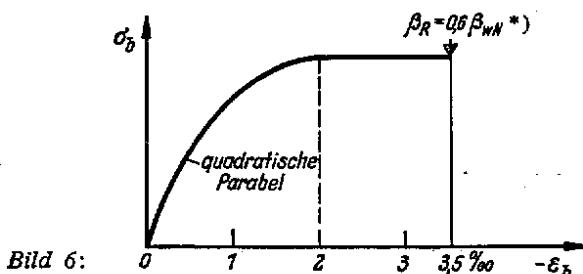


Bild 6:

Zur Vereinfachung darf auch von Bild 7 ausgegangen werden.

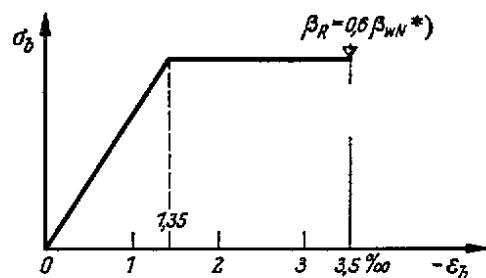


Bild 7

### 11.2.4 Dehnungsdiagramm

Bild 8 (entspricht dem oberen Teil von Bild 15 in DIN 1045) zeigt die unter rechnerischer Bruchlast je nach Beanspruchung möglichen Dehnungsdiagramme eines beliebigen Spannbetonquerschnittes.

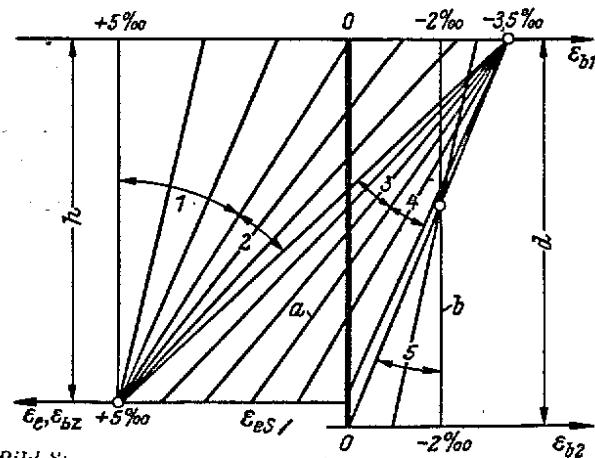


Bild 8:  
Bereich 1: Mittige Zugkraft und Zugkraft mit geringer Ausmitte.

Bereich 2: Biegung oder Biegung mit Längskraft bis zur Ausnutzung der Betonfestigkeit ( $|\epsilon_{b1}| \leq 3,5\%$ ) und unter Ausnutzung der Stahlstreckgrenze ( $\epsilon_e > \epsilon_{eS}$ ).

Bereich 3: Biegung oder Biegung mit Längskraft bei Ausnutzung der Betonfestigkeit und der Stahlstreckgrenze.

Linie a: Grenze der Ausnutzung der Stahlstreckgrenze ( $\epsilon_e = \epsilon_{eS}$ ).

Bereich 4: Biegung mit Längskraft ohne Ausnutzung der Stahlstreckgrenze ( $\epsilon_e < \epsilon_{eS}$ ) bei Ausnutzung der Betonfestigkeit.

Bereich 5: Druckkraft mit geringer Ausmitte und mittige Druckkraft. Innerhalb dieses Bereiches ist  $\epsilon_{b1} = 3,5\% - 0,75 \epsilon_{b2}$  in Rechnung zu stellen, für mittigen Druck (Linie b) ist somit  $\epsilon_{b1} = \epsilon_{b2} = -2,0\%$ .

Die Dehnung  $\epsilon_e$  bzw.  $\epsilon_{b2}$  darf in der äußersten, zur Aufnahme der rechnerischen Bruchlast herangezogenen Bewehrungslage 5% nicht überschreiten. In ein und demselben

→ Der Rechenwert  $\beta_R = 0,6 \beta_{WN}$  ergibt sich aus der Erhöhung von  $\nu$  für unangekündigte Bruch:  $0,7 \cdot 1,75/2,1 = 0,6 (\beta_{WN}$  siehe DIN 1045, Tabelle 13, Zeile 1).

ben Querschnitt dürfen gleichzeitig zur Aufnahme der rechnerischen Bruchlast verschiedene Stahlsorten (z. B. Spannstahl und Betonstahl BSt 22/34 und BSt 42/50 bzw. BSt 50/55) entsprechend den jeweiligen Spannungs-Dehnungslinien in Rechnung gestellt werden.

### 11.3 Nachweise bei Vorspannung mit sofortigem Verbund oder mit nachträglichem Verbund

Die Annahme eines Verbundes zwischen Beton und Stahl ist nur zulässig, wenn der Verbund nach Abschn. 13 gesichert ist. Die durch Vorspannung im Spannstahl erzeugte Vordehnung ergibt sich als Dehnungsunterschied zwischen Spannglied und umgebendem Beton unter Gebrauchslast nach Kriechen und Schwinden. In Sonderfällen, z. B. bei vorgespannten Druckgliedern, kann die Spannung vor Kriechen und Schwinden maßgebend sein.

### 11.4 Nachweis bei Vorspannung ohne Verbund

Bei Vorspannung ohne Verbund können sich die Spannglieder auf ihrer ganzen Länge frei dehnen. Das Verhalten unter rechnerischer Bruchlast hängt deshalb von dem Formänderungsverhalten des gesamten Tragwerkes ab. Wird kein genauerer Nachweis geführt, so darf bei Trägern auf 2 Stützen die in den Spanngliedern beim Bruch wirkende Spannung wie folgt angenommen werden:

$$\sigma_{zU} = \sigma_{z,vq} + 1400 \text{ [kp/cm}^2\text{]} \quad (9)$$

In dieser Formel bedeutet  $\sigma_{z,vq}$  die Stahlspannung im Spannglied unter Gebrauchslast nach Beendigung des Kriechens und Schwindens. Die Spannung  $\sigma_{zU}$  darf nicht höher werden als die Streckgrenze des Spannstahls.

## 12. Schiefe Hauptspannungen und Schubdeckung

### 12.1 Allgemeines

Der Spannungsnachweis ist für Gebrauchslast nach Abschn. 12.2 und für rechnerische Bruchlast nach Abschn. 12.3 zu führen. Hierbei brauchen Biegespannungen aus Quertragwirkung (aus Plattenwirkung einzelner Querschnittsteile) nicht berücksichtigt zu werden (Begrenzung der Biegespannungen aus Quertragwirkung unter Gebrauchslast siehe Abschn. 15.6), sofern nachfolgend nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist. Es ist nachzuweisen, daß die jeweils zulässigen Werte der Tabelle 6 nicht überschritten werden. Bei Lastfallkombinationen unter Einschluß möglicher Baugrubbewegungen kann auf den Nachweis der schießen Hauptzugspannungen unter Gebrauchslast und unter rechnerischer Bruchlast verzichtet werden. Der Nachweis der schießen Hauptdruckspannungen unter rechnerischer Bruchlast und der Schubbewehrung nach Abschn. 12.4 ist jedoch zu führen.

Bei Plattenbalken, Kastenträgern und anderen gegliederten Querschnitten sind die Schubspannungen aus Scheibenwirkung der einzelnen Querschnittsteile nicht mit den Schubspannungen aus Plattenwirkung zu überlagern.

Als maßgebende Schnittkraftkombinationen kommen in Frage:

Größtwerte der Querkraft mit zugehörigem Torsions- und Biegemoment,

Größtwerte des Torsionsmomentes mit zugehöriger Querkraft und zugehörigem Biegemoment.

Größtwerte des Biegemomentes mit zugehöriger Querkraft und zugehörigem Torsionsmoment.

Bei unmittelbarer Stützung darf der schuberzeugende Querkraftanteil aus einer auflagernahen Einzellast  $P$  (Abstand von der Auflagerachse  $a < 2d_o$ ) auf den Wert  $\frac{a}{2 \cdot d_o} Q_p$  abgemindert werden. Dabei ist  $d_o$  die Querschnittshöhe. Außerdem genügt es, bei unmittelbarer Stützung die sich im Schnitt  $0,5 d_o$  vom Auflagerrand ergebende Schubbewehrung konstant bis zum Auflagerrand durchzuführen.

Ungünstig wirkende Querkräfte, die sich aus einer Neigung der Spannglieder gegen die Querschnittsnormale ergeben, sind zu berücksichtigen; günstig wirkende Querkräfte dürfen berücksichtigt werden. Sind bei Trägern mit veränderlichem Querschnitt die Gurtkräfte gegenüber der Querschnittsnormale geneigt, so sind die parallel zur Querkraft gerichteten Komponenten der Gurtkräfte bei Ermittlung der für die Schubbeanspruchung maßgebenden Querkraft zu berücksichtigen, falls sie ungünstig wirken.

Sie dürfen berücksichtigt werden, wenn sie günstig wirken.

### 12.2 Spannungsnachweise unter Gebrauchslast

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 6, Zeile 46 – 49, nicht überschreiten.

Unter ständiger Last und Vorspannung dürfen auch unter Berücksichtigung der Querbiegespannungen die nach Zustand I berechneten, schießen Hauptzugspannungen die Werte der Tabelle 6, Zeile 46 – 49, nicht überschreiten.

### 12.3 Spannungsnachweise unter rechnerischer Bruchlast

#### 12.3.1 Allgemeines

Längs des Tragwerkes sind zwei das Schubtragverhalten unter rechnerischer Bruchlast kennzeichnende Zonen zu unterscheiden:

Die Zone  $a$ , in der Biegerisse nicht zu erwarten sind, und die Zone  $b$ , in der sich die Schubrisse aus Biegerissen entwickeln.

Ein Querschnitt liegt in Zone  $a$ , wenn die größte nach Zustand I unter rechnerischer Bruchlast ermittelte Rand-

zugspannung die nachstehenden Werte nicht überschreitet:

Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550
25 kp/cm <sup>2</sup>	28 kp/cm <sup>2</sup>	32 kp/cm <sup>2</sup>	35 kp/cm <sup>2</sup>

### 12.3.2 Spannungsnachweise in Zone a

#### 12.3.2.1 Schiefe Hauptzugspannungen

Es ist nachzuweisen, daß die nach Zustand I ermittelten schiefen Hauptzugspannungen die Werte der Tabelle 6, Zeile 57 – 62, nicht überschreiten. Längszugspannungen dürfen dabei unberücksichtigt bleiben. Ein von vorgespannter Schubbewehrung erzeugter Spannungszustand darf berücksichtigt werden.

#### 12.3.2.2 Schiefe Hauptdruckspannungen

Es ist nachzuweisen, daß die nach Ausfall der schiefen Hauptzugspannungen des Betons auftretenden schiefen Hauptdruckspannungen die Werte der Tabelle 6, Zeile 63, nicht überschreiten.

Diese schiefen Hauptdruckspannungen können näherungsweise ermittelt werden aus:

$$\sigma_{II}^{(II)} = |\sigma_I^{(I)}| + |\sigma_{II}^{(I)}| \quad (10)$$

Dabei ist

- $\sigma_{II}^{(I)}$  die nach Zustand I ermittelte schiefe Hauptdruckspannung,
- $\sigma_I^{(I)}$  die nach Zustand I ermittelte schiefe Hauptzugspannung.

Vereinfachend darf hierbei der Nachweis in der Schwerlinie des Trägers geführt werden, wenn die Stegdicke über die Trägerhöhe konstant ist oder wenn die minimale Stegdicke eingesetzt wird. Ein von vorgespannter Schubbewehrung erzeugter Spannungszustand ist zu berücksichtigen.

### 12.3.3 Spannungsnachweise in Zone b

Als maßgebende Spannungsgröße in Zone b gilt für Querkraftbeanspruchung der Rechenwert der Schubspannung nach Zustand II, für Torsionsbeanspruchung die Schubspannung nach Zustand I. Der Rechenwert  $\tau_o$  darf die in Tabelle 6, Zeile 57 – 62, angegebenen Werte nicht überschreiten.

Bei der Ermittlung von  $\tau_o$  infolge Querkraft ist der Hebelarm der inneren Kräfte dem beim Nachweis der Biegebruchsicherheit im betrachteten Schnitt ermittelten Wert gleichzusetzen. Bei Einfeldträgern mit konstanter Nutzhöhe  $h$  darf mit jenem Hebelarm gerechnet werden, der sich an der Stelle des maximalen Momentes ergibt.

Ein von vorgespannter Schubbewehrung erzeugter Spannungszustand bleibt unberücksichtigt. Bei zugbeanspruchten Gurten ist im Lastfall rechnerische Bruchlast 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 gerechnet wird.

In Sonderfällen, wenn innerhalb des Bereiches von Längsdruckspannungen stärkere Einschnürungen der Stegbreite vorhanden sind, kann die dort auftretende schiefe Hauptzugspannung maßgebend sein.

Für druckbeanspruchte Gurte in Zone b sind die schiefen Hauptzugspannungen und Hauptdruckspannungen nachzuweisen und wie in Zone a zu begrenzen (vgl. Abschn. 12.3.2.1).

## 12.4 Bemessung der Schubbewehrung

### 12.4.1 Allgemeines

Die Schubdeckung durch Bewehrung ist für den Lastfall rechnerische Bruchlast (vgl. Abschn. 12.1) für Querkraft und Torsion in jenen Bereichen nachzuweisen, in denen eine der Nachweisgrenzen der Tabelle 6, Zeile 50 – 55, überschritten wird.

Wird vom Abschn. 11.1, Absatz 2, Gebrauch gemacht, so ist die Schubdeckung zusätzlich unter Gebrauchslast nach den Grundsätzen der Zone a nachzuweisen. Dabei ist immer volle Schubdeckung vorzusehen. Für die Bemessung der Schubbewehrung aus Betonstahl gelten die in Tabelle 6, Zeile 68 und 69, angegebenen Spannungen.

Bei dicken Platten sind die in Tabelle 6, Zeile 51, angegebenen Werte entsprechend der in DIN 1045, Abschn. 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).

Die erforderliche Schubbewehrung ist für die in den Zugstreben eines gedachten Fachwerkes wirkenden Kräfte zu bemessen (Fachwerk analogie). Die Neigung dieser Zugstreben gegen die Querschnittsnormale darf im allgemeinen zwischen 90° (Bügel) und 45° (Schrägstäbe, Schrägbügel) gewählt werden. Aus der Längsbewehrung aufgebogene Schrägstäbe, die flacher als 35° gegenüber der Trägerachse geneigt sind, dürfen nicht zur Schubdeckung für die Querkraft herangezogen werden. Auf die Mindestschubbewehrung nach Abschn. 6.7.4 wird hingewiesen. Für die Bemessung der Schubbewehrung aus Betonstahl gelten die in Tabelle 6, Zeile 70 und 71, angegebenen Spannungen.

Wenn die Hauptzugspannungen die Werte der Tabelle 6, Zeile 56, überschreiten, muß für die Schubbewehrung ausschließlich Rippenstahl oder vorgespannte Bewehrung mit Endverankerung vorgesehen werden. Die Abstände von aufgebogenen Schrägstäben und Schrägbügeln dürfen in diesem Fall das Maß  $h$  nicht überschreiten (vgl. DIN 1045, Bild 36).

Wird kein genauerer Nachweis geführt, so darf die Schubbewehrung aus Querkraft auf die zur Aufnahme der Querbiegung erforderliche Bewehrung nicht angerechnet werden.

#### 12.4.2 Schubbewehrung zur Aufnahme der Querkräfte

### 12.4.2.1 Zone a

Liegen die Hauptzugspannungen aus Querkraft über den Werten der Tabelle 6, Zeile 56, so ist volle Schubdeckung vorzusehen. Andernfalls darf bei der Bemessung die nachfolgende, reduzierte Hauptzugspannung zugrunde gelegt werden:

$$\tau = \text{red } \sigma_1 = \frac{\text{vorh } \sigma_1^2}{\text{zul } \sigma_1} > 0,4 \text{ vorh } \tau_o \quad (11)$$

Dabei ist

- $\sigma_I$  der für den Lastfall rechnerische Bruchlast ermittelte Größtwert der Hauptzugsspannungen aus Querkraft an der betrachteten Stelle des Querschnittes, wobei Längszugsspannungen unberücksichtigt bleiben dürfen  
 $\text{zul } \sigma_I$  die nach Tabelle 6, Zeile 56, zulässige Hauptzugsspannung.

Vorgespannte Schubbewehrung darf über die bei der Hauptspannungsermittlung bereits berücksichtigte Vorspannung hinaus mit der zwischen Gebrauchsspannung (Tab. 6, Zeile 65) und Streckgrenze verbleibenden Spannungsreserve – jedoch nicht mehr als  $4200 \text{ kp/cm}^2$  – ange rechnet werden.

#### 12.4.2.2 Zone b

Liegen die Schubspannungen aus Querkraft über den Werten der Tabelle 6, Zeile 56, so ist volle Schubdeckung vorzusehen. Andernfalls darf bei der Bemessung der Schubbewehrung die nachfolgende, reduzierte Schubspannung  $\text{red } \tau_0$  zugrunde gelegt werden.

$$\tau = \text{red } \tau_o = \frac{\text{vorh } \tau_o^2}{\text{zul } \tau_o} \geq 0,4 \text{ vorh } \tau_o \quad (12)$$

Dabei ist

- $\tau_o$  der für den Lastfall rechnerische Bruchlast nach Zustand II ermittelte Rechenwert der Schubspannung (vgl. Abschn. 12.3.3).  
zul  $\tau_o$  der nach Tabelle 6, Zeile 56, zulässige Wert dieser Schubspannung.

In Druckgurten tritt an die Stelle der Schubspannung  $\tau_o$  die Hauptzugsspannung  $a_1$  (vgl. Abschn. 12.3.3).

Vorgespannte Schubbewehrung darf mit den in Zeile 65 angegebenen Spannungen zuzüglich  $4200 \text{ kp/cm}^2$ , jedoch höchstens mit der Streckgrenze bemessen werden.

#### 12.4.3 Schubbewehrung zur Aufnahme der Torsionsmomente

Die Schubbewehrung zur Aufnahme der Torsionsmomente ist getrennt und ohne Abminderung für die Zugkräfte zu bemessen, die in den Stäben eines gedachten, räumlichen Fachwerkastens mit Druckstrebene unter  $45^\circ$  Neigung zur Trägerachse entstehen.

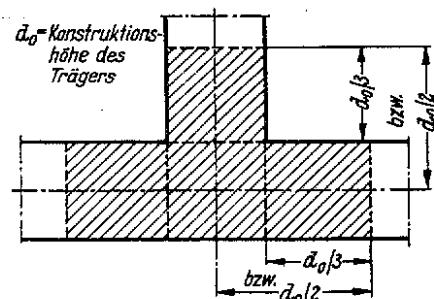
Bei Vollquerschnitten verläuft die Mittellinie des gedachten Fachwerkkastens durch die Mitte der Längstäbe der Torsionsbewehrung (Eckstäbe).

Erhalten einzelne Querschnittsteile des gedachten Fachwerkkastens Druckbeanspruchung aus Längskraft und Biegemoment, so dürfen die in diesen Druckbereichen entstehenden Druckkräfte bei der Bemessung der Torsionsbewehrung berücksichtigt werden.

## 12.5 Indirekte Lagerung

Bei indirekter Lagerung, also bei Trägerdurchdringungen oder Trägereinbindungen, ist die für die Kraftein teilung erforderliche Bewehrung unter konsequenter Zugrundeliegung einer sinnvollen Fachwerkanalogie zu bemessen. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn im Kreuzungsbereich (vgl. Bild 9) eine auf die ganze Querschnittshöhe durchgehende Aufhängebewehrung aus lotrechten oder geneigten Bügeln oder Spanngliedern eingelegt wird, welche für die größte in einem der Trägeranschnitte des Kreuzungsbereiches unter rechnerischer Bruchlast wirkende Querkraft zu bemessen ist. Bei Verwendung von Schrägbügeln oder vorgespannten Schrägstäben ist deren Neigung zwischen  $45^\circ$  und  $90^\circ$  gegen die Balkenachse zu wählen.

Der überwiegende Teil der Aufhängebewehrung ist dabei im unmittelbaren Durchdringungsbereich anzurufen. Die im Kreuzungsbereich vorhandene Schubbewehrung darf auf die Aufhängebewehrung angerechnet werden. Für die schlaffe Bewehrung dürfen dabei die Spannungen der Tabelle 6, Zeile 70 und 71, angesetzt werden, für Spannstahl die Streckgrenze  $\beta_s$ , wenn der Spannungszuwachs kleiner als  $4200 \text{ kp/cm}^2$  ist.



**Bild 9:** Definition des Kreuzungsbereiches bei indirekter Lagerung

Der größtmögliche, nach Bild 9 definierte Kreuzungsbereich darf zugrunde gelegt werden.

## 12.6 Schubdeckung im Bereich der Eintragung der Vorspannung

An den Verankerungsstellen der Spannglieder kann erst in der Entfernung  $e$  vom Ende der Verankerung (Eintragungslänge) mit einer geradlinigen Spannungsverteilung infolge Vorspannung gerechnet werden.

Bei Spanngliedern mit Endverankerung ist diese Eintragslänge  $e$  gleich der Störungslänge  $s$ , die zur Ausbreitung der konzentriert angreifenden Spannkräfte bis zur Einstellung eines geradlinigen Spannungsverlaufes im Querschnitt nötig ist.

Bei Spanngliedern, die nur durch Verbund verankert werden, ist die Eintragungslänge  $e$  anzunehmen zu

$$e = \sqrt{s^2 + \ddot{u}^2} \quad (13)$$

$\ddot{u}$  = Übertragungslänge aus Gl. (16).

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. Für gerippte Drähte ist diese verkürzte Eintragungslänge mit der Hälfte, bei gezogenen Drähten bzw. Litzen mit 3/4 des Ausgangswertes anzunehmen. Wenn kein genauerer Nachweis geführt wird, müssen die Bügelzugkräfte aus der Wirkung des Spaltzuges und aus der Schubdeckung addiert werden.

## 12.7 Nachträglich ergänzte Querschnitte

Schubkräfte zwischen Fertigteilen und Ortbeton bzw. in Arbeitsfugen (vgl. DIN 1045, Abschn. 10.2.3 und 19.4), die in Richtung der betrachteten Tragwirkung verlaufen, sind stets durch Bewehrung abzudecken. Die Bewehrung ist unter Beachtung von DIN 1045, Abschn. 19.7.3 auszubilden. Sie ist unter rechnerischer Bruchlast im allgemeinen für den vollen Rechenwert der Schubspannung, also ohne Berücksichtigung einer von 45° abweichenden Hauptdruckspannungsrichtung und ohne Abminderung gemäß Gl. (12) zu bemessen. Erfolgt das Anbetonieren nach einem Zeitraum, der 3 bis 5 Tage nicht übersteigt, so darf die Arbeitsfuge bei Bemessung für Querkraft und Torsion unberücksichtigt bleiben.

Bei nachträglich durch Ortbeton ergänzten Querschnitten für Decken und ähnliche Bauteile mit vorwiegend ruhender Belastung (nicht in Fabriken und Werkstätten mit leichtem Betrieb) und Verkehrslasten  $< 500 \text{ kp/m}^2$  darf die in der Fuge zwischen Fertigteil und Ortbeton auftretende Hauptzugspannung bzw. der Rechenwert der Schubspannung für die Bemessung der Schubbewehrung abgemindert werden, wenn sie im Bruchzustand 30 % der Werte nach Tabelle 6, Zeile 56, nicht überschreitet. Bezeichnet man diesen Tafelwert mit  $\text{zul } \sigma_I$ , so ist die für die Bemessung der Schubbewehrung maßgebende rechnerische Hauptzugspannung bzw. Schubspannung

$$\text{red } \sigma_I = \frac{\sigma_I^2}{0,3 \text{ zul } \sigma_I} \text{ bzw. } \tau = \frac{\tau_o^2}{0,3 \text{ zul } \sigma_I} \quad (14)$$

einsetzen. Wird Ortbeton Bn 150 verwendet, so ist  $\text{zul } \sigma_I = 21 \text{ kp/cm}^2$ .

## 13. Nachweis der Beanspruchung des Verbundes zwischen Spannglied und Beton

Unter Gebrauchslast erübrigts sich ein Nachweis der Verbundspannungen. Die maximale Verbundspannung  $\tau_1$  ist unter rechnerischer Bruchlast nachzuweisen.

Näherungsweise darf sie aus nachfolgender Formel bestimmt werden:

$$\tau_1 = \frac{Z_U - Z_v}{u \cdot a'} \quad (15)$$

Dabei ist

$Z_U$  = Zugkraft des Spanngliedes beim Bruchsicherheitsnachweis.

$Z_v$  = zul Zugkraft des Spanngliedes unter Gebrauchslast.

$u$  = Umfang der zu erwartenden Scherfläche, i. a. Umfang des Spanngliedes bzw. des Spannbündels im Innern des Hüllrohres.

$a'$  = Abstand zwischen dem Querschnitt des Maximalmomentes unter rechnerischer Bruchlast und dem Momentennullpunkt unter ständiger Last.

Im allgemeinen darf für die Haftspannung  $\tau_1$  mit einem Wert von  $20 \text{ kp/cm}^2$  gerechnet werden. Wird dieser Wert überschritten, so ist unter rechnerischer Bruchlast der Zuwachs der Stahlspannung über die Vorspannung hinaus aus den zulässigen Verbundspannungen zu ermitteln.

## 14. Verankerung der Spannglieder

### 14.1 Allgemeines

Die Spannglieder sind durch geeignete Maßnahmen sicher im Beton des Bauteiles zu verankern.

Die notwendigen Angaben über die Verankerung sind den nach Abschn. 2.2 geforderten bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. Zustimmungen zu entnehmen.

### 14.2 Verankerung durch Verbund

Bei Spanngliedern, die nur durch Verbund verankert werden, ist für die volle Übertragung der Vorspannung vom Stahl auf den Beton unter Gebrauchslast eine Übertragungslänge  $\ddot{u}$  erforderlich.

Dabei ist

$$\ddot{u} = k_1 \cdot d_z \quad (16)$$

Bei Einzelspanngliedern aus Runddrähten ist  $d_z$  der Spanndrahdurchmesser; bei nicht runden Drähten bzw. bei Litzen ist für  $d_z$  der Durchmesser eines Runddrahtes gleicher Querschnittsfläche einzusetzen. Der Verbundbeiwert ist den Zulassungsbescheiden für den Spannstahl zu entnehmen.

Die Verankerungslänge unter rechnerischer Bruchlast beträgt:

$$a = \frac{Z_U}{\sigma_{zv} \cdot F_z} \cdot \ddot{u} \quad (17)$$

Hierbei ist

$\sigma_{zv}$  die zulässige Vorspannung des Spannstahles (nach Tab. 6, Zeile 65),

$F_z$  Querschnittsfläche des Spanngliedes,

$$\frac{M_U}{z} + Q_U \cdot \frac{v}{h}, \quad (18)$$

Versatzmaß der Zugkraftlinie nach Abschn. 14.3.

$Q_U$  die Querkraft unter rechnerischer Bruchlast.

Die Verankerungslänge muß in Zone  $a$  (vgl. Abschn. 12.3.1) liegen; die Zugkraft  $Z_U$  ist in Zone  $b$  an der Übergangsstelle zu Zone  $a$  zu ermitteln.

Wenn die schiefen Hauptzugspannungen unter rechnerischer Bruchlast in einer Entfernung von  $0,5 d_o$  vom Auflagerrand bei vorwiegend ruhender Belastung die Werte der Tabelle 6, Zeile 49, bei nicht vorwiegend ruhender Belastung die Werte der Tabelle 6, Zeile 50, überschreiten, muß die Verankerungslänge

$$a = \frac{Q_U}{\sigma_{zv} \cdot F_z} \cdot \frac{\nu}{h} \cdot \bar{u} \quad (19)$$

hinter der rechnerischen Auflagerlinie liegen. Dabei ist  $F_z$  der Querschnitt der über die Auflagerlinie geführten Spannglieder, die im Feldbereich in der Zugzone liegen. Bei direkter Lagerung genügt ein Überstand von  $2/3 a$ .

#### 14.3 Nachweis der Zugkraftdeckung

Bei gestaffelter Anordnung von Spanngliedern ist die Zugkraftdeckung unter rechnerischer Bruchlast analog zu DIN 1045, Abschn. 18.5.2.1 durchzuführen. Das Versatzmaß  $\nu$  beträgt, wenn nichts Genaueres nachgewiesen wird, bei voller Schubdeckung:

bei Schrägbügeln und Schrägstäben allein	$\nu = 0,25 h$
bei Schrägbügeln und Schrägstäben zusammen mit vertikalen Bügeln	$\nu = 0,50 h$
bei vertikalen Bügeln allein	$\nu = 0,75 h$

Bei verminderter Schubdeckung ist das Versatzmaß um  $0,25 h$  zu vergrößern. Wird nur die Mindestschubbewehrung eingelegt, so ist in Zone  $b$   $\nu = 0,75 h$  anzunehmen; bei Platten ohne Schubbewehrung ist  $\nu = 1,5 h$  in Rechnung zu stellen. In Zone  $a$  erhält sich ein Nachweis der Zugkraftdeckung, wenn die schiefen Hauptzugspannungen unter rechnerischer Bruchlast bei vorwiegend ruhender Belastung die Werte der Tabelle 6, Zeile 49, bei nicht vorwiegend ruhender Belastung die Werte der Tabelle 6, Zeile 50, nicht überschreiten.

#### 14.4 Besondere Hinweise für die Lage der Verankerkörper der Spannglieder

In der Platte von Plattenbalken und Kastenträgern liegende Längsspannglieder, die vor den Tragwerksenden aufhören und dort gespannt werden müssen, sollten möglichst nach unten (bzw. innen) geführt und an besonderen Rippen verankert werden, um nachträglich auszubetonierende Aussparungen in der Platte zu vermeiden.

Bei Zwischenverankerungen in flächenhaften Tragwerksteilen müssen mindestens 25 % der eingetragenen Vorspannkraft durch Bewehrung nach rückwärts verankert werden.

Dabei darf nur jener Teil der Bewehrung berücksichtigt werden, der nicht weiter als  $1,5 \sqrt{F_I}$  von der Achse des endenden Spanngliedes entfernt liegt und dessen

resultierende Zugkraft etwa auf der Achse des endenden Spanngliedes liegt. Dabei ist  $F_I$  die Aufstandsfläche des Ankerkörpers des Spanngliedes. Im Verbund liegende Spannglieder dürfen dabei mitgerechnet werden.

Als zulässige Stahlspannung in der schlaffen Bewehrung gelten hierbei die Werte der Tabelle 6, Zeile 68 bzw. 69. Für die Spannbewehrung darf die vorhandene Spannungsreserve bis zur zulässigen Spannstahlspannung nach Tabelle 6, Zeile 65, aber keine höhere Zusatzspannung als  $2400 \text{ kp/cm}^2$  in Ansatz gebracht werden.

Wenn hinter einer Zwischenverankerung Betondruckspannungen  $\sigma$  vorhanden sind, so darf die sich daraus ergebende kleinste Druckkraft in Abzug gebracht werden, und zwar mit:

$$D = 5 \cdot F_I \cdot \sigma \quad (20)$$

#### 15. Zulässige Spannungen

##### 15.1 Spannungstabelle

Die allgemein zulässigen Beton- und Stahlspannungen sind in Tabelle 6 angegeben. Zwischenwerte dürfen nicht eingeschaltet werden. In der Mittelfläche von Gurtplatten sind die Spannungen für mittigen Zug einzuhalten. Bei nachträglicher Ergänzung von vorgespannten Fertigteilen durch Ortbeton Bn 150 (vgl. Abschn. 3.1.1 und 12.7) beträgt die zul. Randdruckspannung für Bn 150  $60 \text{ kp/cm}^2$ .

##### 15.2 Zulässige Spannung bei Teilbelastung

Es gelten die in DIN 1045, Abschn. 17.3.3 angegebenen Regeln.

##### 15.3 Zulässige Spannungen in der vorgedrückten Druckzone (vgl. Abschn. 1.3.1)

Da die durch Vorspannung erzeugten Druckspannungen  $\sigma_v$  einen geringeren Sicherheitsbeiwert erfordern als die durch die äußere Last hervorgerufenen Druckspannungen  $\sigma_q$ , darf bei der Bemessung der vorgedrückten Druckzone die mit den zulässigen Spannungen aus Tabelle 6, Zeile 1 – 4, zu vergleichende rechnerische Betondruckspannung mit

$$\sigma = 0,75 \sigma_v + \sigma_q \quad (21)$$

angenommen werden.

##### 15.4 Zulässige Spannungen in Spanngliedern mit Dehnungsbehinderung (Reibung)

Bei Spanngliedern, deren Dehnung durch Reibung behindert ist, darf gemäß Tabelle 6, Zeile 66, die zulässige Spannung am Spannende erhöht werden, wenn sich diese Erhöhung nicht bis in den Bereich der größten Momente erstreckt und außerdem auf die Bereiche beschränkt bleibt, in denen der Einfluß der Verkehrslasten gering ist.

### 15.5 Zulässige Betonzugspannungen für die Beförderungszustände bei Fertigteilen

Der Beförderungszustand kann als besonderer Bauzustand angesehen werden. Die zul. Betonzugspannungen betragen das Zweifache der zul. Werte für den Bauzustand.

Wird hiervon Gebrauch gemacht, so muß der Nachweis der Rissebeschränkung nach Abschn. 10 auch für den Beförderungszustand von Fertigteilen geführt werden (siehe auch Abschn. 9.4).

### 15.6 Querbiegezugspannungen in Querschnitten, die nach DIN 1045 bemessen werden

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 6, Zeile 45, nicht überschreiten. Bei Brücken wird dieser Nachweis nur für den Lastfall H verlangt.

Außerdem dürfen für den Lastfall ständige Last + Vorspannung die nach Zustand I ermittelten Querbiegezugspannungen die Werte der Tabelle 6, Zeile 37, nicht überschreiten.

### 15.7 Zulässige Stahlspannungen beim Vorspannen

Beim Spannvorgang darf die Spannung im Spannstahl vorübergehend die Werte nach Tabelle 6, Zeile 64, erreichen; der kleinere Wert ist maßgebend. Nach dem Verankern der Spannglieder gelten die Werte der Tabelle 6, Zeile 65 bzw. 66 (siehe auch Abschn. 15.4). Die Einflüsse der Reibung beim Spannen und Nachlassen sind auf der ganzen Spanngliedlänge zu berücksichtigen. Bei Spannverfahren, bei denen im Zulassungsbescheid aus konstruktiven Gründen eine Abminderung der zulässigen Spannkraft vorgeschrieben ist, muß die gleiche prozentuale Abminderung sowohl beim Spannen als auch nach dem Verankern der Spannglieder berücksichtigt werden.

### 15.8 Gekrümmte Spannglieder

Die Randspannungen in Spanngliedern dürfen den Wert  $\beta_{0,01}$  nicht überschreiten. Der Spannungsnachweis ist für Spannglieder zu führen, die gekrümmt verlegt und gespannt sind oder sich in aufgerolltem Zustand befinden.

### 15.9 Schlaffe Bewehrung bei nicht vorwiegend ruhender Belastung

Beim Nachweis der Rissebeschränkung gemäß Abschn. 10, der Bruchsicherheit gemäß Abschn. 11 und der Schubsicherung gemäß Abschn. 12 ist ein Nachweis der Schwingbreite entsprechend DIN 1045, Abschn. 17.8 nicht erforderlich.

Geschweißte Betonstahlmatte dürfen nur verwendet werden, wenn der Nachweis der Dauerschwingfestigkeit

gemäß DIN 1045, Tabelle 6, Zeile 5, erbracht ist; für die Schubsicherung bei Eisenbahnbrücken sind jedoch auch solche Betonstahlmatte nicht zulässig.

### 15.10 Zulässige Spannungen bei Brücken

Die Lastfälle H, HZ und Bauzustand regeln sich nach DIN 1072 bzw. BE.

Brücken größerer Abmessungen und schiefe Brücken sollen nach Möglichkeit auch in Querrichtung vorgespannt werden. Vorgespannte schiefwinkelige Überbauten mit Winkeln von etwa  $60^\circ$  und darunter sind stets auch in Querrichtung vorzuspannen. Bei quervorgespannten Fahrbahnplatten sind auch die Querträger vorzuspannen.

Für Eisenbahnbrücken des allgemeinen Verkehrs ist immer volle Vorspannung anzuwenden. Ausnahmen hiervon bedürfen einer ausdrücklichen Genehmigung der aufsichtsführenden Behörde. Mehrgleisige Überbauten von Eisenbahnbrücken sind stets quer vorzuspannen, ebenso alle eingleisigen Überbauten mit mehrstegigen Plattenbalken oder Kastenquerschnitten, bei denen die Schienen ausnahmsweise unmittelbar auf der Betonkonstruktion befestigt sind (schotterloser Oberbau). Werden die Querspannglieder von Arbeits- oder Montagefugen geschnitten, so ist volle Quervorspannung zu wählen. Wird in anderen Fällen für die Quervorspannung bei Eisenbahnbrücken nur eine beschränkte Vorspannung gewählt, so ist unter Zugrundelegung des Stadiums II nachzuweisen, daß die im Spannstahl auftretende Schwingbreite nicht mehr als  $600 \text{ kp/cm}^2$  beträgt.

Tabelle 6

#### Zulässige Spannungen

##### 1. Beton auf Druck infolge Längskraft und Biegemoment unter Gebrauchslast

Querschnittsbereich	Anwendungsbereich	zulässige Spannungen kp/cm <sup>2</sup>				Zeile
		Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
1	2	3	4	5	6	7
Druckzone	Mittiger Druck in Säulen und Druckgliedern	80	100	115	130	1
	Randspannung bei Voll- (z. B. Rechteck-) Querschn. (einachsige Biegung)	110	140	170	190	2
	Randspannung in Gurtplatten aufgelöster Querschnitte (z. B. Plattenbalken und Hohlkastenquerschnitte)	100	130	160	180	3
	Eckspannung bei zwei-achsiger Biegung	120	150	180	200	4
vorgedrückte Zugzone	Mittiger Druck	110	130	150	170	5
	Randspannung bei Voll- (z. B. Rechteck-) Querschn. (einachsige Biegung)	140	170	190	210	6
	Randspannung in Gurtplatten aufgelöster Querschnitte (z. B. Plattenbalken und Hohlkastenquerschnitte)	130	160	180	200	7
	Eckspannung bei zwei-achsiger Biegung	150	180	200	220	8

## 2. Beton auf Zug infolge Längskraft und Biegemoment unter Gebrauchslast

### 2.1 Allgemein (nicht bei Brücken)

Vor-spannung	Anwendungsbereich	zulässige Spannungen kp/cm²				Zeile
		Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
1	2	3	4	5	6	7
	allgemein:					
	Mittiger Zug	0	0	0	0	9
	Randspannung	0	0	0	0	10
	Eckspannung	0	0	0	0	11
volle Vor-spannung	unter unwahrscheinlicher Häufung von Lastfallen:					
	Mittiger Zug ***)	6	8	9	10	12
	Randspannung	16	20	22	24	13
	Eckspannung	20	24	27	30	14
beschränkte Vor-spannung	Bauzustand:					
	mittiger Zug ***)	3	4	5	6	15
	Randspannung	8	10	11	12	16
	Eckspannung	10	12	14	15	17
	allgemein**):					
	mittiger Zug ***)	12	14	16	18	18
	Randspannung	30	35	40	45	19
	Eckspannung	35	40	45	50	20
	unter unwahrscheinlicher Häufung von Lastfallen:					
	mittiger Zug ***)	16	20	22	24	21
	Randspannung	40	44	50	56	22
	Eckspannung	44	52	58	64	23
	Bauzustand:					
	mittiger Zug ***)	8	10	11	12	24
	Randspannung	20	22	25	28	25
	Eckspannung	22	26	29	32	26

### 2.2 Bei Brücken und vergleichbaren Bauwerken gemäß Abschn. 6.8.1

Vor-spannung	Anwendungsbereich	zulässige Spannungen kp/cm²				Zeile
		Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
1	2	3	4	5	6	7
	unter Hauptlasten:					
	Mittiger Zug	0	0	0	0	27
	Randspannung	0	0	0	0	28
	Eckspannung	0	0	0	0	29
volle Vor-spannung	unter Haupt- und Zusatzlasten:					
	Mittiger Zug ***)	6	8	9	10	30
	Randspannung	16	20	22	24	31
	Eckspannung	20	24	27	30	32
	Bauzustand:					
	Mittiger Zug ***)	3	4	5	6	33
	Randspannung	8	10	11	12	34
	Eckspannung	10	12	14	15	35
	unter Hauptlasten**):					
	Mittiger Zug ***)	10	12	14	16	36
	Randspannung	25	28	32	35	37
	Eckspannung	28	32	36	40	38
beschränkte Vor-spannung	unter Haupt- und Zusatzlasten:					
	Mittiger Zug ***)	12	14	16	18	39
	Randspannung	30	36	40	45	40
	Eckspannung	35	40	45	50	41
	Bauzustand:					
	Mittiger Zug ***)	8	10	11	12	42
	Randspannung	20	22	25	28	43
	Eckspannung	22	26	29	32	44

\*) siehe auch Abschnitt 10.1.2

\*\*) Wegen der Begrenzung der Zugspannungen in Gurtplatten vergl. Abschnitt 15.1

### 2.3 Biegespannungen aus Quertragwirkung in schlaff bewehrten Bauteilen

Vor-spannung	Anwendungsbereich	zulässige Spannungen kp/cm²				Zeile
		Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
		30	40	50	60	45

### 3. Beton auf Schub

#### 3.1 Schiefe Hauptzugspannungen unter Gebrauchslast

Vor-spannung	Beanspruchung	zulässige Spannungen kp/cm²				Zeile
		Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
1	2	3	4	5	6	7
volle Vor-spannung	$Q, T, Q + T$ i. d. Mittelfläche	8	9	9	10	46
	$Q + T$	10	12	14	15	47
beschränkte Vor-spannung	$Q, T, Q + T$ i. d. Mittelfläche	18	22	26	30	48
	$Q + T$	25	28	32	35	49

#### 3.2 Schiefe Hauptzugspannungen unter rechnerischer Bruchlast

##### 3.2.1 Ohne Nachweis der Schubbewehrung zulässige Werte

Beanspruchung	Bauteile	zulässige Spannungen kp/cm²				Zeile
		Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
1	2	3	4	5	6	7
Querkraft $Q$	bei Balken	14	18	20	22	50
	bei Platten*) ( $Q$ senkrecht zur Platte)	8	10	12	14	51
Torsion $T$	bei Kompaktquerschnitten	14	18	20	22	52
	in der Mittelfläche von Stegen und Gurten	8	10	12	14	54
Querkraft + Torsion	in der Mittelfläche von Stegen und Gurten	14	18	20	22	54
	bei Kompaktquerschnitten	18	24	27	30	55

\*) Für dicke Platten ( $d > 30$  cm) siehe Abschnitt 12.4.1.

##### 3.2.2 Grenze für die Verminderte Schubdeckung

Beanspruchung	Bauteile	zulässige Spannungen kp/cm²				Zeile
		Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
		32	42	48	52	56

##### 3.2.3 Höchstwerte

Beanspruchung	Bauteile	zulässige Spannungen kp/cm²				Zeile
		Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
Querkraft $Q$	bei Balken	55	70	80	90	57
	bei Platten ( $Q$ senkrecht zur Platte)	32	42	48	52	58
Torsion $T$	bei Kompaktquerschnitten	32	42	48	52	59
	in der Mittelfläche von Stegen und Gurten	32	42	48	52	60
Querkraft + Torsion	in der Mittelfläche von Stegen und Gurten	55	70	80	90	61
	bei Kompaktquerschnitten	55	70	80	90	62

### 3.3 Schiefe Hauptdruckspannungen unter technischer Bruchlast

Beanspruchung	Bauteile	zulässige Spannungen kp/cm <sup>2</sup>				Zeile
		Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
		125	175	225	275	63

## 4. Stahl auf Zug

### 4.1 Stahl der Spannglieder

Beanspruchung	zul. Spannungen	Zeile
1	2	3
vorübergehend, im Spannbett bez. beim Spannen (vgl. auch Abschn. 9.31 und 15.7)	0,8 $\beta_x$ bzw. 0,65 $\beta_y$	64
unter Gebrauchslast	0,75 $\beta_x$ bzw. 0,55 $\beta_y$	65
unter Gebrauchslast bei Dehnungs- behinderung (vgl. Abschn. 15.4)	5 % mehr als nach Zeile 65	66
Randspannungen in Krümmungen (vgl. auch Abschn. 15.8)	8,01	67

### 4.2 Schlaffe Bewehrungen

Beanspruchung	Betonstahl	zul. Spannungen kp/cm <sup>2</sup>	Zeile
1	2	3	4
Zur Aufnahme der unter Gebrauchslast auftretenden Zug- spannung (vgl. auch Abschnitt 10):	22/34 42/50 50/55 gerippt	$\beta_z/1,75$	68
	50/55 glatt	2400	69
Zur Aufnahme der Rißlast und zur Bemessung der Schubbewehrung:	22/34	2200	70
	42/50 50/55 glatt u. gerippt	4200	71

232342

**Spannbeton****Weitere übergangsweise Anwendung bisher geltender Bestimmungen im Spannbetonbau**

RdErl. d. Innenministers v. 5. 9. 1973 – V B 2 – 461.100

1. Die „Richtlinien für Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauteilen“ (Fassung Juni 1973) wurden mit RdErl. v. 4. 9. 1973 (MBI. NW. S. 1463/SMBI. NW. 232342) als Richtlinie bauaufsichtlich eingeführt.  
Durch diese „Richtlinien“ werden ersetzt:  
DIN 4227, Ausgabe Oktober 1953,  
sowie die hierzu ergangenen ergänzenden Bestimmungen  
(siehe Nr. 3.1 des RdErl. v. 4. 9. 1973 –  
MBI. NW. S. 1463/SMBI. NW. 232342).

2. Es bestehen jedoch keine Bedenken, die Bestimmungen der vorgenannten Norm und der hierzu ergangenen Ergänzungen für Bauvorhaben anzuwenden, deren Baugenehmigung bis 31. Dezember 1973 beantragt wird.

Hierbei ist folgendes zu beachten:

- 2.1 Die Bestimmungen nach vorstehender Nr. 2 dürfen nicht zusammen mit Bestimmungen der „Richtlinien für Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauteilen“ (Fassung Juni 1973) oder sich hierauf beziehende Vorschriften am selben Bauteil oder bei verschiedenen Bauteilen angewandt werden, deren Schnittgrößen sich wechselseitig beeinflussen. Ausnahmen sind unter Nr. 2.3 festgelegt.
- 2.2 Die Bestimmungen meines RdErl. v. 11. 2. 1972 (MBI. NW. S. 325/SMBI. NW. 232342) über die weitere übergangsweise Anwendung bisher geltender Bestimmungen im Beton- und Stahlbetonbau gelten sinngemäß.
- 2.3 Bei Anwendung der Norm DIN 4227, Ausgabe 10. 1953, ist außerdem zu beachten:
  - 2.3.1 Zu Abschnitt 13 – Schubsicherung und Haftspannungen  
  
Zusätzlich zu den in diesem Abschnitt genannten Nachweisen ist bei indirekter Lagerung ab sofort der in den „Richtlinien für Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauteilen“ (Fassung Juni 1973), Abschnitt 12.5, geforderte Nachweis zu führen.
  - 2.3.2 Zu Abschnitt 15 – Verankerung der Spannglieder –  
Für den Nachweis der Verankerung der Spannglieder, insbesondere bei gestaffelter Anordnung von Spanngliedern und bei durch Verbund verankerten Spanndrähten, sind ab sofort die „Richtlinien für Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauteilen“ (Fassung Juni 1973), Abschnitt 14, anzuwenden.

3. Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen, Anlage zum RdErl. v. 17. 4. 1972 (SMBI. NW. 2323) erhält bei Abschnitt 5.3 in Spalte 7 die Ergänzung:

„Weitere übergangsweise Anwendung bisher geltender Bestimmungen im Spannbetonbau:

RdErl. v. 5. 9. 1973 (MBI. NW. S. 1487/SMBI. NW. 232342)

bei

DIN 4228 Spannbetonmaste; Richtlinien für Bemessung und Ausführung.“

– MBI. NW. 1973 S. 1487.

232342

**Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle**

RdErl. d. Innenministers v. 5. 9. 1973 – V B 2 – 461.102

1. Die vom Deutschen Ausschuß für Stahlbeton im Fachnormenausschuß Bauwesen des Deutschen Normenausschusses aufgestellten

**Richtlinien für das Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle (Ausgabe Juni 1973)**

Anlage

werden nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NW) als Richtlinie bauaufsichtlich eingeführt.  
Die „Richtlinien“ werden als Anlage bekanntgemacht.

Die Ausgabe Juni 1973 der „Richtlinien für das Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle“ ersetzt die Ausgabe Juli 1957 der „Vorläufigen Richtlinien für das Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle“, die mit RdErl. d. Ministers für Wiederaufbau v. 24. 3. 1959 (MBI. NW. S. 944/SMBI. NW. 232342) bauaufsichtlich eingeführt worden ist.

2. Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen, Anlage zum RdErl. v. 17. 4. 1972 (SMBI. NW. 2323) erhält in Abschnitt 5.3 folgende Fassung:

Spalte 2: Juni 1973

Spalte 3: Richtlinien für das Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle

Spalte 4: R

Spalte 5: 5. 9. 1973

Spalte 6: MBI. NW. S. 1487/SMBI. NW. 232342

3. Den RdErl. d. Ministers für Wiederaufbau v. 24. 3. 1959 (SMBI. NW. 232342), mit dem die Ausgabe Juli 1957 der „Vorläufigen Richtlinien für das Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle“ bauaufsichtlich eingeführt worden ist, hebe ich auf.

**Inhalt****Vorbemerkungen**

1. Aufgaben des Einpreßmörtels
2. Anforderungen an den Einpreßmör tel
3. Aufbau des Einpreßmörtels
  - 3.1 Zement
  - 3.2 Wasserzugabe
  - 3.3 Zusatzmittel
  - 3.4 Zusatzstoffe
  - 3.5 Zuschläge
  - 3.6 Einpreß-Trockenmörtel
4. Abmessen, Mischen und Einpressen
5. Vorübergehender Korrosionsschutz
6. Schutzmaßnahmen und Einpressen bei tiefer Temperatur
7. Prüfungen des Einpreßmörtels
  - 7.1 Eignungsprüfungen
  - 7.2 Güteprüfungen
  - 7.3 Erhärtungsprüfungen

**Anhang**

1. Prüfverfahren und Durchführung der Nachweise
  - 1.1 Eintauchversuch zur Ermittlung des Fließvermögens
  - 1.2 Sicherung gegen zu frühes Erstarren (Ansteifen) des Einpreßmörtels
  - 1.3 Ermittlung des Absetzmaßes bzw. des Quellmaßes und Herstellung der Probekörper für die Festigkeitsprü fung
  - 1.4 Abgesondertes Wasser
  - 1.5 Druckfestigkeitsprüfung in Anlehnung an DIN 1048
  - 1.6 Frostbeständigkeit
2. Zusammenstellung der Prüfergebnisse
3. Arbeits- und Prüfprotokolle
  - 3.1 Allgemeine Angaben

## Vorbemerkungen

Die mit der Durchführung der Spannbetonarbeiten beauftragte Bauunternehmung ist verpflichtet, zur Information der örtlichen Bauleitung und der Bauaufsicht den Zulassungsbescheid über die zur Anwendung kommenden Spannverfahren und Prüfbescheide für die zu verwendenden Zusatzmittel auf der Baustelle zu hinterlegen.

Der für die Durchführung der Einpreßarbeiten verantwortliche Ingenieur oder sein Vertreter (Anhang Abschn. 2) hat das Fachpersonal mit den Richtlinien und den Auflagen des Zulassungsbescheids vertraut zu machen sowie die Erfüllung dieser Forderungen im Arbeitsprotokoll (Anhang Abschn. 3) zu bestätigen.

## 1. Aufgaben des Einpreßmörtels

Der Einpreßmörtel hat die Aufgabe, durch Umhüllen der Spannstähle und Ausfüllen aller Hohlräume des Spannkanals die Stahleinlagen gegen Korrosion zu schützen. Der erforderliche Verbund zwischen Spannstählen und Baukörper muß durch ausreichende Festigkeit des Einpreßmörtels gewährleistet sein.

## 2. Anforderungen an den Einpreßmörtel

2.1 Das Fließvermögen des Einpreßmörtels muß bis zur Beendigung des Einpressens ausreichend sein. Es wird durch den Eintauchversuch festgestellt (Anhang Abschn. 1.1 und 1.2).

Folgende Werte sind einzuhalten:

sofort nach Abschluß des Mischens  $\geq 30$  Sekunden; längere Tauchzeiten (40 – 45 Sekunden) sind anzustreben;

30 Minuten nach Abschluß des Mischens im allgemeinen  $\leq 80$  Sekunden.

2.2 Die festen Stoffe des Einpreßmörtels dürfen nur in geringem Maße sedimentieren. Bei der Prüfung gemäß Anhang Abschn. 1.3 darf das Absetzmaß (die Differenz zwischen der Ausgangsfüllhöhe und der Höhe der Mörteloberfläche nach dem Absetzen) nicht mehr als 2 % der ursprünglichen Höhe der Mörtelfüllung betragen; mäßiges Quellen ist anzustreben. Auf den Proben darf nach 28 Tagen kein Wasser stehen.

2.3 Die Druckfestigkeit des Einpreßmörtels, die an jeweils 3 zylindrischen Probekörpern (siehe Anhang Abschn. 1.3 und 1.5) nachzuweisen ist, muß bei Eignungs- und Güteprüfungen folgenden Anforderungen genügen:

$\beta_{c7}$ im Mittel	$\geq 225 \text{ kp/cm}^2$ ,
kein Einzelwert unter	$200 \text{ kp/cm}^2$ .
$\beta_{c28}$ im Mittel	$\geq 300 \text{ kp/cm}^2$ ,
kein Einzelwert unter	$270 \text{ kp/cm}^2$ .

Falls Verankerungskräfte auf den Einpreßmörtel bereits vor Ablauf der 28tägigen Erhärtungsfrist des Einpreßmörtels übertragen werden sollen, ist zu diesem Zeitpunkt diejenige Mindestdruckfestigkeit nachzuweisen (Erhärtungsprüfung nach Abschn. 7.3), die in den besonderen Bedingungen des Zulassungsbescheids für das betreffende Spannverfahren gefordert wird.

2.4 Die Frostbeständigkeit von erhärtetem Einpreßmörtel muß gewährleistet sein. Sie ist durch Eignungsprüfungen gemäß Abschn. 7.1 nachzuweisen. Die Forderung wird erfüllt, wenn das Volumen 3 Tage alter und bis zur Prüfung bei  $+5^\circ\text{C}$  ( $\pm 1$  grd) gelagerter Probekörper bei der Prüfung (Anhang Abschn. 1.6) durch einmaliges Gefrieren bis  $-20^\circ\text{C}$  ( $\pm 1$  grd) nicht größer wird.

Auf den Nachweis der Frostbeständigkeit gemäß Abschn. 6.3 wird besonders hingewiesen, da Einpreßmörtel, der bei niederen Temperaturen verpreßt wird, auch in jungem Alter frostbeständig sein muß.

## 3. Aufbau des Einpreßmörtels

Der Einpreßmörtel wird aus Zement, Wasser, Zusatzmittel (Abschn. 3.3) und ggf. Zusatzstoff (3.4) und Zuschlag (3.5) hergestellt. Die Eignung der Zusammensetzung und die Verwendbarkeit der Ausgangsstoffe ist durch eine Eignungsprüfung nach Abschn. 7.1 nachzuweisen.

### 3.1 Zement

Es dürfen nur Zemente verwendet werden, die folgenden Anforderungen genügen:

Portlandzemente nach DIN 1164, Ausgabe 1970, die mindestens der Festigkeitsklasse 350 F entsprechen.

Der Zement ist in Säcken zu je 50 kg zu liefern, er darf – vom Tage der Werkslieferung gerechnet – nicht älter als 3 Wochen sein; er muß bis zur Verwendung in einem geschlossenen Raum, gegen Feuchtigkeit geschützt, gelagert werden.

### 3.2 Wasserzugabe

Die Wasserzugabe ist möglichst gering zu halten und so zu bemessen, daß alle geforderten Eigenschaften des Einpreßmörtels erreicht werden. Der W/Z-Wert soll in der Regel 0,44 nicht überschreiten.

Sofern das erforderliche Fließvermögen und die klimatischen Verhältnisse es zulassen, ist die Wasserzugabe auf einen W/Z-Wert  $< 0,44$  zu verringern.

Trinkwasser aus öffentlichen Versorgungsleitungen ist im allgemeinen zur Aufbereitung von Einpreßmörtel geeignet, Meerwasser darf nicht verwendet werden. Bei Verwendung anderer Wässer ist der Nachweis zu führen, daß sie nicht die Korrosion des Spannstahls fördern. Der Chloridgehalt des Anmachwassers darf nicht größer als 300 mg Cl<sup>-</sup> je Liter sein.

### 3.3 Zusatzmittel

Als Zusatzmittel dürfen nur Einpreßhilfen (EH) mit einem gültigen Prüfbescheid\*) verwendet werden.

Die Einpreßhilfen sollen den Wasserbedarf vermindern und das Fließvermögen des Einpreßmörtels verbessern. Sie sollen der Sedimentation des Zements entgegenwirken, den frischen Einpreßmörtel geringfügig auftreiben und die Frostbeständigkeit des Einpreßmörtels auch in jungem Alter sicherstellen.

### 3.4 Zusatzstoffe

Zusatzstoffe dürfen dem Einpreßmörtel nur zugegeben werden, wenn im Zulassungsbescheid für das Spannverfahren ihre Verwendung ausdrücklich gestattet ist.

Die Zusatzstoffe müssen DIN 4226, Blatt 1 (Zuschlag für Beton) entsprechen. Andere Zusatzstoffe dürfen nur dann verwendet werden, wenn für sie ein Prüfzeichen oder eine bauaufsichtliche Zulassung erteilt ist, in der die Verwendung für Einpreßmörtel gestattet ist.

### 3.5 Zuschläge

Das Ausfüllen großer Hohlräume mit Kies geeigneter Körnung über 8 mm, z. B. in Trompeten von Blechkästen, vor dem Einbringen des Einpreßmörtels ist zulässig.

Die Zuschläge müssen DIN 4226 Blatt 1 entsprechen.

### 3.6 Einpreß-Trockenmörtel

Fabrikmäßig hergestellter Einpreß-Trockenmörtel darf nur verwendet werden, wenn er bauaufsichtlich zugelassen ist.\*)

## 4. Abmessen, Mischen und Einpressen

**4.1 Sämtliche Stoffe des Einpreßmörtels sind nach Gewicht sorgfältig so abzumessen, daß die Forderungen des Abschn. 2 in Verbindung mit Abschn. 3.2 erfüllt werden. Im übrigen sind die Bestimmungen des Zulassungsbescheides für das betreffende Spannverfahren zu beachten.**

**4.2 In der Regel ist der Mischvorgang in der Reihenfolge Wasser, Zement sowie anschließend ggf. Zusatzstoffe, Zuschläge und Einpreßhilfe durchzuführen; er muß spätestens nach etwa 4 Minuten beendet sein. Der Zement ist hierbei langsam einzufüllen, ferner muß die Einpreßhilfe so zugegeben werden, daß eine gleichmäßige Durchmischung des Einpreßmörtels und die Wirksamkeit der Einpreßhilfe gewährleistet sind. Der Einpreßmörtel ist anschließend maschinell so zu bewegen, daß Entmischung und Klumpenbildung vermieden werden. Die Temperatur des Frischmörtels soll nach dem Mischvorgang + 35 °C nicht übersteigen.**

Zum Einpressen ist eine Pumpe (keine Druckluft) zu benutzen, die ein gleichmäßiges Fließen des Einpreßmörtels gewährleistet. Die Höhe des anzuwendenden Pumpendrucks und die Fließgeschwindigkeit sind auf die Erfordernisse der Spannglieder abzustimmen.

### 4.3 Die Spannkanäle sind vor dem Einpressen auf freien Durchgang zu prüfen.

Nicht durchgängige Spannkanäle sind durch Aufstemmen, Anbohren oder andere geeignete Maßnahmen vor dem Einpressen freizumachen.

Wird mit Wasser gespült, so ist das in den Spannkanälen verbliebene Wasser mit Druckluft auszublasen, da tiefliegende Spannkanalöffnungen für die vollständige Entfernung des Wassers in der Regel allein nicht ausreichen. An das Spülwasser sind dieselben Anforderungen zu stellen wie an das Zugabewasser (siehe Abschn. 3.2).

Spannkanäle ohne Hüllrohre sind vor dem Einpressen einige Stunden lang zu durchfeuchten, damit der Beton von dem Einpreßmörtel nicht zuviel Wasser absaugt. Nach dem Durchfeuchten ist überschüssiges Wasser durch Ausblasen mit Druckluft zu entfernen.

### 4.4 Das Einpressen darf erst beendet werden, wenn am anderen Ende des Spannkanals in genügender Menge Einpreßmörtel ausgeflossen ist, dessen Tauchzeit nicht unter 30 Sekunden (siehe Anhang Abschn. 1.1) liegt.

Es ist sicherzustellen, daß der Einpreßmörtel im Spannkanal quellen und ggf. freies Wasser verdrängen kann. Zu diesem Zweck dürfen Öffnungen des Spannkanals, an denen sich freies Wasser ansammeln und austreten kann, nicht verschlossen werden.

Aus dem Spannkanal ausgeflossener Einpreßmörtel darf nicht wieder verwendet werden. Gleichfalls ist Mörtel von einer Verwendung auszuschließen, der eine halbe Stunde nach seiner Herstellung nicht eingepreßt werden konnte.

**4.5 Jeder Spannkanal ist ohne Unterbrechung vollzupressen. Spannkanäle sind nur dann nachzupressen, wenn in großen Querschnitten abgesondertes Anmachwasser durch frischen Einpreßmörtel verdrängt werden muß.**

Grundsätzlich sind die Spannkanäle von ihrem tiefliegenden Ende her zu füllen.

## 5. Vorübergehender Korrosionsschutz

**5.1 Unabhängig von Abs. 4.3 muß unmittelbar nach dem Betonieren dafür gesorgt werden, daß alle Spannkanäle durch gründliches Ausblasen mit Druckluft von etwa eingedrungenem Wasser freigemacht werden. Bis zum Einpressen sind die Spannkanäle dann gegen das weitere oder erneute Eindringen von Wasser zu schützen, ferner ist die Zirkulation von Luft in den Spannkanälen zu verhindern.**

**5.2 Wenn zu vorübergehendem Korrosionsschutz des Stahls Schutzmittel verwendet werden, ist nachzuweisen,**

\*) Prüfbescheide und Zulassungen erteilt das Institut für Bautechnik, I Berlin 30, Reichpietschufer 72 – 76.

dass die geforderten Eigenschaften des Eipressmörtels und der notwendige Verbund nicht beeinträchtigt werden.

## 6. Schutzmaßnahmen und Eipressen bei tiefer Temperatur

6.1 Bei Bauwerkstemperaturen unter + 5 °C ist das Eipressen zu unterlassen.

6.2 Tritt nach dem Eipressen Frostwetter ein, so muß durch geeignete Maßnahmen dafür gesorgt werden, daß die Bauwerkstemperatur innerhalb der ersten 5 Tage nicht unter + 5 °C absinkt.

6.3 Ist man gezwungen, bei Lufttemperaturen unter + 5 °C einzupressen, dann muß das Bauwerk bis 5 Tage nach dem Eipressen ausreichend warmgehalten werden und zwar im Bereich der Spannkanäle auf mindestens + 5 °C. Der Eipressmörtel ist mit einer Temperatur von mindestens + 5 °C zu verwenden. In diesen Fällen muß eine Eignungsprüfung bei niedriger Temperatur (+ 5 °C) einschließlich der Prüfung auf Frostbeständigkeit durchgeführt sein. Es ist zweckmäßig, diese Prüfungen vor Beginn des Winters vorzunehmen.

## 7. Prüfungen des Eipressmörtels

Der Eipressmörtel muß in Eignungs- und Güteprüfungen sowie ggf. in Erhärtungsprüfungen untersucht werden.

### 7.1 Eignungsprüfungen

Eignungsprüfungen sind für jeden Bauabschnitt kurzfristig vor den Eipressarbeiten mit den für die Ausführung vorgesehenen Stoffen durchzuführen. Die Zylinderdruckfestigkeit ist vor Beginn der Eipressarbeiten an mindestens 7 Tage alten Proben nachzuweisen. Die Geräte-, Mörtel- und Lagerungstemperatur muß dabei (mit Ausnahme der bei extremen Temperaturen zu führenden Nachweise vgl. Abschnitt 4.2 und 6.3) zwischen + 15 °C und + 22 °C liegen.

Güteprüfungen von entsprechenden Eipressarbeiten können als Eignungsprüfungen anerkannt werden, wenn die Eipressarbeiten nicht länger als 2 Monate zurückliegen, und von demselben Unternehmen mit gleicher Mörtelzusammensetzung und mit den gleichen Geräten durchgeführt wurden.

Bei Eignungsprüfungen sind folgende Nachweise zu führen:

- Eintauchversuch zur Bestimmung des Fließvermögens (siehe Anhang 1.1),
- Sicherung gegen zu frühes Erstarren (Ansteifen) (siehe Anhang 1.2),
- Ermittlung des Absetz- bzw. Quellmaßes (Raumänderung) (siehe Anhang 1.3),
- Druckfestigkeit an jeweils 3 Proben nach 7 und 28 Tagen (siehe Anhang 1.3 und 1.5),
- Frostbeständigkeit (siehe Abschn. 2.4 und Anhang 1.6).

Mögliche Einflüsse extremer Temperaturen zum Zeitpunkt des Eipressens sind bei den Nachweisen gemäß a), b), c) und e) zu berücksichtigen (vgl. Abschn. 4.2 und 6.3).

Der Nachweis der Frostbeständigkeit kann entfallen, wenn für die in Aussicht genommene Zusammensetzung des Eipressmörtels eine Frostbeständigkeitsprüfung vorliegt, die nicht älter als 1 Jahr ist.

### 7.2 Güteprüfungen

Die Güteprüfungen dienen dem Nachweis, daß der tatsächlich verwendete Eipressmörtel die geforderten Eigenschaften besitzt und daß seine Zylinderdruckfestigkeit im Alter von 28 Tagen der Sollfestigkeit gemäß Abschn. 2.3 entspricht. Die Lagerungstemperatur der Proben muß dabei zwischen + 15 °C und + 22 °C liegen.

Für jeden Tag des Eipressens sind 3 Proben – verteilt über die Zeit des Eipressens, aber zufällig – am Auslauf des Spannkanals zu entnehmen und zu prüfen. Wird die Zusammensetzung des Eipressmörtels geändert, sind jeweils 3 weitere Proben zu entnehmen.

Die Güteprüfungen bestehen aus folgenden Nachweisen:

- Eintauchversuch zur Bestimmung des Fließvermögens,
- Sicherung gegen zu frühes Erstarren,
- Ermittlung des Absetz- bzw. Quellmaßes,
- Druckfestigkeitsprüfung.

Der Eintauchversuch ist im Verlauf der Eipressarbeiten mehrmals täglich zu wiederholen, um die Einhaltung des Fließvermögens und die Konsistenz des Eipressmörtels festzustellen. Der Mörtel ist hierzu am Einlauf und Auslauf eines Spannkanals zu entnehmen.

Die Prüfungen zu b), c) und d) sind in gleicher Weise wie bei den Eignungsprüfungen vorzunehmen.

Für später etwa durchzuführende Nachuntersuchungen sind von jeder Lieferung 20 kg Zement in luftdicht zu verschließenden Gefäßen, 500 g Eipresshilfe sowie ggf. eine entsprechende Menge Zuschlag und Zusatzstoffe bis zum Vorliegen einwandfreier und vollständiger Prüfzeugnisse zurückzustellen.

### 7.3 Erhärtungsprüfungen

Die Erhärtungsprüfungen dienen zum Nachweis der Zylinderdruckfestigkeit des Eipressmörtels zu einem bestimmten Zeitpunkt (siehe Abschn. 2.3) unter den Temperaturverhältnissen des Bauwerks.

Die Prüfung erfolgt jeweils an 3 Probekörpern nach den Abschn. 1.3 und 1.5 des Anhangs. Die Proben sind, vor Sonnenstrahlung geschützt, unmittelbar neben oder auf dem Bauteil (Einfluß der Temperatur) bis zur Vorbereitung für die Prüfung erschütterungsfrei zu lagern.

Es sollten mindestens 2 Sätze zu je 3 Probekörpern angefertigt werden, damit die Erhärtungsprüfung wiederholt werden kann, wenn bei der ersten Prüfung eine unzureichende Druckfestigkeit festgestellt wurde.

## Anhang

### 1. Prüfverfahren und Durchführung der Nachweise

Für die Eignungs- und Güteprüfungen werden folgende Untersuchungen gefordert:

#### 1.1 Eintauchversuch zur Ermittlung des Fließvermögens

Mit dem Eintauchversuch wird das Fließvermögen des Einpreßmörtels festgestellt und die Wasserzugabe so bemessen, daß das Fließvermögen für die betreffenden Spannglieder auch bei Berücksichtigung ungünstiger klimatischer und konstruktiver Bedingungen noch ausreichend ist.

Für den Versuch muß der Einpreßmörtel aus dem vorgesehenen Zement und der Einpreßhilfe sowie ggf. mit dem entsprechenden Zusatzstoff und Zuschlag maschinell nach Abschn. 4 der Richtlinien hergestellt werden. Labormischer, mit denen Einpreßmörtel für Prüfungszwecke in der Regel hergestellt wird, müssen in ihrer Wirkung den auf der Baustelle eingesetzten Mischgeräten entsprechen.

Unmittelbar vor dem Versuch ist der Zylinder des Eintauchgerätes innen mit einem sauberen feuchten Wischer leicht anzufeuchten und auch der Tauchkörper feucht abzuwischen. Der Zylinder wird mit etwa 1,9 Liter Einpreßmörtel bis etwa 26 cm unter dem Rand gefüllt, so daß der Tauchkörper beim Einführen gerade voll eintaucht, wenn sein Anschlag an der Führungsstange auf dem oben am Rohr aufgestellten Abstandhalter aufliegt. Der Abstandhalter wird dann weggezogen, der Tauchkörper sinkt bis zum Anschlag am Rohr. Danach wird der Tauchkörper wieder in die Ausgangsstellung gehoben, der Abstandhalter eingesetzt, erneut weggezogen und die Zeit gemessen, bis der Anschlag am Rohr aufliegt. Der Versuch wird mit der gleichen Füllung hintereinander 3mal durchgeführt. Das Mittel der Tauchzeit aus dem zweiten und dritten Eintauchen ist maßgebend, weil das erste Eintauchen im allgemeinen längere Tauchzeiten liefert.

Die Tauchzeiten des Einpreßmörtels sind unmittelbar nach Abschluß des Mischvorganges und nach 30 Minuten zu messen. Die Mindesttauchzeit von 30 Sekunden ist im Hinblick auf die Frostbeständigkeit nur dann zulässig, wenn die Anforderungen der Abschn. 2.2 bis 2.4 der Richtlinien erfüllt werden.

Die Grundeinstellung der Eintauchgeräte ist mindestens einmal im Jahr und nach Beschädigung zu prüfen.

#### 1.2 Sicherung gegen zu frühes Erstarren (Ansteifen) des Einpreßmörtels

Das Ansteifen des Einpreßmörtels ist durch Wiederholung des Eintauchversuchs nach 30 Minuten (siehe

Anhang Absatz 1.1) zu überprüfen. Nach 30 Minuten soll die Tauchzeit im allgemeinen noch unter 80 Sekunden liegen. Für diese Prüfungen ist nicht benutzter Einpreßmörtel aus der gleichen Mischung wie für den vorausgegangenen Eintauchversuch zu verwenden; der Mörtel ist bis zur Durchführung des Wiederholungsversuchs in Bewegung zu halten (Rührholz).

#### 1.3 Ermittlung des Absetzmaßes bzw. des Quellmaßes und Herstellung der Probekörper für die Festigkeitsprüfungen

Für die Prüfungen sind jeweils 3 Proben, die auch zur Prüfung der Druckfestigkeit des Einpreßmörtels (siehe Abschn. 1.5) dienen, zu entnehmen. Sie werden in 1-kg-Konservendosen von rd. 120 mm Höhe und einem Innendurchmesser von rd. 99 mm hergestellt, die mit Deckel und Spannring zu verschließen sind. Jede Dose ist mit folgenden Angaben zu versehen (Aufkleber):

##### Prüfung von Einpreßmörtel

Baustelle:

Bauteil/

Dose Nr. . . . . hergest. am . . . . .  
Uhrzeit

Probeentnahme

durch (Unterschrift)

und mit je einer Durchschrift der Arbeits- und Prüfprotokolle (siehe Abschn. 3) bei der Prüfstelle zur Prüfung abzuliefern.

Um die Absetz- bzw. Quellmaße zuverlässig ermitteln zu können, sind die Dosen vor der Füllung mit Einpreßmörtel an einem erschütterungsfreien Platz aufzustellen. Sie sind nach der Füllung, vor Erschütterungen und vor Wärmestrahlung geschützt, dort etwa 24 Stunden zu belassen, bis der Einpreßmörtel erhärtet ist und ohne nachteilige Veränderung seines Gefüges in den Dosen transportiert werden kann.

Der maschinell nach Abschn. 4 dieser Richtlinien hergestellte Einpreßmörtel wird mit Hilfe eines Füllmaßes 100 mm hoch, gemessen über der Mitte des Bodens, in die Dosen eingebracht. Der Abstand der Mörteloberfläche vom Dosenrand wird mit Anschlagplatte und Tiefenmaß gemessen und protokolliert (Nullmessung). Dann werden die Dosen bis zur Kontrollmessung mit Spannring und Deckel verschlossen oder mit dem Deckel abgedeckt, der zu beschweren ist (etwa 300 g). Die Kontrollmessung soll in der Regel 24 Stunden nach dem

Füllen der Dosen durchgeführt werden. Sie erfolgt ebenfalls mit Anschlagplatte und Tiefenmaß. Dabei ist auch die Schichtdicke des gegebenenfalls abgesonderten Anmachwassers festzustellen.

Die Ermittlung der Raumänderung in den Dosen nach 24 Stunden kann auch nach dem vereinfachten Verfahren mit Hilfe der Doppelmeßbrücke durchgeführt werden. Kontrollmessungen nach diesem Verfahren sind nach ausreichender Erhärtung des Einpreßmörtels, frühestens 24 Stunden nach Anfertigung der Proben vorzunehmen. Das ggf. auf dem Mörtel stehende, ausgesonderte Wasser, muß bei diesem Meßverfahren vor der Messung abgegossen und nach der Messung wieder auf den Mörtel aufgebracht werden.

Nach der Kontrollmessung werden die Dosen mit dem Spannring verschlossen. Sie sind frühestens nach 24 Stunden sorgfältig und stehend zu transportieren und bis zu der im Alter von 7 und 28 Tagen vorzunehmenden Druckfestigkeitsprüfung für Eignungs- und Güteprüfungen bei Temperaturen zwischen + 15 °C und + 22 °C zu lagern.

Die für Erhärtungsprüfungen erforderlichen Probekörper sind zusätzlich aus dem zum Einpressen aufbereiteten Einpreßmörtel anzufertigen. Sie sind bis zur Vorbereitung für die Prüfung bei Bauwerkstemperaturen zu lagern (siehe Richtlinien Abschn. 7.3). Auf die Prüfung der Raumänderung kann bei diesen Proben verzichtet werden.

#### 1.4 Abgesondertes Wasser

Bei die Proben für die Druckfestigkeitsprüfung vorbereitet werden, ist in der Regel am Tage der Druckfestigkeitsprüfung, frühestens aber 2 Tage vorher, die Schichtdicke des ggf. auf der Oberfläche des Probemörtels stehenden Wassers festzustellen und zu protokollieren.

#### 1.5 Druckfestigkeitsprüfung in Anlehnung an DIN 1048

Die Proben dürfen frühestens 2 Tage vor der Druckfestigkeitsprüfung ausgeformt werden, nachdem ggf. Messungen nach Abschn. 1.4 durchgeführt sind. Die Prüfkörper werden durch Absägen der Zylinder an der Oberseite und Abschleifen an beiden Enden auf 80 mm Höhe hergestellt. Die Druckflächen müssen parallel und vollkommen eben sein. Bis zum Zeitpunkt der Prüfung sind die vorbereiteten Proben ständig feucht zu halten. Die 28-Tage-Druckfestigkeit ist unbeschadet vorhergehender durch die Art des Spannverfahrens bedingter Erhärtungsprüfungen (siehe Richtlinien Abschn. 7.3) nachzuweisen. Die Prüfungen sind in Anlehnung an DIN 1048 Blatt 1 durchzuführen.

#### 1.6 Frostbeständigkeit

Die Frostbeständigkeit (siehe Richtlinien Abschn. 2.4) wird an mindestens 2 Proben bei folgenden Prüfanstalten geprüft:

Amtliche Forschungs- und Materialprüfanstalt für das Bauwesen an der Universität Stuttgart, Otto-Graf-Institut, 7000 Stuttgart 80 (Vaihingen), Pfaffenwaldring 4;

Forschungsinstitut der Zementindustrie, 4000 Düsseldorf, Tannenstr. 2;

ZEMLABOR-Baustofflaboratorium GmbH u. Co. KG Beckum, 4720 Beckum, Parallelweg 20;

Bundesanstalt für Wasserbau, 7500 Karlsruhe, Hertzstr. 16.

Die Prüfkörper werden von den vorstehenden Prüfanstalten nach den Angaben der Baufirmen hergestellt.

#### 2. Zusammenstellung der Prüfergebnisse

Die Ergebnisse der Eignungs- und Güteprüfungen sind von einem für die Durchführung der Arbeiten verantwortlichen Ingenieur\*) bzw. seinem Vertreter auf Formblättern gem. Abschn. 3 zu protokollieren. Bei Änderung der Zusammensetzung des Einpreßmörtels, insbesondere des W/Z-Wertes, ist mit neuer Uhrzeit ein neues Protokoll anzufertigen. Auf die Bestätigung, daß die Forderung gemäß Vorbemerkung Abs. 2 beachtet wurde, wird hingewiesen.

#### 3. Arbeits- und Prüfprotokolle

Für die Protokolle sind Formblätter mit folgenden, je nach Bedarfsfall zutreffenden Ansätzen für jeden Einpreßabschnitt zu verwenden.

##### 3.1 Allgemeine Angaben

Erklärung des verantwortlichen Ingenieurs:

Für die Einhaltung der Richtlinien und Auflage gemäß Vorbemerkung Abs. 2 bei Durchführung der Spannbetonarbeiten zeichnet verantwortlich

(Ort)	(Datum)	(Unterschrift)
3.1.1 Bauherr:		
3.1.2 Bauunternehmen:		
3.1.3 Bauwerk, Bauteil:		
3.1.4 Spannverfahren:		
3.1.5 Bezeichnung der Spannglieder:		
3.1.6 Länge der Spannglieder und erforderliche Füllmenge:		
3.1.7 Tag des Einpressens:		Wetter:
3.1.8 Lufttemperatur	°C	°C
Uhrzeit	Uhr	Uhr
3.1.9 Temperatur des Bauwerks:	°C	
3.1.10 Mischer, Typ, Inhalt, Rührgeschwindigkeit:		

\*) Nach DIN 1045, Ausgabe Januar 1972, Abschnitt 4, ist hierfür der Bauleiter des Unternehmens zuständig.

### 3.2 Einpreßmörtelmischung

- 3.2.1 Zement; Art, Festigkeitsklasse und Hersteller:
- 3.2.2 Zuschläge; Art: Menge % d. Zementgew.
- 3.2.3 Einpreßhilfe; Fabrikat: Menge % d. Zementgew.
- 3.2.4 Anmachwasser; Herkunft, Entnahme:
- 3.2.5 W/Z-Wert:
- 3.2.6 Mischdauer:
- vor Zugabe der Einpreßhilfe: Min.
  - Gesamtzeit: Min.
- 3.2.7 Anzahl der Mischungen  
Eingepräste Gesamtmenge:
- 3.2.8 Temperatur der Mörtelbestandteile:
- Zement: °C
  - Zuschläge: °C
  - Wasser: °C
- 3.2.9 Temperatur des Einpreßmörtels:
- nach Beendigung des Mischens: °C
  - nach Durchfließen des Spannkanals: °C
- 3.2.10 Lagerung der Proben; Ort und Lufttemperatur:  
(Max., Min.)
- Während der ersten 24 Stunden
  - bis zur Einlieferung in die Prüfanstalt bzw. bis zur Vorbereitung der Prüfung:

### 3.3 Besondere Vorkommnisse und Unregelmäßigkeiten bei den Einpreßarbeiten:

### 3.4 Prüfung des Fließvermögens mit dem Eintauchgerät nach Prof. Walz:

#### 3.4.1 Prüfung unmittelbar nach dem Mischen:

Tauchzeit: (1. Eintauchen sec)	
2. Eintauchen sec	
3. Eintauchen sec	
Mittel 2. u. 3. Eintauchen sec	

#### 3.4.2 Prüfung des aus dem Spannkanal ausgeflossenen Mörtels:

Tauchzeit: (1. Eintauchen sec)	
2. Eintauchen sec	
3. Eintauchen sec	
Mittel 2. u. 3. Eintauchen sec	

#### 3.4.3 Prüfung rund 30 Minuten nach dem Mischen:

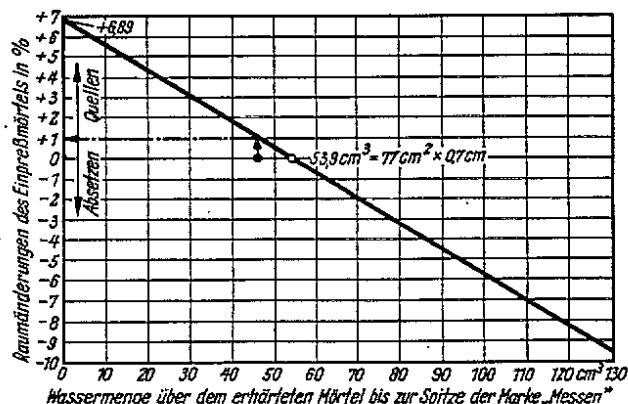
Tauchzeit: (1. Eintauchen sec)	
2. Eintauchen sec	
3. Eintauchen sec	
Mittel 2. u. 3. Eintauchen sec	

### 3.5.2 Ermittlung des Absetz- bzw. Quellmaßes mit der Doppelmeßbrücke

Diagramm zur Ermittlung der Absetzmaße und Quellmaße von Einpreßmörtel in 1-kg-Dauerdosen bei

100 mm Füllhöhe ( $\phi$  99 mm, gewölbter Boden, rd. 782 cm<sup>3</sup> Füllmenge).

(Beispiel: Wassermenge bis Marke „Messen“, 46 cm<sup>3</sup> entspricht 1 % Quellen)



Menge des aufgegossenen Wassers

Dose	cm <sup>3</sup>	Raumänderung %

Tag: Uhrzeit der Messung:

Name des Prüfers

### 3.5.1 Ermittlung des Absetz- bzw. Quellmaßes mit Anschlagplatte und Tiefenmaß

1	2	3	4	5	6	7
Probe-Nr.	Füllzeit	Null-Messung sofort nach Füllung der Dosen	Kontrollmessung ... Stunden nach Einfüllung des Mörtels	O.K. Wasser-Spiegel	O.K. feste Mörtelteile	Abgesondertes Wasser in % des eingefüllten Mörtels
	Meßpunkt Nr.	mm	mm	mm	mm	Raumänderung der festen Mörtelteile in % des eingefüllten Mörtels
1	1 2 3 4 5 6					
zus.						
1. Mittel						
2	1 2 3 4 5 6					
zus.						
1. Mittel						
3	1 2 3 4 5 6					
zus.						
1. Mittel						

**Hinweise****Inhalt des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen****Nr. 48 v. 31. 8. 1973**

(Einzelpreis dieser Nummer 0,90 DM zuzügl. Portokosten)

Glied.-Nr.	Datum		Seite
311 45	13. 8. 1973	Verordnung zur Änderung der Ersten, Zweiten, Dritten und Vierten Verordnung über die Zuständigkeit der Amtsgerichte in Bußgeldverfahren wegen Verkehrsordnungswidrigkeiten . . . . .	411
7832	28. 8. 1973	Verordnung über Zuständigkeiten nach dem Geflügelfleischhygiengesetz. . . . .	412

– MBl. NW. 1973 S. 1495.

**Nr. 49 v. 6. 9. 1973**

(Einzelpreis dieser Nummer 0,90 DM zuzügl. Portokosten)

Glied.-Nr.	Datum		Seite
2005	14. 8. 1973	Verordnung zur Änderung der Verordnung über die Bestimmung der Bezirke der Wasserwirtschaftsämter und die Übertragung von Aufgaben im Bezirk anderer Wasserwirtschaftsämter . . . . .	414
2005	14. 8. 1973	Verordnung über die Bestimmung der Sitze und Bezirke der Geschäftsführer der Kreisstellen der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe als Landesbeauftragte im Kreise im Neugliederungsraum Bielefeld. . . . .	414
202	10. 8. 1973	Sechsundzwanzigste Verordnung zur Übertragung von Zuständigkeiten der Aufsichtsbehörde nach dem Gesetz über kommunale Gemeinschaftsarbeit . . . . .	414
7831	16. 8. 1973	Durchführungsverordnung zum Gesetz zur Ausführung des Viehseuchengesetzes (DVO-AGVG-NW) . . . . .	415
	16. 8. 1973	Verordnung zur Änderung der Verordnung über die zentrale Vergabe von Studienplätzen für die Studiengänge an den staatlichen Fachhochschulen und entsprechende Studiengänge an den Gesamthochschulen sowie für integrierte Studiengänge an den Gesamthochschulen des Landes Nordrhein-Westfalen an Studienanfänger des Wintersemesters 1973/74 . . . . .	415

– MBl. NW. 1973 S. 1495.

**Nr. 50 v. 18. 9. 1973**

(Einzelpreis dieser Nummer 0,90 DM zuzügl. Portokosten)

Glied.-Nr.	Datum		Seite
2023	28. 8. 1973	Verordnung zur Änderung der Verordnungen über Zuständigkeiten in den Kreisen Herford, Lüdenscheid und Kempen-Krefeld . . . . .	418
97	24. 8. 1973	Verordnung NW TS Nr. 7/73 über einen Tarif für die Beförderung von Bergen im allgemeinen Güternahverkehr (§ 80 Güterkraftverkehrsgesetz) in Nordrhein-Westfalen . . . . .	418
	16. 8. 1973	Öffentliche Bekanntmachung betreffend Errichtung und Betrieb einer halbtechnischen Versuchsanlage zur Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente aus Hochtemperaturreaktoren auf dem Gelände der Kernforschungsanlage Jülich GmbH . . . . .	419
	20. 8. 1973	5. Nachtrag zur Konzessionsurkunde vom 16. Dezember 1896 über die Ausdehnung des Unternehmens der Westfälischen Landes-Eisenbahn-Gesellschaft auf den Bau und Betrieb vollspuriger Nebeneisenbahnen von Beckum nach Lippstadt, von Soest über Belecke nach Brilon und von Beckum-Ennigerloh nach Warendorf . . . . .	419

– MBl. NW. 1973 S. 1495.

**Inhalt des Gemeinsamen Amtsblattes des Kultusministeriums  
und des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen**

Nr. 8 – August 1973

(Einzelpreis dieser Nummer 2,- DM zuzügl. Portokosten)

A. Amtlicher Teil	II Minister für Wissenschaft und Forschung		
<b>I Kultusminister</b>			
Personalnachrichten . . . . .	434	Personalnachrichten . . . . .	451
Durchführung des Schulsparens. RdErl. d. Kultusministers v. 17. 7. 1973 . . . . .	437	Nachträgliche Graduierung von Absolventen der Werkkunstschulen. RdErl. d. Ministers für Wissenschaft und Forschung v. 3. 6. 1973 . . . . .	453
Unfallversicherung für Schüler staatlicher Schulen und privater allgemeinbildender Schulen. RdErl. d. Kultusministers v. 28. 6. 1973 . . . . .	437	Einstellungsrichtlinien für Fachhochschullehrer an Fachhochschulen und Gesamthochschulen des Landes Nordrhein-Westfalen. RdErl. d. Ministers für Wissenschaft und Forschung v. 22. 5. 1973 . . . . .	456
Fernkurse. RdErl. d. Kultusministers v. 27. 6. 1973 . . . . .	437	Änderung der Promotionsordnung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Köln; hier: Änderung. Bek. d. Ministers für Wissenschaft und Forschung v. 27. 6. 1973. . . . .	457
Zentrale Arbeitsgruppe im Gesamtschulversuch Nordrhein-Westfalen. RdErl. d. Kultusministers v. 10. 7. 1973 . . . . .	438	Berichtigung. Diplomprüfungsordnung der Pädagogischen Hochschule Rheinland. Bek. d. Ministers für Wissenschaft und Forschung v. 19. 1. 1973 . . . . .	457
Reifeprüfung; hier: Bewertung der Prüfungsleistungen in den Leibesübungen. RdErl. d. Kultusministers v. 26. 7. 1973 . . . . .	438	Zentralbibliothek der Medizin in Köln. Bek. d. Ministers für Wissenschaft und Forschung v. 3. 7. 1973 . . . . .	457
Vorläufige Ordnung der Abschlußprüfung und der Feststellungsprüfung für deutsche Übersiedler. RdErl. d. Kultusministers v. 12. 7. 1973. . . . .	442	Berichtigung. Satzung der Universität Bonn über die Vergabe von Studienplätzen an Studienanfänger in den Studiengängen Ernährungs- und Haushaltswissenschaften und Leibeserziehung v. 28. 5. 1973. . . . .	458
Berichtigung. Richtlinien zum Berufsgrundschuljahr. RdErl. d. Kultusministers v. 25. 7. 1973 . . . . .	449	Informationstagungen und Methodenseminare zum Thema „Schulentwicklungsplanung“. RdErl. d. Kultusministers v. 13. 8. 1973 . . . . .	458
Erwerb der Fachoberschulreife und der Fachhochschulreife im Rahmen der Ausbildung für den Polizeivollzugsdienst im Lande Nordrhein-Westfalen; hier: Änderung. Gem. RdErl. d. Kultusministers u. d. Innenministers v. 27. 6. 1973 . . . . .	449		
Berichtigung. Prüfungsordnung zur Feststellung der Allgemeinbildung für die Zulassung zu a) Fach- und Höheren Fachschulen für sozialpflegerische, sozialpädagogische und soziale Berufe, b) Ausbildungsstätten für Privatmusiklehrer. RdErl. d. Kultusministers v. 10. 7. 1973. . . . .	451	Stellenausschreibung im Geschäftsbereich des Kultusministers . . . . .	464
Anerkennung von DDR-Zeugnissen, die den Abschlußzeugnissen der Realschule vergleichbar sind. RdErl. d. Kultusministers v. 26. 3. 1973. . . . .	451	Inhaltsverzeichnis des Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen für die Ausgaben vom 29. Mai bis 27. Juli 1973 . . . . .	466
Berichtigung. Zulassung zum Leihverkehr der deutschen Bibliotheken. RdErl. d. Kultusministers v. 19. 7. 1973. . . . .	451	Inhaltsverzeichnis des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen für die Ausgaben vom 23. Juli bis 26. Juli 1973. . . . .	469
		<b>B. Nichtamtlicher Teil</b>	

– MBl. NW. 1973 S. 1496.

**Einzelpreis dieser Nummer 6,- DM**

Einzellieferungen nur durch den August Bagel Verlag, Düsseldorf, gegen Voreinsendung des vorgenannten Betrages zuzügl. 0,50 DM Versandkosten auf das Postscheckkonto Köln 85 16. (Der Verlag bittet, keine Postwertzeichen einzusenden.) Es wird dringend empfohlen, Nachbestellungen des Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen möglichst innerhalb eines Vierteljahres nach Erscheinen der jeweiligen Nummer bei dem August Bagel Verlag, 4 Düsseldorf, Grafenberger Allee 100, vorzunehmen, um späteren Lieferschwierigkeiten vorzubeugen. Wenn nicht innerhalb von vier Wochen eine Lieferung erfolgt, gilt die Nummer als vergriffen. Eine besondere Benachrichtigung ergeht nicht.

Herausgegeben von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Elisabethstraße 5, Druck: A. Bagel, Düsseldorf, Vertrieb: August Bagel Verlag, Düsseldorf. Bezug der Ausgabe A (zweiseitiger Druck) und B (einseitiger Druck) durch die Post. Ministerialblätter, in denen nur ein Sachgebiet behandelt ist, werden auch in der Ausgabe B zweiseitig bedruckt geliefert. Bezugspreis vierteljährlich Ausgabe A 20,80 DM, Ausgabe B 22,- DM.

Die genannten Preise enthalten 5,5% Mehrwertsteuer.