

## Merkblatt Nr. 11

### Checkliste zur Vorspannung mit sofortigem Verbund von Betonfertigteilen (07/2016)

#### 1 Allgemeines

Diese Checkliste enthält Angaben für Tragwerksplaner und Konstrukteure beim Planen und Ausführen von Betonfertigteilen, die mit sofortigem Verbund vorgespannt werden. Die Liste basiert auf der FDB-Broschüre „Spannbetonbinder nach Eurocode 2“ [1], in der eine vollständige Beispielbemessung für einen Spannbetonbinder enthalten ist. Die Checkliste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Vorteile von vorgespannten gegenüber nicht vorgespannten Bauteilen sind (vgl. [2] oder [3]):

- Material- und Gewichtseinsparungen durch die Verwendung hochfester Betone und Spannstähle;
- Große Spannweiten und geringe Verformungen mit sehr schlanken Querschnitten realisierbar;
- Weitgehend rissefreier Beton aufgrund der Beschränkung der Betonzugspannungen, was insbesondere Vorteile für Bauteile in aggressiven Umgebungsbedingungen oder Flüssigkeitsbehältern bietet;
- Vorübergehende Risse aus kurzzeitiger Überlastung schließen sich bei Entlastung wieder;
- Geringe Ermüdungsgefahr bei dynamischen Beanspruchungen aufgrund eines günstigen Verhältnisses von Ober- zu Unterspannung.

Das häufigste Spannverfahren in Betonfertigteilwerken ist die Vorspannung mit sofortigem Verbund in einem Spannbett („Spannbettvorspannung“), was gegenüber einer Vorspannung mit nachträglichem Verbund folgende Vorteile hat (vgl. [4]):

- Keine zusätzlichen Verankerungselemente erforderlich, da die Verankerung durch Verbund stattfindet;
- Keine Hüllrohre für den Spannstahl erforderlich;
- Spannkraftverluste aus Reibung bei gerader Spanngliedführung vernachlässigbar;
- Spannkraft kann mit größerer Zuverlässigkeit eingetragen werden;
- Einfacher und kostengünstiger Fertigungsvorgang im Fertigteilwerk („Spannbettvorspannung“);
- Nutzungsdauer eines Spannbetts nahezu unbegrenzt;
- Herstellung mehrerer Bauteile hintereinander in einem Spannbett;
- Durch entsprechend geplante Widerlager können sehr hohe Vorspannkraften realisiert werden.

#### 2 Vordimensionierung und Vorbemessung

2.1	Wahl der Querschnittsabmessungen z. B. nach [5]	
2.2	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Spannstahl vorhanden und aktuell	
2.3	Wahl des Elastomerlagers anhand der zulässigen mittleren Druckspannung, dem zulässigen Drehwinkel und evtl. der zulässigen Horizontalverformung	
2.4	Ermittlung der Auflagertiefe unter Berücksichtigung der Lagerabmessungen, Randabstände und Grenzabweichungen sowie der Herstellungs- sowie Montagetoleranzen (siehe auch [6])	
2.5	Ermittlung der maßgebenden Bemessungsstellen	
2.6	Ermittlung der Brutto- und ideellen Querschnittswerte	
Anmerkungen:		

### 3 Dauerhaftigkeit und Betondeckung

3.1	Wahl der Expositionsklassen nach DIN EN 1992-1-1, 4.2	
3.2	Ermittlung der Betondeckung der Spannglieder nach DIN EN 1992-1-1, 4.4.1.2 (3)	
3.3	Ggf. Reduzierung des Vorhaltemaßes um 5 mm nach DIN EN 1992-1-1, 4.4.1.3 (3). Zusätzliche Qualitätskontrollen erforderlich (siehe Hinweise in [7]).	
3.4	Ggf. weitere Reduzierung des Vorhaltemaßes um mehr als 5 mm nach DIN EN 1992-1-1, NA.10.4. Prüfung der Mindestbetondeckung am fertigen Bauteil erforderlich (siehe Hinweise in [8]). Hierfür Rücksprache mit Hersteller erforderlich.	
3.5	Mindestabstand der Spannglieder untereinander nach DIN EN 1992-1-1, 8.10.1.2 (1) prüfen	
Anmerkungen:		

### 4 Einwirkungen

4.1	Ermittlung des Eigengewichts und weiterer ständiger Einwirkungen (Kiesschicht, Trapezblech, Wärmedämmung etc.) nach DIN EN 1991-1-1	
4.2	Ermittlung der Nutzlasten nach DIN EN 1991-1-1 (einschl. Installationsleitungen)	
4.3	Ermittlung der Schneelasten nach DIN EN 1991-1-3	
4.4	Ermittlung der Windlasten nach DIN EN 1991-1-4	
4.5	Bei Außenbauteilen: Einwirkungen aus Temperatur nach DIN EN 1991-1-5	
4.6	Falls erforderlich, weitere Einwirkungen, z. B. Setzungs- oder Bewegungsunterschiede (siehe DIN EN 1992-1-1, 2.3.1.3), Ermüdungslastmodelle nach DIN EN 1991-2, 4.6.1	
Anmerkungen:		

### 5 Vorbemessung der Vorspannung

5.1	Vorspanngrad unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit wählen. Evtl. Mindestanforderungen bei Expositionsklassen XC2 bis XC4 (Dekompression, siehe 8.5) beachten.	
5.2	Wahl der Spannbettspannung unter Einhaltung der maximalen Werte nach DIN EN 1992-1-1, 5.10.2.1 (1) und DIN EN 13369, 4.2.3.2.1	
5.3	Ermittlung des erforderlichen Spannstahlquerschnitts unter Berücksichtigung der Spannkraftverluste (Abschätzung erforderlich).	
5.4	Überprüfung der zulässigen Spannstahlspannung nach Übertragen der Vorspannung nach DIN EN 1992-1-1, 5.10.3 (2)	
Anmerkungen:		



## 6 Spannkraftverluste

6.1	Sofortige Spannkraftverluste nach DIN EN 1992-1-1, 5.10.4 ermitteln:	
	• Verluste aus der Kurzzeitrelaxation der Litzen	
	• Bei Wärmebehandlung erhöhte Werte für die Relaxation des Spannstahls (siehe Zulassung des Spannstahls)	
	• Verluste infolge elastischer Stauchung des Betonfertigteils	
	• Keilschlupf der Litzenverankerungen (kann auch bei der Dehnwegberechnung berücksichtigt werden, siehe 12.2)	
	• Evtl. Reibungsverluste an Umlenkstellen	
6.2	Zeitabhängige Spannkraftverluste, z. B. nach DIN EN 1992-1-1, 5.10.6 ermitteln:	
	• Kriechen und Schwinden (Vorspannzeitpunkt, Lagerungszeit, Luftfeuchtigkeit)	
	• Bei ortbetonergänzten Bauteilen evtl. unterschiedliches Kriech- und Schwindverhalten einzelner Querschnittsteile berücksichtigen	
	• Verluste aus der Relaxation des Spannstahls, falls unter 6.1 nicht schon berücksichtigt (z. B. bei Wärmebehandlung, Hinweise enthalten die Zulassungen für Spannstahl)	
Anmerkungen:		

## 7 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit



7.1	Bemessung für Biegung mit Längskraft nach DIN EN 1992-1-1, 6.1	
7.2	Bemessung für Querkraft nach DIN EN 1992-1-1, 6.2	
	Bei Satteldachbindern: Reduzierung der einwirkenden Querkraft unter Berücksichtigung der Querkraftkomponenten aus Betonstahl- und Spannstahlzugkraft sowie der Querkraftkomponenten in der Druckzone (siehe z. B. [1])	
7.3	Bei schlanken Trägern Nachweis gegen seitliches Ausweichen (Kippen) nach DIN EN 1992-1-1, 5.9 oder Berechnung z. B. nach [9]	
	Abschätzung der Vorverformung nach [9] oder nach den Grenzwerten in den Produktnormen, z. B. DIN EN 13225, 4.3.1	
7.4	Falls erforderlich: Bemessung der Verbundfuge nach DIN EN 1992-1-1, 6.2.5	
7.5	Falls erforderlich: Bemessung für Torsion nach DIN EN 1992-1-1, 6.3	
7.6	Falls erforderlich: Bemessung gegen Ermüdung nach DIN EN 1992-1-1, 6.8	
Anmerkungen:		

## 8 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit



8.1	Begrenzung der Betondruckspannungen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In den Expositionsklassen XD, XF und XS:  <math>0,6 f_{ck}</math> nach DIN EN 1992-1-1, 7.2 (2) (charakteristische (seltene) Einwirkungskombination (EK))</li> <li>• <math>0,45 f_{ck}</math> nach DIN EN 1992-1-1, 7.2 (3) (quasi-ständige EK) zur Abschätzung des nicht-linearen Kriechens (d. h. Vergrößerung des Kriechbeiwerts nach 3.1.4 (4))</li> </ul>	

## 8 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Festigkeit des Betons beim Übertragen der Vorspannkraft <math>f_{cm}(t=0) \geq 1,5 \sigma_{c,max} \geq 25</math> N/mm<sup>2</sup> nach DIN EN 13369, 4.2.3.2.3 oder DIN EN 1992-1-1, 5.10.2.2 (5) (<math>\sigma_{c,max}</math> = maximale Betondruckspannung aus Vorspannung und Eigengewicht zum Zeitpunkt des Übertragens der Vorspannung)</li> </ul>	
8.2	Begrenzung der Betonstahlspannungen: $0,8 f_{yk}$ nach DIN EN 1992-1-1, 7.2 (5) (charakteristische (seltene) EK)	
8.3	Begrenzung der Spannstahlspannungen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>0,8 f_{pk}</math> oder <math>0,9 f_{p0,1k}</math> (der kleinere Wert ist maßgebend) nach DIN EN 1992-1-1, 5.10.2 (1) und DIN EN 13369, 4.2.3.2.1 für den Nachweis der Vorspannkraft <math>P_{max}</math> während des Spannvorgangs sowie nach DIN EN 1992-1-1, 7.2 (NA.6) (charakteristische (seltene) EK) zur Vermeidung von nichtelastischen Dehnungen</li> <li><math>0,75 f_{pk}</math> oder <math>0,85 f_{p0,1k}</math> (der kleinere Wert ist maßgebend) nach DIN EN 1992-1-1, 5.10.3 (2) für den Nachweis der Vorspannkraft <math>P_{m0}</math> unmittelbar nach Spannkraftübertragung</li> <li><math>0,65 f_{pk}</math> nach DIN EN 1992-1-1, 7.2 (5) (quasi-ständige EK) zur Vermeidung von Spannungsrisskorrosion</li> </ul>	
8.4	Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.2	
	Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.3 bzw. 7.3.4	
	Beiwerte $r_{inf} = 0,95$ und $r_{sup} = 1,05$ bei der Vorspannung berücksichtigen	
8.5	Nachweis der Dekompression nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.1 für die Expositionsklassen XC2 bis XC4 unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination	
	a) Vereinfachter Nachweis mit vollständig überdrücktem Querschnitt oder	
	b) Nachweis über die Grenzlinie der Dekompression im Abstand $\max\{100 \text{ mm}; h/10\}$ vom äußeren Rand des Spannglieds nach DIN EN 1992-1-1/NA, NCI zu 7.3.1 (5)	
8.6	Begrenzung der Verformungen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Begrenzung des Durchhangs, z. B. nach DIN EN 1992-1-1, 7.4.1 (4) auf 1/250 der Stützweite unter quasi-ständiger Einwirkungskombination</li> <li>Evtl. Begrenzung der Durchbiegung nach Einbau verformungsempfindlicher Bauteile, z. B. nach DIN EN 1992-1-1, 7.4.1 (4) auf 1/500 der Stützweite unter quasi-ständiger Einwirkungskombination</li> </ul>	
Anmerkungen:		

## 9 Konstruktions- und Bewehrungsregeln

9.1	Nachweis der Verankerung des Spannstahls nach DIN EN 1992-1-1, Abschnitte 8.10.2.2 und 8.10.2.3	
	a) keine Rissbildung innerhalb der Verankerungslänge $l_{bpd}$ : In diesem Fall sind keine weiteren Nachweise der Verankerung und keine Zulagen aus Betonstahl erforderlich.	
	b) Rissbildung innerhalb der Verankerungslänge $l_{bpd}$ , aber keine Rissbildung innerhalb der Übertragungslänge $l_{pt}$ : In diesem Fall sind keine weiteren Nachweise der Verankerung, evtl. jedoch Zulagen aus Betonstahl (Zugkraftdeckung) erforderlich.	
	c) Rissbildung innerhalb der Übertragungslänge $l_{pt}$ : In diesem Fall sind weitere Nachweise der Verankerung (Spanngliedüberstand) und/oder Zulagen aus Betonstahl erforderlich.	
9.2	Überprüfung der Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Robustheit nach DIN EN 1992-1-1, 9.2.1.1 (1)	



## 9 Konstruktions- und Bewehrungsregeln

9.3	Für den Betonstahl: Ermittlung der Verankerungslänge nach DIN EN 1992-1-1, 8.4.4 und Übergreifungslängen nach DIN EN 1992-1-1, 8.7.3	
9.4	Verankerung am Endauflager nach DIN EN 1992-1-1, 9.2.1.4 (2)	
9.5	Bemessung des Elastomerlagers anhand der zulässigen mittleren Druckspannung, dem zulässigen Drehwinkel und evtl. der zulässigen Horizontalverformung	
9.6	Nachweis des Querkraftdollens	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nachweis der Stahltragfähigkeit <math>F_{Rd,s}</math> der Querkraftdollen z. B. nach [10]</li> <li>Nachweis gegen Betonausbruch <math>F_{Rd,c}</math> der Querkraftdollen z. B. nach [10]</li> <li>Überprüfung auf evtl. Kollision zwischen Dollen und Spannstaahl bzw. Betonstahl</li> </ul>	
9.7	Nachweis der zulässigen Druckspannungen am Auflager nach DIN EN 1992-1-1, 6.5.4 (4)	
9.8	Nachweis der Teilflächenpressung nach DIN EN 1992-1-1, 6.7	
9.9	Nachweis der Spaltzugbewehrung infolge der Auflagerkraft nach DIN EN 1992-1-1, 6.5.3	
9.10	Nachweis der Spaltzugbewehrung infolge Vorspannung z. B. nach [11] oder [12]	
9.11	Bei unbewehrten Elastomerlagern evtl. Nachweis der Querkzugkräfte infolge der Behinderung der Querdehnung des Lagers	
9.12	Nachweis der Öffnungen im Bindersteg z. B. nach [13]	
9.13	Bei Satteldachbindern: Nachweis der Bügel aus Umlenkkräften im Firstpunkt	
Anmerkungen:		

## 10 Transport und Montage



10.1	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit beim Heben aus der Schalung und auf der Baustelle einschließlich des Kippnachweises (evtl. abweichende statische Systeme und Schnittgrößen beachten)	
10.2	Reduzierung der Teilsicherheitsbeiwerte auf $\gamma_G = \gamma_Q = 1,15$ bei der Bemessung für Biegung und Längskraft im Transport- und Montagezustand nach DIN EN 1992-1-1, 10.2 (NA.4)	
10.3	Beim Heben mit Seilgehänge Berücksichtigung erhöhter Anker- und Querkzugkräfte	
10.4	Schwerpunkt des Binders unterhalb der Aufhängepunkte (siehe z. B. [1])	
10.5	Bemessung der Transportanker unter Berücksichtigung der Schalungshaftung und des Dynamikfaktors, siehe z. B. VDI-Richtlinie 6205 oder [1]	
10.6	Nachweis des Transports zur Baustelle einschließlich Windbelastung, Schräglage und Schwingbeiwert $\varphi = 1,3$ (evtl. abweichende statische Systeme beachten)	
10.7	Nachweis des Montagezustands einschließlich Windbelastung (evtl. abweichende statische Systeme beachten)	
Anmerkungen:		

## 11 Brandschutznachweis

11.1	Prüfen, ob Brandschutznachweis erforderlich (bei Dächern im Allgemeinen nicht erforderlich)	
11.2	Brandschutztechnische Bemessung	
	a) Anhand von Tabellen mit Mindestquerschnittsabmessungen und Mindestachsabständen der Bewehrung nach DIN EN 1992-1-2, Abschnitt 5 oder b) Brandschutztechnische Bemessung mit vereinfachten Rechenverfahren (z. B. Zonenmethode) nach DIN EN 1992-1-2, 4.2 und Anhang B.2 oder allgemeinen Rechenverfahren nach DIN EN 1992-1-2, 4.3	
11.3	Öffnungen in Balkenstegen nach DIN EN 1992-1-2, 5.6.1 (7) nachweisen	
11.4	Evtl. Auflagerpunkte und Details nach DIN 4102-4, Abschnitt 5 nachweisen	
Anmerkungen:		

## 12 Ausführung

12.1	Ausführungsunterlagen (statische Berechnung und Elementzeichnung)	
	• Anzahl, Durchmesser, Art und Lage (Vermaßung) der Spannglieder	
	• Festigkeitswerte des Spannstahls (mit Angabe der Zulassung)	
	• Angabe der Spannstahlspannung und der Vorspannkraft pro Litze	
	• Mindestfestigkeit des Betons beim Übertragen der Vorspannkraft	
	• Art und Aufbringung der Vorspannung („Spannbett mit sofortigem Verbund“)	
	• Überhöhung zum Zeitpunkt des Entspannens angeben (z. B. Hinweis: „Überhöhung zum Zeitpunkt des Entspannens nach Statik“)	
	• Hinweise zur Lagerung angeben (z. B. „Zwischenlagerung wie im Endzustand“)	
12.2	Spannanweisung (Arbeitsanleitung)	
	• Angabe der statischen Positionen, für die die Spannanweisung gilt	
	• Evtl. Reihenfolge angeben, in der die Spannglieder vorgespannt werden	
	• Spannstahlspannung	
	• Angabe einer Teilvorspannung	
	• Nummer der Spannpresse mit Angabe des Prüfprotokolls der Spannpresse	
	• Vorspannkraft pro Litze in [kN] und evtl. Manometeranzeige in [bar]	
	• Dehnweg in Abhängigkeit der freien Litzenlänge	
	• Angabe des zusätzlichen Dehnwegs aufgrund des Keilschlupfs und evtl. aufgrund einer Kupplung der Spannglieder	
	• Maximale zulässige Abweichungen des Dehnwegs oder der Spannkraft als $\pm$ -Angaben	
• Angabe der abzuisolierenden Spannglieder		
12.3	Spannprotokoll	
	• Datum der Vorspannung	
	• Betonierdatum	



## 12 Ausführung

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datum der Übertragung der Vorspannung</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe des Spannstahls</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchmesser bzw. Querschnitt der Litzen</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe der Betondruckfestigkeitsklasse</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindestbetondruckfestigkeit beim Übertragen der Vorspannung</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe der Maschinen-Nummer</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe des Prüfprotokolls der Maschine</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe einer evtl. aufgebrauchten Teilvorspannung</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe der Litzenlänge</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe der Spannstahlspannung bzw. Spannkraft (Soll-Wert und Ist-Wert für jedes Spannglied)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleich von Soll-Wert und Ist-Wert der Spannkraft</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe des Dehnwegs (Soll-Wert und Ist-Wert für jedes Spannglied)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleich von Soll-Wert mit Ist-Wert des Dehnwegs</li> </ul>	
Anmerkungen:		

## 13 Sonstiges

Anmerkungen:
--------------

### Normen und technische Regelwerke

DIN 4102-4:2016-05 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile

DIN EN 1991-1-1:2010-12 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau mit DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter zu DIN EN 1991-1-1 einschließlich Änderung A1:2015- 05

DIN EN 1991-1-2:2010-12 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke einschließlich Berichtigung 1:2013-08 mit DIN EN 1991-1-2/NA:2015-09 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter zu DIN EN 1991-1-2

DIN EN 1991-1-3:2010-12 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten einschließlich Änderung A1:2015-12 mit DIN EN 1991-1-3/NA:2010-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter zu DIN EN 1991-1-3

DIN EN 1991-1-4:2010-12 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen, Windlasten mit DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter zu DIN EN 1991-1-4

DIN EN 1991-1-5:2010-12 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen - Temperatureinwirkungen mit DIN EN 1991-1-5/NA:2010-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter zu DIN EN 1991-1-5

DIN EN 1991-2:2010-12 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken mit DIN EN 1991-2/NA:2012-08 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter zu DIN EN 1991-2

DIN EN 1992-1-1:2011-01 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau einschließlich Änderung A1:2015-03 mit DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter zu DIN EN 1992-1-1 einschließlich Änderung A1:2015-12

DIN EN 1992-1-2:2010-1 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall mit DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter zu DIN EN 1992-1-2 einschließlich Änderung A1:2015-09

DIN EN 13225:2013-06 Betonfertigteile - Stabförmige Bauteile

DIN EN 13369:2013-08 Allgemeine Regeln für Betonfertigteile

VDI/BV-BS-Richtlinie 6205, Blätter 1 bis 3 „Transportanker und Transportankersysteme für Betonfertigteile“ (2012-04)

## Literatur

- [1] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V., Spannbetonbinder nach Eurocode 2, 2. Auflage 2015.
- [2] W. Krüger und O. Mertzsch, Spannbetonbau-Praxis nach Eurocode 2; Bauwerk Beuth Verlag; 2012.
- [3] J. Hegger, N. Will und S. Geßner, Spannbetonbau nach DIN EN 1992-1-1; in: Stahlbetonbau aktuell 2014; Bauwerk Beuth Verlag; Herausgeber: A. Goris, J. Hegger, P. Mark.
- [4] A. Steinle, H. Bachmann und M. Tillmann, Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau; In: Betonkalender 2016; Verlag Ernst & Sohn, 2016.
- [5] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V., Betonfertigteile im Geschoss- und Hallenbau, 2009.
- [6] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V., Merkblatt Nr. 6 Toleranzen und Passungsberechnungen für Betonfertigteile, aktuelle Fassung unter [www.fdb-fertigteilebau.de](http://www.fdb-fertigteilebau.de).
- [7] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. , Merkblatt Betondeckung und Bewehrung nach EC2, 2011.
- [8] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 600: Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2), Berlin: Beuth-Verlag, 2012.
- [9] G. König und W. Pauli, „Nachweis der Kippstabilität von schlanken Fertigteilträgern aus Stahlbeton und Spannbeton“ in: Beton- und Stahlbetonbau , pp. Heft 5, S. 109-112; Heft 6, S. 149-151, 1992.
- [10] H. Paschen und T. Schönhoff, Heft 346: Untersuchungen über in Beton eingelassene Scherbolzen aus Betonstahl (1983), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Hrsg., 1983: Beuth-Verlag.
- [11] H. Kupfer, „Bemessung von Spannbetonbauteilen nach DIN 4227 - einschließlich teilweiser Vorspannung,“ in: Beton-Kalender , Ernst & Sohn, 1994, pp. 589-668.
- [12] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 599: Bewehren nach Eurocode 2, Berlin: Beuth-Verlag, 2013.
- [13] K.-H. Reineck, „Modellierung der D-Bereiche von Fertigteilen,“ in: Beton-Kalender 2005, Ernst & Sohn, pp. 243-294.

© FDB 2016 Erstausgabe

Herausgeber: Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V. – Schloßallee 10 – 53179 Bonn  
Internet: [www.fdb-fertigteilebau.de](http://www.fdb-fertigteilebau.de) – E-Mail: [info@fdb-fertigteilebau.de](mailto:info@fdb-fertigteilebau.de), Tel. 0228 9545656

Die Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V. ist der technische Fachverband für den konstruktiven Betonfertigteilebau. Die FDB vertritt die Interessen ihrer Mitglieder national und international und leistet übergeordnete Facharbeit in allen wesentlichen Bereichen der Technik.