

**Martin Thomsing**

# **Spannbeton**

**Grundlagen  
Berechnungsverfahren  
Beispiele**

3., überarbeitete Auflage



B. G. Teubner Stuttgart · Leipzig · Wiesbaden

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Allgemeines über Spannbeton</b> .....	1
1.1	Warum Vorspannung.....	1
1.2	Grenzen für den Einsatz höherer Stahlfestigkeiten bei schlaffer Bewehrung.....	1
1.3	Notwendigkeit hochfester Stähle für den Spannbeton .....	2
1.4	Arten des Vorspannens .....	2
1.5	Bemerkungen zur Verankerung.....	7
1.6	Vorspanngrade und Vorteile der Vorspannung.....	8
<b>2</b>	<b>Vorspannung mit sofortigem Verbund</b> .....	12
2.1	Der Lastfall Vorspannung bei Spannbettvorspannung.....	13
	2.1.1 Mittige Vorspannung – 2.1.2 Ausmittige Vorspannung	
	2.1.3 Mehrsträngige Vorspannung	
2.2	Gebrauchszustand, Lastfälle, Nachweise .....	26
2.3	Beispiel zur Berechnung der Längsspannungen .....	31
2.4	Der Einfluß von Verkehrslastschwankungen auf vorgespannte Träger.....	38
2.5	Vorschläge zur Vorbemessung .....	40
2.6	Übungen zur Wahl der Vorspannung und des Trägerquerschnitts.....	47
<b>3</b>	<b>Vorspannung mit nachträglichem Verbund</b> .....	51
3.1	Lastfälle Vorspannung und äußere Lasten bei gerader Spanngliedführung.....	51
	3.1.1 Die Spannkraft $Z_v$ – 3.1.2 Spannweg und Stahldehnung bei mittlerer Spanngliedlage – 3.1.3 Spannweg und Stahldehnung bei ausmittiger Spanngliedlage	
3.2	Schnittgrößen $N_{bv}$ , $Q_{bv}$ und $M_{bv}$ des Lastfalles Vorspannung bei beliebiger Spanngliedführung in statisch bestimmten Systemen .....	57
	3.2.1 Ermittlung von $N_{bv}$ , $Q_{bv}$ und $M_{bv}$ über die Umlenkkräfte und über den Eigenspannungszustand – 3.2.2 Bemerkungen zur Spanngliedführung	
3.3	Der Spannweg bei beliebiger Spanngliedführung .....	65
3.4	Schnittgrößen $N_{bv}$ , $Q_{bv}$ und $M_{bv}$ des Lastfalles Vorspannung bei statisch unbestimmten Systemen.....	68
	3.4.1 Ermittlung der Zwängungsschnittgrößen; Kraftgrößenverfahren – 3.4.2 Besonderheiten am Zweifeldträger – 3.4.3 Berechnung über die Umlenkkräfte – 3.4.4 Auswerten von Einflußlinien	

<b>4</b>	<b>Reibungsverluste beim Vorspannen</b> .....	75
4.1	Berechnung des Spannkraftabfalls, Bestimmung der Umlenk- winkel .....	75
4.2	Ungewollte Umlenkwinkel .....	77
4.3	Ausgleich der Verluste durch Überspannen .....	78
4.4	Ein- und zweiseitiges Vorspannen .....	79
4.5	Keilschlupf .....	80
4.6	Berechnungsbeispiel .....	81
<b>5</b>	<b>Berechnung einer Fußgängerbrücke</b> .....	83
5.1	System, Belastung, Baustoffe .....	83
5.2	Schnittgrößen aus äußeren Lasten .....	84
5.3	Spanngliedführung .....	85
5.4	Spannkraftverlauf .....	86
5.5	Schnittgrößen des Lastfalles Vorspannung .....	89
	5.5.1 Berechnung von $M_{bv}$ und $Q_{bv}$ über die Umlenkkräfte – 5.5.2 Be- rechnung von $M_{zw}$ und $Q_{zw}$ nach dem Kraftgrößenverfahren	
5.6	Spannungsnachweise im Gebrauchszustand .....	92
5.7	Berechnung der Spannwege .....	94
<b>6</b>	<b>Kriechen und Schwinden</b> .....	96
6.1	Unterlagen zur Ermittlung der Kriechzahlen und der Schwind- maße .....	96
	6.1.1 Allgemeines – 6.1.2 Die Unterlagen nach DIN 4227, Abschn. 8	
6.2	Beispiele zur Berechnung von Kriechzahlen und Schwindmaßen ...	103
6.3	Berechnung des Spannkraftverlustes infolge von Kriechen und Schwinden für Vorspannung mit Verbund .....	107
	6.3.1 Näherungslösung für einsträngige Vorspannung über die mittlere kriecherzeugende Spannung – 6.3.2 Berechnung des Spannkraftver- lustes für einsträngige Vorspannung nach Dischinger – 6.3.3 Beispiel zur Berechnung des Spannkraft- bzw. Spannungsverlustes infolge von Krie- chen und Schwinden – 6.3.4 Iterationsverfahren für ein- und zweisträngige Vorspannung	
<b>7</b>	<b>Nachweise zur Rissebeschränkung und Rißbreitenbeschränkung gem. DIN 4227-1/A1</b> .....	122
7.1	Rissebeschränkung .....	122
7.2	Rißbreitenbeschränkung .....	124

7.3	Berechnungsbeispiel zur Rißbreitenbeschränkung .....	133
7.3.1	Ermittlung der Mindestbewehrung – 7.3.2 Bewehrung zur Beschränkung der Rißbreite	
<b>8</b>	<b>Nachweis der Biegebruchsicherheit</b> .....	<b>140</b>
8.1	Sicherheit und rechnerische Bruchlast.....	140
8.2	Berücksichtigung der Vorspannung unter rechnerischer Bruchlast .....	142
8.3	Brucharten bei verschiedenen Bewehrungsgraden .....	147
8.4	Grundlagen zur Ermittlung des inneren Momentes $M_{ui}$ im rechnerischen Bruchzustand.....	150
8.5	Ermittlung des rechnerischen Bruchmomentes $M_{ui}$ .....	153
8.5.1	$M_{ui}$ für rechteckige Druckzone – 8.5.2 $M_{ui}$ für beliebige Form der Druckzone	
8.6	Bemessung des erforderlichen Spannstahlquerschnittes für rechnerische Bruchlast.....	161
8.6.1	Einfach bewehrte Querschnitte mit rechteckiger Druckzone –	
8.6.2	Einfach bewehrte Querschnitte mit annähernd rechteckiger Druckzone –	
8.6.3	Einfach bewehrte Querschnitte mit beliebiger Form der Druckzone –	
8.6.4	Doppelt bewehrte Querschnitte mit beliebiger Form der Druckzone –	
8.6.5	Näherung für schlanke Plattenbalken	
8.7	Berechnungsbeispiele zur Biegebruchsicherheit .....	170
8.7.1	Pfette mit Rechteckquerschnitt – 8.7.2 Querschnitt mit beliebiger Form der Druckzone –	
8.7.3	Plattenbalken	
<b>9</b>	<b>Schubsicherung und schiefe Hauptspannungen im Gebrauchszustand</b> .....	<b>183</b>
9.1	Allgemeines.....	183
9.2	Ermittlung der Hauptspannungen im Zustand I .....	185
9.3	Spannungsnachweise im Gebrauchszustand.....	186
9.4	Spannungsnachweise im rechnerischen Bruchzustand.....	192
9.4.1	Nachweis der schiefen Hauptdruckspannung in Zone a – 9.4.2 Nachweis in Zone b –	
9.4.3	Bemessung der Schubbewehrung –	
9.4.4	Beispiel zum Nachweis der schiefen Hauptspannungen und der Schubsicherung	
9.4.4.1	Nachweis der schiefen Hauptzugspannungen im Gebrauchszustand –	
9.4.4.2	Spannungsnachweise im rechnerischen Bruchzustand –	
9.4.4.3	Bemessung der Schubbewehrung	

<b>10</b>	<b>Eintragung der Spannkraft und Verankerung .....</b>	<b>204</b>
10.1	Krafteintragung durch Ankerkörper .....	204
10.2	Krafteintragung durch Verbund .....	211
10.3	Beispiel zur Ermittlung der Spaltzugbewehrung .....	213
10.4	Nachweis der Verankerung durch Verbund .....	214
<b>11</b>	<b>Berechnungsbeispiel einer TT-Deckenplatte eines Bürogebäudes.....</b>	<b>217</b>
11.1	Allgemeine Daten.....	218
11.2	Vorbemessung des Spannstahlquerschnitts .....	218
	11.2.1 Für den Gebrauchszustand – 11.2.2 Für den rechnerischen Bruchzustand	
11.3	Nachweis der Längsspannungen im Gebrauchszustand .....	221
	11.3.1 Ideelle Querschnittswerte – 11.3.2 Vorspannung – 11.3.3 Nachweise im Schnitt m-m – 11.3.4 Nachweise im Schnitt a-a	
11.4	Nachweise der Rißbreitenbeschränkung gem DIN 4227-1/A1 .....	230
	11.4.1 Ermittlung der Mindestbewehrung – 11.4.2 Bewehrung zur Beschränkung der Rißbreite – 11.4.3 Nachweis für den Beförderungszustand	
	11.4.3.1 Im Gebrauchszustand – 11.4.3.2 Im rechnerischen Bruchzustand	
11.5	Nachweis der Biegebruchsicherheit .....	239
11.6	Nachweis der schiefen Hauptspannungen und Schubbemessung.....	242
	11.6.1 Nachweis der schiefen Hauptzugspannungen im Gebrauchszustand – 11.6.2 Nachweis der schiefen Hauptdruckspannung im rechnerischen Bruchzustand – 11.6.3 Bemessung der Schubbewehrung	
11.7	Eintragung der Spannkraft und Verankerung.....	247
	11.7.1 Krafteintragung durch Verbund – 11.7.2 Nachweis der Verankerung durch Verbund	
<b>12</b>	<b>Lösungen zu den Übungen gemäß Abschnitt 2.6 .....</b>	<b>250</b>
12.1	Aufgabe 1 .....	250
12.2	Aufgabe 2 .....	255
12.3	Aufgabe 3 .....	260