

Martin Thomsing

Spannbeton

Martin Thomsing

Spannbeton

**Grundlagen
Berechnungsverfahren
Beispiele**

3., überarbeitete Auflage



B. G. Teubner Stuttgart · Leipzig · Wiesbaden

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei
der Deutschen Bibliothek erhältlich.

Prof. Dipl.-Ing. Martin Thomsing lehrt an der Fachhochschule Darmstadt für den Fachbereich Bauingenieurwesen. Er ist besonders auf Entwurf, Berechnung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauten spezialisiert und für die Erstellung von Gutachten in Bauschadensfällen verantwortlich. Von 1964 bis 1993 war er als Prüflingenieur für Baustatik, Fachgebiet Massivbau, tätig.

3. Auflage März 2002

Alle Rechte vorbehalten
© B. G. Teubner GmbH, Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, 2002

Der Verlag Teubner ist ein Unternehmen der Fachverlagsgruppe BertelsmannSpringer.
www.teubner.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

ISBN-13: 978-3-519-25230-6 e-ISBN-13: 978-3-322-80165-4
DOI: 10.1007/978-3-322-80165-4

Vorwort zur dritten Auflage

Die zweite, neubearbeitete Auflage hat eine gute Aufnahme gefunden. Dort wurde bei der lastabhängigen Rißbreitenbeschränkung gem. DIN 4227 auf die nach DIN 1045, Juli 1998 für die Erstrißbildung maßgebende, lastunabhängige Rißschnittgröße infolge einer zugrunde gelegten Betonzugfestigkeit hingewiesen. Für die Ermittlung der Bewehrung zur Aufnahme dieser Rißschnittgröße wurde auf den Beitrag von G. König im Heft 320 DAfStb verwiesen.

In der dritten Auflage werden nun die Grundlagen zur Rißbreitenbeschränkung gem. DIN 4227-1/A1 erläutert und deren Anwendung in Beispielen gezeigt.

Vergleichende Betrachtungen zwischen DIN 4227-1/A1, der jetzt gültigen DIN 1045-1, Juli 2001 und DIN V ENV 1992-1-1 (bzw. EC2) sowie entsprechende Verweise ermöglichen auch die Verwendung dieser Normen.

Diese Erweiterung entspricht dem heutigen Stand der Normung.

Nach der bald zu erwartenden bauaufsichtlichen Einführung von DIN 1045-1, Juli 2001 wird es für den Spannbeton auf längere Zeit drei gültige Normen geben (DIN 4227-1/A1, DIN 1045-1, Juli 2001 und EC2).

Auch in der dritten Auflage steht das Bemühen im Vordergrund, den Zusammenhang zwischen den Grundlagen und den Berechnungs- und Konstruktionsmethoden zu verdeutlichen.

Für die ansprechende Bild- und Textgestaltung im Bereich der Erweiterung danke ich wieder Herrn Dipl.-Ing. (FH) Rainer Böhler.

Darmstadt, im Herbst 2001

M. Thomsing

Inhalt

1	Allgemeines über Spannbeton	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
2	Vorspannung mit sofortigem Verbund	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
3	Vorspannung mit nachträglichem Verbund	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 mittiger 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 Umlenkräfte 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 Umlenkräfte – 3.4.4 Auswerten von Einflußlinien	

4	Reibungsverluste beim Vorspannen	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
5	Berechnung einer Fußgängerbrücke	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
6	Kriechen und Schwinden	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 Spannkraftverlus- tes 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	
7	Nachweise zur Rissebeschränkung und Rißbreitenbeschränkung gem. DIN 4227-1/A1	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	
8	Nachweis der Biegebruchsicherheit	140
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	
9	Schubsicherung und schiefe Hauptspannungen im Gebrauchszustand	183
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	

10	Eintragung der Spannkraft und Verankerung	204
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
11	Berechnungsbeispiel einer TT-Deckenplatte eines Bürogebäudes	217
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 Be- schränkung der Rißbreite – 11.4.3 Nachweis für den Beförderungszu- stand	
	11.4.3.1 Im Gebrauchszustand – 11.4.3.2 Im rechnerischen Bruch- zustand	
11.5	Nachweis der Biegebruchsicherheit	239
11.6	Nachweis der schiefen Hauptspannungen und Schubemes- sung	242
	11.6.1 Nachweis der schiefen Hauptzugspannungen im Gebrauchszu- stand – 11.6.2 Nachweis der schiefen Hauptdruckspannung im rech- nerischen 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 Veran- kerung durch Verbund	
12	Lösungen zu den Übungen gemäß Abschnitt 2.6	250
12.1	Aufgabe 1	250
12.2	Aufgabe 2	255
12.3	Aufgabe 3	260