

Spannungszustände in Fahrbahn- platten weit gespannter Stahlverbundbrücken

**Empfehlungen für die Herstellung der
Ortbeton-Fahrbahnplatte von Talbrücken
mit der Schalwagenmethode**

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

DISSERTATION

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Andreas Garg

aus Alsfeld/Hessen

D 17

Darmstadt 2006

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner

Anschrift:

Technische Universität Darmstadt

Institut für Massivbau

Petersenstraße 12

64287 Darmstadt

<http://www.massivbau.tu-darmstadt.de>

Garg, Andreas:

Spannungszustände in Fahrbahnplatten weit gespannter Stahlverbundbrücken –
Empfehlungen für die Herstellung der Ortbeton-Fahrbahnplatte von Talbrücken mit
der Schalwagenmethode

1. Auflage, Darmstadt, Eigenverlag, Heft 11

ISBN 3-9808875-9-6

Dr.-Ing. Andreas Garg

Geboren 1972 in Alsfeld / Hessen. Von 1992 bis 1998 Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Universität Darmstadt. Von 1998 bis 2001 Statiker und Projektleiter in der Technischen Abteilung der Dyckerhoff & Widmann AG in München. Von 2001 bis 2005 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt. Von 2002 bis 2005 freier Mitarbeiter im Ingenieurbüro König, Heunisch und Partner in Frankfurt am Main. Seit 2005 Statiker und technischer Projektleiter bei der Hochtief Construction AG in Frankfurt am Main.

VORWORT

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 2003 bis 2005 während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt. Ausgangspunkt für die Bearbeitung der Thematik war das Forschungsvorhaben „Robuste Betonfahrbahnplatten von Straßenbrücken“, welches von der Dyckerhoff & Widmann AG und der Walter Bau-AG vereinigt mit DYWIDAG finanziell unterstützt wurde. In diesem Zusammenhang möchte ich Herrn Dr.-Ing. Gerhard Stenzel für die Initiierung und Betreuung des Forschungsvorhabens danken.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner danke ich sehr herzlich für seine Unterstützung und das mir entgegen gebrachte Vertrauen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hanswille danke ich für seine vielfältigen Hinweise und Anregungen sowie die Übernahme des Korreferates.

Meinen Kolleginnen und Kollegen bin ich für das vertrauensvolle und freundschaftliche Verhältnis sehr dankbar. Unsere gemeinsame Zeit am Institut für Massivbau wird mir in freudiger Erinnerung bleiben.

Bedanken möchte ich mich auch bei allen Studentinnen und Studenten, die im Rahmen von Studienarbeiten zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Thomas Wondrak, Herrn Dipl.-Ing. Achim Knauff, Frau Dipl.-Ing. Monika Deleonibus und Herrn Dipl.-Ing. Andreas Greck.

Für die sorgfältige Durchsicht des Manuskripts dieser Arbeit danke ich Herrn Dipl.-Ing. Andreas Greck und Herrn Dr.-Ing. Holger Schmidt.

Meinen Eltern Margarete und Reinhold Garg danke ich für die Unterstützung, die sie mir in all den Jahren zuteil werden ließen.

Insbesondere bedanke ich mich bei meiner liebevollen Frau Claudia und meiner Tochter Antonia für den erforderlichen Ansporn und privaten Rückhalt während der letzten Jahre.

Mainz, Mai 2006

Andreas Garg

Referent:	Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner
Korreferent:	Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hanswille
Tag der Einreichung:	14. Februar 2006
Tag der mündlichen Prüfung:	05. Mai 2006

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Geschichtliche Entwicklung des Stahlverbundbrückenbaus in Deutschland	1
1.2 Bauverfahren für große Talbrücken mit hohlkastenförmigem Stahlverbundquerschnitt	5
1.3 Problematik und Motivationsansatz	9
1.4 Zielsetzung und Vorgehensweise.....	13
2 Baustoffe und Baustoffeigenschaften	15
2.1 Einführung	15
2.2 Beton.....	15
2.2.1 Allgemeines	15
2.2.2 Einaxiales Betonverhalten	16
2.2.3 Zweiaxiales Betonverhalten	20
2.2.4 Zeitliche Entwicklung der Betonkenngrößen	21
2.2.5 Festlegung der Rechenwerte.....	25
2.3 Betonstahl	27
2.4 Baustahl.....	28
2.5 Verbundmittel	29
2.6 Zusammenfassung.....	29
3 Modellierung von hohlkastenförmigen Stahlverbundbrückenüberbauten	31
3.1 Einführung	31
3.2 Einstabmodell.....	31
3.2.1 Tragwerksidealisierung.....	31
3.2.2 Leistungsvermögen	32
3.3 Trägerrost	34
3.3.1 Tragwerksidealisierung.....	34
3.3.2 Leistungsvermögen	36
3.4 Faltwerk	37
3.4.1 Tragwerksidealisierung.....	37
3.4.2 Leistungsvermögen	38
3.5 Auswahl geeigneter Modellierungsvarianten	39
3.5.1 Bewertung der Modellierungsvarianten.....	39
3.5.2 Geeignete Modellierungsvarianten.....	41
3.6 Zusammenfassung.....	42

4.6	Herstell- und Belastungsgeschichte.....	97
4.6.1	Allgemeines.....	97
4.6.2	Auswirkungen einer abschnittweisen Herstellung der Betonfahrbahnplatte.....	97
4.7	Zusammenfassung.....	100
5	Spannungen in der Betonfahrbahnplatte	103
5.1	Einführung	103
5.2	Auswahl einer repräsentativen Stahlverbundbrücke als Berechnungsobjekt	104
5.2.1	Weit gespannte Stahlverbundbrücken mit einteiligen Überbauten in Deutschland	104
5.2.2	Beschreibung der ausgewählten Stahlverbundbrücke.....	106
5.2.3	Systemwerte und systembedingte Einflussgrößen	109
5.2.3.1	Annahme der mittragenden Gurtbreiten.....	109
5.2.3.2	Annahme der Biegesteifigkeiten unter Beachtung des Tension Stiffening.....	113
5.2.3.3	Größe der Kriechzahlen und der Schwindmaße.....	116
5.2.3.4	Größe des Hydratationsmaßes.....	119
5.3	Einwirkungen in der Bauphase	122
5.3.1	Allgemeines.....	122
5.3.2	Ständige Einwirkungen	123
5.3.2.1	Konstruktionseigenlasten	123
5.3.2.2	Schalwagen.....	124
5.3.2.3	Ausbaulasten.....	126
5.3.2.4	Setzungen.....	127
5.3.3	Veränderliche Einwirkungen.....	128
5.3.3.1	Bauverkehrslasten	128
5.3.3.2	Temperatur.....	128
5.3.4	Zusammenstellung der Einwirkungen.....	130
5.4	Betonierreihenfolgen und Festlegung der Betonierabschnittsgrenzen	131
5.4.1	Vorstellung möglicher Betonierreihenfolgen	131
5.4.2	Praxisübliche Festlegung der Betonierabschnittsgrenzen.....	133
5.5	Berechnungsschritte für eine realitätsnahe Erfassung der Bauabfolge.....	134
5.6	Betonspannungen infolge abschnittsweiser Herstellung der Fahrbahnplatte.....	138
5.6.1	Allgemeines.....	138
5.6.2	Kontinuierliches Betonieren	138
5.6.3	Pilgerschrittverfahren	145
5.6.4	Nachträgliches Betonieren der Stützbereiche	150
5.6.5	Feldweises Rückwärtsbetonieren	154
5.6.6	Analyse der Betonspannungen	159

5.7	Betonspannungen bei modifizierter Lage und Länge der Betonierabschnitte.....	162
5.7.1	Allgemeines.....	162
5.7.2	Pilgerschrittverfahren.....	163
5.7.3	Nachträgliches Betonieren der Stützbereiche.....	165
5.7.4	Feldweises Rückwärtsbetonieren.....	168
5.7.5	Analyse der Betonspannungen.....	170
5.8	Zusammenfassung.....	171
6	Risse in der Betonfahrbahnplatte.....	175
6.1	Einführung.....	175
6.2	Modellierung und nichtlineare Berechnungsgrundlagen.....	176
6.2.1	Modellierung.....	176
6.2.2	Grundlagen zur nichtlinearen Finite-Elemente-Berechnung.....	179
6.3	Rissbildung in der Betonfahrbahnplatte infolge abschnittsweiser Herstellung.....	183
6.3.1	Allgemeines.....	183
6.3.2	Kontinuierliches Betonieren.....	184
6.3.3	Pilgerschrittverfahren.....	187
6.3.4	Nachträgliches Betonieren der Stützbereiche.....	192
6.3.5	Feldweises Rückwärtsbetonieren.....	195
6.4	Bewertung der Betonierreihenfolgen unter Berücksichtigung der Lage der Betonierabschnittsgrenzen.....	199
6.5	Rechnerische Rissbreiten im Betriebszustand.....	207
6.6	Zusammenfassung.....	210
7	Empfehlungen für die Herstellung der Ortbeton-Fahrbahnplatte.....	215
7.1	Vorbemerkungen.....	215
7.2	Betontechnologie.....	215
7.3	Tragwerksplanung.....	217
7.4	Bauausführung.....	221
8	Fazit und Ausblick.....	225
	Literaturverzeichnis.....	227