



HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT DRESDEN

Fakultät
Bauingenieurwesen/Architektur

Studiengang:
Bauingenieurwesen

Lehrgebiet:
Brückenbau

DIPLOMARBEIT

Machbarkeitsstudien für innovative Bauweisen im Straßenbrückenbau

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. H. Flederer

Bearbeitungszeitraum: Sommersemester, 2019

Verfasser

Moritz Mantel

01.02.1995, Bamberg

Bildungsweg

2001- 2005 Volksschule Lichtenfels

2005- 2013 Meranier-Gymnasium Lichtenfels

2014- 2019 Diplomstudiengang

Bauingenieurwesen an der HTW Dresden



Problemstellung

Wie alle Zweige des Bauwesens entwickelt sich auch der Brückenbau mit fortschreitender Forschung und sich ändernden Erwartungen und Anforderungen an die Bauwerke mit der Zeit. Viele marode und sanierungs- bzw. neubaubedürftige Brückenbauwerke, die mit den herkömmlichen, für den Brückenbau üblichen, Bauweisen des Stahlbeton-, Stahl- oder Verbundbaus hergestellt wurden, verlangen nach haltbareren und wartungsärmeren Konstruktionen. Der Gedanke des ressourcenschonenden und möglichst energie- und emissionsparenden Bauens, der immer mehr an Bedeutung gewinnt, lässt sich kaum mit Bauweisen wie dem Stahlbetonbau vereinbaren, bei dessen Herstellung viel Energie verbraucht wird und große Mengen an CO₂ freigesetzt werden. Des weiteren wird, um die Bauzeiten möglichst kurz zu halten, immer mehr auf Fertigteilbauweisen gesetzt, wozu wiederum möglichst leichte Bauteile von Nöten sind, um den Transport- und Verarbeitungsaufwand gering zu halten.

Lösungen für die genannte Aufgabenstellung finden sich in innovativen, mit hochfesten Fasern verstärkten Verbundwerkstoffen wie Textilbetonen, Betonen mit Stabbewehrung aus FVK oder faserverstärkten Kunststoffen (FVK). Im Rahmen der Diplomarbeit wurden für die genannten innovativen Bauweisen Bemessungsansätze und der Stand der Technik, sowie das Einsatzpotential erarbeitet und die Ergebnisse im Rahmen von Möglichkeitsstudien auf ihre Anwendbarkeit im Straßenbrückenbau geprüft.

Faserstoffe

Die wohl bekanntesten Faserstoffe die auch im Bauwesen Anwendung finden sind Glas- und Kohlefasern, wobei auch andere hochfeste Filamente aus Basalt oder Aramid die Qualitäten aufweisen um als Verstärkungfasern in Beton oder Kunststoffen verwendet zu werden. Die verschiedenen Fasern besitzen unterschiedliche spezifische Eigenschaften, wobei alle der Faserstoffe über eine sehr hohe Zugfestigkeit verfügen, welche benötigt wird um stabile, im Brückenbau anwendbare Baustoffe, bzw. Bauteile herzustellen. Des weiteren sind die innovativen Faserstoffe kaum bis nicht korrosionsanfällig, was einen deutlichen Vorteil gegenüber dem rostenden Stahl bedeutet.

Typische Faserwerkstoffe im Vergleich mit Betonstahl :

Werkstoff/ Kennwerte	Carbonfaser	Glasfaser	Betonstahl
E-Modul [KN/mm ²]	200-435	70-85	210
Zugfestigkeit [KN/mm ²]	2,00-5,50	2,00-2,50	0,50
Bruchdehnung [%]	10-20	25-35	80-100
Dichte [g/cm ³]	1,70-2,70	2,40-2,80	7,85



Abb.: Zu sogenannten Rovings versponnene Glasfasern

Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)

GFK ist ein Verbundwerkstoff aus Glasfasern in einer Kunststoffmatrix, welcher zu den FVK zählt. Der Werkstoff besticht durch seine Leichtigkeit und Beständigkeit gegenüber Umwelteinflüssen und wurde schon oftmals erfolgreich im Fußgängerbrückenbau eingesetzt. Speziell für den Einsatz im Brückenbau sind Brückendecks aus GFK entwickelt worden, die als Fertigteile sehr schnell auf die gegebene Unterkonstruktion verlegt werden können. Im Rahmen der Diplomarbeit wurde deren Verwendbarkeit als Brückendeck für eine mehrspurige Straßenbrücke geprüft, wie sie in Deutschland bis dato noch nicht hergestellt wurde.

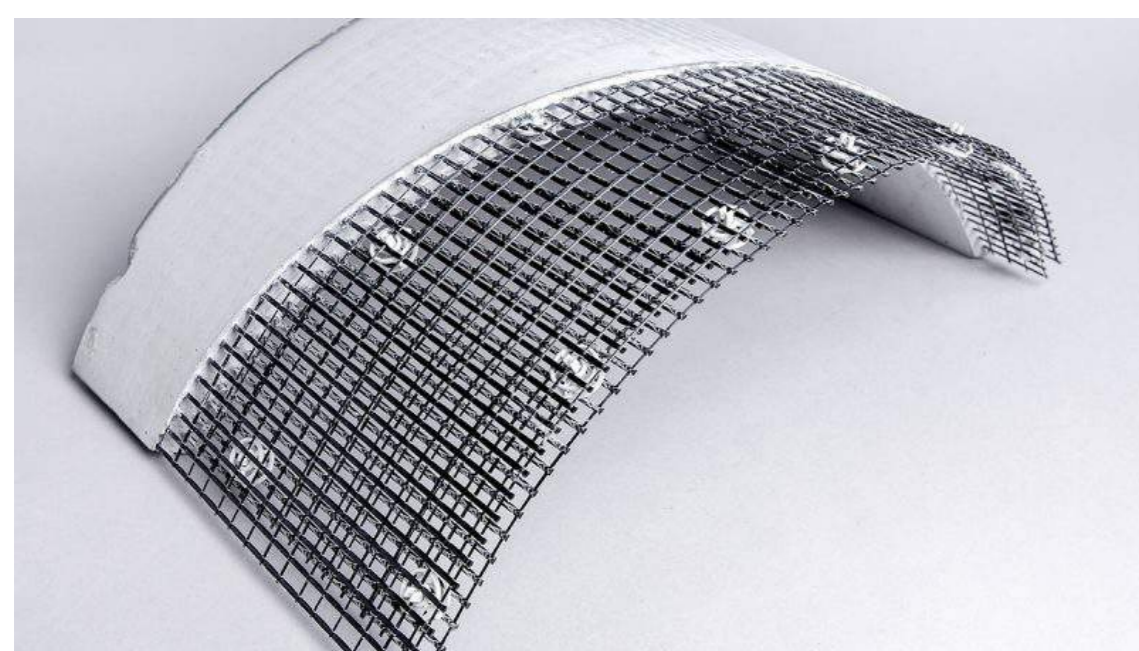


Abb. oben: GFK-Konstruktionsprofile
Abb. links : Mit Carbonmatten bewehrtes Textilbetonbauteil

Textilbeton

Textilbetone sind mit textilen, aus Fasern hergestellten Matten bewehrte Betone, die nach dem selben Tragprinzip wie Stahlbeton funktionieren. Die zugfesten Mattenbewehrungen übernehmen die Zugkräfte die innerhalb des jeweiligen Bauteils entstehen, während der Beton die Druckkräfte übernimmt. Im Vergleich zu Stahlbeton können bei der Verwendung von Textilbeton beträchtliche Mengen an Beton eingespart werden, da auf eine Betondeckung die dem Korrosionsschutz der Bewehrung dient verzichtet werden kann, und durch die verbesserte Tragfähigkeit geringere Bauteilhöhen erzielt werden können.

Machbarkeitsstudien

In den Machbarkeitsstudien wurde die Anwendbarkeit einer Textilbeton-Stahl-Verbundbauweise und eines GFK-Brückendecks für die Herstellung eines Straßenbrückenbauwerks geprüft. Die überführte Straße entspricht der Entwurfsklasse 2 mit einem Regelquerschnitt 11,5. Die Brücke soll als zweifeldriger Durchlaufträger zwei mal 17,75 Meter überspannen und wird im Rahmen der Diplomarbeit nur für das Lastmodell 1 bemessen.

Textilbeton-Stahl-Verbundbauweise

Die Ausführung der Variante ist angelehnt an die Stahlbetonverbundbauweise und besteht aus einer Textilbetonplatte die über Kopfbolzendübel mit zwei Hauptträgern aus Stahl verbunden ist.

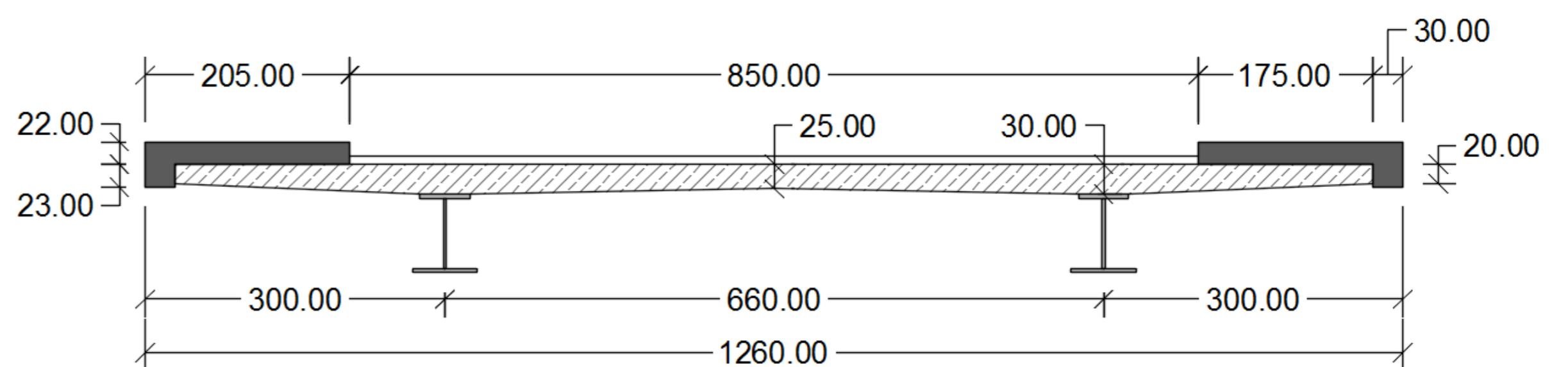


Abb.: Brückenquerschnitt

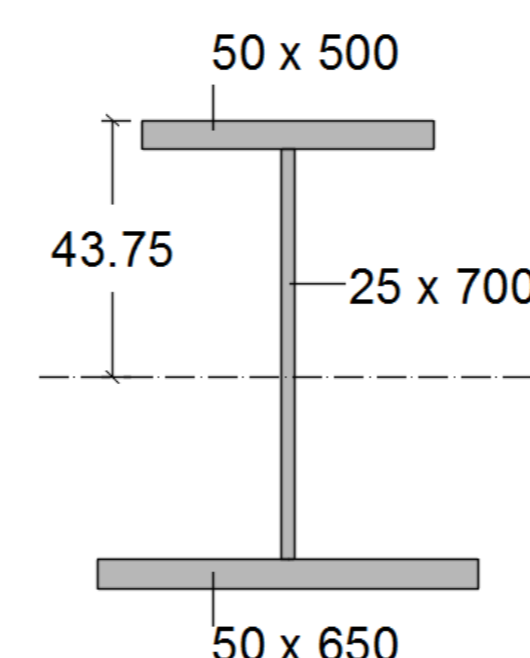


Abb.: Querschnitt des Stahlträgers im Feldbereich

Nach der Vordimensionierung wurde als erstes die Textilbetonplatte bemessen, wobei sich ergab das eine reine Textilbetonausführung der Platte nicht sinnvoll ist, da zu viele Mattenlagen erforderlich wären. Deshalb wurden zusätzlich zu den Matten auch Stabbewehrungen aus Carbon angesetzt. Die benötigte Festigkeitsklasse des Betons der Platte ergab sich bei den gegebenen Abmessung zu C 70/85 und zur Aufnahme der Biegekräfte im Feld der Platte wurden 12,49 cm²/m Carbonbewehrung, mit einer Zugtragfähigkeit von über 2000 N/mm² benötigt.

Die Bemessung des Verbundquerschnitts erfolgte analog zu der Bemessung eines Stahlbetonverbundquerschnitts, da für die Längsbewehrung des Verbundträgers Betonstahl verwendet wurde. Die Betondeckung in der Mitte der Platte ist ausreichend groß um einen sicheren Korrosionsschutz zu gewährleisten und das Tragpotenzial der Carbonbewehrung hätte als Verbundbewehrung nicht ausgenutzt werden können.

Brückenvariante mit GFK-Deck

Als GFK-Brückendeck wurde das FBD 600 der Firma Fiberline gewählt, welches bereits erfolgreich für kleinere Straßenbrücken verwendet wurde. Die Bemessung der orthotropen GFK-Fahrbahnplatte wurde mittels FEM-Programm durchgeführt, wobei nur die Platte und keine Unterkonstruktion berücksichtigt wurde. Da die durch das Lastmodell 1 erzeugten Lasten einer Achse direkt über dem Auflager zu groß waren um durch das GFK-Deck aufgenommen zu werden, mussten die Achslasten des ersten Fahrstreifens auf die des zweiten Fahrstreifens reduziert werden und zusätzlich eine lastverteilende Schicht auf der Platte angesetzt werden.

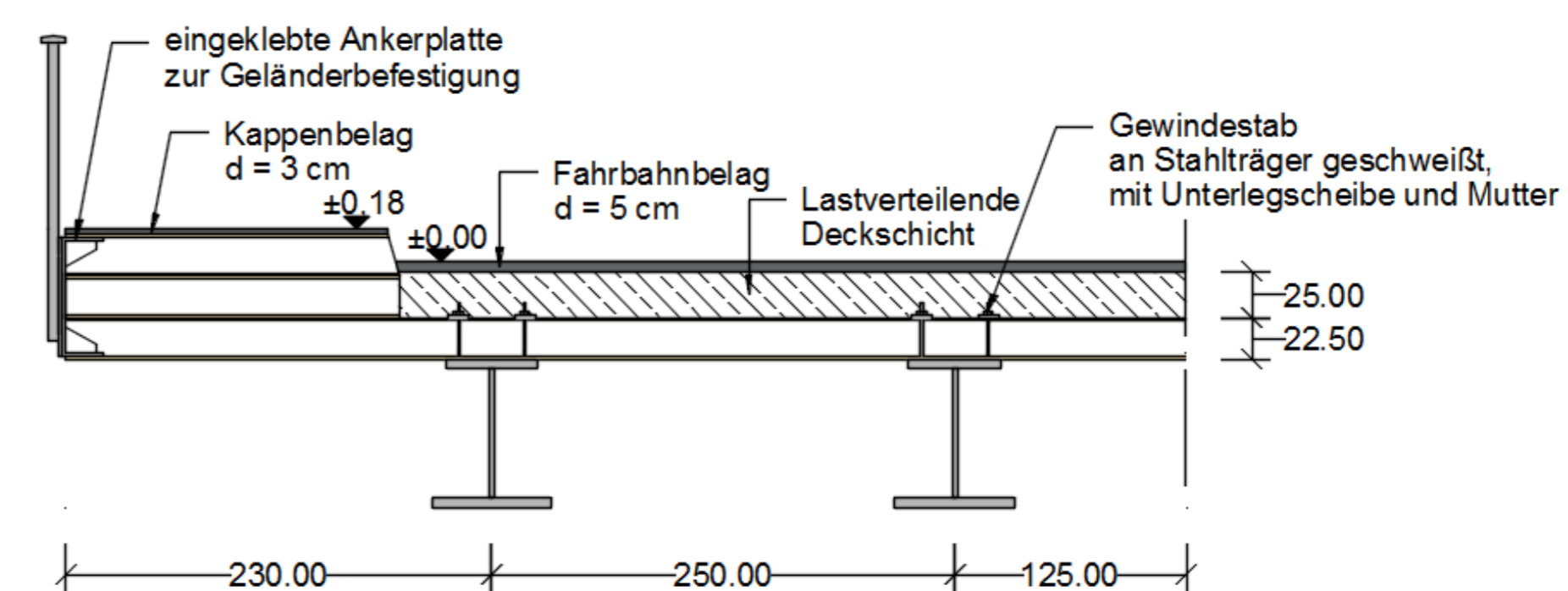


Abb.: Halber Brückenquerschnitt mit lastverteilender Deckschicht und einer Fügungsvariante über Gewindestäbe

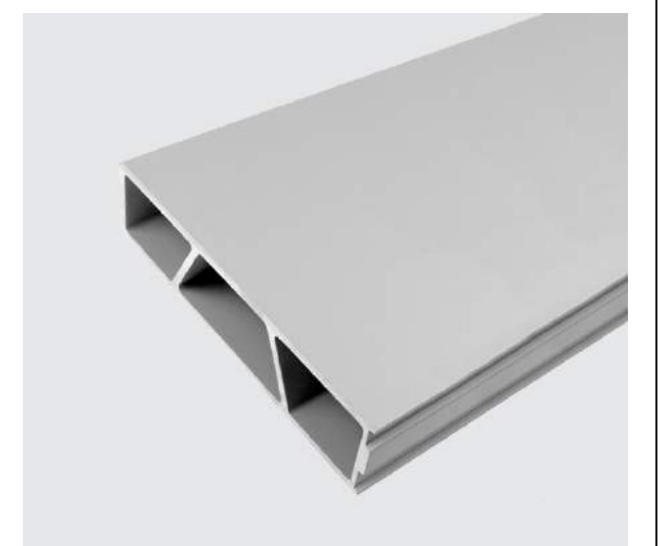


Abb.: Einzelnes FBD 600 Profil

Fazit

Der Einsatz von Textilbeton, bzw. von Carbonbewehrtem Beton hat sich für eine Brücke der gegebenen Dimension als machbar und durchaus sinnvoll erwiesen, da aufgrund der sehr kleinen Betondeckung und der allgemein relativ niedrigen Plattenhöhe, eine sehr schlanke Platte erzielt werden konnte, die nur zwischen 30 und 20 cm Stärke aufweist. Die schlanken Bauteilabmessungen sparen Gewicht ein, wodurch auch die Unterkonstruktion kleiner dimensioniert werden kann.

Die Verwendung des GFK-Decks hat sich für eine Brücke der Größe im Rahmen der Arbeit als eher ungünstig erwiesen, da die benötigte Stärke der lastverteilenden Schicht sehr groß ist. Nichtsdestotrotz gibt es für GFK-Decks auch für Straßenbrücken der gegebenen Größe ein Einsatzpotenzial, welches durch andere Konstruktionen, oder durch stärkere Decks erschlossen werden kann.