

VERBUNDBRÜCKEN MIT FAHRBAHNPLATTEN IN FERTIGTEILAUSFÜHRUNG



Univ.-Prof. Dr.-Ing. P. Schaumann
Dipl.-Ing. J. Upmeyer
Institut für Stahlbau, Universität Hannover

Für die Überführung von Bundesfernstraßen über Bundesautobahnen bieten Überbauten in Stahlverbundbauweise eine konkurrenzfähige Alternative zu Spannbetonüberbauten. Die Erstellung der Überbauten als Stahlkonstruktion mit im Verbund wirkenden Fahrbahnvollfertigteilplatten ist unter Beachtung des sehr schnellen Bauablaufes und der relativ geringen Beeinträchtigung des Autobahnverkehrs eine interessante Lösung für die Zukunft. In diesem Aufsatz wird der Entwurf eines Überführungsquerschnittes für den Regelquerschnitt RQ 12 vorgestellt.

1. Einleitung

Die Überführungen von Bundesfernstraßen über Bundesautobahnen variieren in bezug auf Spannweite, statisches System und Querschnitt geringfügig. Hier gilt es, eine wirtschaftliche Ausführungsvariante zu finden, die durch kurze Montagezeit mit geringer Verkehrsbehinderung für die bestehenden Straßen hervorsteht. In Deutschland sind solche Brücken im mittleren Stützweitenbereich bisher größtenteils der Massivbauweise in Spannbetonausführung vorbehalten.

Auf dem Symposium *Taking Steel Constructions into the 20th Century* im Mai 1990 in Luxemburg stellte **Roik** Vorschläge zum Einsatz von Walzträgern für Verbundstraßenbrücken im Bereich kleiner und mittlerer Spannweiten vor. Die vom Verfasser in theoretischen und experimentellen Untersuchungen [1, 2] verfolgten Vorschläge mündeten in Entwürfen mit engliegenden Hauptträgern (HT-Abstand um 2,50 m). Hierbei wurde auch der Einsatz von Halbfertigteilen für die Stahlbetonfahrbahnplatte im 1:1 - Maßstab experimentell untersucht. Weiterhin wurde die spezielle Thematik der Autobahnüberführungen für diesen Typ von Verbundbrückenquerschnitt in zwei Studien bearbeitet [3, 4]. In den letzten Jahren sind einige Brücken in dieser Bauweise zur Ausführung gelangt (s. z. B. in [5]).

In jüngerer Zeit wurden Musterentwürfe für Wirtschaftswegbrücken [6] und auch für breitere Überführungsquerschnitte [7] mit Halbfertigteilen vorgelegt.

In diesem Beitrag wird der Entwurf eines Stahlverbundbrückenüberbaus für Autobahnüberführungen mit dem Querschnitt RQ 12 vorgestellt. Die Besonderheit liegt in der Verwendung von Stahlbetonvollfertigteilen. Die Lösungsvorschläge wurden im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Stahlbau der Universität Hannover detailliert [8].

über den Hauptträgern bis zu 38 cm in Feldmitte. Die Fertigteile sind in Querrichtung einteilig. Das Gewicht beträgt jeweils 18,2 Tonnen pro Platte.

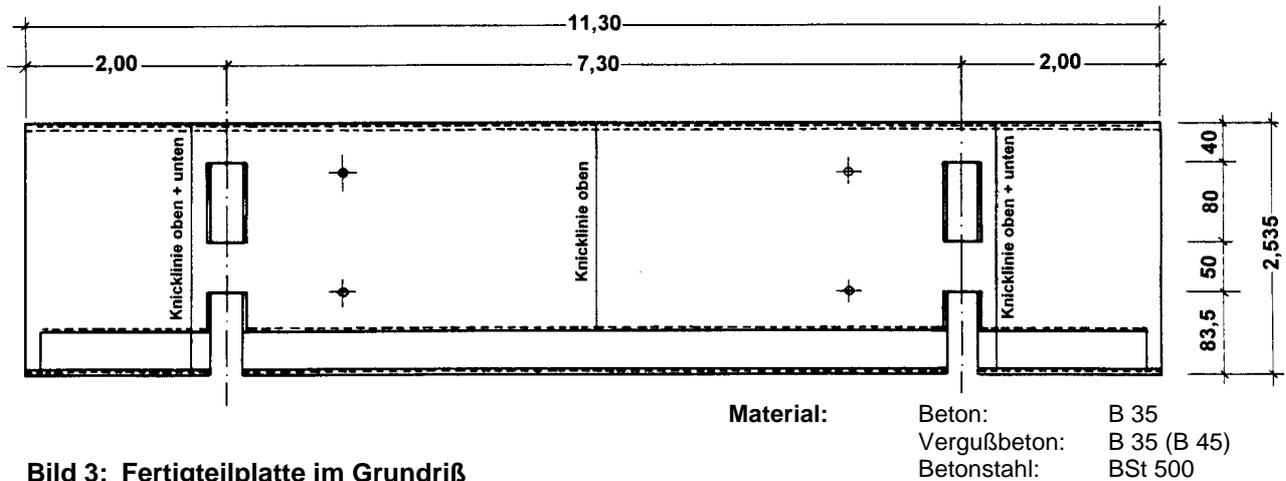


Bild 3: Fertigteilplatte im Grundriß

Bei der Vollfertigteillösung wird die Schubübertragung in die Platte als HT-Obergurt in Dübelgruppen konzentriert. Dazu sind im Bereich der Dübelgruppen rechteckige, konisch zur Oberkante verlaufende Aussparungen mit profilierter Oberfläche angeordnet (s. Bild 3, 5 u. 6). Der Nachweis der Fahrbahnplatte in Querrichtung für die Ausbau- und Verkehrslasten erfolgt unter der Annahme einer in Längsrichtung fugenlosen Platte. Die Ausbildung der Quertugen zwischen den Fertigteilplatten stellt sicher, daß die in Längsrichtung auftretenden Querkräfte und Momente übertragen werden können. Ermittelt werden die maßgebenden Querkräfte unter voller Verkehrsflächenlast zuzüglich der SLW-Achslasten direkt an dem zu untersuchenden Schnitt. Der Nachweis der Schubkräfte in der Fuge erfolgt auch hier für ein monolithisch hergestelltes Bauteil für volle Schubdeckung. Eine zusätzliche Bügelbewehrung im Stoßbereich wird nicht erforderlich.

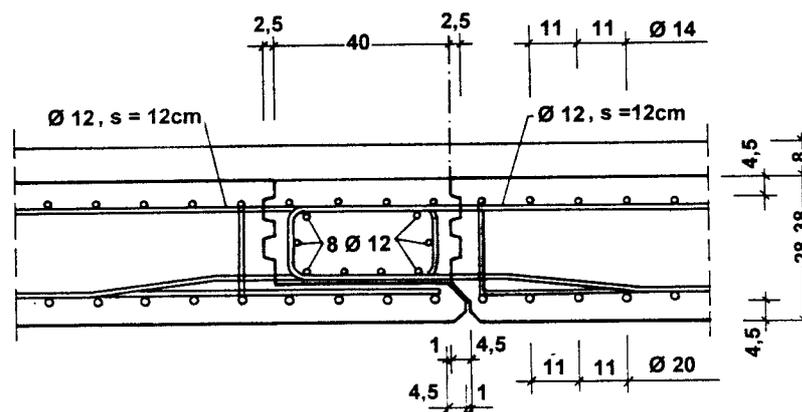


Bild 4: Fertigteilplattenstoß

Der Nachweis der Beschränkung der Rißbreite wird nach den Stahlverbundträgerrichtlinien [10] geführt. Der Rißbildung am Übergang zwischen dem Fertigteilbeton zu dem Vergußbeton ist durch betontechnologische Maßnahmen (schwindarmer Beton) entgegenzuwirken. Die Schubsicherung wird für volle Schubdeckung nachgewiesen, wobei die entsprechende Bewehrung auch in den Aussparungen für die Dübel angeordnet wird. Für die Nachweise der abschnittswisen Schubkrafteinleitung über Dübelgruppen werden verschiedene Modelle diskutiert. Zur Optimierung sind an dieser

Stelle gegebenenfalls Versuche durchzuführen. Die Längsbewehrung der Fahrbahnplatte wird zwischen den Fertigteilen über einen Vollstoß mit schlaufenartiger Bewehrungsführung (s. Bild 4) gestoßen, wobei die geforderten Verankerungslängen nach DIN 1045 eingehalten werden. Die Querbewehrung der Fahrbahnplatte wird in den Dübelfenstern durchgeföhrt. Der hohe Genauigkeitsgrad an die Bewehrungsanordnung (s. Bild 5 u. 6) ist im Fertigteilwerk mit Schablonen realisierbar. Die Querbewehrung im Stoßbereich wird in die sich übergreifenden Schlaufen der Längsbewehrung eingefädelt.

3.2 Hauptträger

Die Hauptträger sind so bemessen, daß Eigengewichts- und Montagelasten auf den Stahlquerschnitt, Ausbau-, Verkehrs- und Zusatzlasten auf den Verbundquerschnitt wirken. Sie werden als offener Schweißquerschnitt mit einer Höhe von insgesamt 1,28 m (inkl. 28 cm Betonplatte) ausgebildet. Zur Gewährleistung der Stabilität der Hauptträger im Montagezustand sind Querträger (IPE 360) in einem Abstand von $s = 5,40$ m vorgesehen. Mit konstruktiven Maßnahmen, die die Fertigteilplatten auch im Montagezustand schubfest miteinander verbinden, könnte in einem weiteren Entwicklungsschritt auf die Querträger verzichtet werden. Um einheitliche Fertigteilplatten über die gesamte Brückenlänge verwenden zu können wurde ein zusätzlicher Lastfall Stützensenkung des Mittelaufagers eingerechnet, der Absenkweg beträgt unter den gegebenen Geometriebedingungen 22 cm.

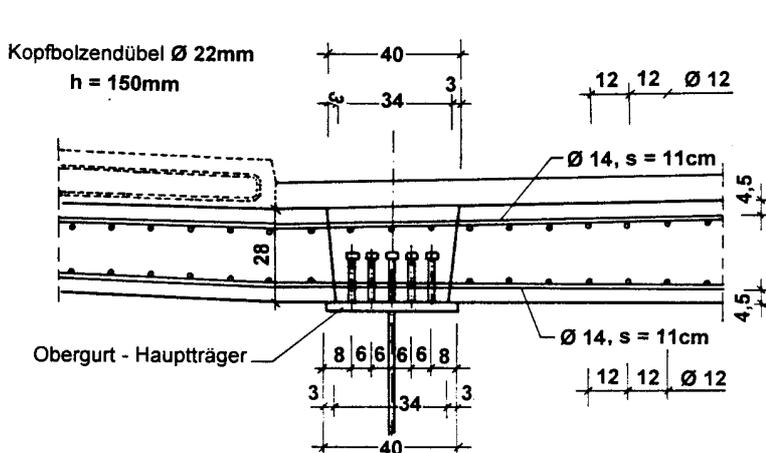


Bild 5: Detail Verdübelung

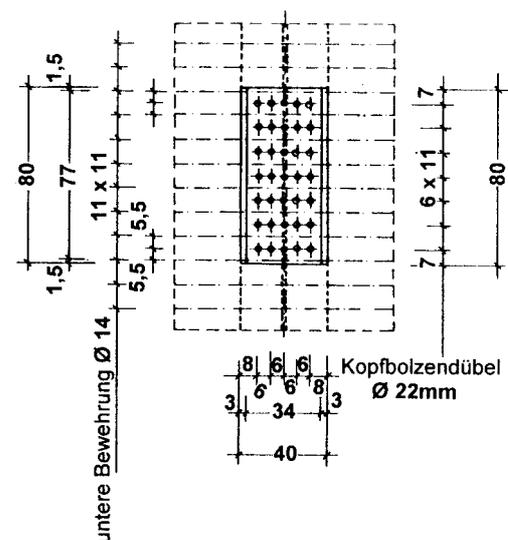


Bild 6: Dübelanordnung

3.3 Ermüdungsfestigkeit

Nach den Nachweiskonzepten der Eurocodes werden zukünftig Ermüdungsfestigkeitsnachweise für Straßenbrücken mit Lastmodellen geführt, die von denen für die Tragsicherheitsnachweise abweichen. Damit wird die Grundlage des bisherigen Nachweises der Dauerschwingbeanspruchung nach DIN 1072 (Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen) mit dem Bezug auf die Verkehrslasten für den Tragsicherheitsnachweis aufgegeben. Im Hinblick auf die zukünftigen Regelungen wurden die Ermüdungsfestigkeitsnachweise für den hier vorgestellten Entwurf nach den Eurocodes geführt.

Nach EC 4 Teil 2 (Brücken) darf folgender vereinfachter Ermüdungsfestigkeitsnachweis auf der Grundlage des Lastmodells 3 des EC 1 Teil 3 (4-achsiges Einzelfahrzeug mit 480 kN Gesamtlast) geführt werden:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_E \leq \frac{\Delta\sigma_{Rk}(N^*)}{\gamma_{Mf}} \quad , \text{ mit}$$

γ_{Ff} Teilsicherheitsbeiwert für die Lasten
 γ_{Mf} Teilsicherheitsbeiwert für das Material
 $\Delta\sigma_E$ Schadensäquivalente Spannungsschwingbreite
 $\Delta\sigma_{Rk}(N^*)$ Ermüdungsfestigkeitswerte nach N^* Lastspielen
 $N^* = 10^6$ für Bewehrungsstahl und Beton (Druckbereich)
 $N^* = 2 \cdot 10^6$ für Baustahl und Dübel

Der Aufwand für die Nachweisführung wird

nicht nur durch das zusätzliche Lastbild für die Spannungsermittlung bestimmt, sondern auch durch die baustoffabhängigen Vorgehensweisen bei der Ermittlung der schadensäquivalenten Spannungsschwingbreiten. Das Ergebnis der Ermüdungsfestigkeitsnachweise lautet zusammenfassend wie folgt:

- Der Nachweis für den **Beton** wird nach EC 4 Teil 2 Abschnitt 4.12.4 über die Beschränkung der Betondruckspannungen auf 60% der Zylinderdruckfestigkeit erbracht.
- Die vorhandenen schadensäquivalenten Spannungsschwingbreiten der **Bewehrung** sind wesentlich kleiner als die Ermüdungsfestigkeitswerte und somit nicht maßgebend. Dies gilt sowohl für die Brückenlängs- wie die Brückenquerrichtung.
- Die Ermüdungsfestigkeitswerte für den **Baustahl** werden nach EC 3 eingehalten.

4. Wirtschaftlichkeit

Durch den hohen werkseitigen Vorfertigungsgrad der Stahlbau- und der Betonbauarbeiten für den Brückenüberbau sowie durch die schnelle Montage mit geringen Verkehrsbehinderungen können Autobahnüberführungen in Verbundbauweise wirtschaftlich hergestellt werden. Die Herstellung der Vollfertigteileplatten wurde von einer Baufirma aus der Region Hannover kalkuliert [8] und den Kosten für Lösungen mit Halbfertigteilen und Ortbeton gegenübergestellt. Dabei ergeben sich lediglich marginale Unterschiede, so daß sich die kürzere Bauzeit insgesamt zu Gunsten der Vollfertigteillösung auswirkt.

5. Zusammenfassung

Die Untersuchungen zeigen, daß Stahlverbundbrücken mit Vollfertigteilen für RQ 12 Überführungsbauwerke auf der Grundlage der bestehenden Normen nachgewiesen werden können und auch die Ermüdungsfestigkeitswerte im Hinblick auf die zu erwartenden Eurocodes eingehalten werden. Die Vorteile liegen auf der Hand:

- hoher Vorfertigungsgrad in der Werkstatt für Stahlkonstruktion und massive Fahrbahnplatte
- schnelle Montage mit geringen Verkehrsbehinderungen

Die Detailprobleme Schubsicherung durch Anordnung von Dübelgruppen in den Aussparungen der Fertigteilplatten, die Ausbildung der Querfuge zwischen den einzelnen Fertigteilplatten und die Fuge zwischen Stahlträger und Betonfertigteilen werden durch weitere Forschungsaktivitäten vertieft. Die Ergebnisse sollen durch experimentelle Untersuchungen optimiert werden. Weitere Forschungsarbeiten behandeln andere Überführungsquerschnitte, Überbauten mit mehr als zwei Hauptträgern und schiefwinklige Überführungsbauwerke.

6. Literatur

- [1] Schaumann, P.: Verbundbrücken unter Verwendung von Walzträgern - Konstruktiver Entwurf und Forschungserkenntnisse, in Vortragsband zu den Seminaren „Verbundbrückentag“ in Bochum und Berlin, ARBED Recherches, Luxemburg, 1991
- [2] Kulka, H.; Schaumann, P.: Neue Entwicklungen im Verbundbrückenbau, Straßen und Tiefbau; Heft 5/91, S. 6 - 16
- [3] Schaumann, P.; Steffen, A. : Studie zu Stahlverbundbrücken, erstellt vom Ing.-Büro HRA im Auftrag des Autobahnamtes Brandenburg, Bochum, 1993, unveröffentlicht
- [4] Glas, H.-D.; Rahal, M.; Schaumann, P.: Studie zu Stahlverbundbrücken mit geschweißten Blechträgern, erstellt vom Ing.-Büro HRA Leipzig im Auftrag von Stahlbau Niesky, Leipzig, 1994, unveröffentlicht
- [5] Haensel, J.; Kina, J.; Schaumann, P.: Zur Erweiterung des Anwendungsbereiches von Stahlträgerverbundkonstruktionen, STAHLBAU 63 (1994), Heft 9, S. 279-283
- [6] Stahlverbundbrücken über Bundesautobahnen, Dokumentation 533, Stahl-Informationen-Zentrum, Düsseldorf, 1997
- [7] Schmackpfeffer, H.: Typenentwurf für Brücken über 6-spurige Autobahnen in Stahlverbundkonstruktion, Tagungsband 713, in Forschungskolleg Stahlanwendung 1997, Studiengesellschaft Stahlanwendung e. V.
- [8] Meier, D.: Untersuchungen zum Einsatz von Stahlbetonvorfertigteilen bei Verbundbrücken, Diplomarbeit am Institut für Stahlbau, Universität Hannover, 1996, unveröffentlicht
- [9] Eurocode 4 Part 2, Design of composite steel and concrete structures, ENV 1994, July 1996
- [10] Richtlinien für die Bemessung und Ausführung von Stahlverbundträgern, Ausgabe 03.81
mit ergänzenden Bestimmungen
- Dübeltragfähigkeit, Kopfbolzendübel bei Verbundträgern mit Stahltrapezblechen (03.84)
- Beschränkung der Rißbreite (06.90)