

Verbundbrücken in Deutschland

Autor(en): **Roik, Karlheinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 3: **Pierre Dubas zum 60. Geburtstag**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75706>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

aus praktische Konsequenzen abzuleiten. So ist es mit Hilfe der Zuverlässigkeitstheorie beispielsweise möglich, den Zusammenhang zwischen besserer oder schlechterer Qualität in der Ausführung einer Konstruktion und deren Tragfähigkeit quantitativ, d.h. stichhaltig auszudrücken. Wir sollten uns aber auch hüten, das Problem der Zuverlässigkeit ausschliesslich mathematisch angehen zu wollen. Um das Sichtbar-machen der komplexen Zusammenhänge «vom Gegensatzpaar Gefahr versus Sicherheit» [13] wurde gerade an der ETH Bemerkenswertes geleistet.

Baumechanik und Normung

Unsere Normen haben an Umfang erschreckend zugenommen. Eine wohl-tuende Ausnahme macht die Schweizer Stahlbaunorm SIA 161 (Ausgabe 1979), die auf rund 80 Seiten regelt, wozu andere Länder die zwei- bis vierfache Seitenzahl benötigen.

Die Ursachen dieser Normenexplosion sind vielfältig, und es ist nicht der Zweck dieses Beitrages, diese Problematik zu erörtern. Natürlich hat auch der Erkenntnisfortschritt auf dem Gebiet der Baumechanik eine Aktie daran. Es ist allerdings naiv anzunehmen, dass man einerseits die Tragfähigkeit unserer Konstruktionen genauer bestimmen, nicht zuletzt um ihre Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, und ander-

seits den Aufwand bei der Bemessung senken könnte.

Der Autor wies in [14] nach, dass «schärferes» Rechnen sich lohnt, in dem man z.B. Teileinspannungen bzw. Wölbbehinderungen, die der realen konstruktiven Lösung von Haus aus anhaften, auch berücksichtigt. Walzstahleinsparungen bis zu 25% bezogen auf das betreffende Bauteil sind möglich.

Dem stehen ernstzunehmende Stimmen gegenüber, die für eine Vereinfachung der Bemessung im Stahlbau plädieren. Es läge im Interesse des Stahlbaus – so argumentieren diese –, dass seine Konstruktionen leicht von jedem Bauingenieur entworfen und beurteilt werden könnten. Für uns Stahlbauer in der DDR trifft aber eine Feststellung Klöppels eher zu: «Die Aufgabe, Materie durch Geist zu ersetzen, wird das Schicksal der deutschen Ingenieure bleiben, aber auch deren Chance beinhalten» [15]. Wir sind angehalten, mit dem Walzstahl äusserst sparsam umzugehen.

Einen Schritt in die notwendige Richtung der Vereinfachung unserer Normen glauben wir mit den Neufassungen unserer Stahlbaugrundnorm, TGL 13 500, und der Stabilitätsnorm, TGL 13 503, getan zu haben. Beide Normen haben wir in 2 Blätter geteilt. Im jeweiligen Blatt 1 der Norm ist das enthalten, was im Interesse der Qualität und auch der Wirtschaftlichkeit durch den Gesetzgeber verbindlich geregelt sein

muss. Das jeweilige Blatt 2 enthält Erläuterungen und Bemessungsmöglichkeiten, die der Projektant anwenden kann, aber nicht anwenden muss, wenn er etwas besser weiss.

Für die Standardnachweise, z.B. der Stabilität, werden meist eine vereinfachte und eine genauere Beziehung angegeben. Erstere für einen Überschlag und Fälle, in denen sich eine genauere Rechnung nicht lohnt.

Zusammenfassung

Gerade die Stahlbauweise hatte immer eine enge, wechselseitige Beziehung zu den Disziplinen der Baumechanik. Nicht zuletzt aus dieser Beziehung resultierten die Qualität und die Wirtschaftlichkeit dieser Bauweise.

Jeder weitere Fortschritt wird ebenfalls mit dieser Beziehung verbunden sein. Eine wirklichkeitsnähere Bemessung ist mit mehr Aufwand, vor allem rechnerischem, verbunden. Die Nutzung der immer leistungsfähigeren Rechen-technik ist ein willkommenes Hilfsmittel, auch diesen steigenden Aufwand unserer Ingenieur-tätigkeit in Grenzen zu halten.

Adresse des Verfassers: o. Prof. Dr.-Ing. H.-D. Glas, Leiter des Wissenschaftsbereiches Statik und Metallbau, Technische Hochschule Leipzig, Sektion Ingenieurbau, DDR-7030 Leipzig, Karl-Liebknecht-Str. 132.

Verbundbrücken in Deutschland

Von Karlheinz Roik, Bochum

Nach einer kurzen Darstellung einiger wichtiger Entwurfsgrundlagen für Verbundbrücken (Vorspannen, Vorkrümmen, Temperatureinwirkungen) werden anhand von Beispielen für ausgeführte Strassen- und Eisenbahnbrücken in Deutschland gewisse Entwicklungstendenzen aufgezeigt.

Entwurfsgrundlagen

Die Verbundträger-Richtlinien [1] stellen z. Zt. die bauaufsichtlich eingeführte Grundlage für die Berechnung und Bemessung dar, sie werden ergänzt durch spezifische Regelungen für Strassen- und Eisenbahnbrücken. Eine Überarbeitung wird in absehbarer Zeit ins Auge gefasst mit dem Ziel der Umstellung auf das neue Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsfaktoren und

der Einarbeitung neuer Erkenntnisse, z. B. der Dauerfestigkeit. Im Eurocode 4 – Verbundkonstruktionen – wurde dieser Weg vorgezeichnet.

Während früher fast immer eine scharfe Begrenzung der rechnerischen Zugspannungen im Beton gefordert wurde, wird jetzt grösseres Gewicht auf die Berechnung und Begrenzung der Rissbreiten im Beton gelegt. Die Begrenzung der Betonzugspannungen führte bei Durchlaufträgern in der Vergangenheit meist zu Vorspannung durch in Längs-

richtung angeordnete Spannglieder in den Bereichen der negativen Biegemomente (Betonplatte in der Zugzone). Da die Fahrbahnplatten meist auch in Querrichtung vorgespannt wurden, trat eine Häufung von Spanngliedern auf, und als Folge hiervon wurde der Anteil der «schlaffen» Bewehrung durch Betonstahl relativ gering.

Vorspannung und eingeprägte Verformungen

Die Entwicklung der Spannbetonbauweise hat gezeigt, dass zur Begrenzung der Rissbreiten und zur Vermeidung von Korrosionsschäden die Anordnung von «ausreichender» schlaffer Bewehrung (Durchmesser, Lage und Menge) sowie deren Betonüberdeckung wichtiger sind als die Begrenzung der rechnerischen Betonzugspannungen. Seit einigen Jahren werden daher die Strassenbrücken in Verbundkonstruktion nur

Brückenart	Lineare Temperaturunterschiede			
	Oberseite wärmer als Unterseite		Unterseite wärmer als Oberseite	
	Bauzustände, ohne Belag, ohne Schutzmassnahmen K	Endzustand, mit Belag K	Bauzustände, ohne Belag, ohne Schutzmassnahmen K	Endzustand, mit Belag K
Stählerne Brücken	15	10	5	5
Verbundbrücken	8	10	7	7
Betonbrücken	10	7	3,5	3,5

Tabelle 1. Lineare Temperaturunterschiede für Deckbrücken, DIN 1072

noch selten in Längsrichtung durch Spannglieder vorgespannt.

Meistens wird zur Verringerung der Rissbreiten eine «Vorspannung durch eingeprägte Verformungen» ausgeführt. Bei relativ kurzen Durchlaufträgern kann dies durch Absenken des Verbundträgers an den inneren Auflagerpunkten geschehen. Bei langen Brücken werden die Absenkwege jedoch so gross, dass die Wirtschaftlichkeit dieser Montagemaassnahmen in Frage gestellt ist. Hierfür hat sich das Einfügen von Gelenken während der Montage und das abschnittsweise «Vorkrümmen» des Trägers nach Bild 1 bewährt [2]. Anschliessend werden die Gelenkpunkte biegesteif geschlossen

und die Durchlaufwirkung für die endgültige Brücke hergestellt. Auch abschnittsweises Betonieren und der Einsatz von Hilfsstützen führt zur Abmilderung der Zugbeanspruchung des Beton in den Stützenbereichen (Bild 2).

Temperatureinwirkungen

In den letzten Jahren sind Schadensfälle bei Spannbetonbrücken bekannt geworden, deren Ursache u. a. in nicht ausreichender Berücksichtigung von Temperatureinwirkungen zu suchen ist. Es wurden daraufhin intensive Arbeiten zur Erfassung der Temperaturbeanspruchungen an Strassenbrücken

in Stahl-, Beton- und Verbundkonstruktion durchgeführt.

Theoretische Untersuchungen wurden durch Messungen unterstützt. Hierbei wurde vor allem der Anteil der Temperatureinwirkungen untersucht, der Durchbiegungen erzeugt, die bei statisch unbestimmten Konstruktionen zu Zwängungsschnittgrössen führt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden bei der Überarbeitung der DIN 1072 «Strassen- und Wegbrücken, Lastannahmen» berücksichtigt. Ohne auf Einzelheiten näher eingehen zu wollen, sei hier nur das Ergebnis mitgeteilt, das in der Tabelle 1 zusammengefasst ist [3].

Strassenbrücken in Verbundbauweise

Während der letzten Jahre wurde in Deutschland eine grössere Anzahl von Verbundstrassenbrücken mit Stützweiten zwischen 25 und 45 m gebaut. Die Querschnitte dieser Deckbrücken sind nahezu standardisiert. In Bild 3 ist als Beispiel die eine Hälfte der Autobahnbrücke am Heumar Dreieck bei Köln gezeigt. Zwei Hauptträger im Abstand von 7,70 m sind rund 1,60 m hoch. Die Betonplatte ist etwa 15 m breit und in der Mitte 28 cm dick, ihre Dicke steigt über die Hauptträger auf 40 cm an.

Die stählernen Hauptträger sind durch Querträger miteinander verbunden, die jedoch nicht mit der Betonplatte in Berührung stehen. Sie werden häufig zur Unterstützung der Schalungsgestelle für die Betonplatte benutzt. Ihre hauptsächliche Aufgabe ist es jedoch, die Stahlträger während der Montage gegen Kippen (seitliches Ausweichen des Druckgurtes) zu stabilisieren. Zusammen mit den Vertikalsteifen der Stegbleche, mit denen sie biegesteif verbunden sind, bilden sie ein Rahmensystem, das auch für die endgültige Brücke die Untergurte in den Druckbereichen gegen seitliches Ausweichen stabilisiert. Für kleinere Stützweiten wird kein Windverband während der Montage benötigt.

Die Gesamtkosten von Verbundbrücken werden u. a. wesentlich durch die Herstellungskosten der Betonfahrbahnplatte beeinflusst, wobei die Schalung einschliesslich ihrer Unterkonstruktion einen wichtigen Kostenfaktor darstellt. Der Entwurf der Stahlkonstruktion wird häufig durch diese Überlegungen stark beeinflusst. Abschnittsweises Betonieren und Umsetzen grosser Schalungselemente, die in periodischer Reihenfolge in Längsrichtung der Brücke verschoben und wieder verwendet werden, haben sich als be-

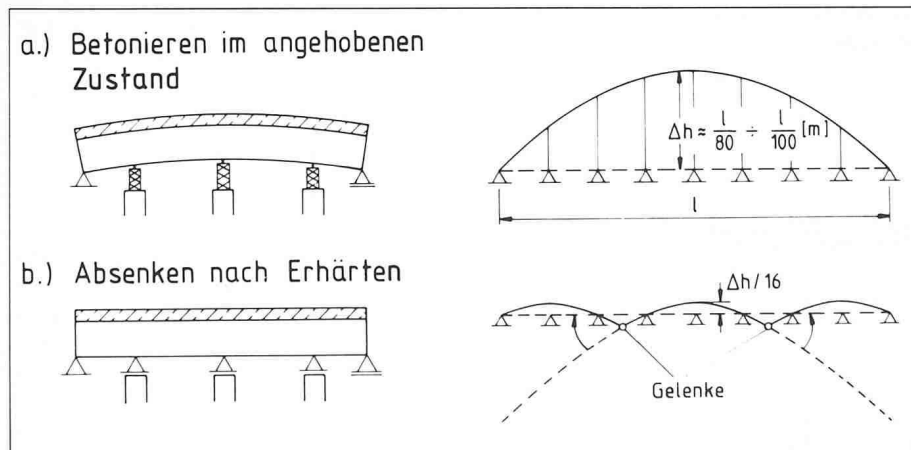
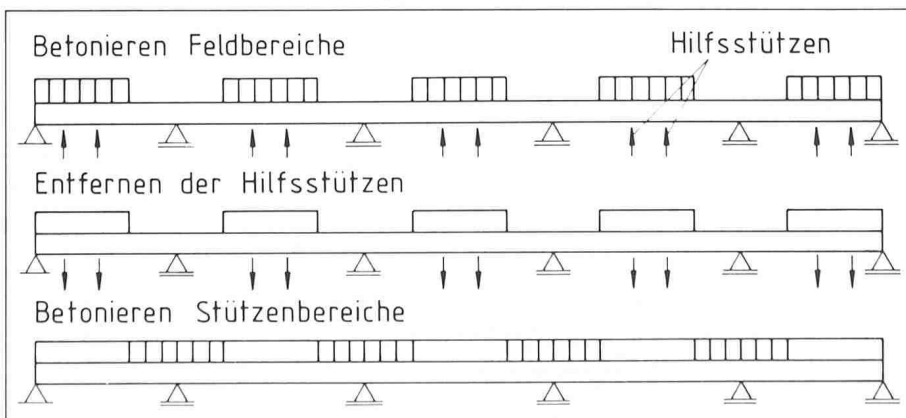


Bild 1. Vorspannen durch eingeprägte Verformungen

Bild 2. Abschnittsweises Betonieren mit Hilfsstützen



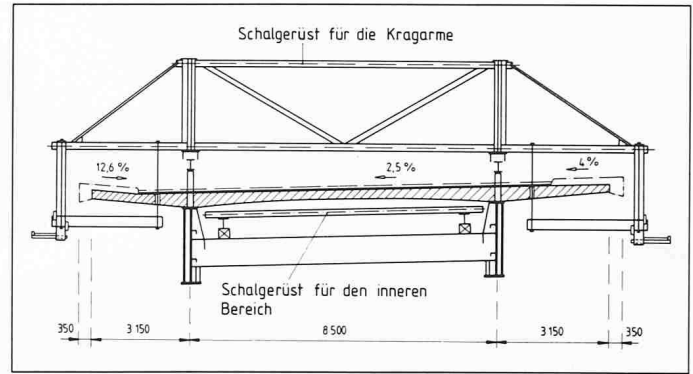
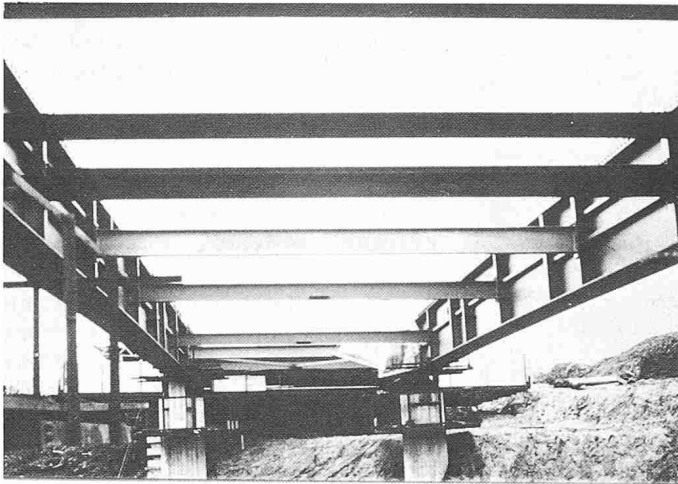


Bild 4. Verfahrbare Schalgerüste

Bild 3 (links). Verbunddeckbrücke während der Montage

Bild 5. Schalgerüste im Einsatz



sonders wirtschaftlich erwiesen. Dies kann für den Teil der Betonplatte, der zwischen den Stahlträgern liegt, durch die erwähnten Querträger erleichtert werden. Für die ausragenden Teile der Betonplatte sind meist besondere Schalgerüste erforderlich. Wenn genügend Raum unter der Brücke zur Verfügung steht, werden meist Hängegerüste verwendet, die auf den Untergeräten der Hauptträger verfahren werden. Steht kein Raum für diese Konstruktion zur Verfügung, werden Gerüstwagen eingesetzt, die auf dem Obergurt der Stahlträger laufen (Bilder 4 und 5).

Ausser den Standardkonstruktionen der durchlaufenden Deckbrücken möchte ich ein Beispiel für eine Stabbogenbrücke erwähnen.

Die Autobahn A 30 kreuzt bei Rheine/Westfalen den Dortmund-Ems-Kanal unter einem sehr schiefen Winkel. Jede der beiden Fahrbahnen wird durch einen Bogenträger mit Zugband mit einer Stützweite von 105 m überbrückt. Die Bögen haben keinen Windverband, sie sind in den Fusspunkten in die Fahrbahnkonstruktion eingespannt. Nähere Einzelheiten sind in Bild 6 dargestellt. Die gesamte Verbund-Fahrbahnkon-

struktion bildet das Bogenzugband. Eng liegende Querträger unterstützen die Betonplatte und stehen mit ihr in Verbund. Die Einleitung der Bogenkräfte am Ende des Hauptträgers erfolgt an jedem Fusspunkt über eine horizontale Stahlplatte von ungefähr 135 m², auf die etwa 600 Kopfbolzendübel Ø 22 mm aufgeschweisst sind (Bild 7). Die Betonplatte ist in Längsrichtung durch Spannglieder vorgespannt. Zusätzliche Spannglieder befinden sich ausserdem in den Kraftereinleitungsbereichen an den Bogenfusspunkten.

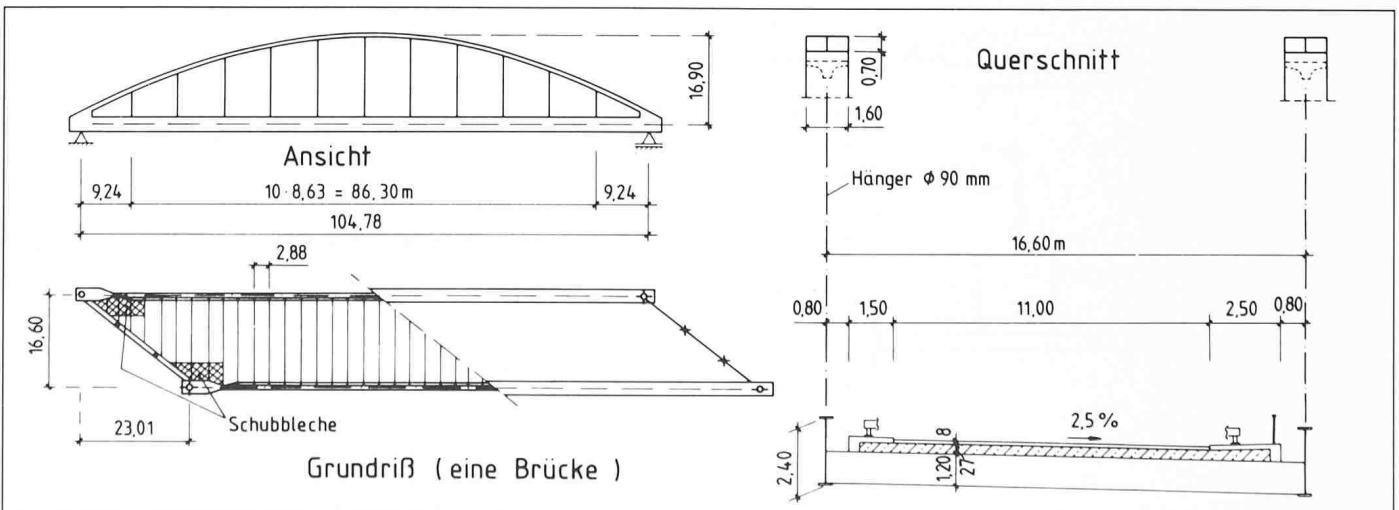
Bei ähnlichen Systemen wurden bisher meist nur die stählernen Hauptträger als Zugbänder verwendet. Die Betonplatte war über die Querträger «schwimmend» gelagert und beteiligte sich nicht an der Aufnahme der Zugkräfte.

Gegenüber diesen Konstruktionen hat die volle Mitwirkung der Betonplatte im Hauptsystem zwei Vorteile:

- es treten keine Relativverschiebungen zwischen Betonplatte und Stahlträger auf, und
- die Einspannung der Bogenfusspunkte ist durch die Verbundkonstruktion wesentlich steifer.

Vor allem der zweite Grund liefert bei «schiefen» Brücken wesentlich günstigere Bedingungen für den Nachweis gegen seitliches Ausknicken des Bogens. Genauere Optimierungsuntersuchungen müssten noch durchgeführt werden, ob anstelle der längs laufenden

Bild 6. Bogenbrücke mit Zugband



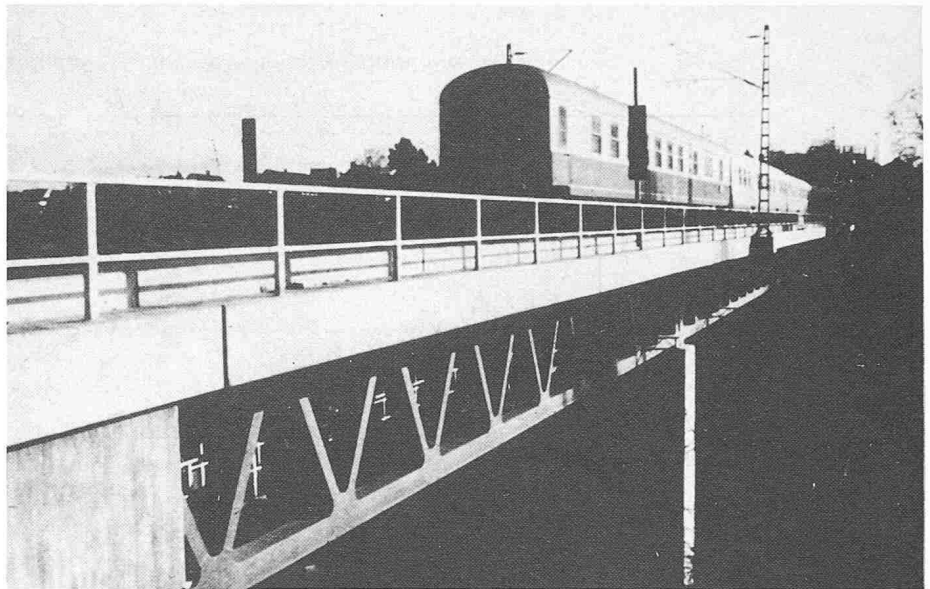
übernommen, deren Schwerpunkt (resultierende Dübelkräfte) in der gleichen Höhe liegt.

Die unmittelbare Belastung des Obergurtes führt zu (örtlichen) Biegebeanspruchungen, die durch den Stahlbetonquerschnitt aufgenommen werden.

Als Beispiel für eine solche Konstruktion ist eine Aufnahme des Nesenbachviaduktes, Stuttgart, in Bild 10 zu sehen [5].

Bild 10 (rechts). Nesenbach-Viadukt

Adresse des Verfassers: Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Roik, Ruhr-Universität Bochum, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Lehrstuhl II, Universitätsstr. 150, D-4630 Bochum 1.



Einige Beispiele der Kombination von Stahl und Beton im Brückenbau

Von Nikola Hajdin, Belgrad

Der Artikel befasst sich mit drei in Jugoslawien ausgeführten Verbundkonstruktionen, die der Verfasser innerhalb der letzten 20 Jahre entworfen hat. Die Beispiele zeigen einige nichtklassische Kombinationen von Stahl und Beton.

Einführung

Klassischer Verbund zwischen Beton und Stahl wird üblicherweise bei den Brücken in Form von stählernen Hauptträgern zusammen mit einer Betonfahrbahnplatte ausgeführt. Die Eigenschaften dieser Materialien bieten jedoch mehrere andere Möglichkeiten der Kombination, welche unter bestimmten Umständen sehr geeignet sind. Im Laufe von mehr als 20 Jahren habe ich mit meinen Mitarbeitern eine Reihe verschiedener Verbundbrücken projektiert. Davon werden im folgenden drei Beispiele erläutert, welche der Konzeption nach von den herkömmlichen Lösungen abweichen.

Verbundkonstruktion und Stahlkonstruktion mit orthotroper Platte zusammen als einheitliches statisches System

Eine der ersten Verbundkonstruktionen in Jugoslawien war die Strassenbrücke über den Fluss Theiss bei Za-

balj. Am dafür ausgeschriebenen anonymen Wettbewerb erlangte der vom Verfasser erarbeitete Entwurf den ersten Preis.

Vorgesehen war, die aus der Zeit vor dem zweiten Weltkrieg noch erhaltenen Pfeiler für den neuen Brückenschlag wieder zu verwenden. Deren Tragfähigkeit jedoch war zufolge der früher niedrigeren Verkehrslasten begrenzt, weshalb im Wettbewerb auch verlangt wurde, dass die Gesamtbelastung, insbesondere in der Hauptöffnung (vgl. Bild 1), möglichst niedrig gehalten werden soll.

Die Hauptmerkmale der dafür erarbeiteten Lösung sind die folgenden: Die beiden Hauptträger sind bei konstanter Querschnittshöhe statisch als Durchlaufträger ausgebildet und weisen im Mittelfeld eine maximale Spannweite von 106 m auf. Diese Öffnung sowie etwa die Hälfte der beidseitig angrenzenden Spannweiten ist zum Erreichen der geforderten Gewichtsminimierung mit einer Stahltragkonstruktion mit orthotroper Fahrbahnplatte überspannt. Rund 28 m vom Pfeiler 3 bzw. 3' entfernt – im Bereich relativ kleiner Biege-

momente – erfolgt der Übergang von der orthotropen Platte zur Verbundkonstruktion. Die konstruktive Ausbildung des Zusammenschlusses ist dabei derart gewählt, dass die Übertragung aller auftretenden Schnittkräfte ohne bedeutende lokale Beanspruchungen möglich wird. Im Bereich der Verbundausbildung wird das System durch Längskabel in der Fahrbahnplatte und durch Absenken über den Mittelstützen (1 und 2 bzw. 1' und 2') vorgespannt (Bild 1).

Dank der gewählten Ausbildungsart konnte einerseits im Bereich der kritischen Flusspfeiler das angestrebte Lastminimum erzielt und andererseits in den Nebenöffnungen die kostengünstigere Verbundausbildung angewendet werden, ohne dass dabei die Vorteile eines einheitlichen statischen Systems verlorengingen. Statisch interessant ist, dass das Kriechen und Schwinden der Fahrbahnplatte des Verbundabschnittes die Beanspruchungen des orthotropen Brückenteils, zufolge der Änderung der statisch unbestimmten Grössen, beeinflussen. Die Inverkehrsetzung der Brücke erfolgte im Jahre 1961.

Brücken mit untenliegender Fahrbahnplatte

Zwei Eisenbahnüberführungen in der Stadt Ljubljana stellen eine ungewöhnliche Gruppe vorgespannter Verbundkonstruktionen dar. Obwohl es sich – gemessen an den Spannweiten – um eher bescheidene Tragwerke handelt, sind diese Konstruktionen hinsichtlich der Art des Verbundes sowie der stati-