

Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 22 (1975)

Artikel: Die Klebeverbindung als instandhaltungsgerechtes Konstruktionselement und Schnellmontageverbindung im Fertigteil-Verbundbrückenbau

Autor: Haensch, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-19366>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Klebeverbindung als instandhaltungsgerechtes Konstruktionselement und Schnellmontageverbindung im Fertigteil-Verbundbrückenbau

Gluing, Element for Easy Maintenance and Rapid Assembly in Prefabricated Composite Bridges

Le collage, système d'entretien facile et de montage rapide dans la construction de ponts mixtes préfabriqués

H. HAENSCH

Dozent Dr.-Ing.

Ingenierhochschule Cottbus

Cottbus/DDR

1. Einleitung

Mit der kraftschlüssigen Klebeverbindung zwischen Bauelementen aus Stahl und Stahlbeton wird ein neuer Baustoff auf der Basis von Plasten in die Tragfunktion einer Verbund-Konstruktion eingebunden. Die drei Materialien - Stahl, Beton und Plast - werden so miteinander verbunden, daß die für jeden dieser Baustoffe charakteristischen Festigkeitseigenschaften im Tragmechanismus der Verbundkonstruktion optimal genutzt werden. Für die Verbindungen zwischen den vorgefertigten Platten und den Trägern (horizontale Fuge, Verbundfuge) sowie zwischen den Plattenelementen untereinander (vertikale Fuge) bietet sich für die Klebtechnik ein bevorzugtes Anwendungsfeld. Wie die Schweißtechnik im Metallbau erst die Voraussetzung schuf, die räumliche Tragwirkung einer Konstruktion und das vollständige Zusammenwirken aller ihrer Teile statisch zu nutzen, so ermöglicht es nun die Klebtechnik, auch im Massiv- und Verbundbau die Vorzüge der Montagebauweise und Vorfertigung mit den für die Nutzung des Bauwerkes hervortretenden Vorteilen einer monolithischen Tragwirkung zu verknüpfen. Gegenüber der herkömmlichen Mörtelfuge bzw. Verbundsicherung zeichnet sich die Klebeverbindung durch schnelle Kraftschlüssigkeit und dauerhafte und vor allem dichte Verbindung der vorgefertigten Elemente aus. Die Verbundbauweise wird mit Hilfe der Klebtechnik zur vollwertigen modernen Lösung für eine Tragkonstruktion. Das Hauptanwendungsfeld im Brückenbau erstreckt sich vorerst auf den Stützweitenbereich bis 20 m, wo sich die Vorteile der schnellen Montage und Kraftschlüssigkeit

ökonomisch besonders auswirken. Mit der Wiedergabe von Ergebnissen einer Großversuchsreihe geklebter Verbundtragwerke, der Beschreibung der Ausführung einer im Klebverbund hergestellten Straßenbrücke und der Empfehlung von Entwurfsgrundlagen für geklebte Verbundbrücken soll dargelegt werden, daß die Fertigteilbauweise im Verbundbau auch den Forderungen einer nutzungsgerechten Ausführung nachkommen kann und der monolithischen Bauweise in nichts nachzustehen braucht.

2. Versuche an geklebten Verbundtragwerken

2.1. Ziel der Versuche

Um das wirkliche Tragverhalten einer Verbundkonstruktion mit geklebten Querfugen der Platte und geklebten Verbundfugen zwischen Träger und Platte zu testen, wurden 3 Verbundträgerroste mit einer aus Einzelplatten zusammengesetzten Fahrbahnplatte und zum Vergleich dazu ein Verbundträgerrost mit monolithischer Platte geprüft.

Die Versuche sollten u.a. über folgende Fragen Auskunft geben:

- Verhalten verschiedener Querfugenausbildungen zwischen Stahlbetonfertigteilterplatten bei statischer und dynamischer Scher-, Biege- und Druckbeanspruchung im Vergleich zur monolithischen Stahlbetonplatte ohne Querfugen
- Verhalten verschiedener Horizontalfugenausbildungen von Stahlbetonplatten im Verbund mit Stahlträgern bei statischer und dynamischer Schubbeanspruchung.

2.2. Versuchstragwerk

Die bauliche Ausbildung und Abmessungen der Versuchstragwerke gehen aus Abb. 1 hervor. Die Fahrbahnplatte lag auf den Haupt-

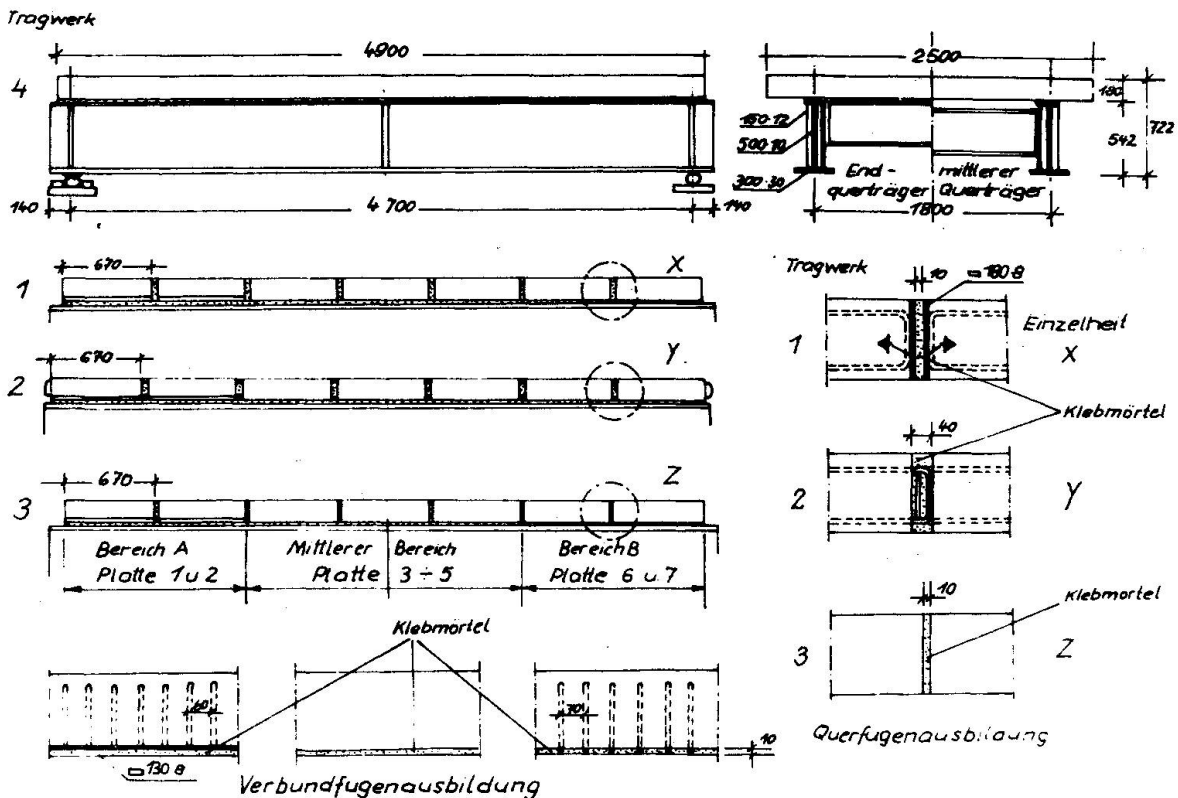


Abb. 1: Konstruktive Ausbildung der Versuchstragwerke

und Endquerträgern auf. Alle Stahlbetonplatten waren vorgefertigt und wurden am Versuchsort mit Epoxidharz-Klebmörtel EK 162/30 untereinander bzw. mit dem Stahlträgerrost zusammengefügt. Die Betongüte entsprach einem B 450, z.Z. der Prüfung betrug die Würfelfestigkeit 560 kp/cm². Die Bewehrung der Einzelplatten und der monolithischen Platte war einheitlich.

Varianten der Querfugenausbildung

Versuchstragwerk 1: Klebfuge 10 mm mit Stahlblechflanken

Versuchstragwerk 2: Bewehrte Klebfuge 40 mm mit versetzt angeordneten herausstehenden Bügeln

Versuchstragwerk 3: Unbewehrte Klebfuge 10 mm mit ebenen in Stahlschalung hergestellten Betonfugenflanken, mit Drahtbürste gereinigt.

Versuchstragwerk 4: keine Querfugen (Vergleichstragwerk)

Varianten der Verbundfugenausbildung

Auflagerbereich A: In der Betonplatte verankertes Stahlblech

Auflagerbereich B: 10 mm herausstehende Bügel

Mittlerer Bereich: Ebene Betonoberfläche (Stahlschalung)

Fugendicke aller Varianten: 10-15 mm

Vorbehandlungen der Klebflächen

Stahlflächen: gestrahlt, mit lösungsmittelfreiem Epoxidharzanstrich grundiert

Betonflächen: Mit Drahtbürste bzw. Schmirgelscheibe bearbeitet, Voranstrich mit lösungsmittelhaltigem Epoxidharzanstrich

2.3. Versuchsbelastung

Bei einer Vorbelastung der Tragwerke zum Zwecke von Durchbiegungs- und Dehnungsmessungen wurde eine Einzellast mit veränderlichen Laststellungen entlang der Mittellängsachse des Tragwerkes in Stufen von 4 Mp bis zu 32 Mp eingetragen. Außer dem Tragwerk Nr. 1 wurden alle Versuchstragwerke vor dem statischen Bruchversuch einer Schwellastbeanspruchung mit $\alpha = 0,075$, einer Lastfrequenz von 56 Lastspielen je Minute und einer Oberlast von 50 Mp Gesamtlast unterzogen. Die Lasteintragung erfolgte dabei wie bei den Bruchversuchen als Doppellast (ähnlich einer Achslast mit zwei Radlasten) im Abstand von 0,90 m symmetrisch zur Tragwerkslängsachse und um 0,25 m (bei Tragwerk 1-3) bzw. um 0,34 m (bei Tragwerk 4) gegenüber dem Mittelquerschnitt des Tragwerkes verschoben, so daß die Klebfugen mit maximalen Schnittkräften beansprucht wurden. Mit dieser Belastung wurden in die Betonplatte gleichzeitig Beanspruchungen aus der Plattenwirkung und aus der Scheibenwirkung des Verbundsystemes eingetragen. Der dynamische Versuch wurde nach $2 \cdot 10^6$ Lastwechseln, was etwa 55 täglichen Lastübergängen in 100 Jahren entspricht (Schwerlastverkehr für wenig frequentierte Landstraßen), abgebrochen. Alle Einzellasten wurden über ein Gummischichtenlager von 15 x 15 cm Grundfläche auf die Betonplatte übertragen.

2.4. Versuchsergebnisse

Abb. 2 zeigt die auf die verformten Trägerachsen der Stahlträger bezogenen Durchbiegungen der Betonplattenunterkante längs der Mittellängsachse der Tragwerke 1, 3 und 4 bei Belastung mit einer Einzellast von $P = 32 \text{ Mp}$ in Mitte Fahrbahnplatte. Aus dem Vergleich dieser Plattendurchbiegungen der einzelnen Tragwerke geht hervor, daß die mit Klebmörtel aus Einzelplatten zusammengefügte Fahrbahnplatten der monolithisch hergestellten Fahrbahnplatte nicht nachstehen; im Gegenteil, die Durchbiegungen sind sogar um bis zu 30 % geringer. Der Verlauf und die Größe der Durchbiegungen der drei Plattenlängsachsen lassen den wichtigen Schluß ziehen:

In Querrichtung des Tragwerkes sind die geklebten Platten infolge der zugfesten Ausbildung der Epoxidharzmörtel-Fugen, die wie eine Zugbandunterspannung der Platte wirken, steifer als die monolithische Platte. Die Steifigkeit des Fugenbereiches wird beim Tragwerk 1 durch die Stahlblechflanken noch weiter verstärkt. Die Biegelinien sind weniger gekrümmt und die Beanspruchungen der Platte in Längsrichtung geringer. Die geklebten Querfugen, ganz gleich nach welcher Variante sie ausgeführt werden, sind für die Plattentragwirkung voll funktionsfähig. Sogar eine günstige orthogonal anisotrope Strukturumbildung der Fahrbahnplatte wird durch die Klebfugen bewirkt.

Auch bei den dynamischen Versuchen, die eine fortschreitende Rißbildung erkennen ließen und eine allmähliche Betoner müdung herbeiführten, zeigt sich eine günstige Wirkung der Epoxidharz-Querfugen. Die bewehrten zugfesten Klebfugen des Tragwerkes 2 bewirkten eine Verzögerung der Rißbildung.

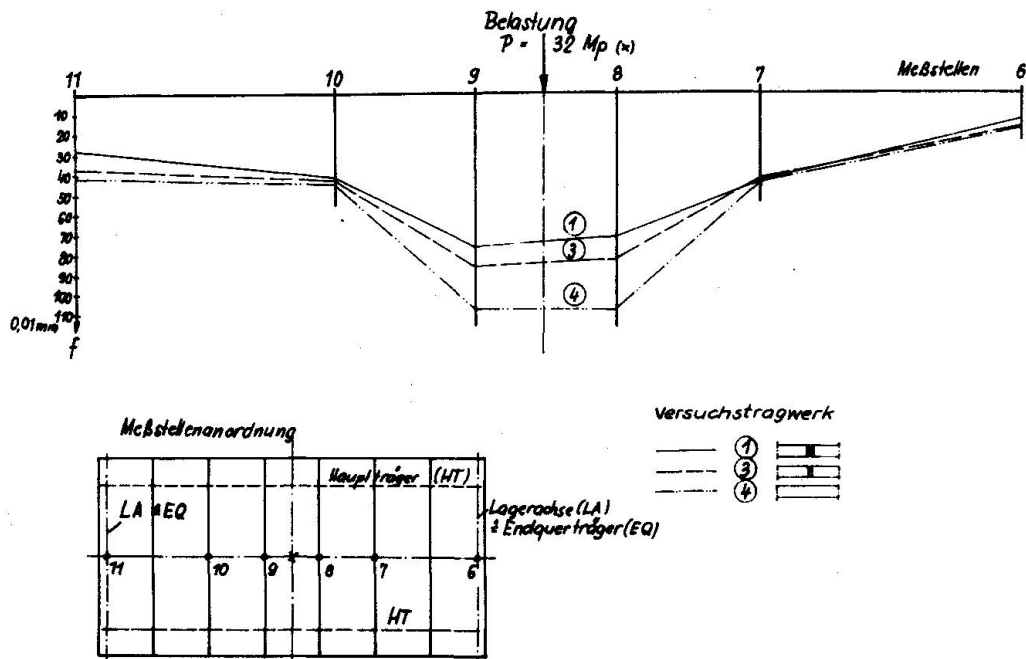


Abb. 2: Vergleich der Plattendurchbiegungen f längs der Mittellängsachse der Versuchstragwerke 1, 3 und 4

Alle statischen Brüche traten infolge Versagens des Betons in der Druckzone des Lasteintragsbereiches ein, wobei sich eine kombinierte Wirkung von Druck- und Scherspannungen ergab. Gleichzeitig zeigten sich an der Plattenunterseite entlang der Innenseite des Plattenauflegers (Trägergurt) Scherrisse. Die Querkraftübertragung über die geklebten Plattenfugen hinweg war bis zum Bruch erhalten geblieben. Den Vergleich der für die Beurteilung der Tragfähigkeit der Plattenfugen interessierenden Bruchlasten der einzelnen Versuchstragwerke zeigt folgende Tabelle:

Tab. 1: Bruchlasten der Verbundplatten der Versuchstragwerke

Bruchlasten der Tragwerke $[Mp]$			
(geklebt)		(monolith.)	
1	2	3	4
150	130	130	100

Dieses schon bei den Durchbiegungsmessungen beobachtete und auf die anisotrope Tragwirkung infolge der zugfesten Klebfugen zurückgeführte günstigere Verhalten der geklebten Platten wird durch die Bruchversuche bestätigt.

Die Bruchbelastung und Bruchschubspannungen der Verbundfuge an den Trägerenden ergab sich aus den statischen Bruchversuchen zu:

Tab. 2: Bruchlasten und Bruchschubspannungen der Verbundfugen der Versuchstragwerke

Versuchstragwerk	Bruchlast $[Mp]$ (dyn. Vorbelastung)	Bruchschubspannung $[kp/cm^2]$ (dyn. Vorbelastung)
1	150 (-)	40,4 (-)
2	130 (50)	35 (13,4)
3	130 (50)	35 (13,4)
4	80 (50)	22 (13,9)

Die dynamische Vorbelastung mit $N = 2 \cdot 10^6$ Lastspielen wurde ohne Risbildung ertragen. Die Bruchschubspannungen der Tragwerke 3 und 4 gelten für die Verbundfugenausbildung mit herausstehender Bügelbewehrung (Auflagerbereich B in Abb. 1). Die Verbundfugen im Auflagerbereich A mit Stahlblech sind im Versuch nicht zerstört worden, weisen also höhere Festigkeiten auf. Ebenso sind alle Verbundfugen der Tragwerke 1 und 2 nicht zum Bruch gekommen.

3. Entwurfsgrundlagen

Auf der Grundlage der vorstehend beschriebenen Versuche und anderer Untersuchungen $[1]$ werden für den Entwurf von kraftschlüssigen Klebverbindungen im Fertigteilverbundbrückenbau folgende Empfehlungen gegeben.

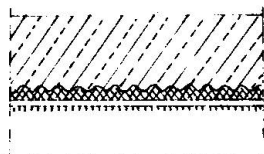
3.1. Horizontale Verbundfuge

Der durch Klebverbindungen gemäß $[2]$ hergestellte kraftschlüssige Verbund zwischen Stahltragwerk und Fertigteilplatten aus Stahlbeton oder Spannbeton gilt im Sinne der Verbundtheorie als starrer Verbund. Die horizontalen Schubspannungen in der Verbund-

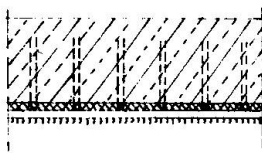
fuge sollen die zulässigen nach Tab. 3 nicht überschreiten.

Tab. 3: Zulässige horizontale Schubspannungen in der Klebverbundfuge

Zeile	Gestaltung der Betonfügeflächen	zul τ [kp/cm ²]		
		Betongüte		
		B 300	B 450	B 600
1	eben	10	11	12
2	profiliert nach Abb. 3	15	16	17
3	mit Stahlblechauflage	30		



(a) gewellte Fügefläche



(b) aus der Betonfügefläche herausragende Bewehrungsstäbe (Bügel)

Die Anwendung dieser zulässigen Schubspannungen ist an folgende Voraussetzungen gebunden:

- Die ausreichende Kohäsion des Fugenmörtels und Adhäsion an der Stahlfläche ist durch die Druckscherfestigkeitsprüfung an einer Stahl-Stahl-Verbindung nach [3] nachzuweisen. Dieser Nachweis ist erfüllt, wenn die Scherbruchfestigkeit nicht kleiner als der dreifache Wert der Zeile der Tab. 3 ist.
- Eine Biegebeanspruchung des Verbundfugenmörtels senkrecht zur Fügefläche infolge Einspannung der Fahrbahnplatte im stählernen Tragwerk im Bereich der freitragenden Fahrbahnplatte ist durch konstruktive Maßnahmen zu vermeiden.

Abb. 3 Profilierte Betonfügeflächen für Klebverbund mit Stahl

3.2. Vertikale Querfugen

Für die Beanspruchung der Klebverbindungen der Querfugen werden Biegezugspannungen nach Tab. 4 zugelassen, deren Einhaltung

Tab. 4 Zulässige Biegezugspannungen in geklebten vertikalen Querfugen

Zeile	Gestaltung der Fügeflächen [mm]	zul σ_{bz} [kp/cm ²]		
		Betongüte		
		B 300	B 450	B 600
1	eben, gewellt, bewehrt (Fugendicke ≤ 40)	8	10	12
2	Stahlblechflanken	10	12	14
3	bewehrt (Fugendicke > 40)	12	15	18

als Voraussetzung für die statische Behandlung der Fahrbahnplatte als monolithische Platte und Scheibe (Übertragung von Biegemomenten, Querkräften und Normalkräften) und damit Mitwirkung des Betons in der Zugzone an der Verbundtragwirkung gilt.

4. Versuchsbauwerk

Praktische Anwendung fand die beschriebene Bauweise bei einem Versuchsbauwerk mit etwa 17 m Stützweite in Görlitz (Abb. 4),

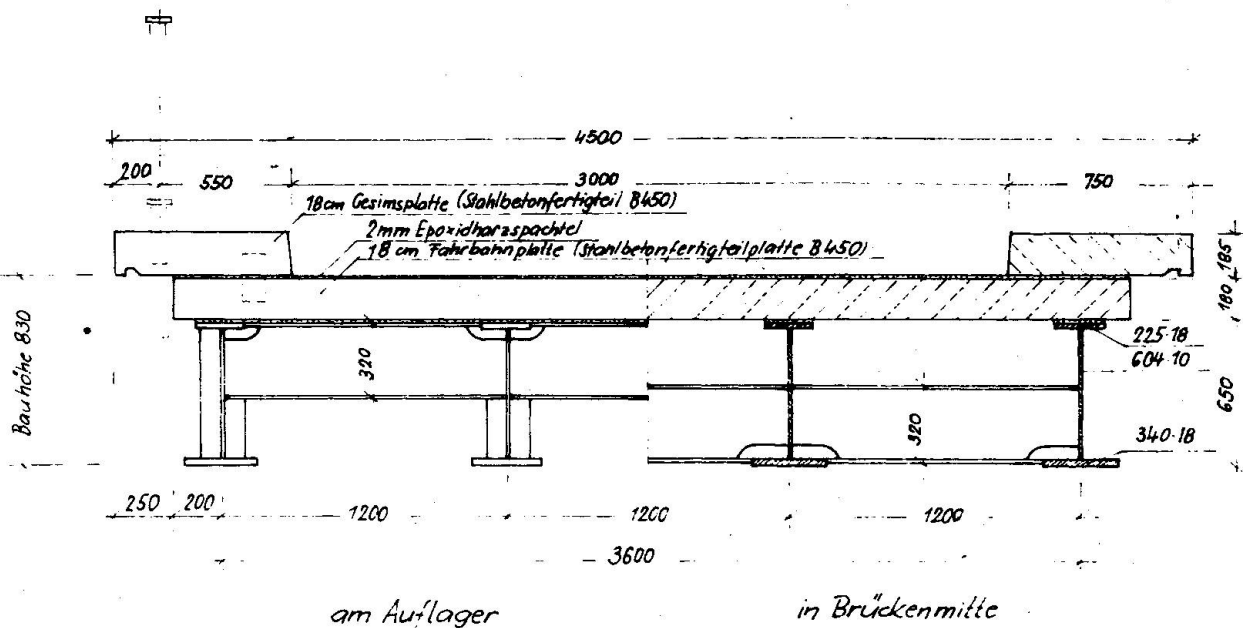


Abb. 4 Verbundbrücke mit geklebten Fertigteilen und Epoxidharzbeschichtung (Mühlgrabenbrücke in Görlitz).
Stützweite $l = 17$ m

bei dem der Klebverbund zwischen Stahlträger und Stahlbeton-Fertigteileplatten bei der Bemessung planmäßig genutzt wurde. Die Verbundfuge enthält keinerlei Schrauben, die Platten wurden bei der Montage in den plastischen Klebmörtel verlegt und ohne Unterbrechung aneinander gereiht. Die Querfugen wurden ebenfalls mit Epoxidharzmörtel vergossen. Auch die Gesimsplatten sind auf die Fahrbahnplatten aufgeklebt und untereinander mit Klebmörtel verbunden. Auf einen besonderen Fahrbahnbelag und eine Dichtung der Fahrbahn wurde verzichtet. Stattdessen erhielt die Fahrbahnfläche eine etwa 2 mm dicke Epoxidharzbeschichtung. Die gesamte Brückenkonstruktion ist damit komplett zu einem monolithischen Tragwerk zusammengefügt, das gleichzeitig allen Anforderungen hinsichtlich Dichtigkeit und Korrosionsschutz genügt. Ein weiteres bemerkenswertes Merkmal dieses Bauwerkes ist die erstmalige Verklebung des korrosionsträgen Baustahles KTS 30/45. Die am Standort der Brücke herrschende wechselnde Feuchtigkeit und Temperatur bietet gute Voraussetzung für die Schutzschichtbildung am KT-Stahl.

Die Fügeflächenbehandlung wurde mittels Drahtkorn-Strahlung in der Werkstatt durchgeführt; als temporären Schutz erhielten die Fügeflächen Abdeckungen mit Plastfolien.

Die Montage der Brücke erfolgte mit Auto- und Mobilkränen innerhalb von drei Tagen, so daß eine Umleitungsbrücke überflüssig wurde. Die Kraftschlüssigkeit der Klebverbindungen war trotz der kühlen Witterung im Oktober nach 18 Stunden hergestellt, so daß die Verkehrsaufnahme nach kürzester Frist erfolgen konnte. Damit

werden praktisch die Baufristen einer trockenen Bauweise erreicht. Weitere Einzelheiten zu Entwurf und Ausführung sind in [4] enthalten.

Schon ein Jahr nach Fertigstellung mußte sich die Klebverbundkonstruktion im Winterhochwasser 1974/75 bewähren. Die Brücke wurde kurz hintereinander dreimal überflutet. Das höchste Hochwasser ließ die gesamte Konstruktion bis fast OK Geländer in den Fluten untertauchen. Eine eingehende Brückenprüfung nach Abzug des Hochwassers ergab einen völlig einwandfreien Zustand der gesamten Konstruktion und aller Details. Insbesondere alle Klebfugen zwischen den Bauelementen waren völlig unverändert dicht und voll funktionsfähig geblieben. Die Oberflächen des KT-Stahles zeigten eine gleichmäßige Rostfärbung ohne Rostabblätterung bis auf eine offenbar im Windschatten liegende Stelle an einem Auflager. Rostfahnen an den Widerlagern hatten sich nicht gebildet.

5. Schlußfolgerung

Die schnelle Kraftschlüssigkeit der Klebverbindung führt bei der Stahlverbundbauweise mit Stahlbeton- oder Spannbeton-Fertigteilplatten zur vollkommenen Montagebauweise. Mit der kraftschlüssigen, stetigen und dichten Verbindung sowohl der Fertigteile untereinander als auch der Stahlträger mit den Fertigteilplatten mit Hilfe der Klebtechnik gelingt es, die Vorzüge der Fertigteilbauweise bei der Errichtung mit den Vorteilen der monolithischen Bauweise bei der Erhaltung der Bauwerke zu verbinden. Das vom Nutzer gefürchtete Fugenproblem (Undichtigkeiten, Risse, Korrosionsschäden, Tragfähigkeitsverluste) wird durch die Klebverbindung beseitigt. Für eine breite Anwendung sollten noch weitere praktische Erfahrungen gesammelt werden.

Literaturverzeichnis:

- [1] Hänsch, H.; Krämer, W.: Kraftschlüssige Klebverbindungen im Fertigteil-Verbundbrückenbau. Die Straße 15 (1975), H. 10 und 11
- [2] Straßenbrücken; Klebverbindungen von Fertigteilen; Merkblatt für das Straßenwesen Sw 117. Bearbeitet vom Zentralen Forschungsinstitut des Verkehrswesens der DDR
- [3] Prüfung von Platten; Druckscherfestigkeit der Klebverbindungen von Stahl- und Betonbauteilen. Merkblatt für das Straßenwesen Sw 115/01. Bearbeitet vom Zentralen Forschungsinstitut des Verkehrswesens der DDR
- [4] Hänsch, H.; Krämer, W.: Anwendung der Klebtechnik zur Schnellmontage einer Trägerrost-Verbundbrücke. Die Straße 15 (1975) H. 12.

ZUSAMMENFASSUNG

Das statische und dynamische Tragverhalten der Verbundkonstruktion mit geklebten Querfugen und geklebten Verbundfugen wurde mit Grossversuchen an drei Verbundträgerrosten getestet und mit einem Verbundträgerrost mit monolithisch hergestellter Platte verglichen. Mit den Versuchsergebnissen wurde der Beweis erbracht, dass die Klebverbindungen voll funktionsfähig sind. Daraus abgeleitete Entwurfsgrundlagen werden vorgeschlagen. Mit einem Versuchsbauwerk wurde mit Hilfe der Klebverbindung ein monolithisch wirkendes Tragwerk grosser Wirtschaftlichkeit im Schnellmontageverfahren errichtet.

SUMMARY

The statical and dynamical behaviour of composite structures with glued transverse and construction joints has been tested on three grids of composite beams and been compared with a monolithically fabricated plate. The test results have shown that the bonded joints have fully satisfied the requirements. On this account the author proposes values for design. On a test structure and through the bonded joint a monolithically acting and very economical supporting structure has been erected by a rapid assembly method.

RESUME

Le comportement statique et dynamique des constructions mixtes à joints transversaux et à liaisons collés a été examiné par des essais sur trois grilles de poutres mixtes et comparé avec une plaque monolithique. Les résultats d'essai ont montré que les joints collés fonctionnent parfaitement. L'auteur en déduit des bases de calcul. Une charpente de comportement monolithique a pu être réalisée rapidement et économiquement à l'aide de ces joints collés.

Leere Seite
Blank page
Page vide