

Neubaustrecke Köln–Rhein/Main

Die Herstellung von Festen Fahrbahnen auf langen Brücken*

Alexander von Wilcken, Walter Fleischer und Hagen Lieschke, München

Im Zuge der Hochgeschwindigkeitsstrecke von Frankfurt nach Köln ist die Walter-Heilit Verkehrswegebau GmbH beauftragt, die Feste Fahrbahn System Rheda – Betontrog mit einbetonierten Schwellen – auf einer Länge von 127 Gleiskilometern herzustellen. Davon laufen 6,5 Gleiskilometer über Massivbrücken. Es ist das Ziel, auch auf langen Brücken wie auf Erdkörpern und in Tunneln eine weitgehend mechanisierte Herstellung der Festen Fahrbahn zu erreichen. Dazu werden insbesondere die Höckerplatte und der Betontrog in Gleitschalungstechnik mit Spezialgeräten statt konventionell zwischen stehenden Schalungen hergestellt. Verarbeitbarkeit und Grünstandfestigkeit des Betons müssen jeweils für die unterschiedlichen Bauteile optimiert werden.

1 Grundsätzliches zur Festen Fahrbahn System Rheda

Ohne Feste Fahrbahnen aus Beton wäre der moderne Hochgeschwindigkeitsverkehr der Eisenbahn nicht wirtschaftlich möglich. Am häufigsten hergestellt wurde bis heute in Deutschland das Feste Fahrbahn-System Rheda (Bild 1), benannt nach dem Bahnhof Rheda im Zuge der Strecke Bielefeld–Hamm, wo eine Feste Fahrbahn in Form ei-

ner durchgehend bewehrten Betondecke 1972 in Deutschland zum ersten Mal in größerem Umfang auf einem Erdbauwerk gebaut wurde. Damals wurde auf einer hydraulisch gebundenen Tragschicht (HGT) eine in Längs- und Querrichtung durchgehend bewehrte Betontragschicht (Bewehrungsgrad 0,8 % bis 0,9 %) hergestellt und darauf ein Gleisrost in Längs- und Querrichtung sowie Höhenlage ausgerichtet, mit Spindeln fixiert

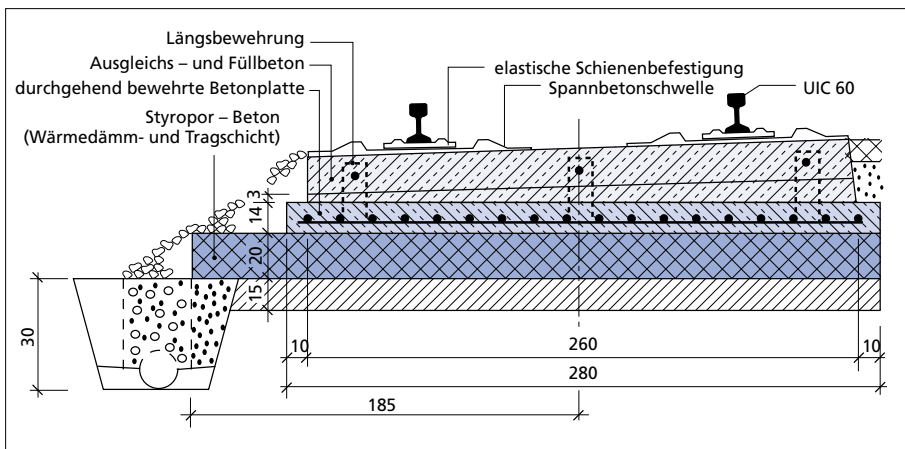


Bild 1: Feste Fahrbahn System Rheda, Betontragplatte mit einbetoniertem Gleisrost, gebaut 1972 im Bahnhof Rheda im Zuge der Strecke Bielefeld–Hamm

* Nach einem Vortrag, gehalten auf dem Deutschen Beton- und Bautechnik-Tag 2001

Dipl.-Ing. Alexander von Wilcken studierte Baubetriebstechnik an der Staatlichen Ingenieurschule für Bauwesen in Aachen. Ab 1964 war er für HEILIT+WOERNER (vormals Sager+Woerner) in der Niederlassung Düsseldorf tätig, wo er 1975 Leiter der Abteilung „Straßenbau“ wurde. Ab 1987 war er Mitglied im Vorstand der HEILIT+WOERNER BAU-AG, München. Seit 2000 ist er Mitglied im Vorstand der WALTER BAU-AG, Augsburg, und Vorsitzender der Geschäftsführung der WALTER – HEILIT Verkehrswegebau GmbH, München, dem Nachfolgeunternehmen des Bereiches „Verkehrswegebau“ der HEILIT+WOERNER BAU-AG nach der Fusion mit der WALTER BAU-AG.

Dr.-Ing. Walter Fleischer studierte Bauingenieurwesen an der Technischen Universität München. Von 1984 bis 1985 war er bei der Bauunternehmung Augsten & Scheuerlein, Hof/Saale, als Bauleiter im Brücken- und Industriebau tätig. Von 1986 bis 1994 arbeitete er zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter und dann als akademischer Oberrat am Baustoffinstitut der TU München. 1994 wechselte er zur Hauptverwaltung der HEILIT+WOERNER BAU-AG, München, als Abteilungsleiter, später Hauptabteilungsleiter „Bautechnik Verkehrswegebau“. Seit 2000 ist er Prokurist und Hauptabteilungsleiter „Zentrale Technik“ der WALTER – HEILIT Verkehrswegebau GmbH, München.

Dipl.-Ing. Hagen Lieschke studierte Bauingenieurwesen an der TU Dresden, Vertiefungsrichtung Eisenbahnbau. Nach dem Studium begann er 1999 als Projektleitungsassistent in der Hauptabteilung „Bautechnik Verkehrswegebau“ der Hauptverwaltung der HEILIT+WOERNER BAU-AG, München. Seit 2000 ist er Projektleitungsassistent mit dem Hauptaufgabengebiet Bahnbau in der „Zentrale Technik“ der WALTER – HEILIT Verkehrswegebau GmbH, München.

und anschließend zwischen herkömmlichen Schalungen in Füllbeton einbetoniert. Auch der Füllbeton wurde in Längs- und Querrichtung bewehrt [1, 2]. Bei den später folgenden Ausführungsvarianten wurde auf die getrennte Herstellung zwischen Betontragschicht und Einbetonieren des Gleisrosts in Füllbeton verzichtet, der Gleisrost stattdessen auf einer unbewehrten Tragschicht (im Regelfall eine HGT) ausgerichtet, die gesamte Platte eingeschalt und Trog- sowie Füllbeton in einem Stück betoniert [3, 4].

Um die aufwendigen Schalarbeiten für die Betontragschicht und für das Einbetonieren der Schwellen zu umgehen, wurde 1989 im rd. 2,8 km langen zweigleisigen Sengebergertunnel im Zuge der Neubaustrecke Würzburg–Hannover die bewehrte Betontragschicht als Trog (Bild 2) in Gleitschalungstechnik mit einem Fertiger der Heilit + Woerner Bau-AG (heute Walter – Heilit Verkehrswegebau GmbH, WH VWB) hergestellt. In den Trog wurde der ausgerichtete Gleisrost von einem speziell dafür konstruierten Taktfertiger mit Füllbeton einbetoniert (Bild 3). Die Herstellung dieser Festen Fahrbahn erfolgte also überwiegend durch den Einsatz von Spezialgeräten. Damit wurde die mechanisierte Herstellung einer Festen Fahrbahn bei diesem Bauvorhaben zum ersten Mal praktiziert [5]. Die Trogwangen erfüllen bei dieser Rheda-Variante keine tragenden Funktionen. Sie sind nicht bewehrt und dienen lediglich als verlorene Schalung für den Füllbeton.

Mittlerweile wird eine Vielzahl von Varianten der Bauart „Rheda“ angeboten, die alle auf dem grundlegenden Konstruktionsprinzip beruhen, dass ein Gleisrost auf einer bewehrten Tragschicht (z.B. Betontragschicht) oder unbewehrten Tragschicht (z.B. HGT oder Magerbetonschicht) ausgerichtet und anschließend einbetoniert wird.

Die Bewehrung einer Festen Fahrbahn auf Erdkörper hat nicht die gleiche Funktion wie in einem Stahlbetonbauwerk und wird nicht nach den üblichen Bemessungsvorschriften für Stahlbetonkonstruktionen ermittelt. Eine Feste Fahrbahn kann, ebenso wie eine Straßendecke oder Flugbetriebsfläche, im Gegensatz zu einer Brücke nicht „einstürzen“. Es handelt sich vielmehr um ein durchgehend bewehrtes Bauteil mit freier Rissbildung. Die Bewehrung hat keine statische Funktion im Sinne der DIN 1045 (Stadium II). Die Bemessung kann hier nach Stadium I erfolgen [1, 6, 7]. Der Aufbau erfordert eine Bemessung eines mehrschichtig aufgebauten Tragsystems, wofür das Rechenmodell des elastisch gelagerten Balkens angewendet werden kann. Die Biegespannungen für das Tragsystem werden nach dem Verfahren Eisenmann berechnet. Die Bewehrung hat die Aufgabe, eine gleichmäßige Rissverteilung zu gewährleisten, die Rissweite zu begrenzen und Querkräfte von einem Rissufer auf das andere zu übertragen. Sie hat also analog zum Betonstraßenbau die Funktion von Dübeln und Ankern. Bei den Konstruktionsgrundsätzen und beim Bau einer Festen Fahrbahn sind vor allem die Technischen Regelwerke des Straßenbaus zu beachten.

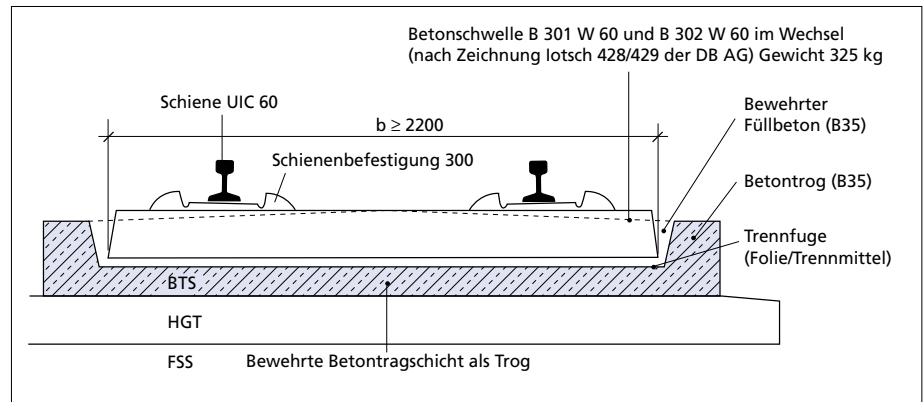


Bild 2: Feste Fahrbahn System Rheda mit Trog, gebaut 1989 im Sengebergertunnel im Zuge der Neubaustrecke Würzburg–Hannover

2 Feste Fahrbahn System Rheda auf langen Massivbrücken

Bei einer Festen Fahrbahn auf Brücken sind nicht nur konstruktiv arbeitende Ingenieure und Brückenbauer gefragt. Auch die Ingenieure der Bauausführung für den Fahrweg sind gefordert, wirtschaftliche Lösungen für eine qualitäts- und termingerechte Ausführung der eigentlichen Festen Fahrbahn auf der Brücke zu finden. Die Brückenkonstruktoren und die Ausführenden des Fahrwegs sollten dabei frühzeitig zusammenarbeiten, um unter Beachtung der Herstellungsmöglichkeiten technisch und wirtschaftlich optimierte Lösungen zu entwickeln.

In den Regelwerken der Deutschen Bahn wird bei Festen Fahrbahnen heute unterschieden zwischen „kurzen“ und „langen“ Brücken. Bis zu einer Stützweite von 25 m spricht man von kurzen Brücken, bei größeren Stützweiten von langen Brücken. Die einschlägigen Technischen Vorschriften für

die langen Brücken sind – neben den grundlegenden DIN-Vorschriften für den Beton-, Stahl- und Spannbetonbau sowie den Regelwerken für den Betonstraßenbau – der „Anforderungskatalog zum Bau der Festen Fahrbahn“ [8], für die Lastannahmen die „Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke“ (DS 804) [9] und die „Hinweise zum Einbau einer Festen Fahrbahn auf Brücken“ [10]. Für die Neubaustrecke der Deutschen Bahn zwischen Frankfurt und Köln sind außerdem die „Grundsätze für die Anwendung der Festen Fahrbahn Bauart Rheda auf der NBS Köln-Rhein/Main“ [11] zu beachten. Für die kurzen Brücken gilt die DB-Studie „Feste Fahrbahn auf kurzen Brücken, Bauart Rheda vereinfacht“ [12].

Bei den langen Brücken stellt sich für den Bau der Festen Fahrbahn folgende Ausgangssituation: Der Auftragnehmer für die Feste Fahrbahn übernimmt von dem Brückenbauer



Bild 3: Sengebergertunnel 1989 – zum ersten Mal mechanisierte Herstellung einer Festen Fahrbahn (System Rheda mit Trog), hier: Einbringen des Füllbetons mit einem WH-Taktfertiger

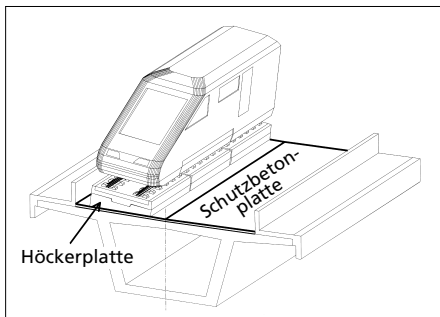


Bild 4: Feste Fahrbahn System Rheda auf langen Brücken: auf die Schutzbetonplatte wird die Höckerplatte betoniert

die Brückentafel mit Abdichtung und darauf liegender Tragplatte, auch als Schutzbetonplatte bezeichnet (Bild 4). Aus der Schutzbetonplatte ragen Anschlussbügel heraus. Die Tragplatte hat neben ihrer ursprünglichen Funktion, die Abdichtung der Brückenplatte zu schützen, bei der Festen Fahrbahn die Aufgabe, als Scheibe die Horizontalkräfte aus der darüber liegenden Höckerplatte in die Brückentafel weiterzuleiten.

Als erstes Bauteil der Festen Fahrbahn wird auf die Schutzbetonplatte die bewehrte Beton-Höckerplatte als Unterkonstruktion für die Lagerung der Oberbauplatte betoniert. Zum Abtragen der Horizontalkräfte aus den Radsatzlasten ist die Höckerplatte mit der Schutzbetonplatte durch die Anschlussbügel kraftschlüssig verbunden. Die Höckerplatte ist auf der Strecke Köln-Rhein/Main für ein Gleis 2,98 m breit und weist, je nach Brückenkonstruktion und -länge, im Abstand von rd. 3 m bis rd. 5 m Querfugen mit einer Breite von 10 cm auf. Über Veränderung der Dicke der Höckerplatte wird die von Übergangsbogen und Kurvenradius abhängige Überhöhung der Festen Fahrbahn ausgebildet. Die Dicken betragen in der Geraden am hoch liegenden Rand 22,40 cm und am tief liegenden Rand 17,90 cm sowie 48,60 cm bzw. 10,10 cm in der engsten Kurve auf einer Brücke mit einem Radius von 3500 m. Auf beiden Seiten der Querfugen sind in der Höckerplatte 13 cm tiefe, 70 cm lange und 1 m breite Stoppereingriffe angeordnet (Bild 5). Das sind Aussparungen zur Aufnahme von Höckern an der Unterseite der Oberbauplatte, die so genannten Stopper.

Auf die drei senkrechten Flächen der Aussparungen werden Elastomerlager und auf die Oberseite der Höckerplatte Elastomerbahnen als Trennfugenmaterial aufgeklebt, um bei Schadensfällen ein Abheben der anschließend auf die Höckerplatte gebauten Beton-Oberbauplatte zu ermöglichen. Die Oberbauplatte trägt das Gleis und ist auf der Höckerplatte so gelagert, dass über die Stopper und Elastomerlager die Hori-

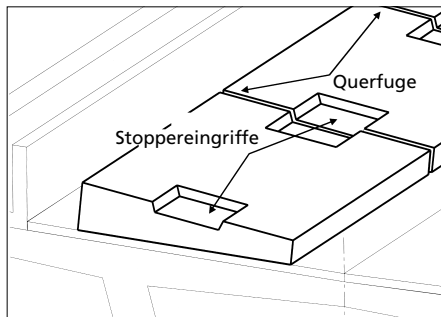


Bild 5: Feste Fahrbahn System Rheda auf langen Brücken: Höckerplatte mit Stoppereingriffen und Querfugen

zontalkräfte aus den Radsatzlasten in die Höckerplatte abgetragen werden können. Sie besteht aus Betontrug, Gleisrost sowie Füllbeton (Bild 6). Die Querfugen der Höckerplatte werden auch in der Oberbauplatte angeordnet. Auf der Strecke Köln-Rhein/Main ist der Trogboden 10 cm dick, die Trogwangen sind 15 cm breit (d.h. Troginnenmaß 2,68 m) und stehen 17,40 cm bzw. 20,10 cm über den Trogboden hinaus. Auf den langen Brücken ist nicht nur wie bei Rheda auf Erdkörpern der Trogboden bewehrt, sondern auch die Trogwangen sind mit Längsstählen und Bügeln bewehrt. Außerdem ragen, zusätzlich zur Bewehrung der Stopper, Bügel als Anschlussbewehrung aus dem Trogboden in den Füllbeton. In dem Trog werden die Schwellen verlegt, die Längs- und Querbewehrung des Füllbetons eingebaut, die Schienen aufgelegt und verspannt, der Gleisrost in Lage und Höhe gerichtet sowie mit Spindeln fixiert. Abschließend wird der Füllbeton eingebracht.

Je nach Brückenkonstruktion (Einfeld- oder Durchlaufträger) werden im Endbereich der Träger über den Pfeilern und im Widerlagerbereich bewehrte Betonmonolithen (Breite 2,98 m, Länge zwischen rd. 3,00 m und rd. 4,00 m, Höhe querneigungsabhängig von rd. 40 cm bis rd. 80 cm) hergestellt, um ein Abheben der Oberbauplatte in Folge von Zug-

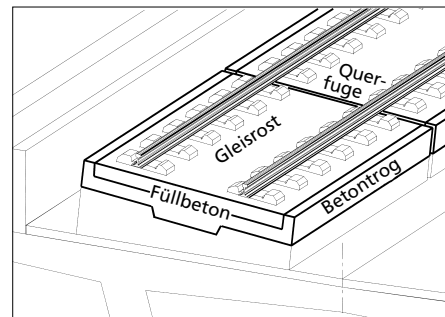


Bild 6: Feste Fahrbahn System Rheda auf langen Brücken: die auf der Höckerplatte liegende Oberbauplatte besteht aus Betontrug und in Füllbeton einbetoniertem Gleisrost

kräften in den Schienenstützpunkten zu vermeiden. Bei den Monolithen werden gleichzeitig die Höckerplatte und die Oberbauplatte in einem Stück als ein Bauteil betoniert. Die Schienen werden auf den Monolithen ohne Schwellen mit speziellen Einzelstützpunkten befestigt, die höhere Abhebekräfte als die Schienenbefestigungen auf Schwellen aufnehmen können.

3 Neubaustrecke Köln-Rhein/Main

3.1 Allgemeines

Im Zuge der Neubaustrecke der Deutschen Bahn von Frankfurt nach Köln (Entwurfsgeschwindigkeit 300 km/h) ist die Walter-Heilit Verkehrswegebau GmbH (WH VWB) unter anderem beauftragt, die Feste Fahrbahn System Rheda, das heißt Betontrug mit einbetonierten Schwellen, auf einer Länge von insgesamt 127 Gleiskilometern herzustellen. Es werden Zweiblockschwellen (Bild 7) verwendet, bei denen die beiden vollständig ausgebildeten Betonblöcke durch Gitterträger verbunden sind. Dies erhöht im Vergleich zur herkömmlichen Monoblockschwelle den Verbund zwischen Füllbeton und Schwelle und trägt damit zu einer Verbesserung der Dauerhaftigkeit der Festen Fahrbahn bei. Die Strecke verläuft auf 6,5 Gleiskilometer über Massivbrücken (Bild 8). Die größte Brücklänge beträgt 992 m, die größte Überhöhung 11,8 %, also 170 mm Höhenunterschied zwischen den Schienenoberkanten.

Diese Linienbaustelle weist einige Besonderheiten und Erschwernisse für den Baubetrieb zur Herstellung der Festen Fahrbahn auf. Vor allem gilt es, die Ausführung der einzelnen Hauptgewerke in den Tunneln und auf Erdkörper (HGT- und Trogeinbau, Richten und Fixieren des Gleisrostes, Füllbeton einbringen) sowie auf den Brücken (Höckerplatte und Oberbauplatte herstellen) so aufeinander abzustimmen, dass ein wirtschaftlicher Bauablauf unter Einhaltung des äußerst engen Terminrahmens möglich ist. Dabei ist für den Baubetrieb besonders erschwerend, dass entlang der Bahnstrecke über weite Be-



Bild 7: Die von WH VWB verwendeten Zweiblockschwellen mit Gitterträgern erhöhen den Verbund zwischen Füllbeton und Schwelle, hier: Zweiblockschwellen mit verlegter Füllbetonbewehrung auf einer langen Brücke

reiche keine Baustraßen vorhanden sind und Brücken sowie Tunnel teilweise nur über Umwege angefahren bzw. umfahren werden können. Daher ist eine Anlieferung der Baustoffe (vor allem Bewehrungsstahl, Schwellen, Bauschienen, HGT und Beton) an die Einbaustelle oft nur über lange Strecken auf der Trasse selbst möglich, die im Vergleich zu einer Straße sehr schmal ist. Das bedeutet, dass die Anforderungen der jeweiligen Transportfahrzeuge an den Fahrweg beachtet werden müssen, insbesondere erforderliche Fahrwegbreite, maximal befahrbare Querneigung und benötigte Tragfähigkeit. Ein Sattelzug, mit dem die Schwellen in Paketen von 25 Stück ausgefahren werden, kann beispielsweise im Regelfall nicht in dem nur 2,68 m breiten Trog fahren. Daher werden die Schwellenpakete bereits auf der HGT antransportiert und an vorher eingemessenen Stellen am Außenrand des Erdkörpers neben den herzustellenden Trögen abgelegt. Ein weiterer Gesichtspunkt ist die Minimierung von Einbaustrecken, bei denen die Baustoffe (insbesondere der Füllbeton) nur durch rückwärts fahrende Fahrzeuge angeliefert werden können, da dies im Vergleich zu einem durchlaufenden Einbahnverkehr deutliche Leistungseinbußen zur Folge hat. Grundsätzlich sollen Einschränkungen der durchgängigen Befahrbarkeit der Strecke möglichst gering sein.

Bei den Brücken sind weitere Forderungen zu beachten:

- Die Herstellung von Höcker- und Oberbauplatte soll technisch und wirtschaftlich mit dem Ziel optimiert werden, ebenso wie auf Erdkörpern und in Tunneln eine weitgehend mechanisierte Herstellung der Festen Fahrbahn zu erreichen. Aufgrund der kürzeren Bauzeit wirkt sich eine mechanisierte Herstellung auch positiv auf den Baubetrieb der anderen Gewerke aus.
- Bei der Planung und Konstruktion soll bereits das Ziel der mechanisierten Herstellung der einzelnen Bauteile berücksichtigt werden. Zum Beispiel sollen die Abmessungen und Abstände sowie die Anzahl der Anschlussbewehrung von einem Bauteil in das darauffolgende so gewählt werden, dass der Einsatz von Gleitschalungen möglich ist, händische Nacharbeiten auf ein Minimum beschränkt bleiben und die einzelnen Flächen trotz der herausstehenden Bewehrung noch von Lastwagen befahren werden können.
- Die Einschränkungen der durchgängigen Befahrbarkeit der Baustrecke durch Arbeiten auf den Brücken sollen möglichst gering sein.

Dazu werden insbesondere die Höckerplatte und der Betontrog in Gleitschalungstechnik statt konventionell zwischen stehenden Schalungen hergestellt. Ziel ist es, neben einer höheren Leistung den Schalenaufwand und den Bedarf an Verbrauchsmaterial so gering wie möglich zu halten. Da für derartige Sonderaufgaben keine handelsüblichen Geräte verfügbar sind, wurden vorhandene Spezialgeräte aus dem Straßen- und Flugbetriebsflächenbau [13] zum Teil umgebaut sowie neue Maschinen entwickelt.

3.2 Herstellung der Höckerplatte

Zunächst wird die Schutzbetonoberfläche gereinigt und erforderlichenfalls angefeuchtet, um den Verbund zwischen Schutzbeton und Höckerplatte zu verbessern. Anschließend werden für das erste Gleis die Fugen der Höckerplatte, die Eingriffe für die Stopper und die Monolithen eingemessen und die Bewehrung verlegt.

Da das Ein- und Ausschalen der 10 cm breiten Fugen sehr aufwendig ist, werden die Fugen stattdessen – ähnlich wie im Betonstraßenbau – nach dem Betonieren mit einer Diamantsäge nass ausgeschnitten (Bild 5, 9). Um glatte Fugenflanken bis auf den Schutzbeton zu erhalten und gleichzeitig durch das Schneiden den Schutzbeton nicht zu beschädigen, werden auf dem Schutzbeton ein Styrodurstreifen und darauf ein Brett angedübelt. Die Fugenschnitte können somit durch den Beton der Höckerplatte bis auf das Brett herunter ausgeführt werden.

Die Höckerplatte wird nicht zwischen stehenden Schalungen, sondern in Gleitschalungstechnik mit einem modifizierten WH-Gleitschalungsfertiger (Bild 10) als durchgehende Platte betoniert. Diese Eigenentwicklungen werden schon seit Jahrzehnten für den Bau von Verkehrsflächen aus Beton weltweit erfolgreich eingesetzt. Der Beton für die Höckerplatte des ersten Gleises wird mit auf dem Schutzbeton fahrenden LKW-Kippern auf dem Nachbargleis vor einen Mobilbag-



Bild 8: Im Zuge einer Festen Fahrbahn stellen Brücken zusätzliche Anforderungen an die Bautechnik



Bild 9: Feste Fahrbahn System Rheda auf langen Brücken: Ausschneiden der Querfugen in der betonierten Höckerplatte



Bild 10: Feste Fahrbahn System Rheda auf langen Brücken: Betonieren der Höckerplatte als durchgehende Platte mit einem modifizierten WH-Gleitschalungsfertiger

ger gefahren, von diesem entladen und vor den Gleitschalungsfertiger gelegt (Bild 10). Der Fertiger verteilt den Beton, baut ihn zwischen den Gleitschalungen in der plangemäßen Dicke sowie Breite ein und glättet die Oberfläche. Die Verdichtung erfolgt dabei mit Innenrüttlern. Der Fertiger wird in Richtung und Höhe am Leitdraht gesteuert.

Unmittelbar nach dem Fertiger wird an der eingemessenen Stelle für den Stoppereingriff ein Blechrahmen in den Abmessungen des Stoppers mit zwei Gabeln, an denen Oberflächenrüttler angebracht sind, in den frischen Beton eingerüttelt. Anschließend folgt ein umgebauter Minibagger, dessen Fahrwerke erhöht und so weit gespreizt wurden, dass sie seitlich neben der Höckerplatte laufen können und der Bagger mittig über der Höckerplatte sitzt. Der Beton innerhalb des Rahmens wird von diesem Minibagger mit einem auf die Abmessungen des Stoppers abgestimmten Tieflöffel weitestgehend ausgehoben.

Um zu verhindern, dass vor dem Schneiden der Querfugen in der Höckerplatte außerhalb der Fugen wilde Risse auftreten, wird der Frischbeton im Bereich der späteren Fuge durch Einrütteln einer Sollbruchstelle gekerbt. Zum Schluss werden die Kanten und der Boden des Stoppereingriffs mit einer Abziehle von einer Arbeitsbühne aus nachgearbeitet, dann der Blechrahmen gezogen, gereinigt und wieder für den nächsten Stoppereingriff eingesetzt.

Der Beton wird durch Aufsprühen von Wasser und/oder durch Abdecken nachbehandelt und geschützt. Je nach Witterung werden die Querfugen nach etwa einem halben bis einem Tag herausgeschnitten und der Styrodurstreifen sowie das Brett entfernt.

Die Herstellung der Höckerplatte für das zweite Gleis erfolgt analog. Damit die Lastwagen zur Anlieferung des Betons für die zweite Höckerplatte und auch später für die Oberbauplatte auf der bereits hergestellten Höckerplatte fahren können, müssen die Betonierlücken, welche für die Betonmonolithen offen gelassen wurden, provisorisch geschlossen werden. Dies erfolgt nicht durch aufwendige örtliche Ausfachungen aus Bauhölzern. Als kostengünstiger und schneller einbaubar haben sich Systembrücken aus Stahlträgern und -blechen erwiesen, die von Brücke zu Brücke wiederverwendbar sind. Die unterschiedlichen Höhen und Neigungen der Höckerplatten werden vor Ort an den Stahlbrücken durch Ausgleichslagen aus Holz erreicht.

3.3 Herstellung des Betontrogs

Als Vorleistung zur Herstellung des Trogs der ersten Oberbauplatte werden die betreffende Höckerplatte und die Eingriffe für die Stopper gereinigt. Anschließend werden die Elastomerlager auf die senkrechten Flächen der Aussparungen und die Elastomerbahn auf die Oberfläche der Höckerplatte geklebt



Bild 11: Feste Fahrbahn System Rheda auf langen Brücken: Auf die senkrechten Flächen der Stoppereingriffe werden Elastomerlager und auf die Oberfläche der Höckerplatte eine Elastomerbahn aufgeklebt

(Bild 11). Dann wird die Bewehrung verlegt. Die Querfugen werden im Trogboden zum Beispiel durch Schalholz ausgespart, das in den Höckerplattenfugen verkeilt ist. In den Trogwangen werden die Fugen später aus dem erhärteten Beton ausgeschnitten. Zu den



Bild 12: Feste Fahrbahn System Rheda auf langen Brücken: Von Hydraulikwinden gezogene WH-Gleitschalungseinheit zum Betonieren des Betontrogs

Lücken für die Monolithen hin wird der Trog abgeschalt.

Der Betontrog wird ebenfalls nicht zwischen stehenden Schalungen, sondern mit einer speziell dafür entwickelten, von Hydraulikwinden gezogenen Gleitschalungseinheit aus Stahl betoniert (Bild 12). Die Veranke-

rung der Zugseile erfolgt in einer vor dem Betonierabschnitt liegenden Fuge in der Höckerplatte. Zur Steuerung der Schalungseinheit in Höhe und Richtung sind die Unterseiten der Randschalungen als Gleitschienen ausgebildet, die auf den beiden Außenkanten der Höckerplatte laufen. Damit sind keine zusätzlichen Leit- und Steuerungseinrichtungen erforderlich. Um ein Verschieben oder Beschädigungen der aufgeklebten Elastomerbahn durch das Gleiten auszuschließen, wird im Kantenbereich ein Stahlband als Gleitbahn aufgelegt, das nach dem Betonieren aus dem noch frischen Beton herausgezogen wird. In den Lücken für die Betonmonolithen wird die Gleitbahn für die Schalung über Kanthölzer hinweggeführt, sodass ein Umsetzen der Gleitschalung vermieden wird und der Betontrog nahezu ohne Unterbrechung betoniert werden kann.

Da die Trogwangen bewehrt sind, aus dem Trogboden Anschlussbügel in den Füllbeton ragen und die Bewehrung der Stopper von den Stoppereingriffen in der Höckerplatte über den Trogboden ebenfalls bis in den Füllbeton einbindet (Bild 13),

sind unterschiedliche Bereiche der Gleitschalung erforderlich. Die Trogwangen können auf Grund ihrer gleichbleibenden, durchgängig geschlossenen Oberfläche ohne herausstehende Bewehrung mit einer entsprechend geformten

Gleitschalung betoniert werden. Die Gleitschalung setzt sich in den äußeren Dritteln auf der Oberfläche des Trogbodens bis zu den Stoppern in Trogmitte fort. In diesem oberen Schalungs- und Abziehblech („Druckplatte“) sind lediglich schmale Tunnel angeordnet, die über die in Betonierichtung stehenden Bügel laufen. Die in Trogmitte über die Oberfläche des Trogbodens hinausstehende Stopperbewehrung hingegen erfordert es, dass die Gleitschalung im Stopperbereich hydraulisch angehoben wird und nur dazwischen abgesenkt wird, um in diesem Bereich als Schalungs- und Abziehblech über die Betonoberfläche gleiten zu können.

Der Frischbeton wird von LKW-Kippern auf dem Nachbargleis vor einen Mobilbagger gefahren und von diesem in drei Betonaufnahmeboxen eingefüllt.

Die beiden äußeren Kästen münden in die Schalungen für die Trogwangen und die Druckplatte für die äußeren Trogbodenbereiche. Der mittlere Kasten läuft über den Stoppern. In den Kästen befinden sich die Innenrüttler zum Verdichten des Betons. Im Bereich der im Trogboden geschalteten Quer-

fugen werden nach dem Schalungsübergang in den Trogwangen im Frischbeton Kellenschnitte hergestellt, um zu verhindern, dass in den Wangen wilde Risse außerhalb der später ausgeschnittenen Fugenbereiche entstehen. Die Nachbehandlung des Trogbetons erfolgt je nach den Erfordernissen der Witterung durch Nasshalten und/oder Abdecken mit einer Folie. Das Aufsprühen von einem Nachbehandlungsmittel ist nicht zulässig, da ein möglichst guter Verbund zwischen dem Trogbeton und dem später eingebrachten Füllbeton gefordert ist. Abschließend werden die Fugen in den Trogwangen ausgeschnitten und die Fugenschalungen aus dem Trogboden entfernt.

Die Herstellung des Nachbartrogs erfolgt auf die gleiche Art. Lediglich der Antransport des Betons gestaltet sich dabei aufwendiger, da die Fahrzeuge statt auf der Höckerplatte nun in dem bereits hergestellten, nur 2,68 m breiten Trogfahren müssen.

3.4 Einbau des Gleisrosts

Nach der Herstellung der beiden Betontröge der Oberbauplatte und der Betonmonolithen wird der erste Trog gereinigt. Von einem Mobilbagger werden mit einem Spezialgreifer von den seitlich stehenden Schwellenstapeln jeweils fünf Schwellen aufgenommen, auf den vorgeschriebenen Abstand (Achsabstand höchstens 65 cm) auseinander gefahren und im Trog abgelegt. Anschließend wird die Füllbetonbewehrung verlegt (Bild 7). Dann werden die Bauschienen von Speziallastwagen mit Anbaukran auf die Schwellen gelegt und verschraubt. Der Gleisrost wird grob- und feingerichtet und mit Vertikal- und Horizontalspindeln fixiert. Vor dem Einbau des Füllbetons werden die Troginnenseite und die Betonblöcke der Schwellen erforderlichenfalls angefeuchtet, um den Verbund zum Füllbeton zu verbessern.

Der Füllbeton wird mit Fahrmischern, die in dem Nachbartrög bevorzugt im Einbahnverkehr fahren, angeliefert und über ein Förderband in einen Vorratsbehälter eines Füllbetonfertigers übernommen. Dies ist ebenfalls ein für diese Bauaufgabe aus dem Taktfertiger (Bild 3) weiterentwickeltes Spezialgerät, welches auf den Trogwangen fährt und die Richtung sowie die Höhe an den Schienen abtastet. Von dem Vorratsbehälter wird der Beton über Schnecken in das betreffende Schwellenfach gefördert und dort mit Innenrüttlern verdichtet. Wichtig für die Dauerhaftigkeit des Feste-Fahrbahn-Systems-Rheda ist, dass die Schwellen – im vorliegenden Fall die Betonblöcke der Zweiblockschwellen – vollflächig und satt mit Beton unterfüllt sind. Um dies sicherzustellen und um Lufteinschlüsse zu verhindern, darf Füllbeton erst dann in das nächste Schwellenfach gefördert werden, wenn Beton unter dem gesamten Schwellen-

kopf in das nächste Schwellenfach austritt. Neben der optischen Kontrolle durch die Einbaumannschaft wird das bei diesem Spezialfertiger durch Sensoren sichergestellt, die ein Weiterfahren über das nächste Schwellenfach erst ermöglichen, wenn der Beton austritt.

Im mittleren Bereich zwischen den Schwellenköpfen ergibt sich auf Grund der Verwendung von Zweiblockschwellen, ebenso wie zwischen den Trogwangen und den Außenkanten der Schwellenköpfe, eine durchgehende, ebene Betonoberfläche. Daher lag es auf der Hand, in diesem Bereich – wie bei den WH-Gleitschalungsfertiger aus dem Straßenbau – Schalungs- und Abziehbliche an dem Fertiger anzubringen, statt die Betonkästen, wie bei dem Taktfertiger, über den Monoblockschwellen anzuheben und in den Schwellenfächern abzusenken. Die Bliche ziehen und glätten die Betonoberfläche in

besprüht und nass nachbehandelt oder durch Abdeckungen geschützt. Die Vertikalspindeln, welche aus dem Füllbeton ragen, werden zunächst etwas herausgedreht, um einen möglicherweise auftretenden geringen Spalt zwischen den Schwellenblöckenunterflächen und dem Füllbeton durch Schrumpfen des Betons auszugleichen, später insgesamt herausgedreht, gereinigt und wieder verwendet. Die zurückbleibenden Spindellöcher werden mit Mörtel verfüllt. So früh wie möglich werden außerdem die Schienenschrauben gelöst, um Einflüsse aus Längenänderungen der Bauschienen infolge Temperaturänderungen auf den erhärtenden Beton zu vermeiden.

Der Füllbeton für das Nachbargleis wird analog eingebracht. Lediglich der Betontransport erfolgt über die bereits montierten Langschienen. Dazu werden von WH VVB gebaute Plattformwagen („WH-Spezialshuttle“) verwendet, auf die ein Beton-Fahrmischer auffahren kann. Sie rollen auf den Schienen des einbetonierten Gleisrosts und werden von einem Zweibegegerät (Bagger oder Unimog) oder einer Arbeitszuglokomotive bewegt.

4 Betontechnologie und Betonherstellung

Den Anforderungen an den Beton für die Feste Fahrbahn liegen die zu Vertragsabschluss geltenden ZTV Beton-StB 93 [14] zugrunde. Das bedeutet aber nicht, dass die Betone zum Beispiel für Höckerplatte, Oberbauplatte und Monolith oder der Füllbeton grundsätzlich alle Anforderungen der ZTV Beton-StB 93 erfüllen müssen. Es muss vielmehr betrachtet werden, welche Beanspruchungen auf die Feste

Fahrbahn einwirken, die im Vergleich zu Autobahnen oder Flugbetriebsflächen hier nicht auftreten und wie der Beton für die verschiedenen Bauteile verarbeitet werden kann. Zum Beispiel werden bei einer Feste Fahrbahn keine Auftaumittel eingesetzt, so dass diesen Betonen keine Luftporenbildner zugegeben werden müssen. Allenfalls kann es sinnvoll sein, durch die Verwendung von Luftporenbildner zum Beispiel die Verarbeitbarkeit des Betons zu optimieren. Ebenso ist es nicht erforderlich, an die Zuschläge des Füllbetons die gleichen Anforderungen hinsichtlich des Anteils an gebrochenen Zuschlägen oder an den Polierwiderstand zu stellen, da dies Zuschlageigenschaften sind, die aufgrund der Anforderungen an die Griffigkeit nur von direkt befahrenen Betonoberflächen einzuhalten sind. Die Betone für die Feste Fahrbahn sollen der Festigkeitsklasse B 35 entsprechen und einen hohen Frostwiderstand, jedoch keinen hohen Frost-Taumittelwiderstand aufweisen.

Für die Betone wurde eine Vielzahl von Eignungsprüfungen durchgeführt, um je nach den Bauteilen, Witterungsbedingungen und



Bild 13: Feste Fahrbahn System Rheda auf langen Brücken: Aus der Trogplatte ragen Bewehrung im Bereich der Stopper und Anschlußbügel in den Füllbeton

Längsrichtung auf die planmäßige Höhe. Zwischen den Schwellenblöcken werden an den Schienen vor dem Fertiger Schalungsbleche für die Betonoberfläche eingeklinkt, unmittelbar nach dem Fertigerübergang ausgehängt und wieder vor dem Fertiger eingesetzt. Durch den Fertigerinsatz beschränkt sich die händische Nacharbeit der Oberfläche auf ein Minimum.

Zusätzlich zum Einsatz des Füllbetonfertigers werden zum Einbringen des Betons in den Trog umgebaute Minibagger mit gespreiztem und erhöhtem Fahrwerk als Manipulator für den Schlauch einer Betonpumpe eingesetzt. Die Betonpumpe ist auf einem Plattformwagen montiert, der ebenso wie der Minibagger auf den Trogwangen fährt und von dem Minibagger geschoben wird. Der Beton wird von den Fahrmischern in die Pumpe gefüllt. Im Vergleich zu dem Einsatz des Füllbetonfertigers ist hier ein größerer Aufwand an Handarbeit zum Verdichten und Glätten des Betons erforderlich.

Je nach den Witterungsbedingungen wird der Füllbeton unmittelbar nach dem Einbau mit einem flüssigen Nachbehandlungsmittel



Bild 14: Für die Herstellung der Feste Fahrbahn im Zuge der Neubaustrecke von Frankfurt nach Köln wurden Baustellenmischanlagen aufgebaut, wie sie vom Betonstraßenbau bekannt sind, hier: Chargenmischanlage



Bild 15: Feste Fahrbahn-System Betontragschicht mit direktaufgelagertem Gleisrost (BDT) von WH VVB im Zuge der Hochgeschwindigkeitsstrecke Berlin-Hannover ausgeführt

Transportentfernungen möglichst flexibel eine geeignete Betonrezeptur einsetzen zu können. Die verschiedenen Betone wurden insbesondere hinsichtlich Verarbeitbarkeit und Grundstandfestigkeit für die unterschiedlichen Bauteile sowie bezüglich der Witterung beim Einbau optimiert. Verwendet werden je nach Betonart gebrochene Zuschläge und/oder Kieszuschläge. Wie im Straßen- und Flugbetriebsflächenbau üblich wird ein Portlandzement CEM I 32,5 R verwendet. Der Zement muss die besonderen Anforderungen der ZTV Beton-StB 93 an Straßenbauzemente sowie die darüber hinausgehenden Anforderungen des ARS Nr. 18/1998 [15] erfüllen. Das heißt insbesondere Wassergehalt zur Erzielung der Normsteife (Wasseranspruch) nicht über 28,0 M.-%, Druckfestigkeit im Alter von zwei Tagen nicht über 29,0 N/mm², spezifische Oberfläche nicht über 3 500 cm²/g, Erstarrungsbeginn bei 20 °C frühestens nach zwei Stunden und Gesamtalkaligehalt (äquivalenter Natriumanteil) des Zements nicht über 1,0 M.-%. Der Zementgehalt der verschiedenen Betone liegt zwischen 350 kg/m³ und 370 kg/m³, der w/z-Wert zwischen 0,42 und 0,50. Unter besonderen Randbedingungen ist die Verwendung von Luftporenbildner, Betonverflüssiger sowie in Ausnahmefällen von Verzögerer vorgesehen. Der Beton für die Höckerplatte und für den Trog muss, um eine Gleitschalung einsetzen zu können, eine steife Konsistenz KS (Verdichtungsmaß größer 1,25) aufweisen. Der Füllbeton, der durch eine Betonpumpe gefördert wird, liegt im Konsistenzbereich KR an der Grenze zu KF.

Die Betone werden in Mischanlagen hergestellt, die für die Bauzeit entlang der Bahnstrecke aufgebaut wurden. Dabei handelt es sich um Chargenmischer mit Stundenleistungen bis rd. 100 m³ (Bild 14) und kontinuierlich arbeitende Mischanlagen mit Stundenleistungen bis zu 200 m². Diese Mischanlagen werden auch zur Herstellung von Beton für Autobahnen oder Flugbetriebsflächen eingesetzt [13]. An jeder Mischanlage befindet sich ein Baustellenlabor zur Durchführung der Eigenüberwachungsprüfungen nach den

ZTV Beton-StB 93.

Für die Betone gelten nicht die Bedingungen für Beton B II nach DIN 1045, da es sich bei der Feste Fahrbahn um kein Bauteil zum Schutz des Brückenbauwerks selbst handelt und weil als maßgebende Vorschriften die ZTV Beton-StB 93 zugrunde liegen. Die Überwachung des Betons erfolgt daher nicht nach DIN 1084, sondern es werden die in den ZTV Beton-StB 93 geforderten Eigenüberwachungsprüfungen und die Kontrollprüfungen durchgeführt.

5 Ausblick

Basierend auf den langjährigen Erfahrungen wurden seitens der Bauindustrie weitere Bauarten für Feste Fahrbahn-Systeme entwickelt und ausgeführt, um eine Feste Fahrbahn für Hochgeschwindigkeitsverkehr noch wirtschaftlicher herstellen zu können. Dabei handelt es sich zum Beispiel um Bauweisen [7, 16, 17],

- bei denen der Gleisrost direkt auf eine Betontragschicht aufgedübelt wird (System Betontragschicht mit direktaufgelagertem Gleisrost (BDT) (Bild 15), ausgeführt auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Berlin und Hannover) oder
- bei denen eine Tragplatte hergestellt wird, auf der die Schienen direkt befestigt werden (System Betontragschicht mit Einzelstützpunkten (BES) ausgeführt auf der Betriebserprobungsstrecke bei Waghäusel).

6 Zusammenfassung

Zu einem Feste Fahrbahn-System gehören nicht nur Konstruktionen und entsprechende Einbaulösungen für eine wirtschaftliche Herstellung auf Erdkörper oder in Tunneln, sondern auch auf Brücken. Deshalb wurden von der Walter – Heilit Verkehrswegebau GmbH die Höcker- und die Trogplatte des Systems Rheda auf langen Brücken in Gleitschalungstechnik betoniert, statt zwischen aufwendigen festen Schalungen. Es wurden dafür vorhandene Spezialgeräte aus dem Straßen- und Flugbetriebsflächenbau in Beton modifiziert

sowie neue Spezialgeräte entwickelt. Dadurch ist auch auf langen Brücken eine weitgehend mechanisierte und damit wirtschaftliche Herstellung einer Feste Fahrbahn möglich.

Literatur

- [1] Eisenmann, J.; Leykauf, G.: Feste Fahrbahn für Schienenbahnen. Betonkalender 2000, BK 2, S. 291–326. Ernst & Sohn, Berlin, 2000
- [2] Edition ETR: Feste Fahrbahn. Hrg. R. Heinisch et al. Hestra-Verlag, Darmstadt, 1997
- [3] Hilliges, D.: Einsatz der Feste Fahrbahn auf den Neubaustrecken der Deutschen Bundesbahn. Eisenbahningenieur 38 (1987) H. 7, S. 347–353
- [4] Hilliges, D.: Feste Fahrbahn-Konstruktionen. Der Oberbau – Publikation zur Fachtagung 3/88. S. 25–29. Hestra-Verlag, Darmstadt, 1988
- [5] Hilliges, D.; Bittner, W.: Mechanisierte Herstellung der Feste Fahrbahn Bauart Rheda. Eisenbahntechnische Rundschau 38 (1989) H. 3, S. 133–136
- [6] Eisenmann, J.; Mattner, L.: Dimensionierung einer Feste Fahrbahn. Eisenbahningenieur 42 (1991) H. 3, S. 116–124
- [7] Eisenmann, J.: Feste Fahrbahn – durchgehend bewehrte Betondecke mit freier Rissbildung als Tragschicht für den Eisenbahnbau. Eisenbahningenieur 50 (1999) H. 7, S. 72–73
- [8] Anforderungskatalog zum Bau der Feste Fahrbahn. 3. überarbeitete Auflage. Deutsche Bahn, 1995
- [9] Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke (VEI), DS 804. Deutsche Bahn
- [10] Hinweise zum Einbau einer Feste Fahrbahn auf Brücken (Hinweise FF Brü). 3. Auflage. Deutsche Bahn, 1995
- [11] Grundsätze für die Anwendung der Feste Fahrbahn Bauart Rheda auf der NBS Köln-Rhein/Main. Deutsche Bahn, 1998
- [12] Feste Fahrbahn auf kurzen Brücken, Bauart Rheda vereinfacht. DB-Studie Feste Fahrbahn auf Brücken, 1994
- [13] Wilcken, A. von; Fleischer, W.: Beton im Verkehrswegebau – Qualität und Vielfalt durch Gleitschalungstechnik. Straße + Autobahn 49 (1998) H. 12, S. 664–673
- [14] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton (Ausgabe 1993), ZTV Beton-StB 93. Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau
- [15] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 18/1998: Zemente für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton (Straßenbauzemente). Bundesministerium für Verkehr, 21. 10. 1998
- [16] Eschenburg, K.-D.: Feste Fahrbahn für den Eisenbahnoberbau. Beton 45 (1995) H. 7, S. 480–483
- [17] Wartungsarm in die Zukunft, neue Bauarten der Feste Fahrbahn in der Betriebserprobung. Bahntechnik (1996) H. 4, S. 4–7