

Erkenntnisse und Bewertung von Verfahren

Grundinstandsetzung stählerner Hochbahntrassen

von Uwe Heiland, Stefan Henschke, Thomas Stihl

Mit dem Bau der Stahlbrücken für die Hochbahnabschnitte der Berliner U-Bahn wurde vor 100 Jahren begonnen. Im Laufe ihrer Nutzung haben auf diese Bauwerke mannigfaltige Beanspruchungen aus Verkehr und Zeitgeschehen (Kriegseinflüsse) eingewirkt. Im Rahmen der durchgeführten Brückenprüfungen wurden nun vermehrt Ermüdungsschäden festgestellt. Auch rechnerische Untersuchungen zeigten, dass die theoretische Ermüdungsgrenze der Konstruktion an vielen Orten erreicht wurde. Da die entdeckten Schäden ihre statische Funktion beeinträchtigten, war es erforderlich, die Mängel zu beseitigen und die kritischen Punkte der Brücken zu verstärken.



1 Typisches Schadensbild an den Tonnenblechen: Riss am Querträgeranschluss
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

1 Schadensbeschreibung

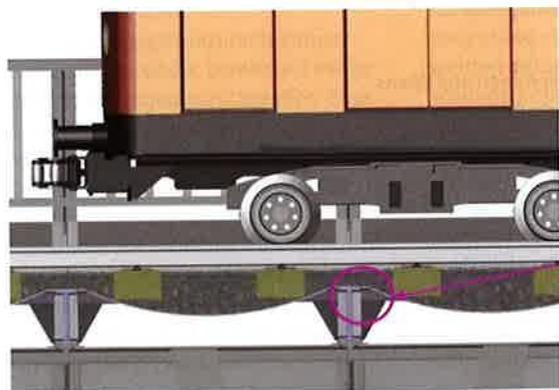
Es zeigte sich, dass die Tonnenbleche der Brückentafel in den Anschlussbereichen zu den Querträgern partiell Risse aufweisen, wobei sich die Risse in der Kantung zwischen dem Radien- und dem geraden Auflagerabschnitt zu den Querträgern befanden.

Aus konstruktiven und fertigungstechnischen Gründen liegt diese Kantung nicht immer direkt am Querträgerflansch an. In den meisten Fällen sind hier Abstände von 0,50–4,00 cm zu beobachten. Die Membranspannungen in den Tonnenblechen können somit nicht direkt in

den Obergurt des Querträgers eingeleitet werden. Sie erzeugen Biegespannungen, die eine erhöhte Beanspruchung der Tonnenbleche verursachen. Die Tragfähigkeit der Konstruktion wird dadurch aber noch nicht beeinträchtigt, weil die zulässigen Biegespannungen nicht überschritten werden. Eine Betriebsfestigkeitsuntersuchung ergab aber, dass die Grenze der Ermüdungsfestigkeit, je nach Annahme der Belastungshistorie, bereits erreicht ist bzw. das Bauwerk nur noch über eine kurze Restnutzungsdauer verfügt.

Eiffel Deutschland arbeitet seit geraumer Zeit und mit unterschiedlichen Schwerpunkten im Bereich der Berliner innerstädtischen Stadt-Bahntrassen an Instandsetzungs-, Verstärkungs- und Umbaumaßnahmen. Es ist möglich, diese Arbeiten zu kategorisieren und aus stahlbautechnischer, konstruktiver und statischer Sicht zu bewerten. Drei auf eine signifikant unterschiedliche Art und Weise des Herangehens durch die Globalplaner unterscheidbare Lösungen lassen sich anhand der Ausführungen beschreiben:

- Konzeption einer »Festen Fahrbahn«,
- SPS-Underlay-Entwicklung mit dem Beibehalten des klassischen Oberbaus aus Schiene-Schwelle-Schotter,
- Austausch von Tragkomponenten und das Beibehalten des klassischen Oberbaus aus Schiene-Schwelle-Schotter.



2 Längsschnitt durch die Brückentafel
© Intelligent Engineering Ltd.



3 Innerstädtischer Richtungsverkehr beiderseits des Hochbahnviadukts
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



4 Oberbau-Ausgangssituation: Schiene-Schwelle-Gleis
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

2 Verfahren der Instandsetzung

2.1 Konzeption »Feste Fahrbahn«

2.1.1 Allgemeines

Die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) haben im Bereich der U-Bahnlinie 1, Hochbahnstrecke zwischen km 3,70+16,69 bis 4,50+49,36, in den Jahren 2002–2003 eine »Feste Fahrbahn« ausgeführt. Hier wurden 791 m der Brückenkonstruktionen im Bereich der Station Möckernbrücke bis Station Hallesches Tor umgebaut. Dazu wurden die Gleise und das Schotterbett entfernt und eine neue »Feste Fahrbahn« eingebracht. Diese neue Stahlkonstruktion besteht aus der Gleisanlage und einer flächigen, zusätzlichen Tragstruktur, die sich direkt auf den Querträgern auflagert. Damit wurden die Tonnenbleche von ihrer statischen Funktion entbunden und dienen nunmehr nur noch zur Abdeckung des Bauwerks. Als Nebeneffekt erfolgte ein Freilegen der Entwässerung, die so zugänglich wurde.

2.1.2 Vorhandenes Tragsystem

Die vorhandenen U-Bahn-Viadukte sind als genietete Stahlkonstruktion gestaltet und um die Jahrhundertwende errichtet worden. Die Haupttragwirkung in Längsrichtung ist als Rahmentragwerk realisiert, für die Quersteifigkeit wurden Endportale als Rahmenkonstruktion ausgeführt.

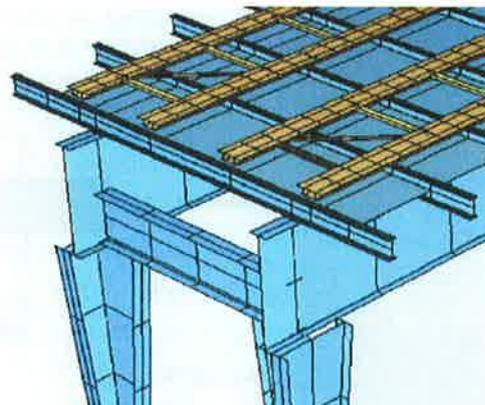
Die Fahrbahn besteht aus Buckel- und Tonnenblechen sowie Längs- und Querträgern, die zusammengesetzte Querschnittsteile in einer klassischen Doppel-T-Gliederung aufweisen. Die Lastweiterleitung der Fahrbahn erfolgt über die gelenkige Auflagerung der Querträger auf den Riegeln der Rahmen als Hauptträger.

Der gesamte Streckenzug ist aus einzelnen Brückenkonstruktionen, wie zuvor beschrieben, aufgebaut. Dabei wurde jede von ihnen äußerlich statisch

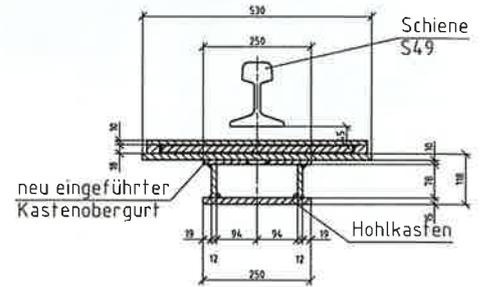
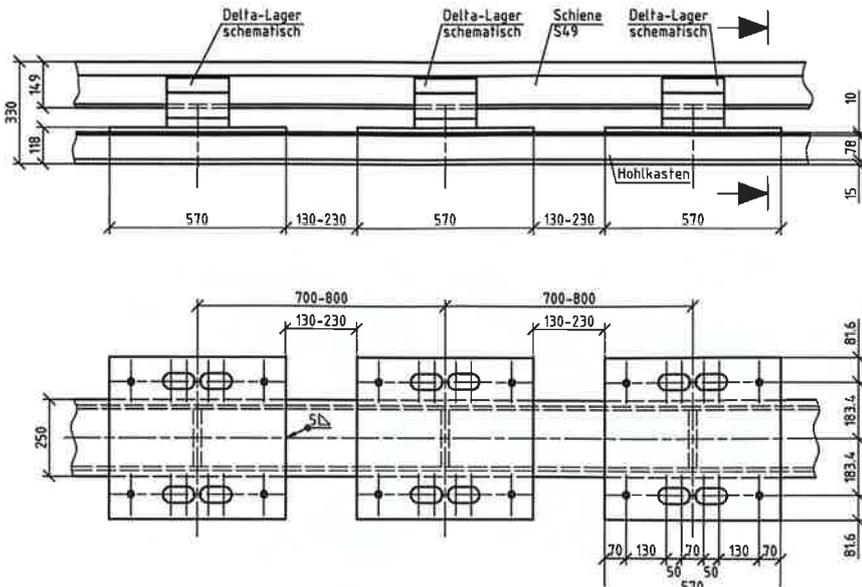
bestimmt ausgebildet, das heißt, Zwängungen zwischen den Brückenkonstruktionen wurden ausgeschlossen.

2.1.3 Umbau des Tragsystems

Mit dem Bau der Festen Fahrbahn wurde das Ausgangslagerungssystem durch Kopplung der Einzelbrücken und Einführen von Festpunkten verändert. Diese Maßnahmen waren als Vorbereitungsarbeiten dem Einbau der »Festen Fahrbahn« vorgeschaltet und nicht Teil von deren Herstellung.



5 Tragsystembestandteile mit neuem Fahrbannelement (Schienenträger in Braun)
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



6 7 Draufsicht und Ansicht des Schienenträgers mit Deltalager
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

8 Schnitt des Schienenträgers mit Schienenprofil
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

2.1.4 Aufbau der »Festen Fahrbahn«

Die »Feste Fahrbahn« wird gebildet aus

- dem Schienenprofil S 49;
- dem Deltalager, das alle 0,70 m vertikal gestützt ist;
- einem Lagerkörper für das Deltalager, das für eine in Schienenlängsrichtung gleitende Schienenlagerung ausgelegt ist;
- dem Schienenträger, einem geschweißten Kastenprofil mit variablen Steghöhen;
- einer Vergussfuge, die die Verbindung zum Bestandsquerträger sichert.

Die Deltalager leiten planmäßig nur Vertikalkräfte in die Unterkonstruktion ein. Sie sind auf dem Schienenlängsträger in Längsrichtung gleitend befestigt, wobei die Gleitung in Längsrichtung mittels PTFE-Folie und Schraubenlanglöchern in der Grundplatte realisiert wird.

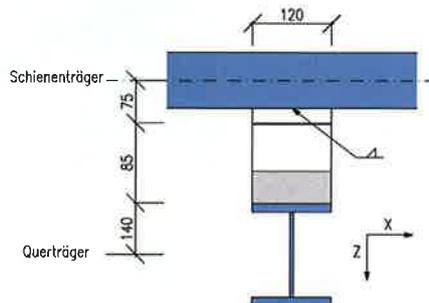
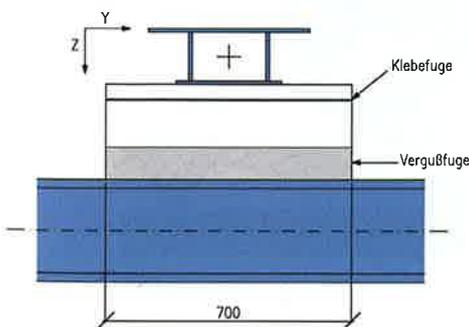
Der Schienenlängsträger als torsionssteifer Hohlkastenträger ist infolge der Gleisüberhöhung in seiner Konstruktionshöhe variabel. Die auftretenden Auflagerkräfte werden über eine Vergussfuge mit einer Dicke von 30 mm in die Querträger der vorhandenen Buckelblechfahrbahn eingeleitet.

Der Anbau der »Festen Fahrbahn« an den Bestand erzwingt Lösungen in Bezug auf:

- die Erreichung der neuen Schienen-Soll-Gradienten,
- die Höhe der Bestandauflagerpunkte und
- auftretende Herstell- und Montagetoleranzen.

Zum Ausgleich der Gradientenüberhöhung wurde eine unterschiedliche Konstruktionshöhe des Schienenlängsträgers genutzt: Da die Vergussfuge in ihrer maximal zulässigen Dicke beschränkt war, stand sie nicht für den notwendigen Höhenausgleich zur Verfügung. Das heißt, der Ausgleich der unterschiedlichen Querträgerhöhen der Buckelblechfahrbahn wurde durch die variable Höhe eines Zwischenelementes zwischen Verguss und Schienenlängsträger vorgenommen.

Diese Funktion erfüllte im vorliegenden Fall eine entsprechende Unterfütterung des 15 mm dicken Auflagerbleches, das mittels Schweißverbindung mit dem Schienenlängsträger verbunden war. Konstruktiv sicherte die Unterfütterung (Modulare Grundplatte: Grundplatte ist aus zwei Modulen) eine beliebige Anpassung der Unterkante des Schienenlängsträgers, dessen Höhe festgeschrieben war, an die erst Zug um Zug erkennbar und damit messbar werdende Höhe der Oberkante der Querträger. Die Unterfütterung wurde mit Sikadur an das Auflagerblech kraftschlüssig verklebt. Es war möglich, alle Toleranz- und Höhenanforderungen mit dem gewählten Ausgleichsystem zu bedienen.



9 Detail: Vergussfuge, Klebefuge und Höhenausgleich
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

2.1.5 Ablauf der Ausführung

Nach dem Entfernen des Bestandsoberbaus und der Beseitigung von Beschichtungen und Abdichtungen im Bereich des Fahrweges erfolgen Zug um Zug die Montage und Justierung der im Werk vorkonfektionierten Fahrbahnabschnitte.



10 Ausbau von Fahrbahn und Abdichtung
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



11 Feste Fahrbahn aus Schienenträger, Lager und Schiene
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

2.1.6 Bewertung der Lagerelemente

Unter der Voraussetzung einer unbehinderten Gleitung der Schiene in den Deltalagern ergeben sich keine Zusatzbeanspruchungen für die Verbindungsfugen zwischen Fester Fahrbahn und vorhandener Stahlkonstruktion. Real darf angenommen werden, dass ein unterschiedliches Gleitverhalten der Schiene in den Deltalagern auftreten könnte, was gegebenenfalls Zusatzbeanspruchungen im System und in den Fugen zu erzeugen in der Lage wäre.

Die Tonnenbleche erfahren keine weiteren Beanspruchungen aus dem Zugverkehr, so dass die Bildung weiterer Risse nicht zu erwarten ist. Ein mögliches Abdichten der Risse durch Reparaturschweißungen oder einfaches Dichten mit einer elastischen Dichtmasse ist nun ausreichend.

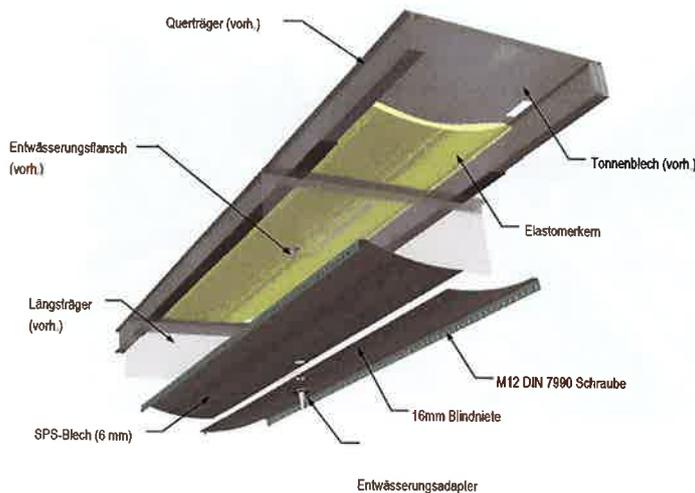
Folgende kritische Punkte ändern sich bei dieser Sanierungsmethode:

- Schwingungsverhalten:
Durch das Entfernen des Schotterbettes wurde die Konstruktion entlastet. Damit ändert sich das Schwingverhalten der Brückenkonstruktion. Stahlbrücken haben aus konstruktiven und materialtypischen Gesichtspunkten eine geringe Eigendämpfung. Durch den Massenverlust und die fehlende Dämpfungswirkung des Schotters wurden die Eigenfrequenzen verringert, was zu einem schwingungsanfälligeren Verhalten der Brücken führt.
- Geräuschbelastung:
Das Schotterbett füllte den Bereich zwischen der Gleisanlage und den Tonnenblechen aus, so dass die aus dem Zugverkehr entstehenden Schallwellen absorbiert und nicht weitergeleitet oder abgestrahlt wurden. Nach der Sanierung fehlt diese Schicht, gleichzeitig wird über das Deltalager ein Pufferelement eingeführt. Die verbleibenden Schallwellen treffen direkt auf die Tonnenbleche, von denen sie verstärkt (Trommeleffekt) und wieder nach oben abgestrahlt werden. Die Geräuschemissionen im gesamten Umfeld werden durch die freigelegten Tonnenbleche gegenüber der Ausgangssituation verändert.
- Verbundwerkstoffe:
Die Stahlkonstruktion der Fester Fahrbahn wird auf einem Elastomer-Unterguss auf den Querträgern gelagert. Sämtliche Lasten, die vorher flächig über das Schotterbett eingeleitet wurden, werden nun punktförmig,

örtlich begrenzt, in das Bauwerk eingebracht. Dadurch entstehen in diesen Bereichen höhere Beanspruchungen, die sicher aufgenommen werden müssen. Die hier verwendeten Lager-Verbundwerkstoffe müssen eine sichere Verbindung zum Untergrund aufweisen, die Unterkonstruktion der Tonnenbleche und Querträger hat den Anforderungen entsprechend aufbereitet und tragfähig zu sein. Die »klassische« Lösung leitete die Lasten problemloser in das Bauwerk ein.



12 Feste Fahrbahn im fertiggestellten Abschnitt
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



13 Unterseitig angeordnete SPS-Sandwichplatten
© Intelligent Engineering Ltd.

2.2 SPS-Underlay-Entwicklung

2.2.1 Prinzip der Sandwich-Struktur

Der neue, alternative Vorschlag von Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH zur Sanierung dieser Bereiche benutzt die von Intelligent Engineering und Elastogran (BASF-Gruppe) entwickelten und patentierten Ideen für eine tragfähige Sandwich-Struktur.

Bei der Sanierung der Berliner Hochbahnbrücken wird aus dem vorhandenen Tonnenblech, einem darunter angeordneten zusätzlichen neuen Blech und dem diese beiden Bleche verbindenden Kunststoffkern ein tragfähiger Sandwichquerschnitt hergestellt. Gleisanlage und -bett auf der Brückenseite verbleiben in ihrem Zustand und werden von der Sanierungsmaßnahme nicht betroffen. Eine Beeinträchtigung des Schienenverkehrs findet nicht statt, weil sich die entsprechenden Arbeitsbereiche unterhalb der Brücken befinden. Die Verstärkung an den Tonnenblechen erfolgt während des laufenden Betriebs.

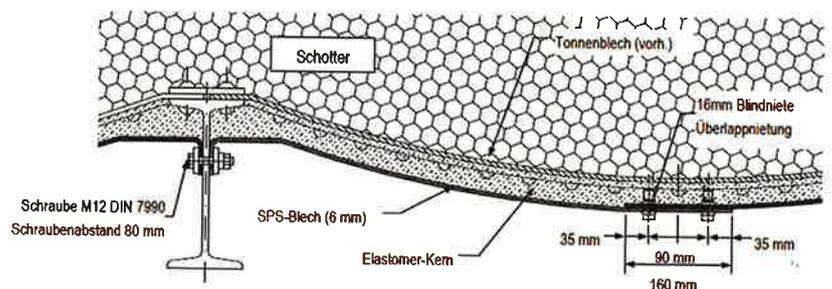
2.2.2 Arbeitsablauf bei der Sanierung

Als vorbereitende Maßnahme wird die mittig unter der Brücke verlaufende Entwässerungsleitung entfernt und die Bauwerksunterseite mit Hochdruckverfahren gereinigt. Anschließend werden in die Querträgerstege Befestigungsbohrungen unter Zuhilfenahme eines Schablons gebohrt. In diesen Bohrungen

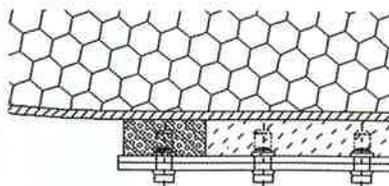
werden dann die neuen, mittig geteilten, der Tonnenform angepassten Fahrbahnbleche mit einem Abstand von ca. 30 mm unter der vorhandenen Konstruktion befestigt, was mittels stahlbautypischer M-12-SL-Verschraubung geschieht. Durch die mittige Teilung können alle Fertigungstoleranzen und Bauwerksimperfectionen von der neuen Konstruktion aufgenommen werden.

Die Verbindung der Bleche an der mittigen Überlappung ($160 \text{ mm} \pm \text{Toleranzen}$) erfolgt mit Blindnieten $d = 16 \text{ mm}$. Die nach außen liegenden Bereiche werden zudem mit EPDM-Streifen abgedichtet, so dass ein geschlossener Hohlraum (Kavität) entsteht. Das Dichtungssystem ist in der Lage, Dichtspalten bis zu 100 mm zu schließen. Mit diesem System lassen sich also alle in die Brücken der Berliner U-Bahn eingebauten Formen der Tonnenbleche, auch die kegelförmig hergestellten Fahrbahnbleche abdichten.

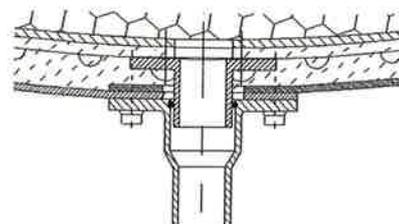
Über den Entwässerungsstützen in der Mitte wird ein Adapterflansch gesteckt, der die Entwässerung gewährleistet und gleichzeitig den Hohlraum abdichtet. Die neuen Tonnenbleche erhalten an ihrem Tiefpunkt neben der Entwässerung einen Füllstutzen für die Injektion des Elastomerkerns. In den vier Eckbereichen und damit in den Hochpunkten der Underlay-Bleche befinden sich Kugelhähne, durch die der Hohlraum während der Injektion entlüftet wird.



14 SPS-Sandwich-Querschnitt mit Verbindungsdetails
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



15 EPDM-Enddichtung
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



16 Entwässerungsflansch
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

Das heißt, der Arbeitsablauf bei der Sanierung sieht im Einzelnen so aus:

- Entfernen der Entwässerung unter der Brücke,
- Bohren der Stegverschraubungen in den Querträgerstegen mittels Bohrschablon,
- Hochdruckreinigung (Strahlen) der Brückenunterseite,
- Reinigen der Brückenentwässerung durch den geöffneten Entwässerungsflansch (von unten),
- Einbringen der zweigeteilten Underlay-Bleche zwischen Längsträger und Querträger,
- Verschrauben der zweigeteilten Underlay-Bleche an den Querträgerstegen,
- Bohren der Nietlöcher im mittigen Überlappungsbereich der zweigeteilten Underlay-Bleche,
- Verbinden der Underlay-Bleche mittels Blindnietung,
- Kürzen des vorhandenen Entwässerungsflansches in Brückenmitte,
- Aufsetzen und Eindichten des Entwässerungsadapters auf den Entwässerungsflansch,
- Befestigen des Entwässerungsflansches mittels Blindnietung,
- Herstellung der Entwässerung mit neuem T-Stück mit Reinigungsöffnung,
- Dichten der Spalte an den Enden der Underlay-Bleche (EPDM-Dichtung und Pur-Paste),
- Anbau der Kugelhähne mit Entlüftungsröhrchen zur Entlüftung der Kavität in den vier Ecken,
- Druckprüfung mittels Druckluft über den mittigen Füllanschluss,
- Anschließen des Mischkopfes an den mittigen Füllanschluss,
- Öffnen der Entlüftungskugelhähne in den vier Ecken,
- Einblasen von heißer, getrockneter Luft zur Herstellung der optimalen Klimaverhältnisse in der Kavität,
- Injektion des flüssigen Elastomers (Polyol und Isocyanat) über den Mischkopf in die Kavität,
- Schließen des ersten bis vierten Hahns (bei Austritt von Kunststoff),
- Abbruch der Materialzufuhr zum Mischkopf (gleichzeitig mit Schließen des letzten Hahns),
- Reaktionszeit ca. 0,50 h,
- Entfernen der Mischbatterie und der Kugelhähne und Verschließen der Öffnungen mit Schlussstopfen,
- abschließende Korrosionsschutzarbeiten.



17 Mischkopf für Elastomerinjektion
© Intelligent Engineering Ltd.

2.2.3 Qualitätssicherung

Das Injektionsverfahren zum Befüllen des Hohlraums zwischen dem neuen unteren Blech und dem vorhandenen Tonnenblech wird vollautomatisch mit einem Mischkopf und einer automatischen Pumpstation durchgeführt. Dabei werden die zwei Komponenten Polyol und Isocyanat immer im korrekten Mischverhältnis und mit dem optimalen Volumenstrom zusammengeführt. Eine automatische 100 %-Qualitätskontrolle des Füllvorgangs ist somit gegeben. Zur Sicherstellung der optimalen Umgebungsverhältnisse in der Kavität wird ein Gebläse verwendet, das bei allen Witterungsbedingungen auf der Baustelle die optimalen Voraussetzungen schafft. Außerdem wird durch Messung von Temperatur und Feuchtigkeit in der austretenden Luft der bestmögliche Zeitpunkt für den Injektionsvorgang bestimmt.

Bei der BASF, Lieferant des Materials und Injektions equipments, werden an einem 1:1-Modell des Sandwichmoduls Füll- und Dichtversuche durchgeführt, um alle Parameter für den Injektionsvorgang zu ermitteln. Als Ergebnis der Versuchsreihen stehen die optimalen Einstellwerte für den Prozess auf der Baustelle zur Verfügung. Bei den Versuchen wird die Form mit Trennmittel bestrichen, mit dem Elastomer gefüllt und der so gebildete Kunststoffkern nach Trennung des oberen und unteren Bleches bewertet. Damit existiert ein Verfahrensnachweis für den Herstellvorgang, der eine hervorragende Qualität des Kunststoffkerns gewährleistet.



18 Modell des Sandwichmoduls für Füllversuche
© Intelligent Engineering Ltd.

2.2.4 Vorteile der SPS-Methode

Ingesamt ergeben sich folgende Vorteile bei der Sanierungsmethode mit dem Sandwich-Plate-System:

- keine Beeinträchtigung des Verkehrs während der Umbauphase,
- keine Kosten für Schienenersatzverkehr,
- keine Kosten für den Ersatz der Gleisanlage,
- geringes technisches Risiko wegen des hohen Standards der Qualitätssicherung,
- Ersatz des Korrosionsschutzes an der Brückenunterseite,
- wartungsfreundlicher Umbau der Entwässerung (T-Stücke mit Reinigungsöffnung),
- Verbesserung des Schallschutzes durch zusätzliche Dämmung der Brückenunterseite,
- Verbesserung des allgemeinen Schwingverhaltens der Brücken durch zusätzliche Dämpfungselemente (SPS-Paneele),
- Beibehalten der flächigen Lasteinleitung über das Schotterbett,
- kein Einbau zusätzlicher Konstruktionen, wie zum Beispiel Dilatationslager für die Feste Fahrbahn.



19 Ansicht eines SPS-verstärkten Brückenabschnitts
© Intelligent Engineering Ltd.

2.3 Austausch von Tragkomponenten

Eine weitere Möglichkeit der Ertüchtigung alter Hochbahntrassen stellt die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes durch den Austausch ganzer Bauteile wie Querträger, Dehnprofile oder Buckelbleche dar.

Im Verlauf der U-Bahnlinie 1 in Berlin-Kreuzberg zwischen Gleisdreieck und Möckernbrücke wurden im Jahr 2010 insgesamt 240 m² Bahntrasse in der Form saniert. Diese Vorgehensweise hat die bei weitem größten Auswirkungen auf den laufenden Schienenverkehr, da die betroffenen Bereiche von Beginn bis Ende der Arbeiten komplett gesperrt werden müssen.

Nach Rückbau von Gleisen und Schotter wurden die mit Kohlenteerpech belasteten Altbeschichtungen der Fahrbahntröge unter Einhausung restlos entfernt, danach die Nietenköpfe abgefugt und die Nietreste mit Niethämmern ausgetrieben. Für den Austausch der Buckelbleche war größtes Augenmerk auf die Lage sowie die Anordnung der Lochbilder der alten Buckelbleche zu legen, da auch die augenscheinlich symmetrisch und rechtwinkelig gefertigten von ihnen nur in einer einzigen Lage auf die Unterkonstruktion passten.

Zur Begrenzung der Sperrzeit wurden die Auflagerränder der Unterkonstruktion bereits vor dem Ausbau der Buckelbleche genau vermessen. Die Unterkonstruktion musste nach deren Demontage ebenfalls unter kompletter Einhausung von PAK-haltiger Altbeschichtung gesäubert und bis auf die Obergurte neu beschichtet werden. Die Obergurte erhielten einen separaten gleitfesten Anstrich.



21 Baufeld nach Rückbau von Gleisen und Schotter
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

In der Zwischenzeit wurden die Rohlinge der neuen Buckelbleche gefertigt. Besondere Anforderungen galten der jeweiligen Ausprägung des Buckels sowie dem Beginn der Buckelrundung möglichst direkt am Auflagerrand.

Ursprünglich wurden die demontierten Buckelbleche mit Hilfe großer Pressen tief gezogen. Da derartige Fertigungsmöglichkeiten nicht zur Verfügung standen, wurde im Vorfeld eine neue Alternative zur Herstellung gesucht. Ziel war, ein Umformverfahren zu finden, das die Verwendung von frei auf dem Markt erhältlichen Standardwerkzeugen und den im Werk Hannover vorhandenen Produktionsmitteln erlaubt. Parallel wurden Recherchen gestartet, um keine Patentverletzungen zu begehen.



20 Ausgeführte Variante mit SPS-Verstärkung
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



22 Buckelblechrohlinge mit Ablaufstutzen
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

So wurde ein Verfahren entwickelt, bei dem der Fokus auf der Variabilität der Vorrichtung lag: Auf ein und derselben Vorrichtung sollten sich quadratische und rechteckige sowie trapezförmige und parallelogrammartige Buckelbleche herstellen lassen. Zur Ausführung kam letztlich ein variables Spannrahmensystem aus vorhandenen Betriebsmitteln mit der Besonderheit einer Klemmung bzw. Niederhaltung (vertikale Lasten) der Blechränder bei gleichzeitiger horizontaler Freiheit des Bleches. Die Freiheit der Blechränder bei gleichzeitiger Niederhaltung war Grundvoraussetzung, um die Materialreserve für die Buckelgeometrie beim Verformungsvorgang ohne Zwängungen zuführen zu können. Nach Fertigstellung der Rohlinge wurden die Abmaße und Lochbilder der alten Buckelbleche übertragen und die neuen Bleche mit einer Grundbeschichtung versehen. Danach wurden die neuen Bleche auf der sanierten Unterkonstruktion fixiert und die Bohrlöcher für die Verwendung von Passschrauben aufgegeben. Im Anschluss an die Montage



23 Aufreiben der Bohrungen
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

erfolgte unter- und oberseitig der Buckelbleche die Vervollständigung des Korrosionsschutzes, während für die Deckbeschichtung im Schottertrug ein elastisches Material gewählt wurde. Die gestellte Aufgabe konnte mit dem hier entwickelten Herstellverfahren sehr flexibel, präzise und schnell gelöst werden. Im Ergebnis ist die Form der neuen Buckelbleche sogar näher am geometrischen Ideal, als dies bei den Bestandsblechen der Fall war.

3 Resümee

Die vorgestellten Sanierungskonzepte geben die Möglichkeit, Planungsgrundlage für weitere Maßnahmen dieser Art zu werden. Es wird deutlich, dass Bauherren für quasi inhaltlich gleiche Bauaufgaben innerhalb ihres Bestandes auch unterschiedliche Lösungen entwickeln und einsetzen, um zu umfassenden Wertungen zu kommen.

Darüber hinaus sind die hier gezeigten Lösungen gute Beispiele für nachhaltiges Bauen, dessen Wirtschaftlichkeit durch

- den Einsatz wiederverwendbarer, recyclingfähiger Werkstoffe (SPS),
- die lange Nutzungsdauer der Tragwerke und
- ihre gute Rückbaufähigkeit gewährleistet ist.

Autoren:

Dipl.-Ing. Uwe Heiland
Dipl.-Ing. Stefan Henschke
Dipl.-Ing. Thomas Stihl
Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH,
Hannover

Literatur

- [1] Statische Berechnungen und Ausführungspläne Feste Fahrbahn, 3. BA km 3,70+16,69–4,50+49,36, Schienen-Abfangung-Längsträger. Aufsteller: Dipl.-Ing. Sowietzki Ingenieurgesellschaft mbH, S. 1–190.
- [2] Experimentelle Ermittlung der horizontalen Steifigkeit einer Adapterlösung für das Schienensystem der U-Bahnlinie U 1. Prüfbericht zur statischen und dynamischen horizontalen Belastung an einem Auflagerpunkt aus Icosit 277 der Firma Sika vom 25.02.2003. Aufsteller: Bundesamt für Materialforschung und -prüfung, Az. VU.21/26578.
- [3] Einbauanweisung für Schienenbefestigung loarg 31 des Bundesbahn-Zentralamts München, Vermerk 8604/OV (Anlage 4) vom 06.04.1990.
- [4] Gutachten zum Nachweis der Verbesserung der Dauerhaftigkeit durch SPS-Verstärkungen an Hochbahnabschnitten der U-Bahnlinie U 2. Aufsteller: Prof. Dr.-Ing. G. Sedlacek, 12.05.2005.
- [5] SPS-Overlay for the Berlin U-Bahn Viaduct. Report by Intelligent Engineering, Ottawa, Canada, Dr. Stephen Kennedy, July 2004.
- [6] Sanierung der Hochbahnbrücken der Berliner U-Bahn mittels Sandwich-Verstärkungen. Präsentation T. Stihl, 12.08.2004.
- [7] Ausschreibung der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) zum Bauvorhaben U 1 Viaduktanierung, Rampe Gleisdreieck, 2. BA, Austausch der Buckelbleche, BW XIII/XIIIa.



24 Sanierter Fahrbahntrug
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH