

Universitätsstadt Tübingen

Fachbereich Tiefbau

Füger, Albert Telefon: 07071-204-2266

Swain, Thomas Telefon: 07071-204-2682

Gesch. Z.: 9/Fü/911/Sw/

Vorlage

370/2016

Datum

10.11.2016

Berichtsvorlagezur Behandlung im **Ausschuss für Planung, Verkehr und Stadtentwicklung**zur Kenntnis im **Ortsbeirat Stadtmitte**

Betreff: **Eberhardsbrücke und Regionalstadtbahn; Ergebnis der statischen Überprüfung**

Bezug:

Anlagen: 3
Anlage 1: Längsschnitt Bestandsbrücke
Anlage 2: Querschnitt mit Stadtbahn
Anlage 3: Luftbilder mit Lastvergleich

Zusammenfassung:

Im Rahmen der Prüfung einer möglichen Trasse für eine Regionalstadtbahn vom Hauptbahnhof zu den Klinikgebäuden wurde eine Machbarkeitsstudie zur Eberhardsbrücke durchgeführt. Die Studie ergibt, dass eine Überführung der Stadtbahn auf der bestehenden Brücke eine Überlastung der 115 Jahre alten Bausubstanz und damit ein Risiko darstellen würde. Daher wird für diesen Fall ein leistungsfähiger Ersatzneubau empfohlen.

Im Zuge der Studie wurde die Brücke auch für die aktuelle Verkehrssituation nachgerechnet. Eine absolut unzweifelhafte Aussage konnte aufgrund der Schwankungen in der Materialfestigkeit der Haupttragbögen, die aus Stampfbeton ohne jegliche Stahlbewehrung gebaut sind, nicht erzielt werden. Nach Einschätzung der Verwaltung ist die Brücke aufgrund der erwiesenen Belastbarkeit in der Vergangenheit und der Tatsache, dass in den Haupttragteilen kaum Schäden festzustellen sind, zur Zeit für die jetzige Nutzung sicher. Mit zunehmendem Alter ist jedoch mit fortschreitender Materialermüdung zu rechnen.

Ziel:

Information des Gemeinderates.

Bericht:

1. Anlass / Problemstellung

Eine im Frühjahr 2016 in Auftrag gegebene Machbarkeitsstudie sollte untersuchen, ob es möglich ist, eine Stadtbahn über die Eberhardsbrücke zu führen und welche Umbauten dazu erforderlich wären.

Anlass ist die derzeitige laufende Prüfung einer möglichen Trasse einer Regionalstadtbahn vom Hauptbahnhof bis zu den Kliniken an der Schnarrenbergstraße und dem Universitäts-Campus Morgenstelle.

Bei Durchführung der Studie wurde die Brücke generell überrechnet, also auch für Lastmodelle des Straßenverkehrs.

2. Sachstand

Dem Ingenieurbüro Haisch aus Backnang, das bereits vielfältige Erfahrung im Entwurf von Bahnbrücken hat, wurde die Durchführung der Machbarkeitsstudie anvertraut. Weitere wichtige Projektpartner für die Studie waren Frau Prof. Weber (Fachgebiet Baustoffkunde und Betoninstandsetzung, Hochschule für Technik Stuttgart) und das Ingenieurbüro Meiss Grauer Holl, geleitet von Frau Prof. Meiss (Fachgebiet Statik und Brückenbau, Hochschule für Technik Stuttgart).

2.1. Vorgehensweise bei der Nachrechnung:

Schon im Jahr 2015 wurden Materialproben aus der Fahrbahnplatte und den Stampfbetonbögen entnommen und deren Materialeigenschaften in Druckversuchen bestimmt. Aufgrund der ermittelten Festigkeiten wurde für die Nachrechnung eine Betongüte von C16/20 (Normalbeton niedriger Festigkeit nach aktueller Norm Eurocode 2) für die Stampfbetonbögen angenommen. Zur Nachrechnung wurde das Tragwerk der Brücke inklusive Stampfbetonbögen, Betonrippen und Fahrbahnplatte dreidimensional modelliert (siehe Anlage 4) und mit 3 Lastfallkombinationen belegt:

1. Lastmodell SLW 60/30 für Nachrechnung von Bestandsbrücken mit 2 Fahrspuren
Anmerkung: SLW60/30 bedeutet die ungünstigste Lastannahme für 2 LKW`s auf einer Brücke mit 60t bzw. 30t Gewicht.
2. Lastmodell 1 für Straßenbrücken nach Eurocode 1
3. Stadtbahnlast Typ GTW 2/8 (Fa. Stadler), neue Eigenlasten durch Bahnsteige und feste Fahrbahn, Personenlasten auf Bahnsteigen

Eine vom IB Haisch angefertigte Entwurfszeichnung der Eberhardsbrücke im Querschnitt mit Stadtbahn ist in Anlage 2 einzusehen.

2.2. Kurzbeschreibung der bestehenden Brückenkonstruktion:

Die bestehende Brücke ist im Längsschnitt in Anlage 1 abgebildet und erläutert.

Die Eberhardsbrücke wurde 1901 als damals moderne Konstruktion mit zwei langen, flachen

Dreigelenkbögen aus Stampfbeton gebaut, um die mittelalterliche, unter Graf Eberhard im Bart errichtete Steinbrücke zu ersetzen. Der Zuschlag des Stampfbetons bestand aus Neckarkiesen, der Zement wurde sparsam verwendet. Nahe der Gelenke an den Widerlagern und den Scheitelpunkten geht der Stampfbetonquerschnitt in Natursteinblöcke über, in die Stahlager eingelassen sind. Die Stahlager, die an einer Seite konvex, auf der gegenüberliegenden Seite konkav geformt sind, stellen die eigentlichen Gelenke dar und ermöglichen der Brücke minimale Auf- und Abbewegungen in den Scheitelpunkten bei Temperaturdehnung, ohne dass sich innere Kräfte aufbauen.

1952 wurde die als zu schmal empfundene Brücke durch eine als Stahlbetonhohlkasten gebaute Fußgängerbrücke Richtung Platanenallee erweitert. Auch ein Komplettneubau der Brücke war im damaligen Gemeinderat diskutiert worden.

2.3. Lastgeschichte:

Anfang des 20. Jhdts. bestand der Verkehr im Wesentlichen aus Fußgängerverkehr und Pferdewagen. In den Weltkriegen passierten wiederholt Militärkonvois über die Eberhardsbrücke. In der Nachkriegszeit bis in die 70er Jahre hinein führte der Verkehr der Bundesstraße B28 über die Eberhardsbrücke, bis 1978 der Schloßbergtunnel gebaut wurde. Seit dieser Zeit stellt der stetig wachsende Busverkehr die Hauptbelastung dar. Aktuell ist die Brücke für LKWs ab 7,5 Tonnen zul. Gesamtgewicht gesperrt. Der Fußgängerverkehr ist erheblich und nimmt proportional zur Einwohnerzahl Tübingens zu. Zu besonderen Anlässen wie beispielsweise dem städtischen Triathlon ist mit flächendeckender Belastung der Brücke durch eine dichte Menschenmenge zu rechnen.

2.4. Ergebnisse der Machbarkeitsstudie:

Entscheidend für die Tragfähigkeit des Bauwerks sind die Druckkräfte in den Stampfbetonbögen und der Gelenke. Die Nachrechnung ergab für die Lastmodelle SLW 60/30 und Lastmodell 1 für Straßenbrücken eine Einhaltung der zulässigen Druckspannungen, „sofern die Druckfestigkeit des Stampfbeton mindestens die Werte eines C 16/20 erreicht.“

Für die Lastsituation einer Stadtbahn ergibt sich jedoch eine Überschreitung der zulässigen Druckspannungen um 28 %. In der Studie heißt es: „Die Ergebnisse der Spannungsermittlung zeigen, dass die max. auftretende Druckspannung [durch die Lasten einer Stadtbahn] ... auf 12,28 N/mm² zunimmt. Die zulässige Betonspannung unter Gebrauchslasten beträgt für den C 16/20 jedoch nur $0,60 f_{ck} = 9,6 \text{ N/mm}^2$ (seltene EWK).“

Verschärfend kommt hinzu, dass es keine gültigen Modelle für das Ermüdungsverhalten von Stampfbeton gibt, d. h. wir können keine Vorhersage treffen, inwiefern die Festigkeit des Betons bei zahlreichen Lastwechseln über Jahrzehnte abnimmt. Auch ist von Nachteil, dass bei den unbewehrten Stampfbetonbögen ein plötzlicher Bruch stattfinden kann, während beim modernen Stahlbeton zunächst Risse auftreten, bevor ein Bauteil bricht.

2.5. Schlussfolgerung der Studie:

Im Bericht heißt es: „Im Hinblick darauf, dass die Entwurfslebensdauer der Eberhardsbrücke erreicht ist, es sich um eine Stampfbetonkonstruktion mit stark schwankenden Materialfestigkeiten und unterschiedlich homogenem Gefüge handelt, deren Tragwiderstand auch im Hinblick auf eine Materialermüdung nicht abschließend beurteilt werden kann, wird empfohlen, die vorhandene Konstruktion nicht für eine Stadtbahnnutzung zu verwenden.“

„Mit Blick auf den Bestand und die beschränkten Möglichkeiten die Tragfähigkeit signifikant zu verbessern, scheint ein Ersatzneubau die wirtschaftlichste Lösung, wenn die Stadtbahn geplant ist. Aufgrund der Tragkonstruktion mit den Bogenscheiben kann hierbei jeweils eine Brückenhälfte abgebrochen werden, so dass zumindest eingeschränkt noch Busverkehr möglich ist. In der Umbauphase können die Fußgänger die 1952 errichtete Erweiterungsbrücke nutzen.“

Obwohl die zulässigen Druckspannungen bei der Nachrechnung der aktuellen Verkehrssituation mit reinem Straßenverkehr eingehalten sind, gibt das Ingenieurbüro kein uneingeschränkt positives Urteil zur Resttragfähigkeit der Brücke:

„Die ursprünglich 1901 errichtete Eberhardsbrücke hat mit dem heutigen Stand ihre geplante Lebensdauer von 100 Jahren bereits leicht überschritten. Inwieweit der Stampfbeton und die Lager bereits so geschädigt ist, dass ein Versagen infolge Materialermüdung in naher Zukunft auftritt, kann ohne weitere Untersuchungen nicht abschließend beurteilt werden.“

Die vom Ingenieurbüro Haisch kalkulierte Kostenschätzung für den Neubau der Brücke liegt bei ca. 10 Mio EUR.

2.6. Lastenvergleich:

Zur Illustration der Ergebnisse hat die Verwaltung einen Lastenvergleich aufgestellt: Aus dem in den **Anlage 3** zu sehenden Vergleich der aufsummierten Lasten aus Bussen entsprechend dem aktuellen Verkehrsbild und der Summe der neuen Lasten bei Einführung einer Stadtbahn kann die Laststeigerung nachempfunden werden:

Maximale Ansammlung von Bussen **384 Tonnen**

2 Straßenbahnen Typ GT8-100D/2-S-M, Bahnsteige und Personenlasten

508 Tonnen

Die Überführung einer Stadtbahn bedeutet folglich eine erhebliche Laststeigerung.

3. **Vorgehen der Verwaltung**

Die Verwaltung beabsichtigt, mit den gewonnenen Erkenntnissen folgendermaßen umzugehen:

3.1. Weiterer Umgang mit der Bestandsbrücke bei aktueller Verkehrsbelastung:

Weitere Bohrproben zu entnehmen, würde das Tragwerk schädigen. Aus diesem Grund werden von der Verwaltung zurzeit keine weiteren Untersuchungen beauftragt. Die ohnehin auf regelmäßiger Basis stattfindenden Bauwerksprüfungen werden fortgeführt. Es ist geplant, ein Monitoring des Bauwerks durch die Abteilung Ingenieurvermessung wieder aufzunehmen. Das heißt, dass Messbolzen überwacht werden um Änderungen und Bewegungen der Konstruktion frühzeitig zu erkennen.

Aufgrund des hohen Alters der Brücke und der allmählich fortschreitenden, nicht vorhersagbaren Materialermüdung der Stampfbetonbögen wird auch bei gleichbleibendem Verkehr für die weitergehende Zukunft eine Erneuerung der Brücke notwendig.

3.2. Vorgehensweise bei Überführung einer Stadtbahn:

Nach den nun vorliegenden Ergebnissen ist die Eberhardsbrücke in ihrer jetzigen Form nicht zur Überführung einer Stadtbahn geeignet. Eine Ertüchtigung bzw. Verstärkung der bestehenden Konstruktion ist wirtschaftlich nicht sinnvoll. Sollte eine Stadtbahn über die Eberhardsbrücke geführt werden, empfiehlt die Studie einen Ersatzneubau.

Die Kostenschätzung des beauftragten Ingenieurbüros für einen Neubau der kompletten Brücke liegt bei ca. 10 Mio EUR. Da die Eberhardsbrücke für Tübingen nicht nur aus verkehrlicher Sicht von zentraler Bedeutung ist, wäre es angemessen, einen Wettbewerb um den Brückenentwurf durchzuführen. Abhängig vom gewählten Entwurf können die Kosten erheblich höher als 10 Mio EUR ausfallen, wenn beispielsweise eine besondere Konstruktion ausgewählt wird oder die Brücke breiter gebaut wird.

4. **Lösungsvarianten**

Die Verwaltung sieht keine Alternativen zu den beschriebenen Vorgehensweisen.

4.1. Bei Umgang mit Bestandsbrücke:

Ein sofortiger Abbruch und Neubau der Brücke kommt für die Verwaltung nicht in Frage und wäre überzogen, da sie historisch eine gute Tragfähigkeit gezeigt hat und aktuell keine größeren Schäden bestehen.

Eine umfangreiche, flächendeckende Entnahme von weiteren Materialproben würde zu einer kontrollierten Schädigung der Stampfbetonbögen führen. Wahrscheinlich ist, dass sich die angenommene Festigkeit eines C16/20 bestätigen würde. Die Ermüdungsproblematik, also den Verfall der Festigkeit nach zahlreichen Lastzyklen, würde man auch durch weitere Materialproben nicht klären können. Daher ist eine erweiterte Beprobung des Stampfbogenmaterials nicht zielführend.

4.2. Bei Überführung einer Regionalstadtbahn:

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen wurde keine sinnvolle Alternativlösung zum Ersatzneubau der Eberhardsbrücke gefunden.

Eine alternative Stadtbahntrasse, für die eine Brücke an anderer Stelle über den Neckar gebaut werden könnte, existiert nicht.

Eine Verstärkung der tragenden Stampfbetonbögen ist nicht möglich.

Eine Teilerneuerung der Brücke, in der Form, dass nur der mittlere Teil der Brücke direkt unter der Straßenbahn abgebrochen und neu gebaut wird, wurde untersucht, jedoch als technisch überkompliziert und unwirtschaftlich verworfen.

5. **Finanzielle Auswirkungen**

Zunächst wirkt sich das Ergebnis der Studie nicht auf den städtischen Haushalt aus. Sollte die Entscheidung für eine Stadtbahn über die Eberhardsbrücke fallen muss man nach jetzigem Stand mit mind. 10 Mio EUR Neubaukosten rechnen. Gewinnt in einem Wettbewerb für den Brückenentwurf ein ausgefallener Entwurf, können die Kosten erheblich höher ausfallen.

