

Auszug aus dem Erläuterungsbericht zur Elektrifizierung

Rückbau Fußgängersteg am Bahnhof Biberach km 131,083

Der Fußgängerüberweg in Stahlfachwerkbauweise über die Gleise im Bereich des Bahnhofs wird zurückgebaut. Dieser kann nicht erhalten werden, da weder die lichte Höhe ausreichend ist, um eine Oberleitung unter dem Steg hindurchzuführen, noch der Abstand der Stegstützen zu den Gleisen für einen Anprallschutz ausreichend ist. Ein Ersatz für das Überqueren der Gleise ist durch die nahe Fußgängerunterführung unter dem Bahnhof Biberach gegeben.

6.9.5.1 Zustand des vorhandenen Bauwerkes (Ausgangssituation)

Im Bahnhof Biberach an der Riß (Strecke 4500, km 131,083) überquert ein Fußgängersteg die vorhandenen Gleise. Bei dem 102,60 m langen Überbau des Stegs handelt es sich um einen Durchlaufträger, der auf 3 Pendelstützen im Gleisfeld zwischengelagert ist. Die lichte Höhe unter dem Steg beträgt für die beiden Hauptgleise 5,14 m, für die drei Bahnhofsgleise 5,17 m. Da die Strecke in einem Bogen verläuft, ist in den beiden Hauptgleisen eine Überhöhung erforderlich, so dass die Schiene im Außenbogen zusätzlich um 10 cm höher liegt.

Für die Elektrifizierung der Strecke (Gleise 2, 3, 4 und 5) muss entweder in den Steg (Anhebung des Steges) oder in die Trassierung (Gleisabsenkung) bautechnisch eingegriffen werden. Diese beiden Varianten wurden geprüft. Zusätzlich wurde geprüft, ob unter Ausreizung aller technisch möglichen Sonderlösungen eine Elektrifizierung ohne bautechnische Eingriffe realisierbar wäre (Variante 0).

6.9.5.2 Variantenuntersuchung

Variante 0: Elektrifizierung unter Beibehaltung des Bestands

Da ein Eingriff in den Bestand automatisch dazu führt, dass alle Regelwerke eingehalten werden müssen, wurde geprüft, ob eine Elektrifizierung unter Ausnutzung aller Mindestabstände möglich ist ohne in den Bestand einzugreifen. Da die Regelbauweise mit Kettenwerk eine lichte Höhe von 5,70 m erfordert, wurde die Alternative mit einer Stromschiene untersucht. Diese Lösung erfordert neben dem technischen Aufwand zum einen eine Ausnahmegenehmigung und zum anderen eine deutlich engere Stützenstellung im Bereich des Übergangs zwischen der Regeloberleitung und der Stromschiene.

Ausgehend von einer Mindestfahrdrachhöhe von 4,95 m, einer Bauhöhe der Stromschiene von 0,12 m und einem elektrischen Mindestabstand nach EN 50119 von 0,15 m wurde ein Mindestmaß für die lichte Höhe ermittelt. Wegen der Lage im Bogen sind für die Überhöhung in den Hauptgleisen zusätzlich 0,07 m zu berücksichtigen.

Aufgrund von Bautoleranzen, der Durchbiegung der Stromschiene sowie weiterer Baureserven für Zusatzlasten (Eisbehang) und dynamischer Bewegung sind weitere 0,13 m zu berücksichtigen. Damit ergibt sich für die Hauptgleise eine erforderliche Mindesthöhe von 5,42 m, für die Bahnhofsgleise von 5,35 m. Gegenüber den vorhandenen lichten Höhen fehlen im Bereich der Hauptgleise 28 cm und im Bereich der Bahnhofsgleise 18 cm. Damit kann eine Elektrifizierung ohne Eingriffe in den Bestand nicht realisiert werden.

Variante 1: Anheben des Fußgängerstegs

Um den für die Oberleitung erforderliche lichte Höhe von mindestens 5,70 m zu erhalten, wird der Steg angehoben. Dies und die Elektrifizierung haben für das Bauwerk sowohl aus konstruktiver Sicht als auch bezüglich der einzuhaltenden Vorschriften folgende Konsequenzen:

- die beiden Zugangstreppen an den Enden des Stegs und die Pendelstützen müssen länger werden, wodurch die Stützen größere Knicklängen aufweisen. Darüber hinaus muss ein Berührungsschutz am Überbau befestigt werden.
- Der Steg ist beidseitig mit einem Berührungsschutz zu versehen, der aus Glasscheiben besteht, die am seitlichen Fachwerk vertikal montiert werden. Neben dem erhöhten Eigengewicht des Steges sind nun große vertikale Flächen auf dem Steg vorhanden, die durch Windlasten beansprucht werden. Es ist nachzuweisen ob das Tragwerk die zusätzlichen Lasten abtragen kann.
- Der Berührungsschutz im Bereich der Gleise 2, 3, 4 und 5 ergibt bei einer Höhe von 1,80 m und einer Länge von 24,5 m eine Angriffsfläche von ca. 45 m² je Stegseite. Die aus Windwirkung resultierenden Horizontalkräfte müssen sowohl vom Tragwerk des Steges selbst aufgenommen als auch von den Pendelstützen und den Treppenzugängen in den Baugrund abgetragen werden können.

Die horizontalen Windlasten führen zu erheblichen Kräften in Stegquerrichtung. Die Querkräfte ($H_k \sim 70 \text{ kN}$) erfordern eine zusätzliche Queraussteifung des Stegs. Zudem verursachen die Windlasten Torsionsbeanspruchungen ($m_t, k \sim 3,7 \text{ kNm/m}$) um die Längsachse des Stegs. Diese Torsionsbelastungen können nur über zusätzliche aussteifende Elemente aufgenommen werden. Die Stützen – davon sind auch die Stützen II und III betroffen – werden infolge dessen durch deutlich höhere Druckkräfte beansprucht, die sowohl aus dem zusätzlichen Eigengewicht als auch aus den zusätzlichen Windlasten resultieren, was zu einem Knickversagen der Stützen führen kann. Um dies zu verhindern wären auch die Stützen zu verstärken.

Da es durch die Anhebung des Überbau zu baulichen Änderungen an dem Brückenbauwerk kommt, müssen zudem die allgemeinen anerkannten Regeln der Technik (hier: DIN 1055-9) sowie die geltenden Richtlinien der DB AG (hier: Richtlinien 800.0130 und 804.1101 A 01) eingehalten werden. Dies führt zu folgenden Konsequenzen: • DIN 1055-9:2003-08, Abs. 6.4.1.2 (11) besagt, dass „Im lichten Abstand von $< 15,0 \text{ m}$ von der Gleisachse ... keine Pendelstützen stehen“ dürfen. Folglich sind die Stützkonstruktionen I und II gemäß DIN 1055-9:2003-08, Abs. 6.4.1.2 (5) „...als durchgehende Wände, gegebenenfalls auch mit Durchbrüchen, als wandartige Scheiben oder als Stützenreihen auszubilden.“ Die Mindestabmessungen für wandartigen Scheiben ($L = \text{Länge}$, $B = \text{Breite}$, $H = \text{Höhe}$) liegen hierfür gemäß DIN 1055-09:2003-08, Abs. 6.4.1.2 (5) bei „... $L : B \geq 4 : 1$ mit $L \geq H/2$, $B \geq 0,6 \text{ m}$...“.

Bei einer angenommen lichten Höhe von 6,0 m unter dem Steg wäre somit die Scheibe mindestens 3,00 m lang und mindestens 0,6 m breit. Die Standsicherheit der anprallgefährdeten Wandscheiben muss dann noch rechnerisch nachgewiesen werden. Wird die Stahlbetonscheibe mit einer Länge $L \geq 6,0 \text{ m}$, einer Breite $B \geq 1,2 \text{ m}$ sowie einer Zerschellschicht ausgeführt, kann auf die Nachweise von Stützenanprall und Stützensausfall verzichtet werden; siehe DIN 1055-09:2003-08; Abs. 6.4.1.2 (7).

Zusätzlich zur regelkonformen Ausbildung der Stützkonstruktionen nach DIN 1055-9:2003-08 ist der Lichtraumprofilabstand gemäß den Richtlinien der DB AG einzuhalten. Richtlinie 800.0130 (Bild 1) verlangt für den Lichtraumprofilabstand bei durchgehenden Hauptgleisen ein Mindestmaß von 2,50 m. In der Ril. 804.1101 A 01 wird ebenfalls ein Lichtraumprofilabstand von 2,50 m gefordert. Dieser Wert ist in der gegenwärtigen Situation bei Stütze I (zwischen den Gleisen 4 und 5) mit jeweils 2,469 m zu beiden Seiten unterschritten. Beim Einsatz von Wandscheiben (siehe oben) wäre der geforderte Lichtraumprofilabstand von 2,50 m zusätzlich eingeschränkt. Aus statischen Gründen kann auf die beiden Zwischenlager nicht verzichtet werden. Das gilt selbst für den Wegfall eines einzelnen Zwischenlagers (Stütze I). Für die aus dem Wegfall eines Zwischenlagers resultierenden veränderten Schnittgrößen und veränderten Lagerkräften ist die Brückenkonstruktion nicht bemessen. Eine Möglichkeit, den geforderten Lichtraumprofilabstand einzuhalten, besteht durch eine Veränderung der Gleislage. So müssten bei Stütze I die Gleise beiderseits der Stützen verschoben werden. Dies wäre zudem mit einem Eingriff in die benachbarten Weichen sowie in die Einfahrsituation in den Bahnhof verbunden.

Variante 2: Absenken der Gleise

Um die erforderliche lichte Höhe von mindestens 5,70 m unter dem Steg zu erhalten, besteht neben der Anhebung des Stegs die Möglichkeit die Gleisanlagen abzusenken.

Im Folgenden sind die erforderlichen Maßnahmen und Konsequenzen beschrieben, die sich aus einer Beibehaltung der Konstruktion des Stegs (Ausnahme: Befestigung des Berührungsschutzes; unter Variante 1 beschrieben) bei gleichzeitiger Änderung der Gleistrassierung im Bf. Biberach ergeben:

- Werden die Gleise um 56 cm abgesenkt, wirkt sich dies über die gesamte Länge des Mittelbahnsteiges aus. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass vor und hinter dem abgesenkten Gleisabschnitt jeweils noch ein Abschnitt mit geneigtem Gleis anzuordnen ist, um die Höhendifferenz zwischen vorhandener Schienenoberkante SO_{vorh} und geplanter Schienenoberkante SO_{neu} auszugleichen. Bei der Regelbahnsteigeneigung von 2,5‰ würde sich die Gradientenanpassung über eine Länge von 224 m auswirken. Somit wäre der gesamte Bahnsteig einschließlich der Fußgängerunterführung betroffen. Auch wenn durch Ausnahmegenehmigung die Bahnsteiglängsneigung erhöht werden könnte, muss ein Teil des neuen Bahnsteigs abgerissen und an die neue Gleishöhe angepasst werden. Außerdem sind Gradientenwechsel im Übergangsbogen zu vermeiden, wodurch sich der Anpassungsbereich nördlich des Stegs über weitere 280 m hinzieht. Der gesamte Umbaubereich zieht sich somit über einen halben Kilometer!
- Um den Lichtraumprofilabstand gemäß den Richtlinien der DB AG einzuhalten, müssen zudem bei Stütze I die Gleise beiderseits der Stützen verschoben werden. Richtlinie 800.0130 (Bild 1) verlangt für den Lichtraumprofilabstand bei durchgehenden Hauptgleisen ein Mindestmaß von 2,50 m. In Ril. 804.1101 A 01 wird ebenfalls ein Lichtraumprofilabstand von 2,50 m gefordert (siehe Variante 1). Durch diese Änderungen in der Gleistrassierung (Gleisabsenkung sowie seitliche Gleisverlegung) sind unmittelbar Weichenanlagen betroffen, die ebenfalls zu verlegen sind.

- Da die Pendelstützen von Anpralllasten durch entgleisende Züge geschützt werden müssen, sind die Gleise zusätzlich mit Führungsschienen zu versehen. Diese Führungen müssen gemäß DIN 1055-09:2003-08, Abs. 6.4.1.2 (2) mindestens 25 m vor den Pendelstützen beginnen.
- Wegen der neuen, niedrigeren Schienenoberkante ist zuletzt auch der Mittelbahnsteig baulich zu verändern, um diesen an die neue Höhe der Gleise anzupassen.
- Freilegen der Fundamente des Stahlstegs ist konstruktiv zu prüfen. Die Kosten für die beschriebenen umfangreichen baulichen Veränderungen in der Streckentrassierung sowie beim Bahnsteig belaufen sich nach einer ersten Abschätzung ohne Betriebserschwerungskosten bei mindestens 1,5 – 2,0 Mio. €.

Wie schon bei Variante 1 beschrieben, ist der Steg mit einem Berührungsschutz zu versehen, der aus Glasscheiben besteht, die am seitlichen Fachwerk vertikal montiert werden. Auf die sich daraus ergebenden zusätzlichen Belastungen wird an dieser Stelle nicht noch einmal eingegangen, sondern auf die entsprechenden Abschnitte bei Variante 1 verwiesen.

So erfordern diese Lasten eine zusätzliche Queraussteifung des Stegs sowie aussteifende Elemente zur Aufnahme der Torsionsbelastungen. Die Stützen sind ebenfalls zu verstärken, da bei diesen die Gefahr eines Knickversagens besteht.

6.9.5.3 Materialgüte des Stahls

Die SAG GmbH, Niederlassung Montabaur hat Anfang 2011 im Auftrag der Stadt Biberach ein Gutachten zur Materialgüte des Stahls der Stegkonstruktion erstellt. Dazu wurden 11 Proben an unterschiedlichen Stellen des Stegs entnommen.

Die chemische Elementanalyse ergab, dass 91 % der Proben einen überhöhten Stickstoffgehalt aufweisen. Ein überhöhter Stickstoffgehalt führt bei Stahl zur Versprödung. Eine Folge der Versprödung ist das Spröbruchverhalten des Materials. Dieses zeichnet sich durch schlagartiges Bauteilversagen ohne Vorankündigung aus. Im Gegensatz zu duktilem Materialversagen, welches sich durch (große) Verformungen ankündigt.

Neben der Versprödung bewirkt der überhöhte Stickstoffgehalt bei auf Zug beanspruchten Profilen zudem eine Minderung der Bruchlast. Auch wenn die Tragfähigkeit des bestehenden Fußgängerstegs anhand des Gutachtens quantitativ nicht erfasst werden kann, bleibt dennoch festzuhalten, dass durch die Versprödung des Materials die Tragfähigkeit herabgesetzt ist und die Gefahr eines plötzlichen Versagens ohne Vorankündigung bei Erreichen der Bruchlast besteht.

6.9.5.4 Fazit

Betrachtet wurden zwei Varianten, die es ermöglichen, die Strecke 4500 im Bf. Biberach an der Riß zu elektrifizieren, ohne den denkmalgeschützten Fußgängerstegs rückbauen zu müssen:

Bei Variante 1 - Anheben des Steges - hat sich herausgestellt, dass der bestehende Fußgängersteg für die geplante Elektrifizierung der Strecke baulich nicht verändert werden kann, ohne gegen die allgemeinen anerkannten Regeln der Technik und das geltende Regelwerk der DB AG zu verstoßen.

Die Belange des Denkmalschutzes sind nach gravierenden Eingriffen in die Konstruktion mit Ergänzung der Zugangstreppen, Stahlbetonscheibe anstatt Pendelstütze aus Stahl, zusätzlicher Berührungsschutz am Überbau und ggf. Ertüchtigungsmaßnahmen am Überbau wegen geändertem statischen System, nicht mehr hinreichend erfüllt.

Bei Variante 2 - Absenken der Gleise - wurde untersucht, die Gleistrasse im Bf. Biberach abzusenken, um auf diese Weise die Elektrifizierung durchführen zu können, ohne in die Konstruktion des denkmalgeschützten Steges einzugreifen. Die Höhe der Kosten für die Gleisabsenkung mit den notwendigen Anpassungen der Bahnsteige und der Fußgängerunterführung (Eingriff in den Bahnbetrieb) zeigt, dass die betrachtete Variante 2 unwirtschaftlich ist und die damit verbundenen Kosten in keinem Verhältnis zum erzielten Nutzen stehen.

Für beide Varianten gilt:

- Die Materialgüte des Stahls im gegenwärtigen Zustand die Tragfähigkeit der Konstruktion des Fußgängersteges durch einen überhöhten Stickstoffgehalt herabgesetzt ist und die Gefahr von Spröbruchversagen besteht.
- Beim Tragwerk des Fußgängersteges ist nicht davon auszugehen, dass dieses in der Lage ist, die zusätzlichen Kräfte aus dem Berührungsschutz und den horizontalen Windlasten ohne Verstärkungsmaßnahmen aufzunehmen.

Aus der Summe der genannten Gründe und den Ergebnissen der Variantenuntersuchungen sowie der Bewertung der Stahlgüte erfolgt der Rückbau des Fußgängersteges im Zuge der Elektrifizierung.

Da in einem Abstand von ca. 240 m eine Fußgängerunterführung vorhanden ist, die die Funktion des Stegs übernehmen kann, ist ein Ersatzbau nicht erforderlich.