



Universitätsstadt Siegen

Straßenüberführung (SÜ) der Freudenberger Straße über die Bahn „Hufeisenbrücke“

Machbarkeitsstudie

bearbeitet:



SCHMIDT
Ingenieurbüro für Bauwesen

Lennestadt, 03.02.2020

Inhaltsverzeichnis

1	AUFGABENSTELLUNG UND VERANLASSUNG	3
2	GRUNDLAGENERMITTLUNG	5
3	VARIANTENUNTERSUCHUNG	6
3.1	Variante 1a - Rampen und Straßenbrücke im Bogen	6
3.1.1	Verkehrstechnische Grundlagen.....	6
3.1.2	Konstruktive Grundlagen.....	7
3.1.3	Oberleitung im Brückenbereich	10
3.1.4	Planungsvorschlag Brückenkonstruktion und Rampen	10
3.1.5	Kostenausblick.....	13
3.2	Variante 1b - Rampen und Straßenbrücke in Geraden.....	15
3.2.1	Verkehrstechnische Grundlagen.....	15
3.2.2	Konstruktive Grundlagen.....	15
3.2.3	Oberleitung im Brückenbereich	15
3.2.4	Planungsvorschlag Brückenkonstruktion	15
3.3	Variante 2 - Rampen und Radweg-/Fußgängerbrücke	17
3.3.1	Verkehrstechnische Grundlagen.....	17
3.3.2	Konstruktive Grundlagen.....	19
3.3.3	Oberleitung im Brückenbereich	19
3.3.4	Planungsvorschlag Brückenkonstruktion	19
3.3.5	Kostenausblick.....	22
3.4	Variante 3 - Rampen und Rad- und Gehwegunterführung	23
3.4.1	Verkehrstechnische Grundlagen.....	23
3.4.2	Konstruktive Grundlagen.....	23
3.4.3	Oberleitung im Querungsbereich	24
3.4.4	Planungsvorschlag Brückenkonstruktion	24
3.4.5	Kostenausblick.....	26
3.5	Kostenzusammenstellung.....	27
4	FAZIT	28

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 – Draufsicht Variante 1a - Rampen und Straßenbrücke im Bogen
- Anlage 2 – Längsschnitt Variante 1a - Rampen und Straßenbrücke im Bogen
- Anlage 3 – Draufsicht Variante 1b - Rampen und Straßenbrücke in einer Geraden
- Anlage 4 – Draufsicht Variante 2 - Rampen und Rad- und Gehwegbrücke
- Anlage 5 – Längsschnitt Variante 2 - Rampen und Rad- und Gehwegbrücke
- Anlage 6 – Draufsicht Variante 3 - Rampen und Rad- und Gehwegunterführung
- Anlage 7 – Längsschnitt Variante 3 - Rampen und Rad- und Gehwegunterführung

1 Aufgabenstellung und Veranlassung

Gegenstand der vorliegenden Machbarkeitsstudie ist die Hufeisenbrücke am Hauptbahnhof Siegen. Im Rahmen der bisherigen Bearbeitungen wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Brückenhauptprüfung vom 29.08. – 01.12.2014
(Büro Feldmann, Olpe)
- Brückensonderprüfung Feld 2 vom 19.11.-20.11.2016
(Ing.-büro Schmidt, Lennestadt)
- Brückensonderprüfung Feld 1 vom 26.11.-27.11.2016
(Ing.-büro Schmidt, Lennestadt)
- Sanierungskonzept vom 13.02.2017
(Ing.-büro Schmidt, Lennestadt)
- Vorprüfung zur statischen Nachrechnung
(Ing.-büro Schmidt, Lennestadt)
- Statische Berechnung zur Beurteilung der Standsicherheit mittels
Schnittgrößenvergleich (Ing.-büro Schmidt, Lennestadt)
- Erstellung eines temporären Betriebskonzepts bis 2028

Im Rahmen der hier vorliegenden Machbarkeitsstudie sollen verschiedene Lösungsmöglichkeiten für die künftige Verkehrsführung zur Querung der Gleise aufgezeigt werden. Ferner sollen entsprechende grobe Kostennoten für die einzelnen Varianten dargestellt werden.

Die von Seiten des Auftraggebers formulierte Aufgabenstellung setzt sich wie folgt zusammen:

Konzeptionelle planerische Bearbeitung von 4 Varianten:

- Variante 1a - Rampen und Straßenbrücke im Bogen
- Variante 1b - Rampen und Straßenbrücke in einer Geraden
- Variante 2 - Rampen mit Rad- und Gehwegbrücke
- Variante 3 - Rampen mit Rad- und Gehwegunterführung

1. Darstellung in einem konzeptionellen Lageplan und Längsschnitt unter Berücksichtigung von erforderlichen Mindestabständen zu Anlagen des Eisenbahnverkehrs.
2. Festlegung des Abstands zwischen UK Brückenkonstruktion und Oberleitung anhand des gültigen Regelwerks der DB Netz AG.
3. Konstruktive Festlegungen der Konstruktionen entsprechend den Eisenbahntechnischen Richtlinien.
4. Berücksichtigung der vorhandenen Bestandsleitungen/Infrastruktur im Rahmen der planerischen Bearbeitung.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die in der Machbarkeitsstudie genannten Kosten allenfalls Anhaltspunkte sind und nur als Entscheidungsgrundlage für die weitere Vorgehensweise dienen können. Die Kostenansätze basieren auf Maßnahmen vergleichbaren Ausmaß. Um belastbare Kostengrößen für ggf. durchzuführende Budgetierungen zu erhalten, muss man bereits tief in die Planung einsteigen. Hierzu sind umfangreiche planerische und statische Untersuchungen erforderlich. Ferner sind erste detailliertere Lösungsansätze mit sämtlichen Beteiligten der DB Netz und DB S&S abzustimmen. Insbesondere für das Thema Oberleitung muss ein Oberleitungsplaner hinzugezogen werden. Dieses macht erst Sinn, wenn man konkret weiß, in welche Richtung sich das Projekt bewegen wird.

2 Grundlagenermittlung

Durch die vermessungstechnische Abteilung der Stadt Siegen wurde eine erste topographische Geländeaufnahme der örtlichen Gegebenheiten durchgeführt. Das Aufmaß beinhaltet folgende Daten:

- Bestandserfassung der vorhandenen Topographie auf der Brücke
- Aufmaß der Gleise und Bahnsteige durch Drohnenbefliegung (Genauigkeit nur bis 10cm für die hier vorliegende Untersuchung ausreichend)
- Erstellung eines Orthofotos

Ferner liegen der Machbarkeitsstudie folgende Unterlagen zugrunde:

- Ivl-Pläne der Deutschen Bahn
- Bestandsunterlagen und Bestandsaufmaße aus der Brückenmaßnahme am Bf Siegen
- Ergebnisse der Anfrage auf Kampfmittel aus der Brückenmaßnahme am Bf Siegen

Nach Auskunft der Stadt Siegen sind die beiden Auffahrtrampen auf das Brückenbauwerk in einem schlechten baulichen Zustand. Ein Erhalt der Rampen ist langfristig durch Sanierungsmaßnahmen nicht mehr wirtschaftlich möglich. Insofern sind in allen Varianten der Rück- und Neubau von Rampenanlagen enthalten. Der Bau der Rampenanlagen erfolgt mit beidseitig aufgehenden Wänden. Dies ist zum einen wirtschaftlicher und zum anderen in der Nähe von Eisenbahnstrecken aufgrund der Anprallgefahr durch Eisenbahnfahrzeuge günstiger.

Bzgl. des Verdachts auf Kampfmittel muss man davon ausgehen, dass der gesamte Bereich betroffen ist. Nach Aussage der Bezirksregierung ist die Auswertung von Luftbildern aufgrund der Qualität (Schlagschatten von Waggons und Bewuchs) zum Teil nur bedingt möglich. Es sind in jedem Fall Maßnahmen zur Kampfmittelbeseitigung vorzusehen.

3 Variantenuntersuchung

3.1 Variante 1a - Rampen und Straßenbrücke im Bogen

3.1.1 Verkehrstechnische Grundlagen

Die Herstellung einer neuen Straßenbrücke sollte aus rein verkehrsplanerischer Sicht in derselben Trasse und mit denselben Aufweitungen erfolgen, wie die bestehende Brücke. Die Untersuchung der Schleppkurven hat ergeben, dass der Kurvenverlauf und der Verlauf der Aufweitungen fahrgeometrisch ideal sind. Die nachfolgende Abbildung zeigt den Schleppkurvenverlauf eines Gelenkbusses auf der bestehenden Brücke.

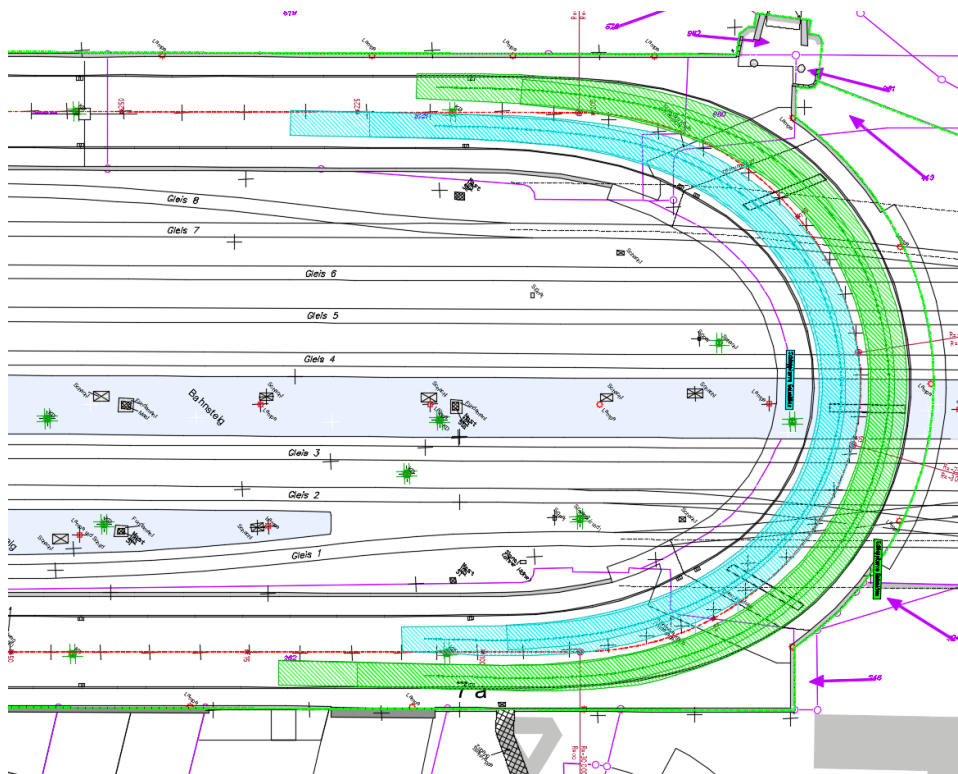


Abb. 1: Schleppkurvenverlauf des Gelenkbusses auf der vermessenen Brücke

Die Herstellung eines Brückenbauwerks mit einem Verlauf senkrecht zu den Gleisachsen ist fahrgeometrisch ungünstiger. Dieser Verlauf entspräche dem ursprünglichen Brückenbauwerk vor der Herstellung der Hufeisenbrücke und wird in der Variante 1b behandelt.

Die Neigungsverhältnisse der heutigen Rampen betragen auf beiden Seiten ca. 5,5-6,0%. Dieses entspricht auch den ursprünglichen Planunterlagen. Aufgrund der Länge der Rampen mit jeweils ca. 100-120m sind jedoch auch diese Rampen nicht als barrierefrei im heutigen Verständnis und nach der heutigen Normenlage anzusehen, da entsprechende Podeste fehlen.

3.1.2 Konstruktive Grundlagen

Die lichte Höhe des Brückenbauwerks richtet sich nach der Ril 997.0101 Anhang 1. Hier ist in der Tabelle 3 folgendes abgebildet:

2 Lichte Höhe und Weite von Bauwerken	
Lichte Höhe für Überbauten	(1) Bei elektrifizierten und zur Elektrifizierung vorgesehenen Strecken sollen mindestens die lichten Höhen für Überbauten nach Tabelle 3 berücksichtigt werden.

Tabelle 3		Minimale lichte Höhen für Überbauten
Freie Strecke im Normalbereich der Kettenwerke		Freie Strecke im Bereich von Nachspannungen, Streckentrennungen, Streckentrennern und in Bahnhöfen
$v \leq 160 \text{ km/h}$	$v \leq 200 \text{ km/h}$	$v \leq 200 \text{ km/h}$
5,70 m ¹⁾	5,90 m ¹⁾	6,20 m ²⁾

¹⁾ Lichte Bauwerkshöhe unabhängig von der Bauwerksbreite und der Lage des Bauwerkes bei Anordnung der Oberleitung an Einzelstützpunkten.

²⁾ max. Bauwerksbreite 15 m;
Lage des Bauwerkes mittig über dem Parallelfeld der Nachspannungen und Streckentrennungen und senkrecht zum Gleis.

Abb. 2: Auszug Ril 997.0101 Anhang 1

Gem. Tabelle 3 ergibt sich für Überbauten im Bereich von Bahnhöfen bei elektrifizierten Gleisen eine mindestens erforderliche lichte Höhe von 6,20m über SO (Schienenoberkante). Das nachfolgende Aufmaß der Oberleitung durch die DB zeigt die heutige Höhensituation am Bauwerk.

FH = Fahrdrahthöhe über SO

Abb. 3: Aufmaß Oberleitung DB Netz AG vom 13.06.2012

Gemäß Ril. 804.1101 (Eisenbahnbrücken [und sonstige Ingenieurbauwerke] planen, bauen und instandhalten), Seite 42, Kapitel 7.1 gelten für Stützen und Pfeiler, die durch Anprall gefährdet werden können die Regelungen nach DIN EN 1991-1-7 und M 804.2101. Der Anwendungsbereich „Anprall von Eisenbahnfahrzeugen“ ist in der DIN

EN 1991-1-7 Abschnitt 4.5 (Außergewöhnliche Einwirkungen infolge Entgleisung von Eisenbahnfahrzeugen auf Bauwerke neben oder über Gleisen) beschrieben.

Innerhalb eines Abstands von 5m muss mit Anpralllasten an das Bauwerk gerechnet werden. Demzufolge sollte im Rahmen einer Bauwerksplanung davon ausgegangen werden, dass die Pfeiler einen Abstand von mind. 5m aus der Gleisachse aufweisen. Bei geringeren Abständen kann man davon ausgehen, dass bestimmte Anprallkonstruktion erforderlich werden. In diesem Fall muss eine UiG (Unternehmensinterne Genehmigung) durch die DB und eine ZiE (Zustimmung im Einzelfall) durch das Eisenbahnbundesamt erfolgen. Beide Verfahren verkomplizieren den Planungsprozess erheblich.

Die bestehenden eisenbahnverkehrlichen Verhältnisse innerhalb des Bahnhofsbereichs haben erheblichen Einfluss auf die Wahl des Bauverfahrens. Der langwierige Bau einer Ort betonkonstruktion, wie er Anfang der 60iger Jahre im Zusammenhang mit der Elektrifizierung der Strecken noch möglich war, ist für die heutige Situation nicht mehr denkbar. Ziel kann und muss es sein, die Bauzeit für die Konstruktion so gering wie möglich zu halten. Eingriffe in den Eisenbahnbetrieb durch Traggerüste für Schalungen und Ähnliches sind kaum denkbar. Aus diesem Grund kommt für das neue Brückenbauwerk ausschließlich eine relativ leichte Stahlkonstruktion in Frage, die von außen auf vorbereitete Pfeiler und Widerlager aufgesetzt wird. Aufgrund der erforderlichen lichten Höhe mit 6,20m und einer damit zusammenhängenden Anhebung der Brückenunterkante um rd. 70cm (s.o.) ist es erforderlich eine Trogkonstruktion als Stahlfachwerk auszubilden. Die Herstellung einer Stahlkonstruktion im Bogen stellt besondere Herausforderungen an die Konstruktion, da die Querschnitte neben Biegemomenten, Normal- und Querkräften auch Torsionsmomente aufnehmen müssen. Somit sind Planung und Herstellung sehr komplex.

Im Rahmen der Bearbeitung geht der Unterzeichner davon aus, dass alle Pfeiler erneuert werden müssen, zumal die äußeren Pfeiler als Pendelstützen fungieren. Die

Gründung der neuen Pfeiler und Widerlager muss aufgrund der Erfahrungen aus der Maßnahme am Bahnhof Siegen voraussichtlich über Ortbetonpfähle erfolgen.

3.1.3 Oberleitung im Brückenbereich

Im heutigen Zustand ist die Oberleitung an dem vorhandenen Brückenbauwerk befestigt. Im Rahmen des neuen Brückenbaus kann die Oberleitung nicht mehr an dem Brückenbauwerk befestigt werden, sondern muss über eigene Maste verfügen. Dieses erfordert eine separate Planung und führt zu erheblichen zusätzlichen Kosten.

3.1.4 Planungsvorschlag Brückenkonstruktion und Rampen

Der vorhandene Brückenquerschnitt hat folgende Abmessungen:

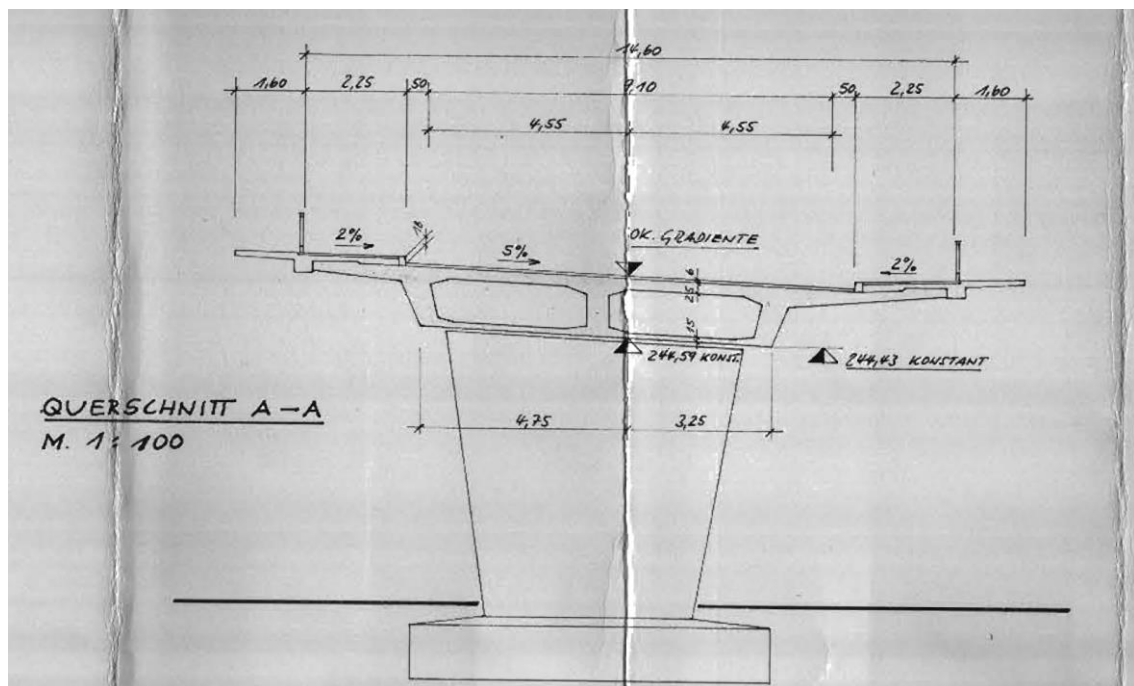


Abb. 4: Vorh. Brückenquerschnitt

Aus dem Aufmaß ergibt sich folgende Höhensituation am Brückenabschluss.

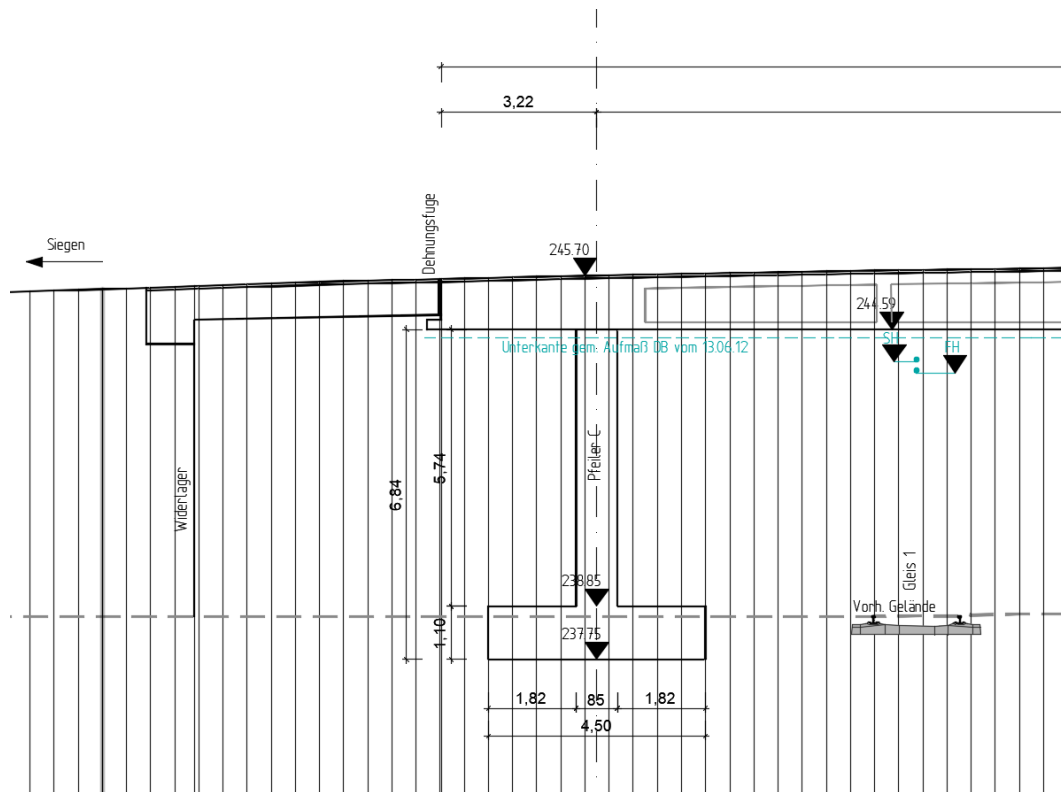


Abb. 5: Auszug Brückenlängsschnitt (Grundlage: Top-Aufnahme Stadt Siegen)

Unter Berücksichtigung eines bestehenden Asphaltaufbaus von rd. 5cm (s. Bohrkernentnahme Implenja 2016) ergibt sich am Überbauende eine Querschnittshöhe von $245.70 - 244.59 - 0.05 = 1.06\text{m}$. Die Stärke der neuen Fahrbahnplatte einschl. Belag wird mit 60cm geschätzt. Durch die erforderliche Anhebung der Brückenunterkante um rd. 70cm ergibt sich eine erforderliche Anhebung des Fahrbahnniveaus um rd.:

$$\text{Anhebung Gradiente} = -1.06\text{m} + 0.70\text{m} + 0.60\text{m} = 0.24\text{m} \Rightarrow \text{rd. } 30\text{cm}$$

Die Anhebung der Gradientenneigung der Fahrbahn auf dem neuen Rampenbauwerk ist grundsätzlich denkbar. Die Abwicklung des zusätzlichen Höhenunterschieds kann auf der gesamten Länge auf beiden Seiten ausgeglichen werden.

Im Schnitt sieht das Brückenbauwerk folgendermaßen aus:

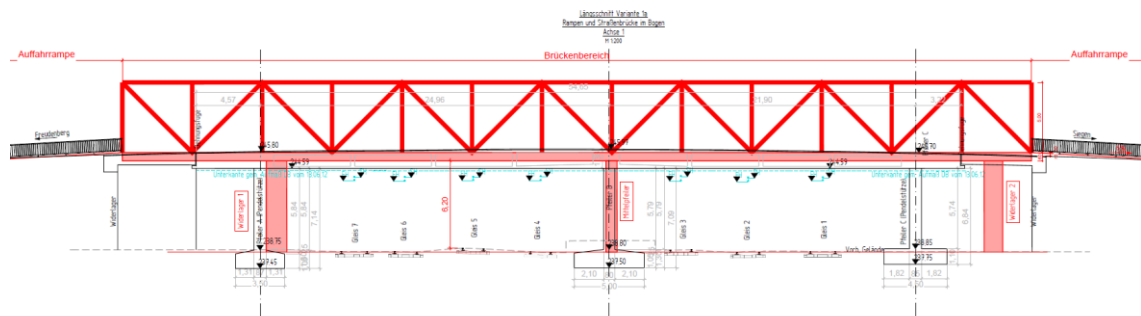


Abb. 6: Schnitt Straßenbrücke Stahlfachwerk im Bogen, lichte Höhe 6,20m

In der Draufsicht folgt die Konstruktion weitestgehend dem heutigen Verlauf.

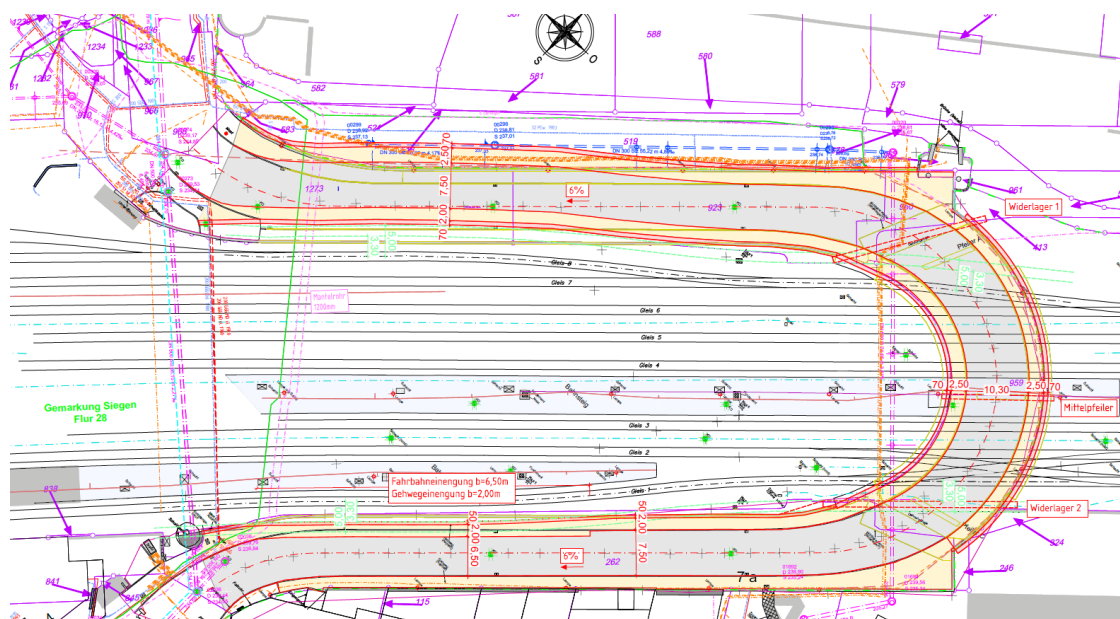


Abb. 7: Draufsicht Straßenbrücke Stahlfachwerk im Bogen

Die Widerlagerwände müssen einen Abstand von den Gleisachsen von mind. 3,30m aufweisen und müssen gegen Anpralllasten geschützt werden. Ein Abstand von 5,00m ist aufgrund der Bauwerksgeometrie ggf. nicht realisierbar. Der Überbau der Konstruktion muss nach Herstellung der Pfeiler mit Schwerlastkränen eingehoben werden. Die Schwerlastkräne müssen im Bereich der zurückgebauten Rampen stehen.

Die nördliche Rampe kann in Form einer Brückenkonstruktion mit Pfeilern in einem Abstand von $>5\text{m}$ von der Gleisachse hergestellt werden. Wirtschaftlicher ist hier jedoch voraussichtlich eine Lösung mit Stützwänden in Form einer Trogkonstruktion. Eine Verschwenkung der Fahrbahn ist zur Einhaltung der seitlichen Abstände zur Gleisanlage erforderlich. Am Rampenfuß bindet die Fahrbahn wieder auf die bestehende Straße an. Beidseitige Gehwege werden mitgeführt.

Die südliche Rampe muss aufgrund der Platzverhältnisse mit seitlich aufgehenden Mauern (z.B. Trogkonstruktion) hergestellt werden. Der Abstand zur Gleisachse wird $<5\text{m}$ betragen, so dass sich hier keine Pfeilerlösung anbietet. Ferner muss aufgrund der erforderlichen Gleisabstände voraussichtlich eine Reduzierung der Fahrbahnbreite und der Gehwegbreite vorgesehen werden.

Die Anbindung der vorhandenen Fußgängerbrücke über die B54 ist nach wie vor möglich, da die Höhenanpassungen aufgrund der gewählten Konstruktion relativ gering sind und durch Änderung der Gefälleverhältnisse beherrschbar bleiben.

Die Herstellung einer solchen gebogenen Fachwerkkonstruktion ist statisch gesehen ein räumliches Tragwerk und bedarf einer umfangreichen statischen Untersuchung. Insbesondere der sehr enge Kurvenradius ist hier als kritisch anzusehen. Es muss an dieser Stelle ggf. über aufwendige Seilkonstruktionen nachgedacht werden. Der Bau eines solchen Brückenbauwerks über die 7-gleisige Eisenbahnstrecke stellt in planerischer, statischer und organisatorisch-bautechnischer Sicht eine enorme Herausforderung dar. Die erheblichen Kosten dieser Variante sind in dem nachfolgenden Kapitel zusammengestellt.

3.1.5 Kostenausblick

Die Kosten einer gebogenen Fachwerkkonstruktion einschl. der Herstellung neuer Pfeiler sowie der neuen Rampen und Gehwegbereiche werden wie folgt geschätzt:



Pos.	Beschreibung	Menge	EP	GP
1	Baustelleneinrichtung	1 psch		500.000,00 €
2	Verkehrssicherung, Umleitung, Teilsperren	1 psch		50.000,00 €
3	Baufeld freimachen	1 psch	20.000,00 €	20.000,00 €
4	Abbruch der vorhandenen Brücke	1 psch	600.000,00 €	600.000,00 €
5	Rückbau der Rampen (umb. Raum)	12000 m3	60,00 €	720.000,00 €
6	Brückenneubau Stahlfachwerk (gebogen)	1100 m2	7.000,00 €	7.700.000,00 €
7	Einsatz Schwerlastkräne inkl. Vorbereitung	1 psch	300.000,00 €	300.000,00 €
8	Herstellung Rampen mit Mauern	12000 m3	150,00 €	1.800.000,00 €
9	Straßenbauarbeiten Rampen	1500 m2	150,00 €	225.000,00 €
10	Oberleitungsarbeiten Vorübergehende Reparaturarbeiten alte	1 psch	500.000,00 €	500.000,00 €
11	Brücke über 10 Jahre BüB, Betra, Einweisung, Besprechungen,	1 psch	150.000,00 €	150.000,00 €
12	Baubetriebsanmeldung, OL-Erdung	1 psch	50.000,00 €	50.000,00 €
13	Unvorhergesehenes (20%)	1 psch		2.523.000,00 €
14	Baunebenkosten (rd. 20%)	1 psch		3.027.600,00 €
netto				18.165.600,00 €
MwSt. 19%				3.451.464,00 €
brutto				21.617.064,00 €

Die geschätzten Herstellungskosten einschl. der Baunebenkosten für die Herstellung einer neuen Straßenbrücke in gleicher Verkehrsqualität betragen voraussichtlich rd. 21,6 Mio EUR.

3.2 Variante 1b - Rampen und Straßenbrücke in Geraden

3.2.1 Verkehrstechnische Grundlagen

Die Trassierung der Brücke erfolgt senkrecht zu den Gleisen. Die Anbindung an die neuen Rampen muss entsprechend der Schleppkurvengeometrie erfolgen.

3.2.2 Konstruktive Grundlagen

Grundsätzlich gelten für die gerade Straßenbrücke dieselben eisenbahnrechtlichen Grundlagen, wie für die gebogene Straßenbrücke der Variante 1a. In statischer Hinsicht ist das Bauwerk jedoch deutlich einfacher. Es handelt sich um gerade Durchlaufträger in Form eines fachwerkförmigen Trogbauwerks. Sämtliche Pfeiler müssen erneuert werden. Der Mittelpfeiler muss an einer neuen Position angeordnet werden

3.2.3 Oberleitung im Brückenbereich

Es gelten die Festlegung aus der Variante 1a.

3.2.4 Planungsvorschlag Brückenkonstruktion

Die nachfolgende Abbildung stellt die Draufsicht des Brückenbauwerks dar.

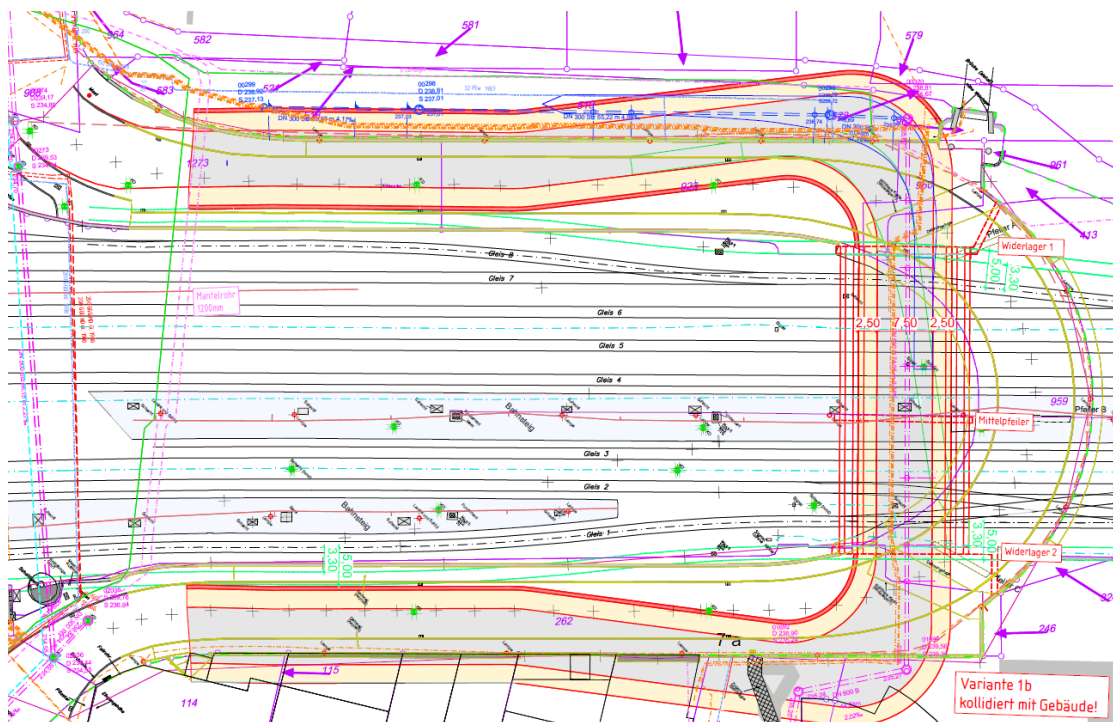


Abb. 8: Draufsicht Straßenbrücke gerade Trassierung

Die nördliche Anbindung einer neuen Rampe an eine derartige Brücke unter Berücksichtigung der Schleppkurven von Gelenkbussen ist grundsätzlich möglich. Im südlichen Bereich jedoch ist eine Anbindung aufgrund der Schleppkurvengeometrie **nicht** möglich. Die hier vorhandenen Gebäude behindern eine Ausweitung des Ausfahrbereichs, so dass die Variante 1b insgesamt weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll ist. Der aufwendige Bau von Rampen ist nur sinnvoll, wenn die fahrgeometrisch erforderlichen Flächen hergestellt werden können.

Somit ist die Variante 1b aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht umsetzbar.

3.3 Variante 2 - Rampen und Radweg-/Fußgängerbrücke

3.3.1 Verkehrstechnische Grundlagen

Die Herstellung einer Geh- und Radwegbrücke über die Gleisanlagen der DB sollten aufgrund der Höhenverhältnisse und der bestehenden Verkehrsverhältnisse in der heutigen Trasse der Straßenbrücke erfolgen. Die Breite der Konstruktion richtet sich nach den Maßgaben der ERA 2010 (Empfehlungen für Radverkehrsanlagen). In Kapitel 2 werden folgende Verkehrsräume für den Radverkehr festgelegt.

Anlagentyp	Breite der Radverkehrsanlage (jeweils einschließlich Markierung)		Breite des Sicherheitstrennstreifens		
			zur Fahrbahn	zu Längsparkständen (2,00 m)	zu Schräg-/ Senkrechtparkständen
Schutzstreifen	Regelmaß	1,50 m	—	Sicherheitsraum ¹⁾ : 0,25 m bis 0,50 m	Sicherheitsraum: 0,75 m
	Mindestmaß	1,25 m			
Radfahrstreifen	Regelmaß (einschließlich Markierung)	1,85 m			
Einrichtungsradweg	Regelmaß (bei geringer Radverkehrsstärke)	2,00 m (1,60 m)	0,50 m 0,75 m (bei festen Einbauten bzw. hoher Verkehrsstärke)	0,75 m	1,10 m (Überhangstreifen kann darauf angerechnet werden)
beidseitiger Zweirichtungsradweg	Regelmaß (bei geringer Radverkehrsstärke)	2,50 m (2,00 m)		0,75 m	
einseitiger Zweirichtungsradweg	Regelmaß (bei geringer Radverkehrsstärke)	3,00 m (2,50 m)			
gemeinsamer Geh- und Radweg (innerorts)	abhängig von Fußgänger- und Radverkehrsstärke, vgl. Abschnitt 3.6	≥ 2,50 m			
gemeinsamer Geh- und Radweg (außerorts)	Regelmaß	2,50 m	1,75 m bei Landstraßen (Regelmaß)		

¹⁾ Ein Sicherheitsraum muss im Gegensatz zum Sicherheitstrennstreifen nicht baulich oder markierungstechnisch ausgeprägt sein.

Abb. 9: Auszug ERA 2010, Tabelle 5 – Breitenmaße von Radverkehrsanlagen

Unter Berücksichtigung der erforderlichen Sicherheitsräume ist für getrennte Geh- und Radwege innerorts folgende Breite erforderlich.

$$\begin{aligned}
 \text{Gesamtbreite} &= 0,25\text{m Sicherheitsraum} \\
 &+ 2,50\text{m Gehweg} \\
 &+ 0,50\text{m Sicherheitsraum} \\
 &+ 2,50\text{m Radweg} \\
 &+ 0,25\text{m Sicherheitsraum} \\
 &= 6,00\text{m}
 \end{aligned}$$

Die lichte Gesamtbreite der Brückenkonstruktion beträgt $b=6,00\text{m}$.

Mindestkurvenradien ergeben sich nach der ERA 2010 gem. folgender Tabelle:

Geschwindigkeit [km/h]	Mindestkurvenradien R_{\min} [m]		Kuppenhalbmesser min H_K [m]	Wannenhalbmesser min H_W [m]	Anhalteweg bei nasser Oberfläche [m]
	Asphalt/ Beton	ungebundene Decken			
20	10	15	40	25	15
30	20	35	80	50	25
40	30	70	150	100	40

Steigung [%]	max. Länge der Steigungsstrecke [m]
10	20
6	65
5	120
4	250
3	> 250

Abb. 10: Tabellen 6+7 der ERA 2010

3.3.2 Konstruktive Grundlagen

Grundsätzlich gelten für die Geh- und Radwegbrücke dieselben eisenbahnrechtlichen Grundlagen wie für die Straßenbrücke. Aufgrund der nicht maßgebenden Schleppkurvenverhältnisse kann jedoch die Konstruktion deutlich einfacher gestaltet werden, als die Straßenbrücke. Die Trassierung der Brücke in einem Bogen ist nicht erforderlich. Dies hat statisch-konstruktiv viele Vorteile und ist vor dem Hintergrund der Baukosten deutlich wirtschaftlicher herstellbar. Auch für die neue Brückenkonstruktion müssen neue Widerlager und Pfeiler hergestellt werden. Die alten äußeren Pendelpfeiler sind für die neue Konstruktion nicht nutzbar. Ob der bestehende Mittelpfeiler nutzbar ist, muss im Rahmen einer Entwurfsplanung im Detail geprüft werden. Auch die seitlichen Rampen werden nach dem Abbruch der baufälligen Konstruktionen neu hergestellt. Die Machbarkeitsstudie geht davon, dass der Mittelpfeiler neu hergestellt werden muss.

3.3.3 Oberleitung im Brückenbereich

Im Rahmen des neuen Brückenbaus muss analog zur Variante 1a die Oberleitung neu geplant und voraussichtlich über eigenständige Maste gestützt werden. Dies erfordert eine separate Planung und führt zu zusätzlichen Kosten.

3.3.4 Planungsvorschlag Brückenkonstruktion

Die nachfolgende Abbildung stellt beispielhaft einen entsprechenden Brückenquerschnitt dar.

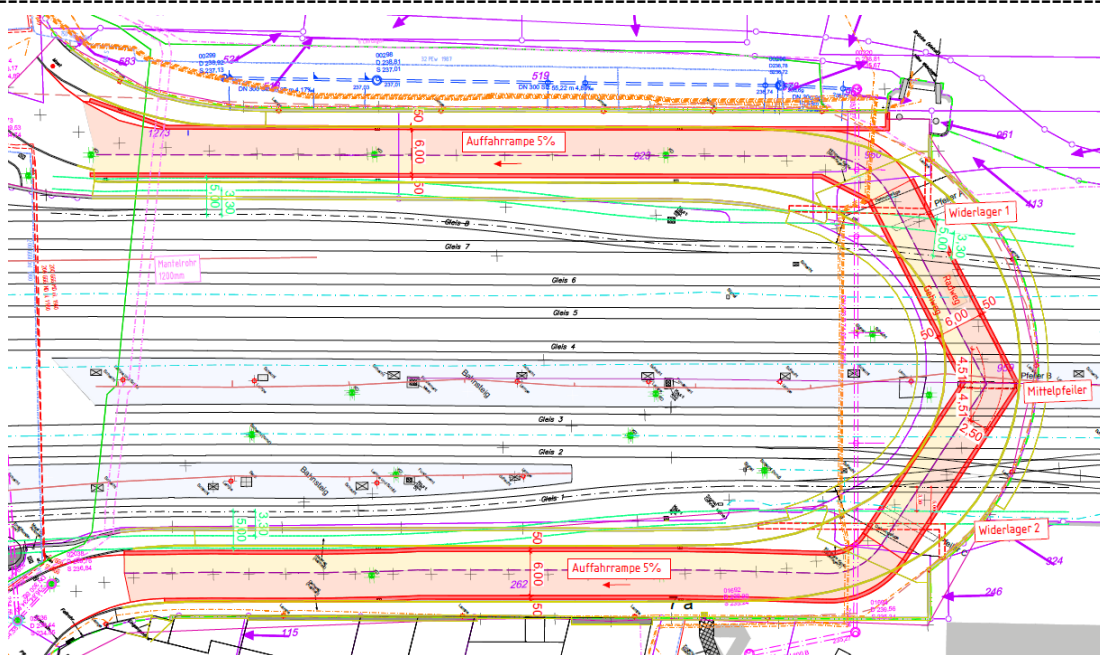


Abb. 12: Draufsicht Konzept Rad- und Gehwegbrücke

Die Brückenträger werden geradlinig konzipiert. Die Befahrbarkeit für Radfahrer kann über die entsprechenden Radien sichergestellt werden. Der Fußwegverkehr wird auf der Innenseite des Brückenbauwerks angeordnet, damit für den Radverkehr größere Radien möglich sind. Die Lage des Mittelpfeilers wird nicht verändert, wohingegen an die Stelle der heutigen Endpfeiler neue Widerlager hergestellt werden müssen.

Die Stärke der Fahrbahnplatte einschl. Belag wird mit 30cm geschätzt. Durch die erforderliche Anhebung der Brückenunterkante um rd. 70cm ergibt sich eine erforderliche Anhebung des Fahrbahnniveaus um rd.:

$$\text{Anhebung Gradiente} = -1.06\text{m} + 0.70\text{m} + 0.30\text{m} = \text{ca. } 0\text{cm}$$

Es ist somit davon auszugehen, dass eine Änderung der Rampenhöhen gegenüber heute aufgrund der Höhenlage nicht erforderlich ist. Die höhengleiche Anbindung der vorhandenen Fußgängerbrücke über die B54 ist somit auch möglich.

3.3.5 Kostenausblick

Die Kosten einer Radwegbrücke einschl. der Herstellung neuer Pfeiler werden wie folgt geschätzt:

Pos.	Beschreibung	Menge	EP	GP
1	Baustelleneinrichtung	1 psch		200.000,00 €
2	Verkehrssicherung, Umleitung, Teilsperren	1 psch		50.000,00 €
3	Baufeld freimachen	1 psch	20.000,00 €	20.000,00 €
4	Abbruch der vorhandenen Brücke	1 psch	600.000,00 €	600.000,00 €
5	Rückbau der Rampen (umb. Raum)	12000 m3	60,00 €	720.000,00 €
6	Brückenneubau Stahlfachwerk (gerade)	350 m2	5.000,00 €	1.750.000,00 €
7	Einsatz Schwerlastkräne inkl. Vorbereitung	1 psch	300.000,00 €	300.000,00 €
8	Herstellung Rampen mit Mauern	6000 m3	150,00 €	900.000,00 €
9	Straßenbauarbeiten Rampen	1700 m2	150,00 €	255.000,00 €
10	Oberleitungsarbeiten	1 psch	500.000,00 €	500.000,00 €
	Vorübergehende Reparaturarbeiten alte			
11	Brücke über 10 Jahre	1 psch	150.000,00 €	150.000,00 €
	BüB, Betra, Einweisung, Besprechungen,			
12	Baubetriebsanmeldung, OL-Erdung	1 psch	50.000,00 €	50.000,00 €
13	Unvorhergesehenes (20%)	1 psch		1.099.000,00 €
14	Baunebenkosten (rd. 20%)	1 psch		1.318.800,00 €
		netto		7.912.800,00 €
		MwSt. 19%		1.503.432,00 €
		brutto		9.416.232,00 €

Die geschätzten Herstellungskosten einschl. der Baunebenkosten für die Herstellung einer neuen Rad- und Gehwegbrücke einschließlich der seitlichen Auffahrrampen betragen voraussichtlich rd. 9,4 Mio EUR.

3.4 Variante 3 - Rampen und Rad- und Gehwegunterführung

3.4.1 Verkehrstechnische Grundlagen

Hinsichtlich der lichten Räume gelten dieselben Vorschriften, wie bei der Rad- und Gehwegbrücke. Somit müssen der Tunnel und die Rampen eine lichte Breite von mind. 6,00m aufweisen. Die lichte Höhe des Tunnels muss mind. 2,50m betragen. In Anlehnung an Tabelle 7 der ERA 2010 (Empfehlungen für die Anlage von Radverkehrsanlagen) sollte bei einer Länge von 120m die Längsneigung nicht über 5% liegen. Auf der Grundlage der erforderlichen Entwicklungslänge muss somit der Raum der heutigen Rampe mit einer Neigung von ca. 5% auch für eine Unterführung als Rampe herangezogen werden. Hinsichtlich der Radien gelten dieselben Vorgaben, wie in der Variante 2.

Die vorhandene Brücke über die B54 verliert durch den Rückbau der Hufeisenbrücke ihre Anbindung. Diese kann ggf. mit einem Treppenturm und einem Fahrstuhl an die neue Radwegunterführung angebunden werden.

Die vorhandene Unterführung kann aufgrund der geringeren lichten Abmessungen nicht für einen Radwegtunnel genutzt werden.

Die Herstellung des Tunnels erfordert einen erheblichen Eingriff in den Eisenbahnbetrieb. Dieser Eingriff ist um ein Vielfaches höher, als der Bau eines Brückenbauwerks.

3.4.2 Konstruktive Grundlagen

Die Herstellung einer Unterführung unter Eisenbahnstrecken stellt erhöhte Anforderungen an das Bauwerk. Im eisenbahnrechtlichen Sinne handelt es sich bei dem Bauwerk um eine Eisenbahnbrücke, d.h. die Konstruktion wird mit Eisenbahnlasten beaufschlagt. Aufgrund der erforderlichen Anrampung wird das Bauwerk an nahe der Stelle liegen müssen wie das heutige Brückenbauwerk. Die

Überdeckung der Konstruktion muss so gewählt werden, dass mindestens 30cm Schotter unter den Schwellen vorhanden sind. Die Herstellung eines Tunnels in geschlossener Bauweise ist aufgrund der geringen Überdeckung technisch nicht möglich.

Die seitlichen Rampen bekommen aufgrund Ihrer Nähe zur Bahnstrecke ebenfalls Lasten aus dem Eisenbahnbetrieb. Für den Bau sind ggf. zusätzliche temporäre Abstützungsmaßnahmen entlang der Eisenbahnstrecke erforderlich. Für den Bau der südlichen Rampen müssen voraussichtlich Unterfangungsarbeiten an den vorhandenen Gebäuden durchgeführt werden. Art und Umfang können erst im Rahmen einer detaillierten Planung festgelegt werden.

3.4.3 Oberleitung im Querungsbereich

Durch den Wegfall des bestehenden Brückenbauwerks muss die gesamte Oberleitungsanlage neu konzipiert werden. Auch hier sind neue Oberleitungsmaste im Bereich des heutigen Brückenbauwerks erforderlich.

3.4.4 Planungsvorschlag Brückenkonstruktion

Die nachfolgende Abbildung stellt beispielhaft den Querschnitt der erforderlichen Radwegunterführung dar.

Querschnitt Geh- und Radwegunterführung

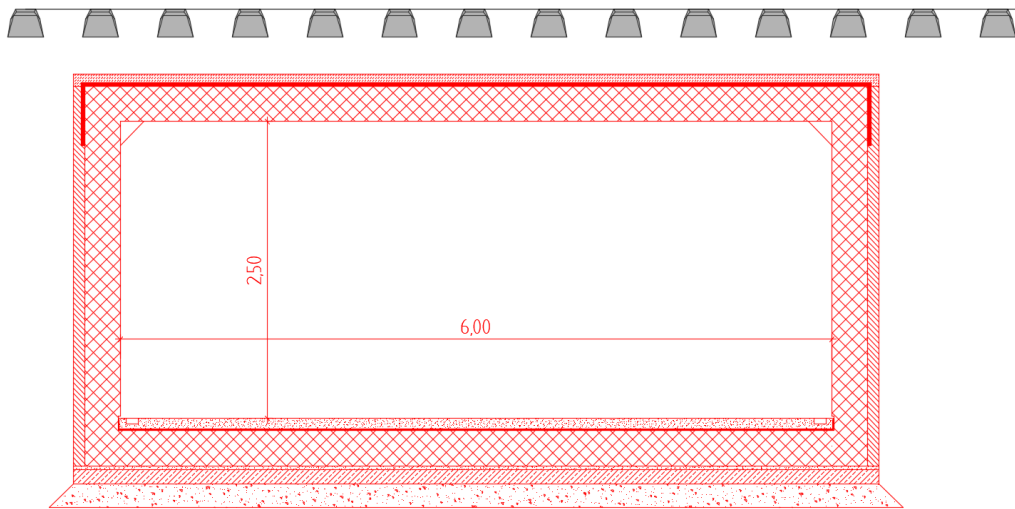


Abb. 13: Beispiel Tunnelquerschnitt Geh- und Radwegunterführung

Die Herstellung eines Tunnelbauwerks muss in offener Bauweise unter Hilfsbrücken erfolgen. Der Höhenunterschied zwischen Rampenbeginn und OKFF Tunnelsohle beträgt rd. 5m und muss über eine Länge von 100-120m überwunden werden. Die Entwicklungslänge wird aus Platzgründen auf der Fläche der heutigen Rampe zum Brückenbauwerk hergestellt werden müssen.

Die Lage des Bauwerks wird aufgrund der lichten Breite von 6,00m innerhalb von Weichen der Gleisanlagen liegen. Dieses entspricht zunächst grundsätzlich nicht dem Regelwerk. Aus diesem Grund muss für diese Planung eine UiG (unternehmensinterne Genehmigung) bei der DB Netz AG und eine ZiE (Zustimmung im Einzelfall) beim Eisenbahnbundesamt beantragt werden. Der Bau der Anlage unter Weichen kann insbesondere für den Fall, dass die Gleise in Betrieb bleiben müssen sehr aufwendig werden.

Die nachfolgende Abbildung stellt die Draufsicht einer möglichen Radwegunterführung dar.

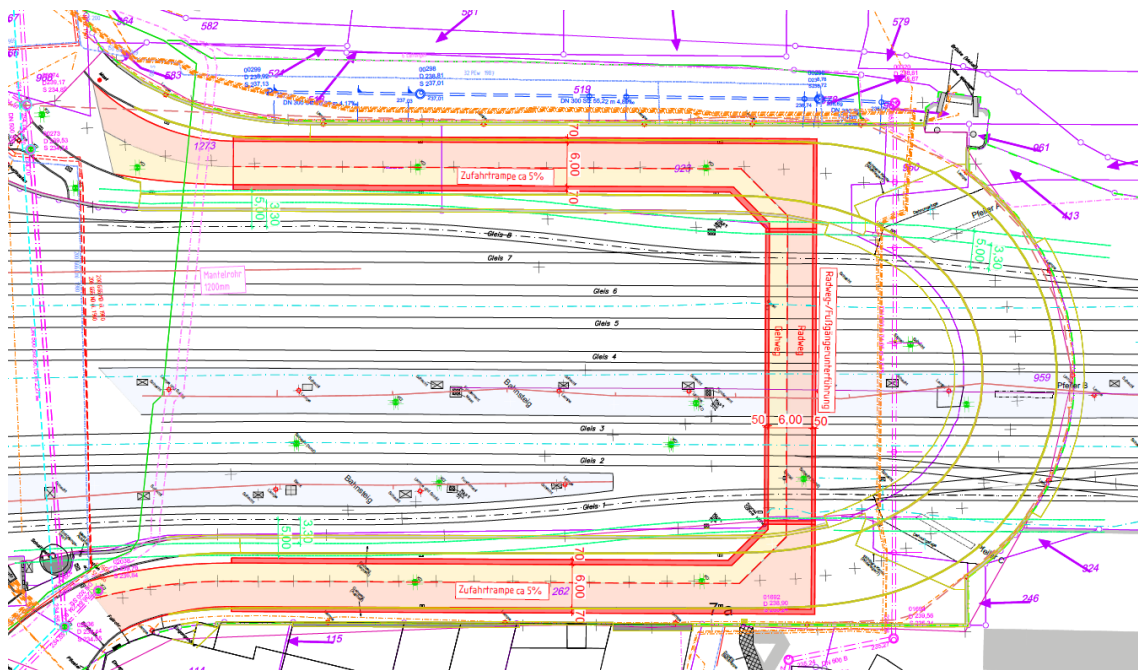


Abb. 14: Rad- und Gehwegunterführung

Die Breite der Zufahrtrampen sollte ebenfalls 6,00m oder mehr betragen, um optisch noch einen relativ offenen Raum zu erhalten. Evtl. können auch über niedrigere Wände und seitliche Böschungen teilweise noch offener und angenehmere Bereiche geschaffen werden. Insgesamt sind hier jedoch die räumlichen Möglichkeiten für eine Unterführung und die erforderlichen Rampen sehr beengt. Der subjektiv negative Eindruck der langgezogenen im Boden eintauchenden Rampe bleibt.

3.4.5 Kostenausblick

Die Kosten einer Radwegunterführung einschl. der Zugangsrampen werden wie folgt geschätzt:



Pos.	Beschreibung	Menge	EP	GP
1	Baustelleneinrichtung	1 psch		200.000,00 €
2	Verkehrssicherung, Umleitung, Teilsperren	1 psch		50.000,00 €
3	Baufeld freimachen	1 psch	20.000,00 €	20.000,00 €
4	Abbruch der vorhandenen Brücke	1 psch	600.000,00 €	600.000,00 €
5	Rückbau der Rampen (umb. Raum)	12000 m3	60,00 €	720.000,00 €
6	Herstellung Tunnelbauwerk	45 m	80.000,00 €	3.600.000,00 €
7	Grundwasserhaltungsarbeiten	1 psch	30.000,00 €	30.000,00 €
8	Herstellung seitliche Rampen	240 m	4.500,00 €	1.080.000,00 €
9	Unterfangungsarbeiten Bestandsgebäude	1 psch	1.000.000,00 €	1.000.000,00 €
10	Treppenturm mit Aufzug bis Rampenfuß	1 psch	150.000,00 €	150.000,00 €
11	Zusatzaufwendungen Hilfsbrücken Weichen	1 psch	500.000,00 €	500.000,00 €
12	Oberleitungsarbeiten Vorübergehende Reparaturarbeiten alte	1 psch	500.000,00 €	500.000,00 €
13	Brücke über 10 Jahre BüB, Betra, Einweisung, Besprechungen,	1 psch	150.000,00 €	150.000,00 €
14	Baubetriebsanmeldung, OL-Erdung	1 psch	50.000,00 €	50.000,00 €
15	Unvorhergesehenes (20%)	1 psch		1.730.000,00 €
16	Baunebenkosten (rd. 20%)	1 psch		2.076.000,00 €
netto				12.456.000,00 €
MwSt. 19%				2.366.640,00 €
brutto				14.822.640,00 €

Die geschätzten Herstellungskosten einschl. der Baunebenkosten für die Herstellung einer neuen Radwegunterführung betragen voraussichtlich rd. 14,8 Mio EUR.

3.5 Kostenzusammenstellung

In der folgenden Tabelle sind die in den vorigen Kapiteln ermittelten Kosten zusammengestellt.

Variante 1a-Rampen und Straßenbrücke im Bogen	21,6 Mio EUR
Variante 1b-Rampen und Straßenbrücke in Geraden	nicht umsetzbar
Variante 2-Rampen mit Rad- und Gehwegbrücke	9,4 Mio EUR
Variante 3-Rampen mit Rad- und Gehwegunterführung	14,8 Mio EUR

Aus technisch- und wirtschaftlicher Betrachtungsweise ist die Herstellung einer Rad- und Gehwegbrücke (Variante 2) die vorzuziehende Variante.

4 Fazit

Die grundlegende Frage, die von Seiten des Auftraggebers beantwortet werden muss, ist die Frage, ob in diesem Bereich künftig weiterhin der Kraftfahrzeugverkehr die Gleisanlagen kreuzen muss. Der Bau eines neuen Brückenbauwerks für Kraftfahrzeugverkehr in diesem beengten Bereich stellt eine sehr große Herausforderung dar und ist hinsichtlich der Kosten sehr unwirtschaftlich. Die erheblichen Zwänge durch den Eisenbahnbetrieb und die vorhandenen eisenbahntechnischen Anlagen sind die Ursache für die hohen Kosten. Aus verkehrstechnischer Sicht ist der Bau einer geraden Brücke mit neuen Rampen technisch-wirtschaftlich nicht umsetzbar, da der Raum für die Schleppkurven nicht zur Verfügung steht. Vor dem Hintergrund der Höhe der Investitionskosten sind die verkehrlichen Einschränkungen dieser Variante nicht hinnehmbar.

Aus Sicht des Unterzeichners ist für den Fall der Erfordernis einer Radwegquerung in jedem Fall die Brückenlösung einem Tunnel vorzuziehen. Neben den zu erwartenden geringeren Investitionskosten ist auch der Eingriff in den Eisenbahnbetrieb deutlich geringer. Ferner besteht hier das Potential ggf. vorhandene Bausubstanz (z.B. Mittelpfeiler) für den Bau der Brücke mit zu nutzen.

Der Bau einer Rad- und Gehwegunterführung ist in diesem Bereich äußerst schwierig, da der Eingriff in den Eisenbahnbetrieb an diesem Knotenpunkt erheblich ist. Ferner ist der Bau einer Radwegunterführung mit einem erheblichen Bodenrisiko und erheblichen Eingriffen in benachbarte Bausubstanz von Gebäuden verbunden. Auch spätere Abstimmungen und vertragliche Regelungen mit der DB Netz werden voraussichtlich deutlich schwieriger als im Falle einer Brücke.

bearbeitet:



SCHMIDT
Ingenieurbüro für Bauwesen

Lennestadt, 03.02.2020, gez. *Bäcker*