

Machbarkeitsstudie

zum Abbruch und Neubau der Fußgänger- brücke über die DB-Strecke 2550, km 23,250 im Wurmthal in Übach-Palenberg

Auftraggeber: Stadt Übach-Palenberg, der Bürgermeister
FB 6 Hoch- und Tiefbau

Proj.-Nr.: 17-1067

Erstattet von: THORMÄHLEN + PEUCKERT
BERATENDE INGENIEURE PartG mbB



(Dr.-Ing. M. Abel)



(Dipl.-Ing. R. Schumacher)

Aachen den 20.08.2018

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	1
2	Bestandsbauwerk	1
2.1	Konstruktion	1
2.2	Bauwerkszustand	4
2.3	Wirtschaftlichkeitsuntersuchung	5
3	Planungsgrundlagen	5
3.1	Planungsrandbedingungen	5
3.2	Vorgaben aus dem Bahnbetrieb	6
3.2.1	Gleisabstände	6
3.2.2	Lichte Höhe	7
3.2.3	Elektrifizierung	8
3.3	Versorgungsleitungen	8
3.4	Baugrund	9
4	Rückbau des Brückenbauwerkes	9
5	Bauwerksausbildung	10
5.1	Variantenfestlegung	10
5.2	Variante 1: Spannbetonüberbau mit Fertigteilen und Ort betonquerträgern als Dreifeldbauwerk	12
5.2.1	Beschreibung der Konstruktion	12
5.2.2	geschätzte Kosten	15
5.2.3	Bauablauf	13
5.2.4	Sperrpausenbedarf	14
5.3	Variante 2: Verbundüberbau mit Stahlhohlkasten und Ort betonplatte als Dreifeldbauwerk	16
5.3.1	Beschreibung der Konstruktion	16
5.3.2	geschätzte Kosten	17
5.3.3	Bauablauf	16
5.3.4	Sperrpausenbedarf	17
5.4	Variante 3: Fachwerktrögbrücke als Einfeldbauwerk	18
5.4.1	Beschreibung der Konstruktion	18
5.4.2	geschätzte Kosten	20
5.4.3	Bauablauf	19
5.4.4	Sperrpausenbedarf	19
5.5	Variantenvergleich und Empfehlung	21
Anlage:	Plan V01 – Vorentwurf Variante 1: Spannbetonbrücke	
	Plan V02 – Vorentwurf Variante 2: Verbundbrücke	
	Plan V03 – Vorentwurf Variante 3a: Fachwerktrögbrücke	

1 Aufgabenstellung

Das 1988 errichtete Brückenbauwerk überführt einen Fußgängerweg über die zweigleisige, elektrifizierte DB-Strecke 2550 – Aachen-Mönchengladbach sowie einen westlich der Bahn parallel verlaufenden Wirtschaftsweg und dient als Verbindung zwischen dem Naherholungsgebiet Wurmatal westlich der Bahnstrecke und der L364 (Alte Aachener Straße) östlich der Bahnstrecke.

Die bei der Brückenhauptprüfung in 2015 ermittelte Zustandsnote des Bauwerks von 3,5 beschreibt das Bauwerk mit einem ungenügenden Bauwerkszustand. Das Bauwerk ist seit 2013 für jeglichen Verkehr gesperrt und durch Bauzäune gesichert. Das vorhandene Bauwerk soll durch einen Neubau ersetzt werden.

Zur Vorbereitung der Maßnahme und Abstimmung der erforderlichen Verkehrseingriffe soll eine Machbarkeitsstudie die möglichen Abbruchvarianten aufzeigen, den Zeitbedarf für die erforderlichen Sperrungen festlegen sowie mögliche Neubauvarianten und deren Bauabläufe diskutieren.

2 Bestandsbauwerk

2.1 Konstruktion

Bei dem Bauwerk aus Azobé/Bongossi handelt es sich um einen 3-feldrigen Brückenzug mit Einzelstützweiten von West nach Ost von $16,60 + 16,60 + 13,25 = 46,45$ m. Die nutzbare Breite beträgt 2,50 m. Der Kreuzungswinkel mit der Bahn beträgt ca. 100 gon.

Das Haupttragwerk der drei Brückenfelder besteht aus jeweils zwei 87 cm hohen und 18 cm breiten Längsträgern. Diese sind als verdübelte Balken aus fünf Kantholzlagen und Stabdübeln $\varnothing 30$ mm im Abstand von 28 cm ausgeführt. In der untersten Kantholzlage sind in den langen Feldern jeweils zwei Zugstöße und im kürzeren östlichen Feld ein Zugstoß über eingeschlitzte Stahlbleche vorhanden.

Die Hauptträger werden im Abstand von 2,74 m von Querträgern (Kanthölzer 18/18) durchdrungen, die zusammen mit den darüber liegenden Diagonalen (Kanthölzer 6/18) als Aussteifungs- und Windverband wirken.

Als Belag dienen quer verlaufende, an der Oberseite profilierte Holzbohlen (4,5/18), die auf den Hauptträgern und zwei weiteren auf den Querträgern angeordneten Längsträgern (Kanthölzer 15/10) befestigt sind. Um einen lückenlosen Belag zu erreichen, wurden im Bahnbereich Neopren-Fugenbänder seitlich in die Bohlen eingeschlitzt.

Als Absturzsicherung ist ein 1,0 m hohes hölzernes Füllstabgeländer vorhanden. Über dem Gleisbereich ist ein horizontaler Berührungsschutz angeordnet. Hierzu werden die Hauptträger von weiteren Querträgern im Abstand von ca. 1,30 m durchdrungen, die beidseitig 1,60 m weit auskragen und mit einem längsverlaufenden, ebenfalls mit Neopren-Fugenbändern ausgestatteten Bohlenbelag versehen sind. Zur Entwässerung des Berührungsschutzes sind am östlichen Ende Kastenrinnen vorhanden, die über eine Längsleitung an den städtischen Kanal in der Alten Aachener Straße angeschlossen sind.

In den beiden Pfeilerachsen erfolgt die Auflagerung der Überbauten auf Fachwerkrahmen aus Kanthölzern. Die Gründung der Stützrahmen erfolgt auf Stahlbetonfundamenten. An den Überbauenden lagert der Überbau auf Kantholzschwelen und Stahlbeton-Auflagerbalken mit hinteren Kammerwänden auf.

Auf dem Bauwerk ist eine in das Geländer integrierte Laterne vorhanden, deren Stromversorgung von der westlichen Seite her erfolgt. Weitere Leitungen werden mit dem Überbau nicht überführt.

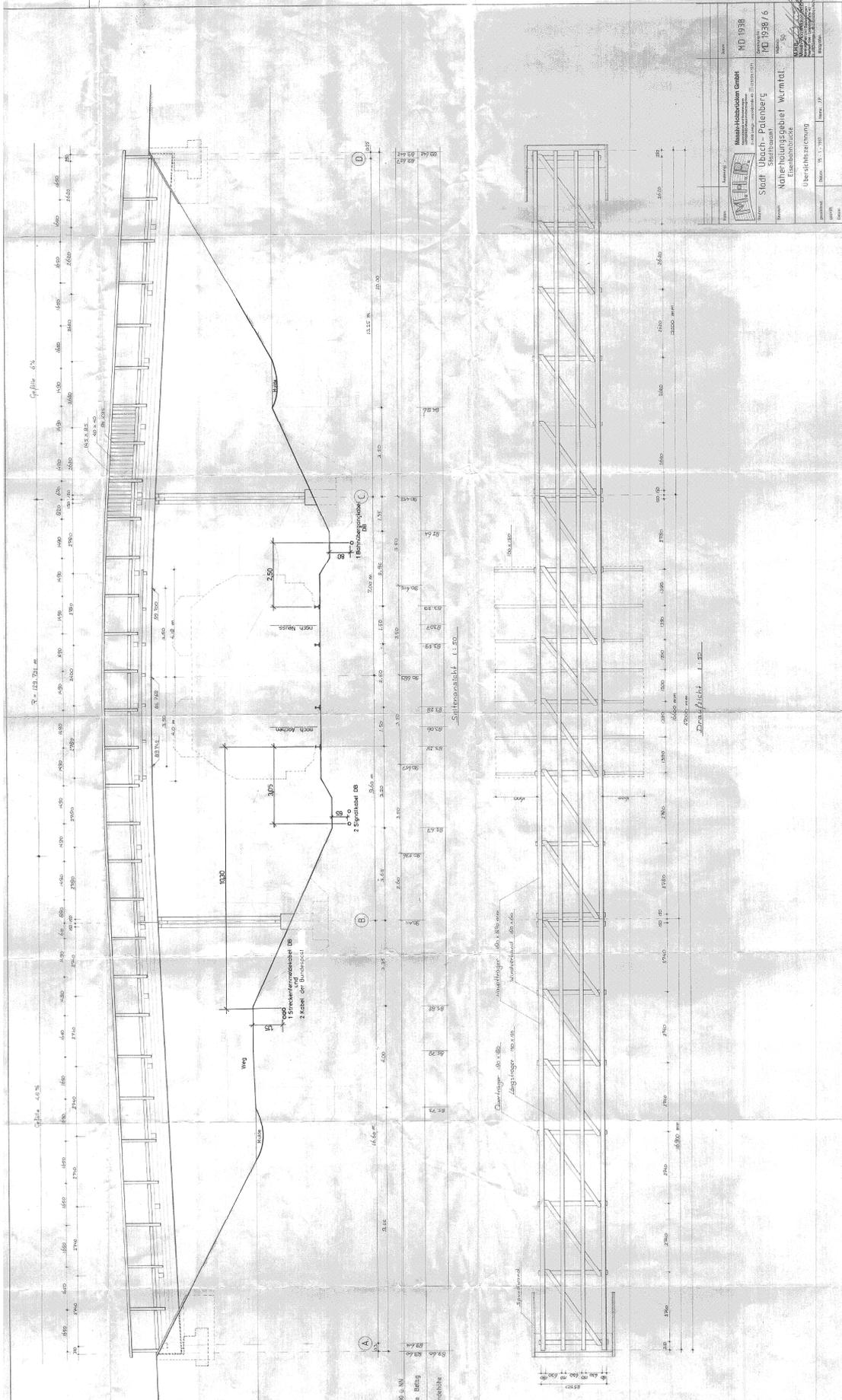
Angaben zum Brückenbauwerk gem. Bestandsunterlagen ([1], [2] und [3]):

Baujahr:	1988
Nutzlast:	$p = 4,68 \text{ kN/m}^2$
Statisches System:	3 Einfeld-Balkenbrücken
Gesamtlänge in BW-Achse:	46,45 m
Lichte Weite:	45,80 m
Lichte Höhe:	> 6,64 m über SOK
Kreuzungswinkel:	100gon
Gesamtbreite:	3,22 m
Breite zw. Geländern:	2,50 m
Brückenfläche:	116,13 m ²

Baustoffe:

Holz:	Bongossi
Baustahl:	St 37, feuerverzinkt
Beton:	B 25
Betonstahl:	BSt 420 S

Einen Überblick über das Bauwerk liefert eine Bestandszeichnung aus dem Bauwerksbuch auf der folgenden Seite.



2.2 Bauwerkszustand

Hauptträger des Überbaus:

Die Hauptträger der Randfelder weisen an den Endauflagern erhebliche Schädigungen durch Fäulnis infolge dauernden Erdkontaktes auf.

Im Bereich eines Zugstoßes des Untergurtes im westlichen Randfeld wurde ebenfalls eine Schädigung durch Fäulnis festgestellt. An einem Zugstoß des Untergurtes im Mittelfeld ist die Tragfähigkeit der Verbindung durch Risse im Holz beeinträchtigt.

Im Mittelfeld wurden auf der nördlichen Seite vereinzelte Verdachtsstellen auf Pilzbefall festgestellt. Eine baubiologische Untersuchung, ob es sich um einen holzerstörenden Pilz handelt, wurde nicht durchgeführt.

Sämtliche Verbindungsmittel des Überbaus (Stabdübel bzw. Bolzen) weisen unterschiedlich ausgeprägte Korrosion auf.

Querträger des Überbaus:

Einzelne Querträger sind an ihren ungeschützt auskragenden Enden durch Fäulnis geschädigt.

Bohlenbelag des Überbaus:

Der 4,5 cm starke Bohlenbelag weist insbesondere im Mittelfeld eine ausgeprägte Schädigung auf. Durch die eingeschlitzten Elastomerbänder ist es zu einer dauernden Durchfeuchtung der Bohlen gekommen, die zu einer Verrottung des Materials geführt hat. An der Unterseite der Bohlen wurden ebenfalls morsche Stellen festgestellt. Eine Wasserdichtigkeit des Belages über der Oberleitung ist nicht mehr gegeben.

Die Befestigung der Bohlen auf dem Tragwerk erfolgte mit je 2 diagonal eingebohrten Stabdübeln \varnothing 8 mm je Auflagerpunkt. Konstruktionsbedingt ist dadurch ein einfaches Auswechseln beschädigter Bohlen nicht möglich.

Geländer:

An den Handläufen wurden vereinzelte Schäden festgestellt. Die Füllstäbe sind beginnend morsch und fehlen vereinzelt.

Berührungsschutz:

Der Bohlenbelag des horizontal auskragenden Berührungsschutzes im Mittelfeld weist ebenfalls eine ausgeprägte Schädigung infolge dauernder Durchfeuchtung und Schmutzablagerung auf. An der Unterseite wurde bereichsweise ausgeprägter Pilzbefall festgestellt.

Die planmäßige Entwässerung des Berührungsschutzes ist nicht mehr funktionstüchtig, da die unzugängliche Kastenrinne völlig verstopft und die Längsleitung mehrfach beschädigt ist.

Ausstattung:

Die Laterne auf der Brücke sowie die Erdung sind ebenfalls beschädigt bzw. außer Funktion.

2.3 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

In einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung des Entwurfsverfassers vom 11.04.2016 wurden der Alternative ersatzloser Rückbau die Variante Sanierung der vorhandenen Überbauten und die Variante Ersatzneubau gegenübergestellt. Wie erwartet ist der ersatzlose Rückbau des Bestandsbauwerkes die kostengünstigste Lösung. Diese Lösung kommt jedoch nicht in Betracht, da die Stadt Übach-Palenberg eine Fortsetzung der Wegebeziehung zwischen dem Naherholungsgebiet Wurmtal und der Wohnbebauung östlich der DB-Strecke wünscht.

Eine Sanierung ist gegenüber einem Ersatzneubau in Bezug auf die Investitionskosten nahezu vergleichbar, jedoch ergeben sich aus den nicht monetarisierten Aspekten Vorteile für den Ersatzneubau. So wurde beschlossen, einen Ersatzneubau zu projektieren.

3 Planungsgrundlagen

3.1 Planungsrandbedingungen

Das Brückenbauwerk stellt eine direkte Verbindung für Fußgänger zwischen dem östlich der Bahn gelegenen Wohngebiet und dem westlich gelegenen Naherholungsgebiet Wurmtal dar. Der Zuweg von der ca. 5 m tiefer liegenden Alte Aachener Straße auf der Ostseite erfolgt über eine Treppe bzw. über eine Rampenanlage mit teilweise über 6 % Steigung.

Bei der derzeitigen Sperrung der Brücke können Fußgänger auf die ca. 270 m weiter südlich gelegene, über einen Treppenaufgang erreichbare Straßenbrücke (Wurmtalbrücke) bzw. barrierefrei auf die 480 m südlich gelegene Unterführung im Haltepunkt Palenberg

ausweichen. Alternativ kann der 830 m weiter nördlich gelegenen Bahnübergang Zweibrücken barrierefrei genutzt werden.

Die Zufahrt zum Brückenbauwerk ist für Baustellenverkehr von Süden und Norden über den westlich der Bahn verlaufenden Wirtschaftsweg möglich, wobei die Durchfahrtshöhe unter dem Bauwerk auf 3,60 m beschränkt ist. Die Lichte Höhe unter der Wurmthalbrücke ca. 270 m südlich der Baustelle ist nicht höhenbeschränkt, sodass eine Baustellenzufahrt von Nord und Süd über den Wirtschaftsweg möglich ist.

Von Westen ist die Brücke über das Wegenetz des Naherholungsgebietes für Kraftfahrzeuge zugänglich, während dies von Osten aufgrund der Böschung zur Alte Aachener Straße nicht möglich ist.

Der Brückenneubau soll auch für Fahrräder befahrbar sein. Damit ist eine Geländerhöhe von 1,30 m erforderlich. Eine barrierefreie Nutzung des Bauwerkes ist nicht vorgesehen, da die Zufahrt auf der Westseite mit einer teilweise über 6 % steilen Rampe bereits nicht rollstuhlgeeignet ist.

Die Lichte Durchfahrtshöhe über dem Wirtschaftsweg beträgt derzeit ca. 3,60 m. Eine Vergrößerung auf das sonst übliche Maß von über 4,0 m ist nicht erforderlich.

3.2 Vorgaben aus dem Bahnbetrieb

3.2.1 Gleisabstände

Nach der Richtlinie für Entwurf und Ausbildung von Brückenbauwerken an Kreuzungen zwischen Strecken einer Eisenbahn des Bundes und Bundesfernstraßen (Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 7/2012), Abs. 13, Abstände von Gleismitte, ist bei Widerlagern und Pfeilern und einer Streckengeschwindigkeit $V \leq 160$ km/h von der benachbarten Gleismitte in der Regel ein Abstand von 3,30 m einzuhalten. Dieses Maß wurde durch den Fachbereich Konstruktiver Ingenieurbau der DB AG bestätigt. Für temporäre Baubehelfe ist danach ein lichter Abstand zur Gleisachse von 2,50 m freizuhalten.

Darüber hinaus ist anzustreben, lichte Breiten nach Abs. 16 des o.g. ARS 7/2012 vorzusehen. Nach diesem Absatz 16 – „zurückgesetzte Widerlager, Gräben“ sind für die Eisenbahn- und Straßenüberführungsbauwerke Lösungen mit zurückgesetzten Widerlagern zu bevorzugen.

Vorteile dieser Bauweise sind:

- Herstellung der Widerlager ohne Abfangung des Gleises,
- kaum betriebliche Behinderungen während der Bauausführung,
- ungestörter Wasserablauf,
- durchgehende Seitenwege,
- Vermeidung von aufwendigen Widerlagerkonstruktionen,
- Die Tunnelwirkung bei hohen Widerlagern beeinträchtigt die Übersicht und damit die Verkehrssicherheit.
- Hohe Widerlagerwände beeinträchtigen meistens das Landschaftsbild mehr als zurückgesetzte Widerlager.

Vergleichende Betrachtungen zu anderen Bauvorhaben, die wir in der Vergangenheit bearbeiten durften, haben gezeigt, dass Lösungen mit zurückgesetzten Widerlagern und längerem Überbau kostengünstiger sind als solche mit hohen Widerlagern in Gleisnähe mit kurzen Überbauten. Aus den genannten Gründen werden Lösungen mit zurückgesetzten Widerlagern im Weiteren betrachtet.

Gemäß den Bemessungsvorgaben der DIN EN 1991, Teil 1-7 – Einwirkungen auf Tragwerke, Außergewöhnliche Einwirkungen sind Pfeiler und Widerlager, deren Lichte Abstand zur benachbarten Gleismitte $\geq 5,0$ m beträgt, nicht auf Anprall durch Schienenfahrzeuge im Entgleisungsfall zu bemessen. Daher werden in den Lösungen mit Pfeilern diese mindestens 5,00 m von der Gleisachse entfernt angeordnet. Dies führt zu schlankeren und damit materialsparenden Pfeilerausbildungen.

3.2.2 Lichte Höhe

Nach der genannten Richtlinie, Abs. 12, lichte Höhen bei Straßenüberführungen über Bahnanlagen, beträgt bei elektrifizierten Strecken die lichte Höhe 5,70 m ü. SO im Normalbereich der Kettenwerke und im Bereich von Nachspannungen von 6,20 m über SO. Nach neuen Regelwerken ist über den spannungsführenden Tragseilen ein Abstand von 60 cm für den Vogelschutz einzuhalten. Damit vergrößern sich die o.g. Maße um 30 cm.

Über den Gleisen beträgt die Lichte Höhe derzeit 6,60 m. Nach Auskunft der DB AG, Fachbereich Oberleitung, liegt die Fahrdrathöhe auf 5,50 m über Schienenoberkante (SO). Das Tragseil ist abgesenkt und hat eine Höhe über SO von 6,20 m. Sollte kein Umbau der Oberleitung vorgesehen sein, muss das neue Bauwerk eine Lichte Höhe von min. 6,80 m über SO haben. Bei Einsatz von ummantelten Tragseilen (Ebs 20.01.01 Blatt 2) zur Realisierung des geforderten Vogelschutzes kann die Lichte Höhe unter dem Bau-

werk auf 6,50 m reduziert werden. Ein weiteres Absenken ist nur durch einen umfangreichen Umbau der Oberleitung möglich.

3.2.3 Elektrifizierung

Da die Bahnstrecke elektrifiziert ist, muss das Bauwerk mit einer Erdungsanlage und seitlichen Berührungsschutzwänden nach der Richtzeichnung Elt ausgestattet werden. Der Fahrbahnbelag muss dicht ausgebildet werden, damit durch herabtropfendes Wasser kein Spannungsübertrag ermöglicht wird.

Das Brückenbauwerk wird mit einer Lichten Breite zwischen den Geländern von 2,50 m vorgesehen. Die Lage der neuen Brücke entspricht der der Alten. Etwa 4,0 m südlich der Bauwerksachse ist ein Quertragwerk der Oberleitungsanlage der Bahnstrecke angeordnet. Dieses Tragwerk und die dazu einzuhaltenden Schutzabstände sind bei der Bauausführung zu beachten.

3.3 Versorgungsleitungen

Zur Vorbereitung der Planung wurde eine Leitungsanfrage über das Internetportal Aliz durchgeführt. Danach verlaufen mehrere Versorgungsleitungen im Wirtschaftsweg parallel zur DB-Strecke:

- ein Beleuchtungskabel und ein Niederspannungskabel der NEW Netz GmbH,
- ein Kabel der Telekom AG,
- eine Wasserleitung der enwor – Energie & Wasser vor Ort GmbH,
- eine Kabeltrasse der DB AG.

In der Alte Aachener Straße sind im Bereich vor der Treppenanlage

- ein Beleuchtungskabel und ein Niederspannungskabel der NEW Netz GmbH,
- ein Kabel der Telekom,
- eine Glasfaserleitung und eine Wasserleitung der enwor – Energie & Wasser vor Ort GmbH,
- eine Gasleitung der Regionetz GmbH,
- ein Kanal der Stadt Übach-Palenberg.

Vom Parkgelände aus ist eine Stromleitung der NEW Netz GmbH zur Versorgung der Lampe auf dem Bestandsbauwerk verlegt. Ebenso ist in der Rampe auf der Ostseite des Bauwerkes ein Beleuchtungskabel verlegt. Hier soll auch das Abflussrohr der Entwässerungsrinnen an den Enden des Bestandsbauwerkes verlegt sein.

Neben dem östlichen Gleis ist ein Kabelkanal in aufgeständerter Bauweise angeordnet.

Die Leitungen sind bei den weiteren Planungen zu berücksichtigen. Wo erforderlich sind die Leitungen mittels Suchschachtungen zu erkunden und zu sichern.

3.4 Baugrund

Der tragfähige Baugrund liegt gemäß Baugrundgutachten der Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG vom 25.06.2018 im Bahneinschnitt etwa 1,0 m unter Bahngelände, am westlichen Widerlager etwa 3,0 m unter Wegeniveau und am östlichen Widerlager etwa 6,80 m unter Wegeniveau. Die darüber vorhandenen Auffüllungsböden sind im Bahnbereich LAGA Z2-Böden, an den Widerlagern Z0-Böden. Diese Auffüllungsböden sind nicht tragfähig und mit den Gründungen der Unterbauten zu durchfahren. Für das östliche Widerlager wird daher ein Bodenaustausch vorgesehen. Die Pfeiler neben der Bahnstrecke und das westliche Widerlager werden auf dem tragfähigen Baugrund gegründet.

4 Rückbau des Brückenbauwerkes

Die bestehende Holzkonstruktion des Brückenbauwerkes wird wie bei der damaligen Montage in Teilen mittels Mobilkran ausgehoben. Nach dem Aushub des Mittelfeldes werden die Randfelder ausgehoben. Die Stützen sind dabei gegen Umfallen zu sichern. Der Aushub des Mittelfeldes erfordert eine Sperrpause und wird daher voraussichtlich nachts erfolgen. Der Rückbau der Randfelder kann, da die Arbeiten außerhalb des Bahnbereiches stattfinden, voraussichtlich ohne Sperrpausen durchgeführt werden. Die Teile werden entweder direkt auf Transportfahrzeuge geladen und abgefahren oder in Bauwerksnähe auf dem Wirtschaftsweg gehoben um dort zerkleinert und dann abgefahren zu werden. Das westliche Randfeld wiegt etwa 12 to, das Mittelfeld inkl. Berührungsschutz etwa 14 to und das östliche Feld etwa 10 to. Bei Standort eines Mobilkranes auf dem Wirtschaftsweg ist bei einer maximalen Ausladung von rd. 32 m ein 200 to-Kran erforderlich. Ein solcher Kran erfordert auf dem Wirtschaftsweg eine ca. 10 x 15 m messende Aufstandsfläche. Diese Aufstandsfläche wird vor dem Demontageeinsatz angelegt, verbleibt während der Bauzeit als BE-Fläche und dient beim Einhub der neuen Überbauteile wieder als Kranstandfläche.

Der Rückbau der Stahlbetonfundamente der Pfeiler und der Widerlager erfolgt mit Baggern und Meißeln. Ob die Arbeiten am östlichen Pfeilerfundament ohne Sperrpausen ausgeführt werden können, ist noch mit der DB AG abzustimmen. Das abzubrechende Betonvolumen beträgt für die Widerlager jeweils 4,6 m³ und für die Pfeiler jeweils 6,2 m³. Die dazu notwendigen Baugruben können geböscht ausgebildet werden.

5 Bauwerksausbildung

5.1 Variantenfestlegung

Neben der Ausbildung als Dreifeldsystem mit Tragelementen des Überbaus unter der Gehwegsebene wie im Bestand ist ein Einfeldsystem mit seitlich aufragenden Tragelementen als Fachwerke denkbar.

Nachfolgend werden drei Varianten betrachtet:

Var. 1: Spannbetonüberbau mit Fertigteilen und Ortbetonquerträgern als Dreifeldbauwerk,

Var. 2: Verbundüberbau mit Stahlhohlkasten und Ortbetonplatte als Dreifeldbauwerk,

Var. 3: Fachwerktrögbrücke als Einfeldbauwerk,

Var. 3a in Stahl,

Var. 3b in Aluminium

Andere Tragsysteme, wie Schrägseilbrücke oder Bogenbrücke sind deutlich teurer und damit gegenüber den genannten Varianten aus Kostengründen nicht sinnvoll.

Ein Spannbeton- oder Verbund-Einfeldüberbau in Ortbetonbauweise scheidet aufgrund der zu großen Schlankheit aus. Bei Stellung der Widerlager dicht am Wirtschaftsweg und am östlichen Gleis ergäbe sich eine erforderliche lichte Weite zwischen den Widerlagern von 22,50 m, damit eine Stützweite von etwa 23,50 m. Bei einer Schlankheit von etwa 1:18 wäre eine Konstruktionshöhe des Überbaus von 1,30 m erforderlich. Da die Rampe auf der Ostseite bereits mit 6 % angelegt ist, ist eine weitere Anhebung der Gradienten auf dem Bauwerk nicht mehr möglich, sodass ein Einfeldbauwerk in Spannbeton oder als Verbundkonstruktion nicht ausführbar ist.

Außerdem erfordert eine Ortbetonbauweise mit Aufbau eines Traggerüstes, Betonage über der Bahn, Rückbau des Traggerüstes sowie der nach Herstellung in erhöhter Lage notwendigen Absenkmaßnahme zu viele Sperrpausen für die Bahnstrecke. Das Schlankheitskriterium gilt gleichermaßen auch für eine Einfeldlösung in Spannbeton- oder Verbundbauweise. Hinzu kommt, dass ein solcher Überbau mit etwa 100 to bzw. 50 to Gewicht nicht mittels Mobilkran eingehoben werden kann. Der dazu erforderliche Kranstellplatz kann nicht auf dem Wirtschaftsweg eingerichtet werden.

Eine Konstruktion in Holz ist gemäß den Vorgaben des Auftraggebers aufgrund der Erfahrungen mit dem Bestandsbauwerk nicht mehr gewünscht.

Holzüberbauten für Geh- und Radwege (nicht geschützt) haben nach der Verordnung zur Berechnung von Ablösungsbeträgen nach dem Eisenbahnkreuzungsgesetz, dem Bun-

desfernstraßengesetz und dem Bundeswasserstraßengesetz (Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung - ABBV) eine theoretische Lebensdauer von 30 Jahren und jährliche Unterhaltungskosten von 2,5 % der Bausumme, wohingegen ein Spannbetonüberbau mit 70 Jahren und 1,3 % eine deutlich längere und kostengünstigere Nutzung erlaubt. Ein Verbundtragwerk hat mit 70 Jahren und 1,2 % zum Spannbeton eine vergleichbare Nutzung. Ein Stahlüberbau wird mit einer Lebensdauer von 100 Jahren und jährlichen Unterhaltungskosten von 1,5 % der Bausumme gelistet. Über einen Aluminiumüberbau liefert die ABBV keine Werte. Nach der ABBV zählen zu den Unterhaltungskosten der Brücken insbesondere die Aufwendungen für das Auswechseln von Lagern, die Erneuerung von Abdichtungen und Geländern, die Beseitigung von Setzungsdifferenzen, das Auspressen von Fugen sowie die Instandsetzung von Außenflächen, Kappen und Schutzeinrichtungen. Die nach DIN 1076 alle sechs Jahre durchzuführenden Bauwerks-hauptprüfungen sowie die 3 Jahre versetzt dazu durchzuführenden Einfachprüfungen sind in den Unterhaltungskosten nicht enthalten. Die Kosten dafür fallen für alle betrachteten Varianten nahezu in gleicher Höhe aus, sodass sie in der weiteren Betrachtung ausgespart werden.

Die beiden Dreifeldlösungen werden mit Stützweiten von West nach Ost von $12,80 + 16,00 + 10,00 = 38,80$ m ausgebildet. Damit ergibt sich unter Beibehaltung der Böschungsneigungen beidseits der Bahnanlage die für die Bauwerksprüfung nach der RiZ. Bösch 2 erforderliche Kopfhöhe unter den Längsträgern von 1,80 m. Der Überbau wird in beiden Fällen mit einer Konstruktionshöhe von 94 cm ausgebildet und die Gradienten des Bestandes wieder aufgegriffen. Damit ergibt sich über den Gleisen eine Lichte Höhe von ca. 6,65 m, sodass die spannungsführenden Tragseile der Oberleitung zu ummanteln sind. Über dem Wirtschaftsweg ergibt sich eine Lichte Höhe von ca. 3,70 m.

Die Variante 3 wird als Einfeldbauwerk mit einer Stützweite von 35,00 m ausgebildet. Dabei stehen die Widerlager in der Böschung westlich des Wirtschaftsweges sowie östlich der Bahnanlage. Die Widerlager werden dammförmig hinterfüllt, sodass der Weg hinter den Widerlagern bis auf das ursprüngliche Anschlussniveau geführt werden kann. Bei einer Konstruktionshöhe zwischen UK Längsträgern und OK Belag von ca. 15 cm wird die Gradienten so angelegt, dass sich über den Gleisen eine Lichte Höhe von ca. $7,00 > 6,80$ m ergibt, sodass auf eine Ummantelung der Tragseile verzichtet werden kann. Über dem Wirtschaftsweg ergibt sich eine Lichte Durchfahrts Höhe von ca. 4,35 m. Falls die Durchfahrtsbeschränkung aufgehoben werden soll wäre eine Lichte Höhe von 4,50 m erforderlich. Dazu wäre eine Absenkung des Wirtschaftsweges um etwa 15 cm notwendig.

Nachfolgend werden die einzelnen Varianten beschrieben, die geschätzten Herstellkosten zusammengestellt und Angaben zum Bauablauf den erforderlichen Sperrungen der Bahnstrecke gegeben.

5.2 Variante 1: Spannbetonüberbau mit Fertigteilen und Ortbetonquerträgern als Dreifeldbauwerk

5.2.1 Beschreibung der Konstruktion

Die Variante ist auf dem Plan V01 (vgl. Anlage) dargestellt.

Der Überbau wird als Spannbeton-Dreifeldtragwerk mit Stützweiten von $12,80 + 16,00 + 10,00 = 38,80$ m ausgebildet. Der Überbau besteht aus drei Spannbeton-Fertigteilträgern, die an den Auflagerachsen mittels Ortbetonquerträgern zu einem durchlaufenden Überbau vergossen werden. Die Fertigteilträger werden als einsteigige Plattenbalken mit 3,00 m breiter Gehwegplatte und 60 cm breitem Steg ausgebildet. Die Gehwegplatte ist an ihrer Oberfläche zur Mitte hin mit einem Kehlprofil mit 2 % Querneigung ausgebildet. Die Unterseite ist an den Rändern mit 25 cm breiten Gesimsen gestaltet, sodass Kondenswasser am Plattenrand abtropfen kann. Der 60 cm breite Steg ist ca. 64 cm hoch. Die Fertigteile werden mit Vorspannung mit sofortigem Verbund im Werk vorgespannt und betoniert. Die Teile werden mittels Mobilkran auf Traggerüsten, die vor den Pfeilern und den Widerlagern vorgesehen werden, abgelegt und dann in den Querträger über den Unterbauten vergossen. Für das Auflegen ist bei Standort des Kranes auf dem Wirtschaftsweg und einem Gewicht des östlichen Fertigteils von etwa 30 to ein 400 to-Kran notwendig, der eine mind. 10 x 20 m messende Standfläche erfordert. Das Fertigteil im Mittelfeld ist mit 16 m Länge und der Aufweitung der Gesimse für den Berührungsschutz über der Bahnanlage etwa 51 to. schwer. Für den Einhub wäre der 400 to-Kran ausreichend.

Die Querträger über den Pfeilern und Widerlagern werden mit einer Dicke von 1,20 m, einer Länge in Brückenquerrichtung von 2,30 m und etwa 1,20 m Höhe ausgebildet. Damit besitzt der Überbau in etwa folgende Mengen:

ca. 46 m³ Beton, ca. 1,4 to Spannstahl und ca. 7 to Betonstahl für die Fertigteile

ca. 14 m³ Beton, ca. 3,5 to Betonstahl für die Querträger

Die Querträger lagern auf jeweils zwei Elastomerlagern auf den Pfeilern und den Widerlagern auf. Dabei werden auf dem westlichen Widerlager ein Festlager und auf dem östli-

chen ein querfestes Lager vorgesehen. Am östlichen Überbauende wird ein Fahrbahnübergang angeordnet.

Das westliche Widerlager wird mit einer 80 cm dicken Fundamentplatte auf + 84,90 mNN gegründet. Das Widerlager wird als Kastenwiderlager mit 50 cm dicken Flügelwänden in Anlehnung an RiZ. Flü 1 mit Kappe und Schräge ausgebildet. Die Widerlagerwand ist 1,65 m dick, sodass hinter dem Endquerträger eine 40 cm dicke Kammerwand angeordnet wird. Für das Widerlager werden etwa 37,5 m³ Beton einschl. Schalung und 4,7 to Betonstahl benötigt.

Die beiden Pfeiler werden mit 80 cm dicken Fundamentplatten auf + 82,00 mNN bzw. auf + 81,70 mNN gegründet. Sie werden als Stahlbetonstützen mit Rechteckquerschnitt $b/h = 0,60 \text{ m} / 1,70 \text{ m}$ gestaltet, die sich zum Kopf hin für die Anordnung der Lager und Pressenansatzpunkte auf $b/h = 1,20 \text{ m} / 2,30 \text{ m}$ aufweiten. Die Pfeiler erfordern ca. 30 m³ Beton einschl. Schalung und 4,5 to Betonstahl.

Das östliche Widerlager wird analog zum westlichen als flachgegründetes Kastenwiderlager ausgebildet. Da der tragfähige Baugrund etwa 2,80 m unter der Gründungskote von + 86,00 m liegt, wird unter dem Widerlager ein Bodenaustausch mit Kiessand vorgesehen. Für dieses Widerlager werden etwa 32,5 m³ Beton einschl. Schalung, 4,0 to Betonstahl und etwa 280 m³ Bodenaustausch sowie eine Baustraße durch den Damm zur Alte Aachener Straße mit Bodenbewegungen von etwa 1000 m³ benötigt.

5.2.2 Bauablauf

Nach dem in Kap. 4 beschriebenen Rückbau des Bestandsbauwerkes wird von der Alte Aachener Straße aus ein Einschnitt zur Herstellung einer Baustraße zum östlichen Widerlager und damit zum Pfeiler Achse 30 angelegt. Der Damm wird dazu mit einer unteren Breite von 4,0 m und einer Tiefe bis 4,7 m eingeschnitten, sodass eine Zufahrt für die Pfeiler- und die Widerlagerbaugrube mit dem dort vorgesehenen Bodenaustausch angelegt werden kann.

Das westliche Widerlager Achse 10 und der Pfeiler Achse 20 werden vom Wirtschaftsweg aus angefahren. Eine Zufahrt zum Widerlager kann auch von Westen über das Parkgelände erfolgen.

Nach Fertigstellung der Unterbauten und dem Einbau der Lager auf den Lagersockeln werden vor den Widerlagerwänden und den Pfeilern Traggerüstjoche aufgestellt, auf die

die Fertigteile des Überbaus abgelegt und gegen Kippen gesichert werden. Die Widerlager werden hinterfüllt und der Damm auf der Ostseite wieder hergestellt.

Die Spannbetonfertigteile werden von Süden über den Wirtschaftsweg angefahren, der Kran wird nördlich des Brückenbauwerkes auf dem Kranstandplatz positioniert, der schon für den Kraneinsatz zum Rückbau des Bestandsbauwerkes erforderlich war. Auf dem Fertigteil des Mittelfeldes wird der Berührungsschutz montiert und die Erdungsanlage mit angeschlossen. Damit sind die weiteren Arbeiten auf dem Überbau vor den Gefahren aus dem Eisenbahnbetrieb geschützt.

Nach dem Auflegen der Fertigteile werden die Querträger auf den Pfeilern und den Widerlagern geschalt, bewehrt und betoniert. Die Übergangskonstruktion über dem Widerlager Achse 40 wird eingebaut und vergossen. Es folgt die Beschichtung der Gehwegfläche auf dem Überbau und den Kammerwänden sowie der Aufbau der Geländer auf dem Überbau und den Widerlagerflügelwänden. Abschließend werden der Wegebau hinter den Widerlagern und die Pflasterarbeiten um die Widerlager ausgeführt.

5.2.3 Sperrpausenbedarf

Durch die Lage der Pfeiler mit einem Abstand $> 5,0$ m vom benachbarten Gleis können die Baugruben ohne Sperrpausen angelegt werden. Ggf. sind Sicherungsmaßnahmen in Form von festen Absperrungen, die schon beim Rückbau des Bestandsbauwerkes eingebaut werden, vorzusehen. Für das Auflegen der Spannbetonfertigteile und den Aufbau der beiden Berührungsschutzwände auf dem Mittelteil sind drei Sperrpausen von jeweils ca. 4 Stunden erforderlich. In den letzten beiden können die Traggerüstjoche unter dem Überbau demontiert und ausgehoben werden. Die übrigen Arbeiten am Überbau – Herstellung der Querträger, Montage der Geländer, Aufbringen des Belages – sind keine Sperrpausen erforderlich. Eine weitere Sperrpause wäre ggf. noch für die Bauwerksprüfung vor der Abnahme und eventuelle Mängelbeseitigungen am Überbau notwendig. Diese bedürfen noch der Abstimmung.

Damit sind für das Bauvorhaben mit Rückbau des Bestandes und Herstellung des Neubaus mit einem Überbau mit Spannbetonfertigteilen in Summe vier Sperrpausen, ggf. sechs Sperrpausen notwendig.

5.2.4 geschätzte Kosten

Für diese Lösung ergeben sich folgende geschätzte Baukosten:

1	Baugrube herstellen:	1.400 m ³ x 25 €/m ³	=	34.250 €
2	Baugruben verfüllen:	1.070 m ³ x 25 €/m ³	=	26.750 €
3	Baugrubensicherung Achse 30:	40 m ² x 250 €/m ²	=	10.000 €
4	Bodenaustausch Ache 40:	290 m ³ x 30 €/m ³	=	8.700 €
5	Baustraße zur Alte Aachener Straße:	ca. 1.000 € x 40 €	=	40.000 €
6	Widerlagerbeton inkl. Schalung:	70 m ³ x 300 €/m ³	=	21.000 €
7	Bewehrung Widerlager:	8,75 to x 1.200 €/to	=	10.500 €
8	Pfeilerbeton inkl. Schalung:	30 m ³ x 350 €/m ³	=	10.500 €
9	Bewehrung Pfeiler:	4,5 to x 1.200 €/to	=	5.400 €
10	Lager:	8 x i.M. 1.000 €	=	8.000 €
11	Fahrbahnübergang:	3,00 m x 1500 €/m	=	4.500 €
12	Fertigteilbeton inkl. Schalung und Transport:	46 m ³ x 1.000 €/m ³	=	46.000 €
13	Spannstahl:	1,4 to x 10.000 €/to	=	14.000 €
14	Bewehrung Fertigteile:	7 to x 1.400 €/to	=	9.800 €
15	Beton Querträger inkl. Schalung:	14 m ³ x 500 €/m ³	=	7.000 €
16	Bewehrung Querträger:	3,5 to x 1.400 €/to	=	4.900 €
17	Traggerüstjoche:	6 Joche x 750 €/Joch	=	4.500 €
18	Trag-/Arbeitsgerüste:	1 Psch	=	10.000 €
19	Kraneinsatz 400 to-Kran:	1 Tag mit Nachteinsatz	=	20.000 €
20	Kranstellfläche herstellen und rückbauen:	ca. 1000 m ³ x 30 €/m ²	=	30.000 €
21	Belag:	125 m ² x 50 €/m ²	=	6.300 €
22	Berührungsschutz:	2 x 12 m x 1.200 €/m	=	28.800 €
23	Geländer:	2 x 46,85 m x 250 €/m	=	23.400 €
24	Erdungsanlage:	1 Psch x 5.000 €	=	5.000 €
25	Baustelleneinrichtung:	ca. 40.000 €	=	40.000 €
26	Verkehrssicherung:	ca. 10.000 €	=	10.000 €
27	Wegebau, Pflasterarbeiten:	ca. 300 m ² x 80 €	=	24.000 €
28	Sperrpausen:	4 Stk x 4.000 €/Stk	=	16.000 €
29	<u>Kleinpositionen + Rundung:</u>	<u>9.400 €</u>	<u>=</u>	<u>10.700 €</u>
	Summe netto:		=	490.000 €

Dabei entfallen ca. 167.100 € auf Erdbau und Herstellung der Wiederlager und Pfeiler (Zeile 1 ÷ 9) sowie ca. 213.780 € auf die Herstellung der Überbaukonstruktion inkl. Ausstattung (Zeile 10 ÷ 23).

5.3 Variante 2: Verbundüberbau mit Stahlhohlkasten und Ortbetonplatte als Dreifeldbauwerk

5.3.1 Beschreibung der Konstruktion

Die Variante ist auf dem Plan V02 (vgl. Anlage) dargestellt.

Der Überbau wird als Verbund-Dreifeldtragwerk mit Stützweiten von $12,80 + 16,00 + 10,00 = 38,80$ m ausgebildet. Der Überbau besteht aus drei Verbund-Fertigteilträgern, die an den Auflagerachsen mittels Ortbetonquerträgern zu einem durchlaufenden Überbau verschweißt und vergossen werden. Die Verbundträger bestehen aus einem $1,30 \div 1,50$ m breiten und 70 cm hohen, luftdicht verschweißten Stahlhohlkasten und einer $20 \div 25$ cm dicken Gehwegplatte aus Stahlbeton. Die Platte wird mit Kopfbolzendübeln mit dem Stahlhohlkasten verbunden. In den Hohlkästen der einzelnen Träger werden zur Aussteifung im Abstand von etwa 4 m Querschotte eingeschweißt. Die Gehwegplatte ist an ihrer Oberfläche zur Mitte hin mit einem Kehlprofil mit 2 % Querneigung ausgebildet. Die Unterseite ist an den Rändern mit 25 cm breiten Gesimsen gestaltet, sodass Kondenswasser am Plattenrand abtropfen kann.

Die Gehwegplatten werden im Werk auf die Stahlhohlkästen betoniert, und die so fertigen Verbundträger mittels Mobilkran auf Traggerüsten, die vor den Pfeilern und den Widerlagern vorgesehen werden, abgelegt. Im Bereich der Querträger wird der Stahl verschlossen und anschließend verschweißt und die Träger durch Betonage der Querträger zu einem Gesamtsystem vergossen. Für das Auflegen der zwischen 24,5 to und 44 to schweren Verbundfertigteilträger ist wie in der Variante 1 ein 400 to-Kran erforderlich.

Die Querträger über den Pfeilern und Widerlagern werden mit einer Dicke von 1,20 m, einer Länge in Brückenquerrichtung von 2,30 m und etwa 1,20 m Höhe ausgebildet. Damit besitzt der Überbau in etwa folgende Mengen:

ca. 25 m³ Beton, ca. 36 to Baustahl und ca. 7 to Betonstahl für die Verbund-Fertigteile

ca. 14 m³ Beton, ca. 3,5 to Betonstahl für die Querträger

Die Ausbildung der Lagerung, Widerlager und Pfeiler entspricht der wie in Variante 1 beschrieben. Damit ergeben sich Kostenunterschiede zur Variante 1 nur für den Überbau.

5.3.2 Bauablauf

Der Bauablauf entspricht dem der Variante 1. Nach Fertigstellung der Unterbauten werden die Verbundfertigteilträger eingehoben und danach zu einem Gesamtsystem verschweißt und vergossen. Der weitere Bauablauf entspricht dem der Variante 1.

5.3.3 Sperrpausenbedarf

Da der Bauablauf gleich zu dem der Variante 1 ist, sind für das Bauvorhaben mit Rückbau des Bestandes und Herstellung des Neubaus mit einem Überbau mit Verbundfertigteilen in Summe vier Sperrpausen, ggf. sechs Sperrpausen notwendig.

5.3.4 geschätzte Kosten

Für diese Lösung ergeben sich folgende geschätzte Baukosten:

1	Erdarbeiten, Unterbaten wie Var. 1:	s. 5.2.1, Z. 1 ÷ 9	=	167.100 €
2	Lager:	8 x i.M. 1.000 €	=	8.000 €
3	Fahrbahnübergang:	3,00 m x 1500 €/m	=	4.500 €
4	Baustahl verschweiß und beschichtet:	33 to x 3.500 €/to	=	115.500 €
5	Fertigteilebeton inkl. Schalung und Transport:	25 m ³ x 1.000 €/m ³	=	25.000 €
6	Bewehrung Fertigteile:	7 to x 1.400 €/to	=	9.800 €
7	Beton Querträger inkl. Schalung:	14 m ³ x 500 €/m ³	=	7.000 €
8	Bewehrung Querträger:	3,5 to x 1.400 €/to	=	4.900 €
9	Trägerstöße verschweißen:	2 x 5.000 €	=	10.000 €
10	Traggerüstjoche:	6 Joche x 750 €/Joch	=	4.500 €
11	Trag-/Arbeitsgerüste	1 Psch	=	10.000 €
12	Kraneinsatz 400 to-Kran:	1 Tag mitachteinsatz	=	20.000 €
13	Kranstellfläche herstellen und rückbauen:	ca. 1000 m ³ x 30 €/m ²	=	30.000 €
14	Belag:	125 m ² x 50 €/m ²	=	6.300 €
15	Berührungsschutz:	2 x 12 m x 1.200 €/m	=	28.800 €
16	Geländer:	2 x 46,85 m x 250 €/m	=	23.400 €
17	Erdungsanlage:	1 Psch x 5.000 €	=	5.000 €
18	Baustelleneinrichtung:	ca. 40.000 €	=	40.000 €
19	Verkehrssicherung:	ca. 10.000 €	=	10.000 €
20	Wegebau, Pflasterarbeiten:	ca. 300 m ² x 80 €	=	24.000 €
21	Sperrpausen:	4 Stk x 4.000 €/Stk	=	16.000 €
22	<u>Kleinpositionen + Rundung:</u>	<u>ca. 10.200 €</u>	<u>=</u>	<u>10.200 €</u>
	Summe netto:		=	580.000 €

Dabei entfallen wie bei der Var. 1 ca. 167.100 € auf Erdbau und Herstellung der Wiederlager und Pfeiler und ca. 304.280 € auf die Herstellung der Überbaukonstruktion inkl. Ausstattung (Zeile 2 ÷ 16).

5.4 Variante 3: Fachwerktrögbrücke als Einfeldbauwerk

Diese Variante ist sowohl in Stahl (Variante 3a) als auch in Aluminium (Variante 3b) ausführbar. Die Stahlvariante wird nachfolgend beschrieben. Dabei werden die Widerlager im Rahmen des Variantenvergleiches gleich ausgebildet. Die Unterschiede zu einer Ausbildung der Trögbrücke in Aluminium werden aufgezeigt. Für die Kostengegenüberstellung wird auf ein vergleichbares Projekt der Fa. Glück GmbH, Engen / Welschingen (Baden-Württemberg) zurückgegriffen.

5.4.1 Beschreibung der Konstruktion

Die Variante 3a ist auf dem Plan V03 (vgl. Anlage) dargestellt.

Der Überbau wird als Einfeldbauwerk mit einer Stützweite von 35,00 m als Fachwerktrög ausgebildet. Seitlich des 2,70 m breiten mit Trapezsteifen unterstützten Laufbleches werden die beiden Fachwerke aus Rechteckrohren angeordnet. Es werden zwei stärkere Ober- und Untergurtprofile als Rechteckrohre vorgesehen. Dazwischen werden etwa unter 45 ° Diagonalstreben aus Quadratrohren angeordnet. Die Zwischenfelder werden mit Füllstäben als Geländer gefüllt. Vor den Fachwerken werden Handläufe auf 90 cm Höhe angeordnet. Die Fachwerke ragen 1,30 m über das Laufblech, sodass damit die Absturz-sicherung für Radfahrer gegeben ist. Im Bereich über der Bahnstrecke wird ein Berüh-rungsschutz in Anlehnung an die Richtzeichnung Elt an den Fachwerken befestigt.

Die gesamte Konstruktion wird entsprechend den Vorgaben der ZTV-Ing mit Korrosions-schutz versehen. Auf dem Laufblech kann ein Reaktionsharzbelag nach ZTV-Ing 7-2 an-geordnet werden. Stahlbrücken neigen aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit des Mate-rials dazu, bei Frost sehr schnell zu vereisen. Dieser Effekt kann durch die Anordnung ei-nes Belages aus Gussasphalt auf dem Überbau verringert werden. Daher wird statt des Reaktionsharzbelages ein solcher vorgeschlagen.

Der Überbau der Var. 3b als Aluminiumkonstruktion besitzt gemäß der Systemzeichnung der Fa. Glück 2,40 m hohe Fachwerkträger.

Der Überbau wird an beiden Enden auf Widerlagern, die als Kastenwiederlager ausgebil-det sind, aufgelegt und mit Fahrbahnübergängen ausgestattet. Die Lagerung erfolgt je Widerlager mit zwei Elastomerlagern, wobei jeweils ein Lager querfest ausgebildet wird.

Die beiden Widerlager werden als flachgegründete Kastenwiderlager – das östliche auf einem etwa 2,50 m hohen Bodenaustausch hergestellt. Die Gründungskoten liegen für

das Widerlager Achse 10 auf + 84,50 mNN und für das Widerlager Achse 20 auf + 84,50 mNN. Auf der 1,55 m dicken Widerlagerwand wird eine 40 cm dicke Kammerwand angeordnet. Die Flügelwände werden mit einer nach unten 10:1 zunehmenden Dicke von 50 ÷ ca. 90 cm hergestellt.

5.4.2 Bauablauf

Nach dem Rückbau des Bestandsbauwerkes (vgl. Kap. 4) wird von der Alte Aachener Straße aus ein Einschnitt zur Herstellung einer Baustraße zum östlichen Widerlager Achse 20 angelegt. Der Damm wird wie in Variante 1 beschrieben eingeschnitten.

Das westliche Widerlager Achse 10 wird vom Wirtschaftsweg aus angefahren. Eine Zufahrt zum Widerlager kann auch von Westen über das Parkgelände erfolgen.

Nach Fertigstellung und Hinterfüllung der Widerlager und dem Einbau der Lager auf den Lagersockeln wird der Überbau samt Geländer und Berührungsschutz mittels Mobilkran aufgelegt. Zum Einhub des etwa 29 to schweren Überbau ist bei einer Ausladung von etwa 25 m ein 300 to-Mobilkran erforderlich, der auf der Kranstandfläche, die für den Rückbau angelegt wurde, aufgestellt wird. Im Falle eines Aluminiumüberbaus, der insgesamt ein Gewicht von 12 to hat, ist ein 200 to-Kran auskömmlich.

Nach dem Auflegen des Überbaus werden die Fahrbahnübergänge zu den Kammerwänden eingebaut und vergossen sowie die Geländer auf den Flügelwänden komplettiert. Abschließend werden beim Stahlüberbau darauf der Belag hergestellt sowie der Wegebau hinter den Widerlagern und die Pflasterarbeiten um die Widerlager ausgeführt.

5.4.3 Sperrpausenbedarf

Die Widerlager werden soweit von den Gleisen entfernt hergestellt, dass für ihre Herstellung keine Sperrpausen und auch keine Gleissicherungen erforderlich sind. Für das Auflegen des Überbaus ist eine Sperrpause von 4 Stunden auskömmlich. Eine weitere Sperrpause wäre ggf. noch für die Bauwerksprüfung vor der Abnahme und für eventuelle Mängelbeseitigungen am Überbau notwendig. Diese bedürfen noch der Abstimmung.

Damit sind für das Bauvorhaben mit Rückbau des Bestandes und Herstellung des Neubaus mit einem Überbau mit Fachwerktrogüberbau in Summe zwei Sperrpausen, ggf. vier Sperrpausen notwendig.

5.4.4 geschätzte Kosten

Für diese Lösung ergeben sich folgende geschätzte Baukosten:

1	Baugrube herstellen:	1.400 m ³ x 25 €/m ³	=	34.250 €
2	Baugruben verfüllen:	1.070 m ³ x 25 €/m ³	=	26.750 €
3	Baustraße zur Alte Aachener Straße:	ca. 1.000 € x 40 €	=	40.000 €
4	Widerlagerbeton inkl. Schalung:	140 m ³ x 300 €/m ³	=	42.000 €
5	Bewehrung Widerlager:	18 to x 1.200 €/to	=	21.600 €
6	Lager:	4 x i.M. 2.000 €	=	8.000 €
7	Fahrbahnübergänge:	2 x 3,00 m x 1500 €/m	=	9.000 €
8	Baustahl fertig beschichtet:	28 to x 4.000 €/to	=	112.000 €
9	Gussasphaltbelag 2-schichtig:	95 m ² x 50 €/m	=	4.800 €
10	Kraneinsatz 300 to-Kran:	1 Nachteinsatz	=	8.000 €
11	Kranstellfläche herstellen und rückbauen:	ca. 1000 m ³ x 30 €/m ²	=	30.000 €
12	Berührungsschutz:	2 x 12 m x 1.200 €/m	=	28.800 €
13	Geländer:	45,80 m x 250 €/m	=	11.600 €
14	Erdungsanlage:	1 Psch x 5.000 €	=	5.000 €
15	Baustelleneinrichtung:	ca. 40.000 €	=	40.000 €
16	Verkehrssicherung:	ca. 10.000 €	=	10.000 €
17	Wegebau, Pflasterarbeiten:	ca. 300 m ² x 80 €	=	24.000 €
18	Kleinpositionen + Rundung:	9.400 €	=	9.300 €
19	Summe netto:		=	465.000 €

Dabei entfallen ca. 164.600 € auf Erdbau und Herstellung der Wiederlager (Zeile 1 ÷ 5) sowie ca. 209.640 € auf die Herstellung der Überbaukonstruktion inkl. Ausstattung (Zeile 6 ÷ 13).

Für den Aluminiumüberbau liegt ein Angebot der Fa. Glück GmbH vom 16.08.2018 vor, danach betragen die Kosten für den Überbau samt unterseitiger Beschichtung und Kranmontage 208.500 + 7.000 + 6.000 = 221.500 € netto. Es ergeben sich bei vergleichbarer Widerlagerausstattung Gesamtkosten für die Variante 3b mit einem Überbau in Aluminium 476.860 € netto. Damit ist die Variante 3a mit Stahlüberbau rd. 12.000 € netto günstiger.

5.5 Variantenvergleich und Empfehlung

5.5.1 Kostenvergleich

Im Vergleich der Herstellungskosten für das neue Bauwerk ist die Variante 3a Stahlfachwerktrög als Einfeldbauwerk mit Herstellungskosten von 465.000 € (100 %) die günstigste Lösung, gefolgt von der Variante 3b Aluminiumfachwerktrög als Einfeldbauwerk mit 476.860 € (102,6 %). Die Dreifeldlösung der Var 1 Spannbetonüberbau mit Fertigteilträgern ist mit 490.000 € (105,4 %) nahezu vergleichbar zu den beiden Einfeldlösungen, wo hingegen die Dreifeldlösung der Var. 2 mit Verbundüberbau mit Herstellungskosten von netto 580.000 € (124,7 %) deutlich teurer ist.

Die Stahllösung besitzt wie in Kap. 5.1 beschrieben mit 100 Jahren die nominell längste Lebensdauer des Überbaus. Die Unterhaltungskosten betragen aufgrund des zu erneuernden bzw. auszubessernden Korrosionsschutzes 1,5 % der Herstellungskosten pro Jahr. Für den Überbau sind dies etwa 3.150 €/a. Diese Kosten fallen nicht laufend an, sondern bündeln sich in wenigen Sanierungsmaßnahmen.

Nach Angaben des Herstellers des Aluminiumüberbaus ist der Überbau nahezu wartungsfrei, sodass keine oder nur sehr geringe Unterhaltungskosten anfallen. Da vergleichende Angaben aus anderen Quellen nicht vorliegen und wir aus Gründen der Alterungsbeständigkeit der mit Tausalzen beanspruchten Konstruktion in Anlehnung an die ZTV-Ing einen Korrosionsschutz der Aluminiumteile vorsehen würden, halten wir die Angabe für zu gering. Nach der ZTV-Ing erhalten alle Aluminiumteile von Aluminiumgeländern eine Korrosionsschutz. Dabei wird die Lebensdauer von Geländern deutlich geringer angesetzt als von Überbauten. Damit ergeben sich ähnlich wie beim Stahlüberbau Beschichtungsarbeiten, sodass die Unterhaltungskosten vergleichbar zum Stahl angesetzt werden. Damit ergibt sich für die schwingungsanfälligeren leichten Aluminiumkonstruktion kein Kostenvorteil, sodass der Stahllösung in der Variante 3 den Vorzug gegeben wird.

Die Spannbetonlösung der Variante 1 hat eine rechnerische Lebensdauer von 70 Jahren und jährliche Unterhaltungskosten für den Überbau von 1,3 %, also von etwa 2.860 €/a. Damit ist die Spannbetonlösung in den Unterhaltungskosten die günstigere Lösung.

5.5.2 nicht monetäre Aspekte

Nachfolgend werden für die beiden aus dem Kostenvergleich sinnvoll hervorgehenden Varianten 1 – Spannbeton-Dreifeldbauwerk und 3a – Stahl-Einfeldbauwerk die nicht monetären Vor- und Nachteile zusammengestellt und gegenübergestellt.

Bauablauf

Die Herstellung des Dreifeldbauwerkes erfordert eine deutlich kleinteiligere und damit zeitlich längere Bauweise. Es sind zwei kleine Widerlager und zwei Pfeiler herzustellen. Für das Auflegen der Träger sind Traggerüstjoche vor den Unterbauten erforderlich. Der Überbau kann nicht fertig aufgelegt werden, sondern es sind für die Montage der Berührungsschutzwände und den Rückbau der Traggerüstjoche weitere Sperrpausen notwendig. Nach dem Auflegen sind weitere Betonarbeiten am Überbau auszuführen.

So wird die Bauzeit nach dem Rückbau des Bestandsbauwerkes für die Dreifeldbrücke mit etwa 8 Monaten und für die Einfeldbrücke mit Stahlüberbau mit etwa 6 Monaten geschätzt. Dabei kann es jedoch für die Materialbeschaffung des Baustahls zu Verzögerungen kommen.

Sperrpausenbedarf

Der Sperrpausenbedarf bei der Herstellung des Bauwerkes ist bei dem Dreifeldbauwerk mit voraussichtlich 4 Sperrungen doppelt so hoch wie der für das Stahltragwerk. Wie beschrieben sind nach dem Auflegen der Träger weitere Sperrpausen für die Montage des Berührungsschutzes erforderlich, wohingegen der Stahlüberbau mit allen Geländer- und Berührungsschutzelementen eingehoben wird. Je nachdem wann die Sperrpausen angesetzt werden, kann es dabei zu Verzögerungen im Bauablauf kommen.

Statische Aspekte – Zwang

Das Dreifeldbauwerk ist neben den Lasten aus Eigengewicht und Verkehr auch für den Zwang aus Temperatur und vor allem aus Stützensenkung zu bemessen. Aus der Erfahrung mit anderen Bauwerken ist bekannt, dass ein solcher Durchlaufträgerüberbau mit kurzen Stützweiten mit sehr großen Zwangsschnittgrößen auf Stützensenkungen reagiert. Dies kann sogar dazu führen, dass das Tragwerk in der geplanten Form nicht bemessbar ist. Genaue Auskunft darüber kann erst nach einer Statischen Berechnung des Überbaus gegeben werden.

Diese Probleme gibt es bei dem Einfeldbauwerk nicht. Es ist in Längsrichtung und quer dazu statisch bestimmt, sodass die Temperatureinwirkungen und eventuell auftretende Setzungen der Widerlager nur zu Verformungen des Tragwerkes jedoch nicht zu

Zwangsspannungen im Tragwerk führen. Daher ist aus statischer Sicht der Stahlüberbau vorteilhafter und damit auch, was den weiteren Planungsprozess angeht, mit geringeren Risiken behaftet.

Statische Aspekte – Schwingungen

Aufgrund der deutlich höheren Masse des Spannbetragwerkes ist das Verhältnis von Eigengewicht zu Verkehrslast mit 30 kN/m zu 12,5 kN/m höher als bei der vergleichsweise leichten Stahlkonstruktion mit 8 kN/m zu 12,5 kN und somit die Schwingungsanfälligkeit des Betonüberbaus deutlich geringer. Für den Überbau ist ein Schwingungsnachweis zu führen und die Konstruktion so auszubilden, dass die Schwingungen die zulässigen Werte einhalten.

Vereisen der Lauffläche

Der Spannbetonüberbau besitzt aufgrund seiner Masse eine hohe Speicherkapazität für Wärme, sodass er auf Temperaturschwankungen deutlich träger reagiert als der aus dünnen Profilen mit großer Oberfläche gebildete Stahlfachwerküberbau. So kann es beim Stahlüberbau schneller zu einem Vereisen der Gehwegfläche kommen. Dieser Effekt soll durch die Anordnung eines 6 cm dicken Gussasphaltbelages abgemildert werden. Damit würde für den Geh- und Radweg auf dem Überbau die gleiche Situation geschaffen wie auf einer Straßenbrücke mit Stahlüberbau. Da die Brücke nicht Teil eines Schulweges sondern eines Zugangs in ein Naherholungsgebiet ist, wird dieser Nachteil des Stahlüberbaus als nicht so gravierend eingeschätzt.

Transport und Kraneinsatz:

Der Spannbetonüberbau erfordert für den Antransport der bis zu 15,5 m langen und 51 to schweren Fertigteile Sondertransporte, die vor allem durch Gewichtsbeschränkungen von Streckenabschnitten und Brücken beeinflusst werden. Für den Transport des etwa 35,50 m langen und etwa 29 to schweren Stahlüberbaus spielen insbesondere geometrische Aspekte in Kurven und Kreuzungen eine Rolle. Die genauen Fahrwege und die sich ergebenden Anpassungsarbeiten können erst im Zuge der Transportplanung festgelegt werden. Ggf. kann der Stahlüberbau in zwei Teilen zur Baustelle transportiert und dort zu einem Bauteil zusammengefügt werden. Dabei ergäben sich eine Transportlänge von etwa 23 m und ein Teilgewicht von 19 to. Dieses Bauteil ist voraussichtlich ohne größere Probleme transportierbar.

Der Spannbetonüberbau erfordert aufgrund des großen Teilgewichtes und der für das östliche Fertigteile großen Ausladung beim Einheben einen vergleichsweise großen Mobil-

kran. Voraussichtlich ist ein 400 to-Kran erforderlich, der als 7achsiges Fahrzeug mit etwa 18,5 m Gesamtlänge im engen Wirtschaftsweg aufzustellen wäre. Der für den Stahlüberbau notwendige 300 to-Kran ist als 6achsiges Fahrzeug weniger raumgreifend.

Lichte Höhe und Breite unter dem Bauwerk:

Der Stahlüberbau ermöglicht durch die geringe Konstruktionshöhe unter der Lauffläche von nur 15 cm eine deutliche Vergrößerung der Lichten Höhe über den Gleisen und dem Wirtschaftsweg. So kann wegen der Lichten Höhe von ca. 7,00 m > 6,80 m auf einen Umbau der Oberleitung oder den Einbau von Isolierungen der Tragseile verzichtet werden.

Auf dem Wirtschaftsweg ergibt sich mit ca. 4,37 m eine Lichte Höhe, die annähernd das Maß von 4,50 m erreicht, für das keine Höhenbeschränkung erforderlich ist. Eine Höhenbeschränkung ist trotzdem zu beschildern. Jedoch können nach StVZO zugelassene Fahrzeuge (Höhe max. 4,00 m) unter dem Bauwerk hindurchfahren ohne den Überbau anzufahren.

Da das östliche Widerlager mit einem lichten Maß von 13,0 m zum östlichen Gleis angeordnet wird, kann der Bau dieses Widerlagers ohne Beeinflussung durch und für den Zugbetrieb erfolgen. Der dicht am vorhandenen Pfeiler vorbeilaufende Kabelkanal kann direkt nach dem Abbruch des Pfeilerfundamentes wieder an die alte Stelle gelegt werden, sodass weitere Arbeiten an den Anlagen der DB AG nicht notwendig sind.

Das östliche Widerlager wird komplett auf dem Grund der Stadt Übach-Palenberg errichtet, sodass keine Betretungsrechte oder andere dingliche Sicherungen mit der DB AG vereinbart werden müssen. Nur für die regelmäßig vorgesehenen Bauwerksprüfungen des Überbaus sind Abstimmungen mit der DB AG erforderlich.

5.5.3 Empfehlung

Aufgrund der geringsten Herstellkosten und der überwiegenden Vorteile empfehlen wir die Ausbildung des neuen Brückenbauwerkes als Einfeldbauwerk. Die Verbesserung der Lichten Höhe unter dem Überbau, der Lage der Unterbauten zur Gleisanlage, die einfacheren Transport- und Montagebedingungen und schließlich die geringeren Statischen Risiken wiegen aus unserer Sicht den Nachteil einer eventuellen schnelleren Vereisung des Überbaus, die durch einen leistungsstarken Winterdienst wieder beseitigt werden kann, bei weitem auf.

5.5.4 Kostenausblick

Zusammen mit den geschätzten Kosten für den Rückbau des Bestandsbauwerkes von etwa 130.000 € und geschätzten Herstellkosten für den Neubau von 465.000 € ergeben sich Baukosten von etwa 595.000 € netto. Hinzu kommen vor allem die Kosten für

- die Objekt- und Tragwerksplanung,
- die Werkstattplanung für den Stahlüberbau,
- die baustatische Prüfung durch den Prüferingenieur,
- die Baubetreuung während der Ausführung (örtliche Bauüberwachung, Fertigungsüberwachung),
- Sicherungsleistungen Bahn,
- die Hauptprüfung vor Abnahme.

Die genaueren Kosten sind nach Festlegung der zur Ausführung vorgesehenen Variante ermittelbar. Bis dahin wird ein Kostenrahmen von etwa 150.000 € für die oben genannten Zusatzkosten erwartet, sodass die Projektkosten voraussichtlich bei geschätzt rd. 750.000 € netto, also 892.500 € brutto liegen werden.

Aachen den 20.08.2018

THORMÄHLEN + PEUCKERT
BERATENDE INGENIEURE FÜR BAUWESEN



(Dipl.-Ing. R. Schumacher)