

Witten
Universitätsstadt an der Ruhr



Stadt Witten

Annenstraße 113
58453 Witten

Neubau der Lakebrücke über die Ruhr

Erläuterung zur
Machbarkeitsstudie

Projekt-Nr.: 25052

Stand: 29.07.2021

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Allgemeines..... | 3 |
| 1.1 | Notwendigkeit der Baumaßnahme | 3 |
| 1.2 | Lastannahmen | 3 |
| 1.3 | Lage im Straßennetz und Verkehrsbedeutung, örtliche Randbedingungen | 4 |
| 2 | Bestand..... | 4 |
| 3 | Grundlagen | 5 |
| 3.1 | Gefällesituation | 5 |
| 3.2 | Angaben zur erforderlichen Lichten Höhe unter dem Bauwerk (Wassertechnische Berechnung Ruhr km 68+185 bis 69+600 von Straßen NRW aus 2020)..... | 5 |
| 3.3 | Angaben zum Lichtraumprofil auf dem Bauwerk | 6 |
| 3.4 | Versorgungsleitungen | 6 |
| 4 | Neuplanung..... | 7 |
| 4.1 | Variantenuntersuchung | 7 |
| 4.2 | Verworfenen Varianten..... | 7 |
| 4.3 | Umgesetzte Varianten der Machbarkeitsstudie | 9 |
| 4.3.1 | Variante 1: Stahlbrücke als Trogquerschnitt (4-feldrig)..... | 9 |
| 4.3.2 | Variante 2: Bogenbrücke (mittig liegende Fahrbahn) (1-feldrig)..... | 9 |
| 4.3.3 | Variante 3: Bogenbrücke (unten liegende Fahrbahn) (2-feldrig) | 10 |
| 4.3.4 | Variante 4: Fachwerkbrücke mit Spannbeton-Vorlandbrücke (2-feldrig)..... | 10 |
| 5 | Variantenvergleich..... | 11 |
| 5.1 | Technische Aspekte | 11 |
| 5.2 | Baubarkeit..... | 12 |
| 5.3 | Kosten..... | 12 |
| 5.4 | Gestaltung/ Ästhetik | 13 |
| 5.5 | Lebensdauer und Unterhaltungskosten | 13 |
| 5.6 | Bauzeit..... | 14 |
| 5.7 | Bauzeitliche Verkehrsführung/ -sicherung | 14 |
| 5.8 | Ergebnismatrix | 15 |

1 Allgemeines

1.1 Notwendigkeit der Baumaßnahme

Die Stadt Witten plant die Erneuerung des Brückenbauwerkes „Lakebrücke“ über die Ruhr im Stadtteil Witten-Herbede. Sie verbindet den Stadtteil Herbede mit dem Stadtteil Heven und ist essentiell für den Freizeitverkehr im Ruhrtal. Die Brücke weist aktuell eine nutzbare Breite von 2,50 m auf, dies führt immer wieder zu Konfliktsituationen zwischen Fußgängern, Radfahrern und Inlineskatern.

Des Weiteren soll die 250 m nördlicher liegende Ruhrbrücke im Zuge der „Wittener Straße“ ebenfalls erneuert werden, so dass die Lakebrücke bauzeitlich als Umleitung für Rettungsdienst und Einsatzfahrzeuge genutzt werden kann. Somit ist die Realisierung des Ersatzneubaus der Lakebrücke vor Sperrung der Brücke im Zuge der „Wittener Straße“ vorgesehen.

Darüber hinaus soll die Lakebrücke allgemein, insbesondere im Hinblick auf die Internationale Gartenausstellung IGA 2027, eine Aufwertung des Ruhrfensters Herbede für den Freizeitverkehr sein.

Auf Grund verschiedener Randbedingungen, die unter anderem durch die Bezirksregierung Düsseldorf in Bezug auf die erforderlichen Durchfahrtshöhen und durch die Stadt Witten mit dem Wunsch einer maximalen Neigung auf der Brücke von 6,0 % gestellt wurden, ist die Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur Einhaltung der Kriterien durch die Ausarbeitung verschiedener brückenbautechnischer Vorschläge mit Kostenannahmen gewünscht gewesen. Hierbei handelt es sich in erster Linie um die Untersuchung der Vereinigung der beiden vorweg genannten Randbedingungen im Hinblick auf eine mögliche Konstruktionsart. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie werden verschiedenen Varianten untersucht. Die Variantenuntersuchungen begrenzen sich hierbei in erster Linie auf mögliche Konstruktionsarten für den Überbau und sind, auf Grund nicht vorhandener Grundlagen wie u.a. einer Geländevermessung und Baugrunderkundungen, nicht auf dem Niveau einer Vorplanung. Die Erstellung einer Vorplanung gem. HOAI ist im weiteren Planungsprozess noch erforderlich. Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie wurden somit verschiedene Varianten identifiziert, die im Rahmen der Vorplanung weiter ausgearbeitet werden müssen.

1.2 Lastannahmen

Das Brückenbauwerk wird mit den Einwirkungen und dem Lastmodell nach DIN EN 1991-2 (Geh- und Radwegbrücken) bemessen. Desweiteren ist gem. der Preisanfrage der Stadt Witten für die Machbarkeitsstudie, abweichend von der DIN EN 1991, die außergewöhnliche Belastung durch ein Dienstfahrzeug (Einsatzfahrzeug der Feuerwehr) mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 18 t zu berücksichtigen. Die jeweils zugelassene Nutzung der Brücke soll ggf. durch eine Lichtsignalanlage ausschließlich für den Geh- und Radwegverkehr oder für Dienstfahrzeuge gekennzeichnet werden, so dass diese unabhängig voneinander angesetzt werden könnten.

1.3 Lage im Straßennetz und Verkehrsbedeutung, örtliche Randbedingungen

Sachverhalt oben:

Das Bauwerk überführt einen Geh- und Radweg über den Wasserlauf Ruhr unter einem Kreuzungswinkel von ca. 100 gon. Der Weg weist auf dem Bauwerk eine nutzbare Breite von ca. 2,50 m auf. Unmittelbar vor und hinter dem Bauwerk beträgt die Straßenbreite auf gut 15,0 m in etwa auch 2,50 m. Jeweils östlich und westlich des Bauwerkes schließen breitere Straßenzüge an. Der Verkehr dieser Trasse setzt sich hauptsächlich aus Radfahrern, Fußgängern und Inlineskatern zusammen. Das zukünftige Längsgefälle soll, wenn möglich, barrierearm mit einer Neigung von maximal 6,0 % hergestellt werden. Zurzeit beträgt es bis zu 8,0 %.

Während der Bauzeit der Ruhrbrücke „Wittener Straße“ soll die Brücke außerdem durch Rettungsdienst und Einsatzfahrzeuge befahren werden (s. 1.2 Lastannahmen). Nach Fertigstellung steht die Brücke ausschließlich dem nicht motorisierten Verkehr zur Verfügung.

Die Trassierung verläuft im Bereich des Bauwerks geradlinig.

Sachverhalt unten:

Unterfährt wird der Wasserlauf „Ruhr“ mit einer Lichten Weite von ca. 44,50 m im mittleren Feld und einer Lichten Höhe von ca. 5,95 m (gemessen ab Normalwasserstand 72,05 m NHN). Da es sich bei der Ruhr um ein schiffbares Gewässer handelt, muss dies bei der zukünftigen Lichten Höhe zwingend berücksichtigt werden. Gem. der Wassertechnischen Berechnungen der Ruhr von km 68+185 bis 69+600 von Straßen NRW aus dem Jahr 2020 wäre eine Lichte Höhe von 7,70 m wünschenswert. Dies ist mit dem Wunsch einer Längsneigung von max. 6,0 % allerdings nicht vereinbar. Nähere Informationen hierzu sind Kapitel 3 zu entnehmen.

2 Bestand

Das Bestandsbauwerk ist als 3-feldriges Bauwerk aus Spannbeton hergestellt worden. Das östliche Feld ist ein 1-Feldträger, die beiden westlichen Felder sind als Durchlaufträger ausgebildet.

Bauwerkskenndaten:

| | |
|---------------------------|-------------------------------|
| Konstruktion: | Plattenbalkenbrücke |
| Baustoff Überbau: | Spannbeton |
| Gesamtlänge: | ca. 98,20 m |
| Stützweite: | 10,67– 45,90 – 40,12 m |
| Lichte Weite: | 9,87 – 44,50 – 38,62 m |
| Breite zw. den Geländern: | 2,81 m |
| Fahrbahnbreite: | 2,51 m (zw. Randaufkantungen) |
| Gesamtbreite: | 3,31 m |
| Bauwerkswinkel: | ca. 100 gon |
| Brückenfläche: | ca. 288 m ² |

3 Grundlagen

Folgende Grundlagen müssen im Rahmen der Machbarkeitsstudie berücksichtigt werden.

3.1 Gefällesituation

Die Gefällesituation ist auf dem Bestandsbauwerk mit stellenweise über 8,0 % zu groß, seitens der Stadt Witten wird eine maximale Steigung von 6,0 % gewünscht um das Bauwerk barrierearm auszubilden. Ein barrierefreies Bauwerk mit entsprechenden neigungsfreien Podesten alle 6,00 m auf einer Länge von 1,50 m ist auf Grund der örtlichen Gegebenheiten nicht umsetzbar.

3.2 Angaben zur erforderlichen Lichten Höhe unter dem Bauwerk (Wassertechnische Berechnung Ruhr km 68+185 bis 69+600 von Straßen NRW aus 2020)

Aus der vorliegenden Wassertechnischen Berechnung von Straßen NRW gehen die erforderlichen Lichten Höhen unter dem Bauwerk in dem Mittelfeld hervor. Die gewünschte Lichte Höhe von 7,70 m setzt sich gem. Abschnitt 5 aus einer Schiffshöhe von 6,20 m, einem Freibord von 1,00 m und einer Planungsreserve von 0,50 m zusammen. Hieraus ergibt sich eine Unterkante des Überbaus von 79,90 m NHN. Da bei dieser Forderung ein maximales Gefälle von 6,0 % nicht eingehalten werden kann, fanden bereits erste telefonische Rücksprachen zwischen der KONSTA Planungsgesellschaft mbH und der BR Düsseldorf statt, wonach das Freibord ggf. reduziert werden kann. Des Weiteren kann das Schiff der Bezirksregierung im Bedarfsfall abgesenkt werden, so dass das Schiff „Möwe“ mit einer Höhe über dem Wasserspiegel von 6,00 m für die Durchfahrt maßgebend ist. In jedem Fall darf die Unterkante des Überbaus gemäß der Wassertechnischen Berechnung Kapitel 5 nicht unter der des Bestandes bei 78,00 m NHN liegen.

Für die vorliegende Machbarkeitsstudie wurde eine Lichte Höhe unter dem Bauwerk von 6,70 m angenommen. Nur so kann die maximale Neigung von 6,0 % annähernd erreicht werden. Die Gradienten für eine Lichte Höhe von 7,70 m sowie 6,70 m können den Planunterlagen der Machbarkeitsstudie Blatt 4 entnommen werden. Die Lichte Höhe von 7,70 m setzt sich aus einer Schiffshöhe von 6,20 m, einem Freibord von 1,00 m und einer Planungsreserve von 0,50 m zusammen. Bei 6,70 m Lichte Höhe wird die Schiffshöhe gem. Rücksprache mit der Bezirksregierung (BR) Düsseldorf auf 6,00 m (Schiff „Möwe“) sowie die Freibordhöhe bzw. Planungsreserve nochmals um insgesamt 80 cm reduziert. Da das Schiff der Bezirksregierung im Bedarfsfall abgesenkt werden kann, ist hierbei das Schiff „Möwe“ mit 6,00 m für die Durchfahrt maßgebend. In beiden Fällen wird eine Konstruktionshöhe unterhalb der Gradienten von 65 cm angesetzt.

In den Vorlandfeldern soll die Unterkante des Überbaus gem. der vorliegenden Wassertechnischen Berechnung mindestens bei 77,80 m NHN liegen. Dies setzt sich aus dem HQ100-Wert und somit dem Wasserspiegel von 76,30 m NHN und einem Freibord von 1,00 m sowie einer Planungsreserve von 0,50 m zusammen. Eine Einhaltung dieser Lichten Höhe ist angesichts der gewünschten maximalen Neigung von 6,0 % auf dem Bauwerk nicht realisierbar. Die Unterkante des Überbaus befindet sich je nach Variante zwischen 76,06 und 76,77 m NHN. Die Unterkanten von Variante 1, 2 und 3 liegen, genauso wie im Mittelfeld, allerdings über der des Bestandes und auch oberhalb des Wasserspiegels bei HQ100 von 76,30 m NHN. Somit werden die hydraulischen Verhältnisse der Ruhr nicht verschlechtert, eine Abstimmung mit der Bezirksregierung Arnsberg ist, gemäß Aussage aus der Wassertechnischen Berechnung, nach Prüfung der technischen Möglichkeiten (Gradiente und Konstruktionshöhe) durchzuführen.

3.3 Angaben zum Lichtraumprofil auf dem Bauwerk

Auf dem Bauwerk soll eine möglichst großzügige nutzbare Breite von 5,70 m vorgesehen werden. Diese soll gem. der Stadt Witten mindestens 5,00 m betragen. Auf Blatt 2 der Planunterlagen sind zwei Varianten für Systemquerschnitte dargestellt. Variante 1 zeigt die erforderliche Breite gem. RASt und ERA für einen nebeneinanderliegenden Geh- und Radweg. Variante 2 hingegen beinhaltet gem. RASt einen LKW und einen daneben befindlichen Radfahrer. Bei Variante 2 ist die erforderliche nutzbare Breite mit 5,55 m geringer als bei Variante 1. Da die Brücke nach der Bauzeit der Ruhrbrücke Wittener Str. ausschließlich dem nicht motorisierten Verkehr zur Verfügung steht und die Brücke auch häufig von Inlineskatern genutzt wird, wird eine nutzbare Breite von 5,70 m gem. Variante 1 empfohlen.

Die Lichte Durchfahrtshöhe auf dem Bauwerk muss nicht den Angaben der RASt mit 4,50 m folgen, gem. Rücksprache der Stadt Witten mit der Feuerwehr im Januar 2021 ist eine Durchfahrtshöhe von 3,80 m erforderlich, wünschenswert sind 4,00 m.

3.4 Versorgungsleitungen

Unter dem Bauwerk verlaufen 10 Leitungen, die nach jetzigem Stand auch zukünftig dort erforderlich sind. Hierbei handelt es sich um zwei DN 400-Leitungen, wovon es sich bei einer um eine Gasleitung und bei der anderen um eine Wasserleitung handelt. Die verbleibenden acht DN 100-Leitungen beinhalten Strom- bzw. TK-Kabel. Das Unterbringen der Versorgungsleitungen ist unter der Fahrbahn vorgesehen. Bei einer Gasleitung kann es ggf. erforderlich werden diese seitlich des Überbaus anzubringen. Da während der Dauer der Bauzeit die Versorgung gewährleistet werden muss, ist auch ein Düker für die Leitung denkbar. Für einen Ersatzneubau neben der Bestandsbrücke sind die vorhandenen Platzverhältnisse, ohne einen Grunderwerb auf der östlichen Seite, nicht ausreichend. Hierauf wird in Kapitel 4.2 genauer eingegangen.

4 Neuplanung

4.1 Variantenuntersuchung

Betrachtet werden drei verschiedene Bauarten mit unterschiedlichem Haupttragssystem, die hier als technisch und wirtschaftlich sinnvolle Lösungen in Betracht kommen. Alle Varianten weisen bei einer gleichen Gesamtstützweite von 86,90 m eine unterschiedliche Anzahl Felder auf und werden mit einem oben- bzw. seitlich liegenden Tragwerk ausgebildet. Dies schafft eine größtmögliche Lichte Höhe unter dem Bauwerk und ermöglicht die gewünschte Neigung von maximal 6,0 % bei einer reduzierten Lichten Höhe auf 6,70 m annähernd einhalten zu können. Bei allen Varianten ist das maximale Gefälle von 6,0 % auf dem Bauwerk eingehalten. Abweichungen gibt es insbesondere in dem östlichen Hinterfüllbereich.

Es wird davon ausgegangen, dass alle Varianten mittels einer Tiefgründung gegründet werden. Dies hat nicht nur den Vorteil kleinerer Baugruben insbesondere an den Uferbereichen sondern reduziert auch die Baugruben und die erforderlichen Maßnahmen zur Wasserhaltung.

4.2 Verworfenne Varianten

Neben dem vollständigen Neubau der Brücke in gleicher Lage wurde auch die Möglichkeit des Ersatzneubaus in seitlicher Lage neben dem Bestandsbauwerk untersucht. Es wäre somit möglich die Wegeverbindung sowie die Versorgungsleitungen während der Bauzeit aufrechtzuerhalten. Hierfür bestehen die Möglichkeiten der Errichtung eines zweiten Bauwerks für eine Trennung des Rad- und Gehweges unter Weiternutzung der alten Brücke oder ein neues Bauwerk für die gemeinsame Nutzung des Rad- und Gehweges und des anschließenden Abbruchs des Bestandsbauwerkes. Unabhängig davon, welche der Möglichkeiten gewählt würde, müsste der Überbau eine Breite zwischen den Geländern von mindestens 3,50 m aufweisen. Dies entspricht gem. ERA Tab. 5 für eine gemeinsam genutzten Geh- und Radweg einer Anzahl von etwa 100 Fußgängern und Radfahrern je Spitzenstunde (max. ca. 1/3 Radfahrer) bzw. einem einseitigen Zweirichtungsradweg. Diese Breite wäre gem. RAS 06 ggf. auch für eine Befahrung mit Einsatzfahrzeugen möglich, da es sich um keine regelmäßige bzw. dauerhafte Nutzungsart handelt. Dies müsste aber zwingend mit der Feuerwehr abgesprochen werden, ggf. ist auch eine größere Breite von 4,00 m erforderlich. Des Weiteren bleibt bei zwei schmaleren Brücken die Konfliktsituation zwischen Fußgängern, Radfahrern und Inliner-Skatern, insbesondere im Begegnungsfall, weiter bestehen. Auch bei einer Führung des Fußgängerverkehrs über die vorhandene Brücke mit einer Breite von 2,50 m und die Führung des Rad- und Inlinerverkehrs auf der neuen Brücke mit einer Breite von 3,50 m, könnte auf der neuen Brücke weiterhin zu Konfliktsituationen führen und wäre somit ein Kompromiss. Bei einer nutzbaren Breite zwischen den Geländern von 3,50 m ergibt sich eine Überbaubreite bei einem seitlich liegenden Tragwerke von 5,00 m, bei einem unten liegend Tragwerk wäre eine Überbaubreite von nur 4,00 m realisierbar. Letzteres würde allerdings zu keiner Verbesserung der Bestandsituation führen, da eine ähnliche Gefällesituation (teilweise 8,0%) auf dem Bauwerk erforderlich wäre und auch die Unterkante des Überbaus nicht deutlich über

der des Bestandes liegen würde. Die Forderungen der Bezirksregierung Düsseldorf nach einer größeren lichten Höhe könnte somit nicht erfüllt werden bzw. fordert steilere oder längere Rampen, was beides nicht empfohlen werden kann bzw. in der Örtlichkeit nicht möglich ist.

Unabhängig davon, ob das Bestandsbauwerk nach Fertigstellung des neuen Bauwerkes abgebrochen wird oder nicht, sollte zwischen den Bauwerken jedoch mindestens ein Abstand von 2,00 m bestehen. In diesem Fall wären aufwendige Sicherungsarbeiten für das Bestandsbauwerk wie ein Spundwandverbau erforderlich, ggf. kann die Gründung der neuen Widerlager nur in Form einer Tiefgründung umgesetzt werden. Des Weiteren sind zu der Gründung des Bestandsbauwerkes keine vollständigen Angaben vorhanden, so dass ein Spundwandverbau unter Umständen nicht unmittelbar neben den Bestandwiderlagern hergestellt werden kann und somit ein größerer Abstand zwischen den Bauwerken erforderlich ist. Insbesondere durch die Sicherungsarbeiten und die beengten Platzverhältnisse auf der östlichen Seite kann dies zu erheblichen Mehrkosten führen. Bei bauzeitlicher Aufrechterhaltung der Wegeverbindung muss außerdem eine Gefährdung des unmittelbar an das Baufeld grenzenden Geh- und Radwegverkehrs ausgeschlossen werden können. Für die Andienung der Baustelle müsste der Rad- und Gehweg ggf. bauzeitlich auf private Grundstücke umverlegt werden. Auf der östlichen Seite wäre im Uferbereich die Errichtung eines Widerlagers für eine Überbaubreite von 4,00 m und einem unten liegenden Tragwerk mit einem Abstand zur Bestandsbrücke von 2,00 ggf. möglich. Hierfür müsste das neue Widerlager, wie in den Planunterlagen Blatt 6 skizziert, direkt an das Ufer gebaut werden, was insbesondere im Hinblick auf die hydraulischen Verhältnisse, nicht sinnvoll ist. Die Errichtung des Widerlagers weiter östlich wäre auf Grund der örtlichen Begebenheiten nicht auf den Grundstücken der Stadt Witten realisierbar. Für einen breiteren Überbau mit einem seitlich liegenden Tragwerk, der die lichte Höhe unter dem Bauwerk nahezu einhalten könnte, wäre ein großflächiger Grunderwerb erforderlich. Auch auf der westlichen Seite ist unter Umständen die bauzeitliche Nutzung privater Grundstücke bzw. Firmengrundstücken (gem. Übersichtskarte Blätter 3 und 6) notwendig, da sich das Baufeld und der Kranaufstellplatz weiter südlich befinden würden und somit näher an das Grundstück wandern.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass zwei nebeneinanderliegende Brücken einen größeren Unterhaltungsaufwand und somit höhere Unterhaltungskosten bedeuten würden, wenn die alte Brücke nach der Fertigstellung des Neubaus nicht abgebrochen sondern weiter genutzt werden soll. Außerdem beträgt die rechnerische Restnutzungsdauer des Bestandsbauwerkes nur noch knapp 35 Jahre, da bei einer Spannbetonbrücke von einer Lebensdauer von ca. 70 Jahren ausgegangen werden kann. Sollte das Bestandsbauwerk spätestens dann ersatzlos abgebrochen werden, würde nur eine Wegeverbindung mit einer nutzbaren Breite von 3,50 bzw. 4,00 m zur Verfügung stehen. Angesicht der relevanten Wegeverbindung des Bauwerkes, der immer größer werdenden Bedeutung des nicht motorisierten Individualverkehrs und des immer weiter voranschreitenden Ausbaus der Radwegenetzes erscheint dies nicht sinnvoll.

Abschließend kann gesagt werden, dass gem. der Planunterlagen Blatt 6 lediglich der Bau eines neuen Bauwerkes mit einer nutzbaren Breite von 3,50 m und einem unten liegenden Tragwerk und somit einer Überbaubreite von 4,00 m unter Umständen ohne eine Veränderung der Eigentumsverhältnisse auf der östlichen Seite erfolgen könnte. Sollte dies möglich sein, würden die privaten Flächen in jedem Fall mindestens bauzeitlich in größerem Umfang genutzt werden müssen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass durch neue Erkenntnisse z.B. Baugrunduntersuchungen zu einem späteren Zeitpunkt ggf. doch noch ein Grunderwerb notwendig wird.

4.3 Umgesetzte Varianten der Machbarkeitsstudie

4.3.1 Variante 1: Stahlbrücke als Trogquerschnitt (4-feldrig)

Bei Variante 1 handelt es sich um ein 4-feldriges Bauwerk. Der Hochpunkt des Bauwerkes befindet sich auf Grund des einzuhaltenden Lichtraumprofils östlich der Brückenmitte. Das Haupttragsystem stellt einen Trogquerschnitt aus Stahl mit seitlich liegendem Tragwerk dar, welches ergänzt durch einen Handlauf gleichzeitig als Absturzsicherung dient.

Der Überbau ist als Stahlverbundüberbau ausgebildet. Die acht DN 100 Leitungen können sowohl in Leerrohren in der Betonschicht aber auch unterhalb des Betons im Bereich der Stahlquerträger verlaufen. Die beiden DN 400 Leitungen können nicht im Brückenquerschnitt untergebracht werden und müssten seitlich des Bauwerkes auf Auflagerkonsolen liegen. Unter Umständen wäre es sinnvoll, wenn diese Leitungen im Vorlauf der Maßnahme gedükert werden könnten. Somit wär auch die Versorgung während der Dauer der Bauzeit sichergestellt.

Auf Grund der Gradienten, die sich an den örtlichen Verhältnissen/ Zwangspunkten orientieren muss, ergibt sich im Hinterfüllbereich auf der westlichen Seite eine Neigung von 6,0 % und auf der östlichen Seite 6,4 %. Dies entspricht der optimalen Gradienten gem. Planunterlagen Blatt 4.

4.3.2 Variante 2: Bogenbrücke (mittig liegende Fahrbahn) (1-feldrig)

Variante 2 stellt eine 1-feldrige Bogenbrücke mit mittig liegender Fahrbahn dar. Die beidseitig verlaufenden Bögen werden im Bereich der Uferböschung gegründet und sind leicht zueinander geneigt. Trotz der Neigung der Bögen ist das Hindurchfahren eines Einsatzfahrzeuges mit einer Höhe von 4,00 m durchgehend möglich. Der Überbau besteht aus einer von unten offenen Stahlkonstruktion mit einem Stahlblech auf der Oberseite. Die Unterbringung der erforderlichen Versorgungsleitungen ist unter dem Fahrbahnblech im Bereich der Querträger möglich.

Die Gradienten entsprechen den aus Variante 1 und somit der optimalen Gradienten gem. Blatt 4.

4.3.3 Variante 3: Bogenbrücke (unten liegende Fahrbahn) (2-feldrig)

Bei Variante 3 handelt es sich um eine 2-feldrige Brücke wobei es sich bei dem westlichen Feld um eine Vorlandbrücke mit einer Stützweite von 25,70 m handelt, welches deutlich kürzer ist als das östliche Feld mit einer Stützweite von 60,20 m. Für beide Felder ist eine Bogenkonstruktion mit unten liegender Fahrbahn vorgesehen. Die Füllung der Bögen kann wie dargestellt entweder mit einem Netz oder aber mit Hängern ausgebildet werden. Die Verwendung eines gleichen Radius für beide Bögen ist auf Grund der erforderlichen Durchfahrthöhe in dem kleineren Feld nicht möglich. Die Bögen können anstatt eines rechteckigen Hohlkastens auch mit einem runden Querschnitt ausgebildet werden.

Der Überbau besteht ähnlich zu Variante 2 aus einer von unten offenen Stahlkonstruktion mit einem Stahlblech auf der Oberseite. Die Versorgungsleitungen verlaufen auch in diesem Fall durch die Querträger unter dem Gehwegblech.

Auf dem gesamten Bauwerk wird die gewünschte maximale Neigung von 6,0 % eingehalten. Im westlichen Hinterfüllbereich ist dies ebenfalls möglich, auf der östlichen Seite hingegen stellt sich auf einer Länge von gut 30,00 m eine Neigung von 8,0 % ein. Die nicht optimale Ausnutzung der Gradienten, wie sie auf Blatt 4 dargestellt ist, ist darauf zurückzuführen, dass die Auflager des Bogens im östlichen Feld aus optischen Gründen auf einer Höhe liegen, da der Bogen sonst in eine Richtung kippen würde (wie bei dem östlichen Feld). Da es konstruktiv und statisch nicht erforderlich ist, dass beide Auflager auf einer Höhe liegen, könnte dies auch in Anlehnung an die auf Blatt 4 dargestellte Gradienten ausbilden werden, wodurch sich im östlichen Hinterfüllbereich nur eine Neigung von 6,6 % einstellen würde. Es entsteht so allerdings der Eindruck, dass der Bogen in Schiefelage geraten sei. Aus geotechnischer Sicht kann dies ebenfalls nicht empfohlen werden.

4.3.4 Variante 4: Fachwerkbrücke mit Spannbeton-Vorlandbrücke (2-feldrig)

Variante 4 ist ähnlich zu Variante 3, so dass beide Varianten untereinander kombiniert werden können. Die Stützweitenverhältnisse bei Variante 4 sind identisch zu denen aus Variante 3. Bei dieser Variante handelt es sich allerdings um eine Fachwerkkonstruktion aus Stahl in dem östlichen Feld sowie einen Spannbetonplattenbalken in dem westlichen Feld. Letzteres kann anstatt aus Ort beton auch als 2-stegiger Plattenbalken aus Fertigteilen mit Ortbetonergänzung oder aus Verbund-Fertigteil-Trägern hergestellt werden. Auch ein kurzes Feld als separates Fachwerk ähnlich Var. 3 ist hier denkbar. Die Versorgungsleitungen befinden sich im Spannbeton bzw. unter dem Stahlblech. Ggf. ist im Bereich der Vorlandbrücke eine seitliche Führung neben dem Balken erforderlich.

Die Gradienten sind identisch zu den in Variante 3.

5 Variantenvergleich

5.1 Technische Aspekte

Für alle der oben genannten Varianten ist zunächst für den Variantenvergleich, insbesondere für die Pfeiler im Gewässer, eine Tiefgründung vorgesehen. Die an den Ufern gelegenen Unterbauten können ggf. flach gegründet werden. Dies lässt sich allerdings erst nach Baugrunduntersuchungen sicher sagen.

Bis auf den Spannbetonüberbau in Feld 1 bei Variante 4 handelt es sich bei allen Haupttragssystemen um ein seitlich bzw. oben liegendes Tragwerk, wodurch eine größtmögliche Lichte Höhe unter dem Bauwerk für die Schifffahrt bei gleichzeitig möglichst flacher Gradiente erreicht werden kann. Die Konstruktionshöhen unterhalb der Belagsbleche liegen je nach Variante im Bereich von ca. 65 bis 75 cm.

Bei Variante 1 und 2 kann der Überbau problemlos an der optimalen Gradienten gem. Blatt 4 der Planunterlagen ausgerichtet werden, wodurch sich auf dem Bauwerk eine maximale Neigung von 6,0 % und vor unter hinter dem Bauwerk eine Neigung von 6,0 % (westliche Seite) bzw. 6,4 % (östliche Seite) ergibt. Bei Variante 3 und 4 hingegen beträgt die Neigung auf der östlichen Seite auf einer Länge von gut 30,0 m 8,0 %. Dies liegt daran, dass sich die Auflager der Fachwerk- bzw. Bogenkonstruktion auf einer Höhe befinden. Dies kann entweder durch eine Schiefstellung der jeweiligen Konstruktion bzw. eine Verringerung der Stützweite, sofern möglich, optimiert werden. Beides erscheint entweder kaum möglich bzw. nicht empfehlenswert. Ein kleinerer Radius der Gradienten im Bereich des Bauwerkes ist ebenfalls denkbar, würde aber dazu führen, dass im Bereich der Auflager die Neigung auf einem kurzen Stück möglicherweise über 6,0 % liegt.

Der Durchflussquerschnitt ist bei allen Varianten ähnlich. Die Unterkante des neuen Überbaus liegt bis auf das westliche Feld in Var. 4 an jeder Stelle über der des Bestandes. Die in der wassertechnischen Berechnungen geforderten Unterkanten des Überbaus von 79,90 m NHN im Mittelfeld bzw. 77,80 m NHN im Vorlandfeldern können jedoch nicht eingehalten werden, wenn die maximale Neigung von 6,0 % bei allen Varianten eingehalten werden soll. Bei Einhaltung der Überbauunterkante bei 77,80 m NHN im Bereich der Widerlager würde die Neigung im Hinterfüllbereich ca. 11,0 % (West) bzw. 9,0 % (Ost) betragen.

Der vollständige Entfall von Stützen im Gewässer bei Variante 2 hat im Vergleich zu den Varianten 3 und 4 mit einer Stütze bzw. Var. 1 mit 3 Stützen positive Auswirkungen auf mögliche Hochwassersituationen und die Unterhaltung/ Prüfung. Allerdings sind bei Var. 2, mindestens auf der westlichen Seite, Vorschüttungen im Uferbereich zwischen den Anlandungen zur Verankerung der Bogenfundamente erforderlich.

5.2 Baubarkeit

Für die Bauausführung ist bei allen Varianten ein Kran erforderlich. Die Zuwegung zur Baustelle kann über die Herbeder Str. und die Straße Alter Fährweg auf der östlichen Seite bzw. über die Meesmannstr. und die Straße Ruhrtal auf der westlichen Seite erfolgen. Als Baustelleneinrichtungs- und Kranaufstellfläche ist allerdings die westliche Zufahrt zu empfehlen. Wie den Planunterlagen Blatt 3 zu entnehmen ist, befindet sich auf der westlichen Seite südlich der Brücke eine größere Fläche, die sich im Besitz der Stadt Witten befindet und als Baustelleneinrichtungs- und Kranaufstellfläche genutzt werden könnte.

Bei Variante 1 kann der Zusammenbau des Überbaus nach dem Einheben der einzelnen Teile (seitlich liegende Hohlkastenkonstruktionen und Querträger) erfolgen. Bei Variante 3 und 4 hingegen muss die Fachwerk- bzw. Bogenkonstruktion vor Ort zusammengebaut und eingehoben werden. Da sich diese beiden Konstruktionen auf der östlichen Seite befinden, wäre ein Kranaufstellplatz auf der östlichen Seite sinnvoll, da der Hebelarm des Krans sonst zu groß wäre. Andernfalls wäre ein Kranstandort zwischen den Molen erforderlich. Bei der 1-feldrigen Bogenbrücke in Variante 2 wäre es möglich zunächst die Bögen ggf. in Teilen aufzustellen und anschließend die Überbaukonstruktionen von der westlichen Seite her einzuschieben.

Bei Variante 3 und 4 ist zudem die Errichtung einer Stütze im Gewässerbereich mit entsprechenden Maßnahmen zur Wasserhaltung erforderlich, bei Var. 1 sind sogar 3 Stützen im Gewässerbereich notwendig.

5.3 Kosten

Die voraussichtlichen Kosten sind der beiliegenden Kostenannahme zur Machbarkeitsstudie zu entnehmen. Alle Varianten weisen bei einer Gesamtstützweite von ca. 87,0 m und einer Breite zwischen den Geländern von 5,70 m eine Gesamtbrückenfläche von ca. 500 m² auf.

Die Kosten für die Varianten liegen zwischen 2,8 und 3,3 Mio. € (netto). Die teuerste Variante (1) ist somit ca. 500.000 € teurer als die günstigste Variante (4), dies entspricht in etwa einem Unterschied von 16%.

Da sich die Planungstiefe, wie in Kapitel 1.1 beschrieben, nicht auf dem Niveau einer Vorplanung befindet, handelt es sich bei der Kostenannahme um eine Kostenaufstellung die in der Reihenfolge unter der einer Kostenschätzung (aus einer Vorplanung gem. HOAI) anzuordnen ist. Insbesondere auf Grund fehlender Angaben zum Baugrund sowie einer noch nicht vorhandenen Geländevermessung sind die Kosten nicht genau abzuschätzen. Dies bezieht sich auf alle Varianten gleichermaßen. Eine genauere Kostenschätzung ist im Rahmen der Vorplanung aufzustellen.

5.4 Gestaltung/ Ästhetik

Im Hinblick auf die Gestaltung weist jede Variante ihre eigene Besonderheit auf. Jedoch ist die Variante 2 (Bogenbrücke mit mittig liegender Fahrbahn, 1-feldrig) durch die beiden Stahlbögen und dem sonst filigranen und offenen Überbau deutlich hervorzuheben.

Der Überbau von Variante 1 (Stahlbrücke – Trogquerschnitt, 4-feldrig) erscheint auf den ersten Blick ebenfalls ansprechend, es sollte allerdings berücksichtigt werden, dass die beiden DN 400-Leitungen seitlich an dem Tragwerk befestigt werden müssten und somit vollständig im Bereich der Ansichtsfläche liegen. Dies würde entfallen, wenn eine Dükerung der beiden Leitungen möglich ist.

Variante 3 und 4 sind in Ihrer Gestaltung ähnlich und können untereinander kombiniert werden. Bei einem einsteigigen Plattenbalken (Vorlandbrücke Var. 4) müssten die DN 400-Leitungen unter Umständen seitlich entlang des Steges geführt werden und wären somit sichtbar, dies könnte durch einen 2-stegigen Plattenbalken umgangen werden.

5.5 Lebensdauer und Unterhaltungskosten

Alle Varianten besitzen einen Stahlüberbau sowie Stahlbetonunterbauten, die voraussichtlich mit einer Tiefgründung gegründet werden. Die erwartete Lebensdauer ist somit für alle Varianten in etwa die gleiche.

Bei den Unterhaltungskosten muss zwischen Unter- und Überbau unterschieden werden. Da der Überbau bei allen Varianten sehr ähnlich ist, sind hier nur kleine Unterschiede bei den Unterhaltungskosten zu erwarten (z.B. Anzahl der Lager und Übergangskonstruktionen). Anders sieht es bei den Unterbauten aus. Insbesondere Variante 1 mit 4 Feldern und entsprechend 5 Auflagerpunkten wird deutlich höhere Unterhaltungskosten aufweisen als beispielsweise die 1-feldrige Variante 2. An dem Spannbetonüberbau in Variante 4 kann es im Vergleich zu den Stahlüberbauten unter Umständen häufiger zu notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen kommen. Auch die theoretische Nutzungsdauer ist bei Stahl-, Spannbeton- und Stahlverbundüberbauten mit 70 Jahren deutlich geringer als bei Überbauten aus Stahl mit 100 Jahren.

Abschließend betrachtet bietet keine der Varianten einen besonderen Vor- oder Nachteil im Hinblick auf die Lebensdauer und die Unterhaltungskosten.

5.6 Bauzeit

Für Abbruch und Neubau des Bauwerks kann je nach Variante von einer reinen Bauzeit vor Ort von ca. 18 Monaten ausgegangen werden. Zu berücksichtigen ist jedoch auch der Vorlauf für die technische Bearbeitung nach Auftragsvergabe an das Bauunternehmen vor Beginn der Ausführung vor Ort.

Die Abbruchzeit des vorhandenen Bauwerkes ist für alle Varianten identisch. Unterschiede ergeben sich bei der Herstellung des neuen Bauwerkes. Variante 1 umfasst im Vergleich zu den anderen Varianten deutlich mehr Stahlbetonarbeiten für die Unterbauten. Insbesondere für die Herstellung der Stützen bei Var. 1, 3 und 4 wird unter anderem auf Grund der Lage im Gewässer mehr Zeit benötigt. Die Stahlüberbauten können während der Herstellung der Unterbauten vor Ort auf einer Montagefläche montiert werden, so dass diese unmittelbar nach Herstellung der Unterbauten eingehoben werden können. Bei dem Spannbetonfeld in Var. 4 kann außerdem auf 2 Fertigteile als 2-stegiger Plattenbalken mit Ortbetonergänzung oder aber auch auf VFT-Träger bzw. einen Stahlüberbau zurückgegriffen werden. Hierdurch könnte die Bauzeit vor Ort für diese Variante verringert werden.

5.7 Bauzeitliche Verkehrsführung/ -sicherung

Während der Baumaßnahme wird die Wegeverbindung im Bauwerksbereich vollständig gesperrt. Eine halbseitige Bauausführung ist aufgrund der geringen Bauwerksbreite nicht ausführbar. Die Errichtung einer Behelfsbrücke bzw. eines zweiten Bauwerkes neben dem Bestandsbauwerk werden ebenfalls als nicht sinnvoll erachtet, da dies insbesondere auf Grund der Platz- und Eigentumsverhältnisse kaum möglich erscheint. Eine bauzeitliche Umleitungsstrecke für den Geh- und Radwegverkehr muss dementsprechend vorgesehen werden.

Des Weiteren ist eine Behelfsbrücke für die unter dem Bauwerk vorhandener Leitungen erforderlich, auf diese kann verzichtet werden, wenn die vorhandenen Leitungen bauzeitlich außer Betrieb genommen werden können oder andernfalls vor Beginn der Baumaßnahme gedükert werden.

5.8 Ergebnismatrix

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Zusammenfassung des Variantenvergleichs.

Die Gewichtung der einzelnen Kriterien wurde wie folgt ausgewählt:

| | |
|----------------------------------|------|
| Technische Aspekte | 20 % |
| Baubarkeit | 20 % |
| Kosten | 25 % |
| Gestaltung/ Ästhetik | 5 % |
| Lebensdauer/ Unterhaltungskosten | 10 % |
| Bauzeit | 20 % |

| Kriterien | Var. 1 Stahlbrücke – Trog (4-feldrig) | Var. 2 Bogenbrücke (1-feldrig) | Var. 3 Bogenbrücke (2-feldrig) | Var. 4 Fachwerk- mit Vorlandbrücke (2-feldrig) |
|-------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Technische Aspekte | 3 | 5 | 2 | 2 |
| Baubarkeit | 3 | 5 | 2 | 2 |
| Kosten | 2 | 4 | 3 | 5 |
| Gestaltung/ Ästhetik | 4 | 5 | 3 | 3 |
| Lebensdauer/ Unterhaltungskosten | 2 | 4 | 3 | 3 |
| Bauzeit vor Ort | 2 | 4 | 3 | 3 |
| Summe | 2,5 / 5 | 4,5 / 5 | 2,6 / 5 | 3,3 / 5 |

Bewertungsskala von 1 bis 5:

- 5 positiv für die Variante
- 1 negativ für die Variante

Im Vergleich der untersuchten Varianten stellt die Variante 2 – Bogenbrücke mit mittig liegender Fahrbahn (1-feldrig) die wirtschaftlichste Lösung dar. Ferner vereint diese Konstruktion die Vorteile hinsichtlich der gegebenen Randbedingungen und ist aufgrund der positiven Aspekte als Vorzugsvariante zu sehen.

Es ist abschließend darauf hinzuweisen, dass die Vereinbarkeit von der gewünschten Durchfahrthöhe bei einer Unterkante des Überbaus von 79,90 m NHN und der maximalen Neigung von 6,00 % bei keiner der Varianten umgesetzt werden kann. Dies ist anhand der Darstellung auf Blatt 4 der Planunterlagen erkenntlich. Die Einhaltung der Unterkante der Überbaus bei 79,90 m NHN wäre nur bei einer Neigung auf dem Bauwerk von mehr als 6,0 % möglich. Andersherum müsste bei einer Neigung von nahezu 6,0 % auf dem Bauwerk und in den Hinterfüllbereichen die Unterkante des Überbaus tiefer als 79,90 m NHN liegen, nämlich bei ca. 78,90 m NHN.

Bei den dargestellten Varianten wurde sich für die Einhaltung der Neigung von nahezu 6,0 % auf dem Bauwerk und in den Hinterfüllbereichen entschieden und somit für die Reduzierung der gewünschten Durchfahrthöhe, die im Vergleich zum Bestand aber bei allen Varianten größer ist. Gemäß der Wassertechnischen Berechnung ist dies durch die Reduzierung der Schiffshöhe (Möglichkeit des Absenkens des Schiffes der Bezirksregierung) und die Verringerung des Freibords und der Planungsreserve von zusammen 1,50 m auf 0,70 m durchaus denkbar, weitere Abstimmungen mit der Bezirksregierung Arnsberg müssen allerdings zwingend durchgeführt werden. Alle der dargestellten Varianten können auch mit einer steileren Neigung auf dem Bauwerk und einer dementsprechenden größeren Durchfahrthöhe unter dem Bauwerk hergestellt werden.

Bockermann Fritze IngenieurConsult GmbH

Dieselstraße 11, 32130 Enger

Enger, den 29.07.2021

.....
ppa. Dipl.-Ing. Stefan Uhlig

.....
i.A. Jennifer Kirchhoff, B.Eng.