

Projekt BAB A59 – 6-streifiger Ausbau AK Duisburg bis AS Duisburg-Marxloh

Tunnelvariante V1dT – C1

Stellungnahme zur Machbarkeitsstudie (MBS) „Baukonzept Tieflage“

Revision: 00

Datum: 20.12.2024

Ersteller: Prof. Dr.-Ing. Markus Thewes
in Kooperation mit Maidl Tunnelconsultants und Witteveen+Bos

Dr.-Ing. Ulrich Maidl, Dr.-Ing. Janosch Stascheit

Dipl.-Ing. Frank Kaalberg, Dipl.-Ing. Aryan Snel, Ing. Ilja de Jong, Dipl.-Ing. Jan-
Auwke Verspuij, Dipl.-Ing. Ernst Molier, Dipl.-Ing. Adrian Oderwald Blazquez

DocID: PTA59241_TV_Stlgn_1_00

Revision	Datum	Kommentar
00	2024-12-20	Einreichung

Inhaltsverzeichnis

1	Gegenstand und Veranlassung.....	4
1.1	Hintergrund	4
1.2	Anlass der Überprüfung.....	4
1.3	Ziel der Untersuchung	5
2	Vorliegende Unterlagen	7
2.1	Machbarkeitsstudie 2018	7
2.2	Geologische und hydrologische Gutachten.....	7
2.3	Technische Regelwerke und Richtlinien	8
3	Ergebnisse der Machbarkeitsstudie 2018	9
4	Betrachtungen zur Tunnelsicherheit.....	10
5	Technische Analyse und Bewertung	12
5.1	Technische Herausforderungen einzelner Bauteile	12
5.1.1	Offene Bauweise mit Schlitzwänden.....	12
5.1.2	Dichtsohlen und Unterwasserbetonsohlen (UWBS)	13
5.1.3	Tunnelbauwerk.....	14
5.1.4	Trassierung	14
5.2	Bauzeitliche Herausforderungen	15
5.2.1	Teilabriss der Bestandsbrücke.....	15
5.2.2	Baustraße	15
5.3	Geologische und hydrologische Randbedingungen	15
5.3.1	Baugrundverhältnisse.....	15
5.3.2	Grundwasserverhältnisse	16
5.3.3	Auswirkungen auf Machbarkeit und Bauzeit	16
5.3.4	Bewertung und Optimierungsmöglichkeiten	17
5.4	Bauzeit und Bauzeitrisiken	18
5.4.1	Geplante Bauzeit	18
5.4.2	Komplexe Verknüpfungen und Bauzeitrisiken	19
5.4.3	Maßnahmen zur Risikominimierung	20
5.4.4	Bewertung	21

6	Kostenschätzung und finanzielle Risiken	22
6.1	Plausibilisierung der Kostenschätzung	22
6.2	Einheitspreise und Zuschläge	23
6.3	Bewertung der Kostenrisiken aus dem Tunnelausbruchmaterial	25
6.4	Einsparpotenziale durch alternative Bauverfahren	27
6.5	Zusammenfassung Kostenschätzung und finanzielle Risiken.....	27
7	Verkehrliche Auswirkungen	27
7.1	Verkehrsführung während der Bauzeit	28
8	Alternativlösungen	29
8.1	Alternative 1: Tunnel statt Behelfsbrücke für den bauzeitlichen Verkehr.....	29
8.2	Alternative 2: Doppelstocktunnel.....	30
8.3	Alternative Bauverfahren	33
8.4	Optimierungsmöglichkeiten für Tunnel in offener Bauweise	34
9	Checklisten (Anhang A2)	34
10	Beantwortung der Fragestellungen	35
10.1	Baukonzept und aktuelle Anforderungen	35
10.2	Neue technische Entwicklungen und alternative Bauverfahren.....	36
10.3	Baugrund, Bauzeiten und Bauverfahren	38
10.4	Kostenschätzungen und Risiken	39
10.5	Kosteneinsparungen durch Alternativen.....	40
11	Zusammenfassung.....	40

Anlage A1: Bewertung von Einzelpositionen und Auflistung fehlender Positionen

Anlage A2: Checklisten der Projektunterlagen

1 Gegenstand und Veranlassung

1.1 Hintergrund

Für den geplanten Ausbau der A59 im Norden Duisburgs, zwischen dem AK Duisburg (A40) und der AS Duisburg-Marxloh ist neben der aktuell bevorzugten Erneuerung der Hochstraße auch eine Tunnelvariante in der Diskussion. Die Hochstraßenlösung basiert auf der Ermittlung kürzerer Bauzeiten, geringerer Kosten und einer geringeren bautechnischen Komplexität. Demgegenüber steht im Zuge der Vorplanung bis 2018 die Überlegung zu einer Tunnelvariante, die von der Stadt Duisburg und zahlreichen Anwohnenden als bevorzugte Alternative betrachtet wird. Letztere bietet potenziell Vorteile im Hinblick auf Lärmschutz, städtebauliche Integration und das Wohnumfeld im betreffenden Nachbarbereich.

Vor diesem Hintergrund wurden Prof. Thewes (Ruhr-Universität Bochum) gemeinsam mit Maidl Tunnelconsultants (Duisburg) und Witteveen+Bos (Niederlande) beauftragt, eine Überprüfung und Plausibilisierung der Machbarkeitsstudie (MBS) aus 2018 [1] für die Tunnelvariante V1dT-C1 („Tunnel Meiderich“) durchzuführen. Dabei liegt der Fokus auf einer detaillierten Analyse der ingenieurtechnischen und baulichen Aspekte, einschließlich der Bauverfahren, der geotechnischen Rahmenbedingungen sowie der Kosten- und Zeitpläne. Städtebauliche und planerische Fragestellungen werden lediglich insoweit betrachtet, als sie in direktem Zusammenhang mit den technischen und wirtschaftlichen Faktoren stehen. Ziel ist es, eine faktenbasierte Überprüfung der MBS 2018 durchzuführen, bei der Fragen der Eignung von Bauverfahren und deren Machbarkeit sowie der Kostenschätzung zu berücksichtigen sind.

1.2 Anlass der Überprüfung

Die Notwendigkeit der Überprüfung ergibt sich aus Diskussionen, die durch unterschiedliche Positionen der Autobahn GmbH und Befürwortern einer Tunnelvariante bezüglich der MBS 2018 [1] entstanden sind. Die Autobahn GmbH argumentiert, dass die Hochstraßenlösung sowohl wirtschaftlicher als auch schneller umsetzbar sei. Dem stehen Einschätzungen der Tunnelbefürworter gegenüber, die auf langfristige Vorteile einer Tunnelvariante verweisen und die Argumentation der Autobahn GmbH hinsichtlich Kosten und Bauzeit bezweifeln. Diese Differenzen machen eine unabhängige Überprüfung der Tunnelvariante erforderlich, die sich auf bautechnische Fakten und kostentechnische Erfahrungswerte stützt.

Ein zusätzlicher Anlass ist die hohe Dringlichkeit für die Umsetzung baulicher Maßnahmen aufgrund von Schäden an der Berliner Brücke. Eine Sonderprüfung hat gravierende Mängel in der Tragstruktur der Berliner Brücke aufgezeigt, die bereits zu Einschränkungen für den Schwerlastverkehr geführt haben. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, zügig eine Lösung für die A59 zu finden, die sowohl den Verkehrserfordernissen als auch den baulichen

Herausforderungen gerecht wird. Zugleich stellt die Tunnelvariante durch ihre technische Komplexität und die Anforderungen an Baugrund, Grundwassermanagement und Verkehrsführung während der Bauzeit eine erhebliche Herausforderung dar, deren Machbarkeit und Risiken bewertet werden müssen.

1.3 Ziel der Untersuchung

Ziel dieses Berichts ist es, die Tunnelvariante unter ingenieur- und kostentechnischen Gesichtspunkten zu bewerten. Im Mittelpunkt steht die Analyse der baulichen Umsetzbarkeit der Tunnelvariante. Dazu gehört eine Bewertung der in der MBS 2018 gewählten Bauverfahren, wie der offenen Bauweise oder alternativen Lösungsansätzen, wie z.B. von geänderten Geometrien oder dem Einsatz von mechanisierten Bauverfahren. Dazu gehört auch eine Bewertung der geotechnischen Randbedingungen aus Baugrund und Grundwasser. Weiterhin sind auch die Sicherheit und der Verkehrsfluss im Endzustand und während der Bauzeit besonders wichtig, insbesondere in Bezug auf mögliche Einschränkungen durch Bauarbeiten und Umleitungen. Darüber hinaus spielt die Beherrschung von Grundwasser eine Rolle, das insbesondere durch die Nähe des Projekts zu den Flüssen Rhein und Ruhr sowie den Hafenbecken des Duisburger Hafens eine zentrale technische Herausforderung darstellt.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Überprüfung der Ansätze aus der MBS 2018 zu Kosten und Bauzeit. Die MBS enthält Schätzungen, die in dieser Untersuchung überprüft werden. Dabei sollen potenzielle Einsparungen durch alternative Bauverfahren und Technologien ebenso berücksichtigt werden wie Risiken durch Verzögerungen oder unerwartete bautechnische Herausforderungen. Ziel ist es, die aus der MBS 2018 hervorgegangene Kosten- und Zeitprognose zu überprüfen.

Ein weiterer Aspekt der Betrachtungen liegt zudem in der durch eine Tunnellösung erreichbare Sicherheit und Leistungsfähigkeit in der Trassierung, der Verkehrsführung und im Betrieb. Dabei liegt der Fokus auf dem Endzustand des Bauwerks. Sicherheitsaspekte während der Bauzeit sowie städtebauliche und planerische Fragestellungen werden in dieser Untersuchung lediglich insoweit betrachtet, als sie für die Beurteilung von Kosten und Bauzeit relevant sind.

Städtebauliche und planerische Aspekte, wie die Integration der Anschlussstellen Duisburg-Meiderich und Duisburg-Ruhrort in die Tunnelplanung, werden ebenfalls nur auf einer übergeordneten Ebene betrachtet, um ihre potenziellen Auswirkungen zu bewerten. Diese Themenbereiche fallen nicht in den primären Kompetenzbereich der Autoren dieses Gutachtens, sind jedoch in ihrem technischen Zusammenhang bedeutsam für eine ganzheitliche Betrachtung der Tunnelvariante.

Insgesamt zielt die Untersuchung darauf ab, eine Grundlage für die weitere Entscheidungsfindung zu schaffen. Sie wird die ingenieurtechnischen Herausforderungen und kostentechnischen Rahmenbedingungen der MBS 2018 für die Tunnelvariante bewerten, um die Ergebnisse der MBS in einen aktualisierten Vergleich mit der Hochstraßenvariante bringen zu können, um eine Entscheidungsgrundlage für die Zukunft der A59 im betreffenden Teilbereich zu liefern.

Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie sind auch unter Berücksichtigung neuer technischer Entwicklungen und geänderter Rahmenbedingungen zu bewerten.

Fortschritte in Bauverfahren könnten die technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit einer Tunnelvariante positiv beeinflussen. Auch digitale Baustellenlogistiksysteme bieten Möglichkeiten zur Verringerung von Risiken. Eine signifikante Reduktion von Kosten und Bauzeit ist jedoch nicht zu erwarten.

Die Reduzierung von Immissionen und Auswirkungen auf die städtische Lebensqualität sind ebenso wichtige Kriterien wie Überlegungen zur Verkehrssicherheit sowohl im Tunnel als auch im Bereich der städtischen Straßen. Dabei spielen Sicherheitsvorschriften, insbesondere zur Vermeidung von Unfällen und zur besseren Fluchtwegsicherung, eine wichtige Rolle bei der Planung und Bewertung.

In Abstimmung mit der Autobahn GmbH wurden auf Grundlage der vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) beauftragten Aktualisierung und Plausibilisierung der vorhandenen Machbarkeitsstudie die folgenden Fragestellungen zur Beantwortung durch das vorliegende Gutachten definiert:

- Entspricht das Baukonzept in der Machbarkeitsstudie den aktuellen Anforderungen? (Stand der Technik, gültige Regelwerke, geeignetes Bauverfahren)
- Drängen sich aufgrund neuer technischer Entwicklungen oder Erkenntnisse andere Baukonzepte oder -verfahren zur Herstellung eines Tunnelbauwerkes auf?
- Sind die getroffenen Annahmen zum Baugrund, Bauzeiten, Bauverfahren, etc. zutreffend und sind die daraus resultierenden Risiken (Ausführungsrisiken, Bauzeitrisiken, etc.) plausibel hergeleitet?
- Ist die überschlägige Kostenschätzung nachvollziehbar und welche Risiken einer Kostensteigerung werden im Zusammenhang mit dem ausgewählten Bauverfahren gesehen?
- Ergeben sich durch andere Bauverfahren signifikante Kosteneinsparungen gegenüber der Variante aus der Machbarkeitsstudie?

2 Vorliegende Unterlagen

2.1 Machbarkeitsstudie 2018

- [1] A 59 – 6-streifiger Ausbau AK Duisburg (A 40) bis AS Duisburg-Marxloh, Tunnelvariante V1dT-C1, Erläuterungsbericht zur Machbarkeitsstudie (MBS) „Baukonzept Tieflage“, Ingenieurgemeinschaft BUNG – ILF – SCHIMETTA, Rev. 003, 18.10.2018.
- [2] A 59 – 6-streifiger Ausbau AK Duisburg (A 40) bis AS Duisburg-Marxloh, Erläuterungsbericht zur Machbarkeitsstudie (MBS), Tunnelvariante V1dT-C1, Anlage 1: Fotodokumentation Bestand, Ingenieurgemeinschaft BUNG – ILF – SCHIMETTA, 18.10.2018.
- [3] A 59 – 6-streifiger Ausbau AK Duisburg (A 40) bis AS Duisburg-Marxloh, Erläuterungsbericht zur Machbarkeitsstudie (MBS), Tunnelvariante V1dT-C1, Anlage 2: Planunterlagen, Ingenieurgemeinschaft BUNG – ILF – SCHIMETTA, 18.10.2018.
- [4] A 59 – 6-streifiger Ausbau AK Duisburg (A 40) bis AS Duisburg-Marxloh, Erläuterungsbericht zur Machbarkeitsstudie (MBS), Tunnelvariante V1dT-C1, Anlage 3: Baugrubenkonzepte, Ingenieurgemeinschaft BUNG – ILF – SCHIMETTA, 18.10.2018.
- [5] A 59 – 6-streifiger Ausbau AK Duisburg (A 40) bis AS Duisburg-Marxloh, Erläuterungsbericht zur Machbarkeitsstudie (MBS), Tunnelvariante V1dT-C1, Anlage 4: Merkmale – Tunnel Variante 1dT-C1, Ingenieurgemeinschaft BUNG – ILF – SCHIMETTA, 18.10.2018.
- [6] A 59 – 6-streifiger Ausbau AK Duisburg (A 40) bis AS Duisburg-Marxloh, Erläuterungsbericht zur Machbarkeitsstudie (MBS), Tunnelvariante V1dT-C1, Anlage 5: Bauzeiten, Tunnel Variante 1dT-C1, Ingenieurgemeinschaft BUNG – ILF – SCHIMETTA, 18.10.2018.
- [7] A 59 – 6-streifiger Ausbau AK Duisburg (A 40) bis AS Duisburg-Marxloh, Erläuterungsbericht zur Machbarkeitsstudie (MBS), Tunnelvariante V1dT-C1, Anlage 5: Baukosten, Tunnel Variante 1dT/1dT2-C1, Ingenieurgemeinschaft BUNG – ILF – SCHIMETTA, 18.10.2018.

2.2 Geologische und hydrologische Gutachten

- [8] 6-streifiger Ausbau der BAB A 59, AK Duisburg – AS Duisburg-Marxloh, Bau-km 4+186,189 bis Bau-km 4+509,686, Stadtparkbrücke, BW 35 A: Geotechnischer Bericht nach DIN 4020, Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH, 06.04.2023.
- [9] 6-streifiger Ausbau der BAB A 59, AK Duisburg – AS Duisburg-Marxloh, Abschnitt Mitte: Umwelttechnischer Bericht, Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH, 19.12.2023.

2.3 Technische Regelwerke und Richtlinien

- [10] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit: Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT), Ausgabe 2016, 30.03.2016.
- [11] Europäische Tunnelrichtlinie 2004/54/EG, 29.04.2004.
- [12] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen (DAUB): Arbeitspapier Nachhaltigkeit im Untertagebau, November 2023.
- [13] Bundesministerium für Digitales und Verkehr: Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten – RE-ING (2023-03), Teil 3.
- [14] Statistisches Bundesamt (Destatis): Baupreisindizes Deutschland, 2018 bis 2023. <https://www-genesis.destatis.de/datenbank>, abgerufen am 12.12.2024.
- [15] AKS, Anweisung zur Kostenberechnung für Straßenbauvorhaben (AKS) mit Mustereintragungen, Stand: Februar 1985 mit ARS 13/1990; Verkehrsblatt -Dokument Nr. B 6305.
- [16] DIN 276-1, Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau, Dezember 2008.
- [17] DIN 276-4, Kosten im Bauwesen – Teil 4: Ingenieurbau, August 2009.
- [18] DIN 277-3, Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau – Teil 3: Mengen und Bezugseinheiten, April 2005.
- [19] HOAI, Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure – HOAI), 11. August 2009.
- [20] ÖGG – Richtlinie Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur unter Berücksichtigung der Projektkosten; Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, Oktober 2005.
- [21] TSI Richtlinien: Technische Spezifikation Interoperabilität.

3 Ergebnisse der Machbarkeitsstudie 2018

Die Machbarkeitsstudie [1] zur Tunnelvariante V1dT-C1 bewertet die technische Machbarkeit des 6-streifigen Ausbaus der A59 zwischen dem Autobahnkreuz Duisburg und der Anschlussstelle Duisburg-Marxloh in Tieflage (Tunnellösung). Dabei werden Bauverfahren, Kosten, Bauzeit und technische Herausforderungen analysiert.

Zunächst wird die Bestandssituation in der MBS dargelegt, die einen großen Einfluss auf die Platzverhältnisse und die Möglichkeiten der bauzeitlichen Verkehrsführung hat. Hierbei sind insbesondere die bestehenden Brückenbauwerke von Bedeutung, die nördlich der Berliner Brücke mit einteiligen Überbauquerschnitten ausgeführt sind.

Die Planungsrandbedingungen, die die Grundlage der Überlegungen in der MBS bilden, gehen von einer durchgängigen 6-streifigen Führung der ausgebauten A59 zwischen dem AK Duisburg (A 40) und der AS Duisburg-Marxloh im Regenquerschnitt RQ36 (freie Strecke) bzw. RQ36T (im Tunnel) aus. Die bestehenden Anschlussstellen DU-Ruhrort und DU-Meiderich sollen vollumfänglich erhalten bleiben. Eine bauzeitliche Verkehrsführung mit 4+0 Fahrstreifen in einer Gesamtbreite von 12,70 m wird angestrebt. Neben den verkehrlichen Randbedingungen wird das Umfeld in Form von angrenzender Bebauung, Verkehrsflächen, kreuzenden Straßen und Eisenbahnlinien sowie Sonderbedarfsflächen beschrieben.

In Kapitel 4 der MBS wird eine Reihe von Baukonzepten untersucht, die sich im Wesentlichen in der bauzeitlichen Verkehrsführung und den dadurch realisierbaren Bauabschnitten unterscheiden. Ein wichtiger Punkt dabei ist die mögliche Längstrennung der Bestandsbrücken mit einteiligen Überbauquerschnitten. Deren technische Machbarkeit wird mit Verweis auf laufende Untersuchungen infrage gestellt. Aus den Variantenuntersuchungen geht hervor, dass der Bau der Oströhre als erste Teilröhre sowie der Bau des gesamten Tunnelquerschnitts in einem Bauabschnitt aus Gründen der bauzeitlichen Verkehrsführung sowie des Eingriffs in die Umgebung verworfen werden muss. Lediglich der vorgezogene Bau der Weströhre zur Aufnahme der bauzeitlichen Verkehrsführung wird als machbar eingestuft.

Zur Realisierung der notwendigen Baugruben sowie für die Ausgestaltung der Rahmenquerschnitte der Tunnelbauwerke werden in der MBS verschiedene Varianten untersucht. Darunter befinden sich auch Verfahren wie die Deckelbauweise, die an Stellen zum Einsatz kommen kann, die eine besonders rasche Wiederherstellung der Oberfläche erfordern. Die technischen Herausforderungen hinsichtlich der Baugrubenaussteifung, der Abdichtung der Sohle durch Unterwasserbeton oder Injektionsverfahren sowie die Einleitung der direkt neben der Baugrube befindlichen Stützen der bauzeitlichen Behelfsbrücken werden thematisiert und schlagen sich in technischen Lösungsansätzen nieder, die in der Grobkostenschätzung berücksichtigt werden.

Bezüglich der Anforderungen an Hochwasserschutz und die Möglichkeiten der Baugrubenabdichtung weist die MBS auf erhöhte Anforderungen an die Planungstiefe hin, die mit zukünftigen Untersuchungen der Baugrundverhältnisse einhergehen. Das gleiche gilt für die Umweltverträglichkeitsuntersuchungen, die in der MBS ausgeklammert werden.

Aufgrund während der Erstellung der MBS geänderter Randbedingungen wie hinzugekommene Bebauung entlang der Trasse sowie geänderter Sicherheits- und Verkehrsführungsanforderungen enthält Kapitel 18 der MBS eine angepasste Tunneltrassenvariante, die Variante V1d2T-C1, die in einigen Punkten hinsichtlich der Tiefenlage und der Anschlussstellentrassierung abweicht.

Die Studie bestätigt die technische Machbarkeit der Tunnelvarianten 1dT-C1 und 1d2T-C1 in offener Bauweise. Der Flächenbedarf für die Baugruben und die Tunnelbauwerke wird detailliert analysiert. Es wird festgestellt, dass erhebliche Eingriffe in den baulichen Bestand erforderlich sind, insbesondere im Bereich der Brücken Meiderich und Gartsträuch sowie der Stadtparkbrücke. Es wird auch auf die Notwendigkeit von Abstimmungen mit der Deutschen Bahn und anderen betroffenen Parteien hingewiesen. Eine bauzeitliche Verkehrsführung im 4+0-Schema kann aufrechterhalten werden. Die Anschlussstellen Duisburg-Meiderich und Duisburg-Ruhrort werden jedoch teilweise gesperrt oder provisorisch umgeleitet.

Für die Variante V1d2T-C1 ergibt sich letztlich die maßgebende Kosten- und Bauzeitschätzung der Aufsteller der MBS von ca. 623 Mio. € bei einer Bauzeit von insgesamt 12 Jahren.

4 Betrachtungen zur Tunnelsicherheit

Zu den maßgeblichen Aspekten der Tunnelsicherheit zählen die Verkehrssicherheit im Tunnel, hier insbesondere die Anwendung des Prinzips eines ruhigen Verkehrsmusters gemäß EU-Richtlinie [11], die Evakuierungssicherheit im Fall von Unfällen oder Brandereignissen sowie die Anforderungen aus Gefahrguttransporten, die gerade in der Eigenschaft der A59 als Hafenzubringer eine wichtige Rolle spielen. Im Bericht wird empfohlen, eine rein mechanische Längslüftung oder eine mechanische Längslüftung in Kombination mit Rauchabsaugung zu verwenden, um den Tunnel im Notfall von giftigen Gasen zu befreien. Wir befürworten die zweite Methode, um die Sicherheit zu gewährleisten.

Verkehrssicherheit

Bezüglich der Verkehrssicherheit im Tunnel gibt es in Fahrtrichtung Dinslaken in der Nähe des Tunnelportals eine Auffahrt und eine Abfahrt, die eine Diskontinuität im Verkehrsfluss erzeugen. Dies führt zu einer Verflechtungssituation, die das Unfallrisiko erhöht. Die Auffahrt in der Nähe des nördlichen Tunnelportals zwingt den Verkehr zum Einfädeln, während er von Dunkelheit ins Licht übergeht, was das Unfallrisiko erhöht. Diese gesamte

Verflechtungssituation erhöht das Risikoprofil. In Fahrtrichtung Duisburg gibt es ebenfalls Ausfahrten aus dem Tunnel sowie eine Einfahrt kurz vor dem südlichen Tunnelportal. Auch hier ergibt sich eine komplexe Verflechtungssituation mit Einfädelmanövern, bei denen Rückstaus auf den Ein- und Ausfahrten zu einem erhöhten Risiko von Staus führen können, was die Wahrscheinlichkeit von Vorfällen zusätzlich zum Hell-Dunkel-Übergang erhöht. Zusammenfassend führen die oben genannten Gründe zu einem erhöhten Risikoniveau, das für die Tunnelsicherheit hinsichtlich des Verkehrs Bedenken bei den Autoren dieses Gutachtens hervorruft. Es wäre daher aus Sicht der Verkehrssicherheit besser, den Durchgangsverkehr und den lokalen Verkehr in verschiedene Tunnelröhren zu trennen. Diese Lösung erfordert jedoch deutlich mehr Platz und führt zu deutlich höheren Kosten.

Bezüglich der Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz ist es angesichts der komplexen Verkehrssituation mit Auffahrten und Abfahrten wichtig, die Europäische Tunnelrichtlinie 2004/54/EG [11] zu beachten. Diese Richtlinie betont die 10-Sekunden-Regel, was bedeutet, dass sich das Straßenlayout oder die Anzahl der Fahrspuren vor und unmittelbar nach den Tunnelportalen innerhalb eines Bereichs von 10 Fahrsekunden nicht ändern sollten. Bei einer Entwurfsgeschwindigkeit von 80 km/h entspräche dies einer Strecke von mindestens 220 m, innerhalb derer keine Änderungen des Straßenlayouts vorgenommen werden sollten, was bei diesem Tunnelentwurf nicht eingehalten wird. Daher ist eine detaillierte Analyse der Verkehrssicherheit und des Verhaltens unter Berücksichtigung der Ausrichtung und der angewendeten Gradienten erforderlich.

Entfluchtung

In der temporären 4+0 Situation (Zweirichtungsverkehr in der zuerst gebauten Tunnelröhre, Abbildung 104 im Erläuterungsbericht [1]) gibt es keine Fluchtmöglichkeit für Fahrzeuginsassen in Fahrtrichtung Dinslaken, ohne die Gegenfahrbahn zu überqueren, d.h. in den Gegenverkehr zu geraten.

Im Hinblick auf die Evakuierungssicherheit ist es wichtig zu beachten, dass die Fluchttüren zwischen den beiden Tunnelröhren bei Vorfällen beide Fahrtrichtungen stören können. Dies erfordert die Sperrung beider Tunnelröhren selbst bei geringfügigen Vorfällen, was den Verkehrsfluss und die Kapazität beeinträchtigt. Die Sicherheitsstandards müssen den Anforderungen der RE-ING [13] entsprechen. Die vorübergehende Phase mit Zweirichtungsverkehr im westlichen Tunnel erfordert jedoch zusätzliche oberirdische Ausgänge, was den Bau erheblich beeinflusst. Eine bessere Lösung könnte ein Fluchtkorridor mit direkten oberirdischen Ausgängen in der Mitte des Tunnels sein, um die Schließung beider Tunnel während der Evakuierungen zu vermeiden.

Gefahrguttransporte

Als letztes ist zu betrachten, dass das Risikoprofil des Tunnels mit seinen Auffahrten und Abfahrten Einschränkungen für den Transport von gefährlichen/explosiven Materialien (ADR-A-Transport) bedingen könnte. Eine detaillierte Risikoanalyse ist unbedingt erforderlich, um die Akzeptanz aller gefährlichen Materialkategorien zu bestimmen. Einschränkungen von ADR-A-Verkehr sind in diesem Fall wahrscheinlich notwendig. Falls der Tunnel deshalb in die ADR-Kategorie C eingestuft wird, werden für den Transport von gefährlichen/explosiven Materialien (ADR-A) sowohl für die Andienung des Hafengebiets als auch für den Durchgangsverkehr alternative Routen zur Umgehung des Tunnels notwendig sein. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Funktion der A59 als Hafenanbindung nicht sinnvoll. Es wäre im Hinblick auf die Tunnelsicherheit ggf. erforderlich, die Anbindung des Hafens für Gefahrguttransporte außerhalb des Tunnels zu halten und Gefahrguttransporte mit Ziel Duisburger Hafen kurz vor dem Tunnel auf eine oberirdische lokale Route umzuleiten.

Im Hinblick auf die Tunnelsicherheit lässt sich zusammenfassend feststellen, dass wichtige Aspekte der Verkehrssicherheit und im Umgang mit Gefahrguttransporten nicht mit der Tunnelvariante aus der Machbarkeitsstudie in Einklang zu bringen sind. Aus Gründen der Sicherheit müsste unserer Einschätzung nach die lokale Erschließungsfunktion sowie der Quell- und Zielverkehr im Bereich der heutigen Anschlussstellen nicht im Tunnel, sondern durch lokale, oberirdische Verkehrsführung erzielt werden, über die für ADR-A-Transporte vermutlich sogar der Durchgangsverkehr abgewickelt werden müsste. Ein wichtiger städtebaulicher Vorteil einer Tunnellösung würde dadurch entfallen.

5 Technische Analyse und Bewertung

Die technische Analyse der Tunnelvariante V1d2T-C1 umfasst die Bewertung der vorgesehenen Bauverfahren, die als Grundlage für die Umsetzbarkeit der geplanten Trasse dienen. Dabei stehen die offene Bauweise mit Schlitzwänden, die Nutzung von Dichtsohlen und Unterwasserbetonsohlen (UWBS) sowie die Bewältigung geotechnischer und hydrologischer Herausforderungen im Fokus. Verkehrstechnische Belange, wie Verkehrsführung und Beeinträchtigungen während der Bauzeit, werden separat in Kapitel 6 analysiert und bewertet.

5.1 Technische Herausforderungen einzelner Bauteile

5.1.1 Offene Bauweise mit Schlitzwänden

Die geplante Bauweise nutzt Schlitzwände zur Sicherung der Baugruben, die sowohl als temporäre Stützkonstruktion als auch als dauerhafte Abdichtung dienen. Im Zuge des Aushubs der Baugruben ergibt sich die Notwendigkeit der Aussteifung oder Verankerung der

Schlitzwände. Da aufgrund der großen Knicklängen und der logistischen Einschränkungen auf Drucksteifen verzichtet werden sollte, ergeben sich hohe statische Anforderungen an die Baugrubenverankerung mit entsprechend hoher Anzahl von Ankern je Laufmeter Wand. In der ersten Phase werden kürzere Drucksteifen verwendet, die in der zweiten Phase durch Verankerungen ersetzt werden müssen. Die Nachteile dieser Umsteifungen sind zurecht hervorgehoben worden und können kostentechnisch leicht unterschätzt werden.

In der MBS [1] wird darauf wie folgt hingewiesen: „Unter den abgeschätzten Randbedingungen ist die Ausführung der Baugrube mit dem Baukonzept mit Unterwasserbetonsohle als grenzwertig zu bezeichnen. Dies betrifft vor allem Beeinträchtigungen bei der Herstellung mehrlagiger Rückankerungen durch hohe GW-Stände, ausgelöst durch Hochwasserereignisse des Rheins“. Dieser Aussage ist beizupflichten.

Auch eine kombinierte Abstützung aus Ankern und Zwischenstützen fällt aufgrund der vorgenannten Einschränkungen aus Statik und Bauablauf aus und wurde daher verworfen.

Die Möglichkeit einer Deckelbauweise, bei der Deckel und Sohle als Steifen fungieren, hat sicherlich bestimmte Vorteile, erfordert aber entweder wasserundurchlässige Bodenschichten, eine tiefliegende Dichtsohle, die zusätzliche Risiken birgt, oder den Bau unter Druckluft, der die Baukosten stark erhöhen würde.

5.1.2 Dichtsohlen und Unterwasserbetonsohlen (UWBS)

Die Unterwasserbetonsohlen werden gemäß den Anforderungen an hydraulischen Grundbruch und Auftriebssicherheit dimensioniert. Die Schwergewichtsausführung kann für eine zuverlässige Abdichtung sorgen. Die Herstellung ist technisch machbar, erfordert jedoch eine präzise Planung und Bauausführung, um potenzielle Fehlstellen zu minimieren. Im Kontext der geplanten Trassenführung bietet diese Lösung Vorteile in Bezug auf Bauzeit und Ausführungssicherheit, birgt jedoch Risiken im Hinblick auf die Kosten. Hier sind beispielsweise Abdichtungsprobleme und entsprechende Kostenrisiken bei Nachinjektionen zu nennen.

Andererseits wird die alternative Bauweise mit einer Dichtsohle von uns als riskanter eingeschätzt. Die Wasserdichtigkeit der Dichtsohle ist nahezu unmöglich zu garantieren, was dazu führen kann, dass während der Ausführung Undichtigkeiten und sogar Erosionen auftreten, die man nicht mehr abdichten kann.

Für die Bauweise der temporären Dichtsohle werden zwei verschiedene Methoden genannt: eine Gelsohle oder eine DSV-Sohle. Eine Gelsohle kann Genehmigungsprobleme hervorrufen. Wie schon erwähnt, gibt es heutzutage Materialien, die einfacher zu genehmigen sind. In den Niederlanden, wo ebenfalls strenge Umweltregeln gelten, wird diese Methode manchmal

unter spezifischen Bedingungen angewendet. Die Gelsohlmethode erfordert eine präzise Planung und Bauausführung, um potenzielle Fehlstellen zu minimieren. Je größer und tiefer jedoch die Baugrube ist, desto größer werden die statistischen Chancen, dass Fehlstellen auftreten.

Die DSV-Sohle wird von uns als die unsicherste Methode eingestuft. Der Durchmesser und die vertikale Toleranz der DSV-Säulen sind bei größeren Tiefen derart unsicher, dass oft Wasserdichtigkeitsprobleme auftreten. Ähnliche Probleme traten bei einem Projekt in Den Haag auf und führten zu sehr erheblichen Mehrkosten. So sind z.B. in den Niederlanden die DSV-Säulen aus risikotechnischen Gründen eigentlich nur noch als horizontale Aussteifungsmethode erlaubt.

Wie in der Machbarkeitsstudie zutreffend erwähnt, kann die Bauweise der Tunnelbaugrube, ob mit Unterwasserbetonsohle oder mit tief liegender Dichtsohle, ohne genauere Kenntnis des Bodenprofils und der hydrogeologischen Verhältnisse einschließlich der Beeinflussung durch Hochwasserereignisse der Ruhr und des Rheins sowie der Duisburger Häfen derzeit nicht geklärt werden.

5.1.3 Tunnelbauwerk

Das Tunnelbauwerk selbst ist als Stahlbeton-Rahmenstruktur konzipiert. Im Rahmen der vorliegenden Stellungnahme wurden analytische Vergleichsberechnungen durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass die geplante Dicke der Tunneldecke in Bereichen mit geringer Überdeckung erhöht werden muss. Eine Mindestdicke von 2750 mm wäre erforderlich, um die Tragfähigkeit und Stabilität sicherzustellen. An den Übergängen zwischen Wänden und Decke sind dabei Vouten vorgesehen, um die Querkräfte effektiver abzuleiten und die Stabilität zu verbessern.

5.1.4 Trassierung

Die Gradienten des Tunnels, insbesondere im südlichen Abschnitt nahe der Berliner Brücke, ist mit 4% als sehr steil zu bewerten und könnte aus Trassierungssicht als kritisch eingestuft werden. Eine überarbeitete Planung könnte die Tiefenlage in der Mitte der Trasse durch den Einsatz von zwei separaten Pumpensäugern anstelle eines zentralen Systems reduzieren. Dies würde die Anforderungen an die Überdeckung mindern und die bauliche Umsetzung vereinfachen. Allerdings würde sich der bauliche und kostenmäßige Aufwand für Bau, Ausstattung und Betrieb zweier Pumpensäuger erhöhen.

5.2 Bauzeitliche Herausforderungen

5.2.1 Teilabriss der Bestandsbrücke

Die gegenwärtige Trassenführung der A59 im Projektgebiet erfolgt über ein Viadukt mit einteiligen Überbauquerschnitten für beide Richtungsfahrbahnen. Bauvarianten, die den Teilabriss nur einer Richtungsfahrbahn der Bestandstrasse erfordern, unterliegen daher einem hohen Machbarkeitsrisiko, das durch die erforderliche Längstrennung der Bestandsbrücken und den schlechten Zustand dieser Brücken bedingt wird. Die MBS trägt diesem Umstand durch Auswahl der Vorzugsvariante Rechnung.

5.2.2 Baustraße

Die in der Machbarkeitsstudie angenommene 6,5 m breite Baustraße (vgl. MBS Kap. 10 Flächeninanspruchnahme) hat sich in vergleichbaren Projekten als unzureichend erwiesen. Eine Verbreiterung auf mindestens 9 m ist erforderlich, um eine reibungslose Bauabwicklung zu gewährleisten. Die logistischen Herausforderungen werden durch die unmittelbare Nähe zu Wohngebäuden sowie bestehenden Infrastrukturen, insbesondere im Bereich der Berliner Brücke und angrenzender Eisenbahnlinien, zusätzlich erschwert. Dies bedingt voraussichtlich zusätzliche Kosten, weitere detaillierte Planungen und Koordination.

5.3 Geologische und hydrologische Randbedingungen

Die Baugrundverhältnisse entlang der Trasse gehören zu den größten Herausforderungen des Projekts. Die bisherigen Planungen stützen sich überwiegend auf historische geotechnische Daten, da aktuelle Untersuchungen fehlen. Das Fehlen neuer Baugrunderkundungen birgt das Risiko unerwarteter Bodenbedingungen, insbesondere im südlichen Abschnitt nahe der Ruhr, wo eine potenzielle Kontamination den Baubeginn verzögern und die Baukosten erhöhen könnte. Der hohe Grundwasserspiegel erfordert umfangreiche Maßnahmen zur Wasserhaltung, die in der Planung berücksichtigt wurden, jedoch zu zusätzlichen Kosten und einer verlängerten Bauzeit führen können.

5.3.1 Baugrundverhältnisse

Die geologischen und hydrologischen Bedingungen entlang der geplanten Trasse der Tunnelvariante V1dT-C1 sind von zentraler Bedeutung für die technische Machbarkeit und die Bauzeit. Die Trasse verläuft durch ein Gebiet mit komplexen Baugrundverhältnissen, die durch unterschiedliche Bodenarten und hohe Grundwasserstände gekennzeichnet sind. Die vorliegenden Unterlagen liefern eine erste Beschreibung der geologischen und hydrologischen Gegebenheiten:

Bodenarten:

Entlang der Trasse wurden verschiedene Bodenschichten identifiziert. Im oberen Bereich dominieren Auffüllungen und Weichschichten, bestehend aus Sand, Kies und geringmächtigen

Tonen. Diese Schichten weisen eine variable Lagerungsdichte auf, die lokal von lockerer bis mitteldichter Konsistenz reicht. Darunter befinden sich feste Sandschichten und Kiesschichten, die als tragfähiger Baugrund dienen können. Im südlichen Bereich, insbesondere nahe der Ruhr, wurden jedoch heterogene Sedimentabfolgen mit tonigen und organischen Einlagerungen festgestellt, die die Stabilität der Baugruben erschweren können.

Kontaminationsrisiken:

Im Bereich der südlichen Trasse wurden historische Bodenbelastungen festgestellt, insbesondere in der Nähe ehemaliger Industrieanlagen. Diese potenziellen Kontaminationen könnten zusätzliche Untersuchungen und Sanierungsmaßnahmen erfordern, die den Baubeginn verzögern und die Kosten erhöhen. Im umwelttechnischen Bericht [9] gibt es diesbezügliche Angaben, aus denen hervorgeht, dass einige der Proben als gefährlicher Abfall einzustufen wären, was sich stark auf die Baukosten auswirkt (siehe Abschnitt 6.1). In diesem Zusammenhang ist auch auf das DAUB-Arbeitspapier zur Nachhaltigkeit im Untertagebau zu verweisen [12].

5.3.2 Grundwasserverhältnisse

Die Grundwasserverhältnisse entlang der Trasse stellen eine zentrale Herausforderung dar:

Hoher Grundwasserstand:

Der Grundwasserstand liegt stellenweise nur wenige Meter unterhalb der Geländeoberkante. Dies erfordert umfangreiche Maßnahmen zur Grundwasserhaltung während der Bauzeit. Die hydraulische Durchlässigkeit der Bodenschichten variiert stark und reicht von stark durchlässigem Sand bis zu schwach durchlässigem Ton. Besonders im südlichen Bereich nahe des Rheins wurde ein Grundwasserspiegel in Verbindung mit Flusswasserständen festgestellt, was die Planung und Durchführung von Baugruben erheblich erschwert.

Hydraulische Anforderungen:

Die hydraulische Sicherung der Baugruben erfordert den Einsatz von Dichtsohlen oder Unterwasserbetonsohlen, um den hydraulischen Grundbruch zu verhindern und die Auftriebssicherheit zu gewährleisten. Zusätzlich müssen Drainagesysteme und Pumpensysteme eingeplant werden, um das Grundwasser während der Bauzeit zu kontrollieren.

5.3.3 Auswirkungen auf Machbarkeit und Bauzeit

Die geologischen und hydrologischen Randbedingungen haben direkte Auswirkungen auf die Machbarkeit und die Bauzeit der Tunnelvariante:

Technische Herausforderungen:

Die heterogenen Baugrundverhältnisse erfordern eine präzise Baugrubenplanung. Die Verwendung von Schlitzwänden als seitliche Abdichtung ist technisch machbar, birgt jedoch Risiken in Bereichen mit geringmächtigen tragfähigen Schichten. Fehlstellen in den Schlitzwänden oder unzureichende Stabilität können zu Bauverzögerungen führen. Diese stellen sich nichtdestotrotz unter den gegebenen Randbedingungen als geeignetes Bauverfahren dar.

Bauzeitverlängerungen:

Der hohe Grundwasserstand erhöht die Anforderungen an die Wasserhaltung. Die Installation und der Betrieb von Pumpensystemen sowie die Abdichtung der Baugruben werden die Bauzeit wahrscheinlich verlängern und zusätzliche Kosten verursachen. Insbesondere im südlichen Bereich der Trasse könnten unerwartete Bodenverhältnisse oder eine unzureichende hydraulische Abdichtung zu Verzögerungen führen.

Risiken durch Kontamination:

Die potenziellen Bodenbelastungen im südlichen Abschnitt erfordern vor Baubeginn detaillierte Untersuchungen. Sollte eine Kontamination bestätigt werden, könnten umfangreiche Sanierungsmaßnahmen notwendig werden, die den Projektzeitplan erheblich beeinflussen.

5.3.4 Bewertung und Optimierungsmöglichkeiten

Die geologischen und hydrologischen Bedingungen der Trasse stellen erhebliche Herausforderungen dar, die die Bauplanung und -durchführung erschweren. Eine kritische Bewertung zeigt folgende Aspekte:

Unsicherheiten in der Baugrunderkundung:

Die Abhängigkeit von historischen geologischen Daten birgt das Risiko unerwarteter Bodenverhältnisse. Ein umfassendes Erkundungsprogramm vor Baubeginn ist unerlässlich, um präzisere Daten zu gewinnen und Risiken zu minimieren.

Optimierung der Wasserhaltung:

Der Einsatz moderner Pumpentechnologien und innovativer Abdichtungssysteme könnte die Herausforderungen durch den hohen Grundwasserstand reduzieren. Insbesondere die Verwendung redundanter Pumpensysteme anstelle eines zentralen Systems bietet Potenzial zur Risikominderung.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die geologischen und hydrologischen Randbedingungen zwar erhebliche Herausforderungen darstellen, aber durch detaillierte Planung, optimierte Bauverfahren und den Einsatz moderner Technologien bewältigt werden

können. Die Berücksichtigung dieser Bedingungen ist essenziell, um die technische Machbarkeit der Tunnelvariante sicherzustellen und die Bauzeit realistisch zu planen. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen direkt in die weitere Bewertung der Kosten- und Terminplanung ein.

5.4 Bauzeit und Bauzeitrisiken

5.4.1 Geplante Bauzeit

Die geplante Bauzeit der maßgeblichen Tunnelvariante V1d2T-C1 wird in der Machbarkeitsstudie [1] auf etwa 12 Jahre geschätzt. Dieser Zeitraum umfasst die Bauvorbereitung, die eigentlichen Tunnelbauarbeiten sowie die abschließende Wiederherstellung der Oberflächen und Verkehrswege. Die Planung berücksichtigt dabei sowohl technische als auch logistische Anforderungen, die durch die Komplexität des Projekts und die städtische Lage erheblich beeinflusst werden. Die eingangs genannten Verbesserungsmöglichkeiten aus Digitalisierung von Planung und Baustellenlogistik können hier allenfalls helfen, Bauzeitrisiken zu reduzieren. Im Vergleich zur Hochstraßenlösung, deren Bauzeit auf 6 bis 6,5 Jahre veranschlagt wird, zeigt sich eine deutlich längere Bauzeit, die durch die technische Komplexität der Tunnelvariante bedingt ist.

Die Hauptphasen der Bauzeit, wie sie auch in Anlage 5 in einer groben Übersicht dargestellt sind, umfassen:

1. Vorbereitende Maßnahmen (ca. 2,5 Jahre):
 - i. Rückbauarbeiten: Der Rückbau bestehender Brückenbauwerke und Verkehrswege, wie der Stadtparkbrücke und der Umfahrung Meiderich, bildet die Grundlage für die Bauvorbereitung.
 - ii. Umlegung von Sparten: Die Verlagerung von Versorgungsleitungen (Gas, Wasser, Strom, Telekommunikation) ist ein zentraler und zeitkritischer Bestandteil der Bauvorbereitung. Besonders in dicht bebauten urbanen Gebieten sind Konflikte mit bestehenden Leitungstrassen wahrscheinlich.
 - iii. Einrichtung der Baustelle: Dazu gehören der Bau temporärer Baustraßen, Lagerflächen und Baustelleninfrastruktur. Die ursprünglich geplante Breite von 6,5 m für die Baustraßen wird als unzureichend eingeschätzt und sollte auf mindestens 9 m erweitert werden, um den Materialtransport und Baustellenverkehr reibungslos zu organisieren.
 - iv. Bodenuntersuchungen und Sanierungsmaßnahmen: Insbesondere im südlichen Abschnitt der Trasse müssen potenzielle Kontaminationen frühzeitig identifiziert und gegebenenfalls saniert werden.

2. Tunnelbau (ca. 9,5 Jahre):
 - i. Baugrubensicherung: Schlitzwände und Unterwasserbetonsohlen (UWBS) werden zur Stabilisierung und Abdichtung der Baugruben eingesetzt. Diese Maßnahmen müssen in geeigneter Weise auf die zurzeit noch nicht ausreichend erkundeten geologischen und hydrologischen Bedingungen abgestimmt werden, was Risiken für Mehrkosten birgt.
 - ii. Tunnelherstellung: Die Betonage von Tunneldecken, -wänden und -sohlen erfolgt in Teilquerschnitten (TQ), die in den Bauphasen Nord, Süd und Gesamttunnel gegliedert sind. Die Herstellung der Tunnelstruktur erfordert eine exakte Abstimmung mit den Anschlussstellen und Übergängen zu bestehenden Verkehrswegen.
 - iii. Verfüllung und Rampenbau: Nach Abschluss der Tunnelarbeiten werden die Baugruben verfüllt, und die Rampen sowie Übergänge zu den Anschlussstellen erstellt.
3. Abschließende Maßnahmen:
 - i. Oberflächengestaltung: Die Wiederherstellung von Straßen, Grünflächen und anderen Oberflächenbereichen erfolgt in der letzten Bauphase.
 - ii. Verkehrsübergabe: Nach der Fertigstellung werden die Verkehrswege finalisiert und für den Verkehr freigegeben. Hinsichtlich der verkehrlichen Nutzung bestehen sicherheitstechnische Bedenken (siehe Abschnitt 7).

5.4.2 Komplexe Verknüpfungen und Bauzeitrissen

Die Bauzeitplanung zeigt eine Vielzahl von komplexen Verknüpfungen und Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Bauphasen, die erhebliche Risiken für Verzögerungen darstellen. Die wichtigsten Risiken lassen sich wie folgt gliedern:

1. Geotechnische und hydrologische Risiken:
 - i. Unvorhergesehene Bodenverhältnisse: Die geologischen Daten basieren größtenteils auf historischen Untersuchungen, die Unsicherheiten über die tatsächlichen Baugrundverhältnisse hinterlassen. Schwach tragfähige Schichten oder unerwartete organische Einlagerungen könnten zusätzliche Maßnahmen erforderlich machen.
 - ii. Hoher Grundwasserstand: Der Grundwasserstand liegt in einigen Bereichen nur wenige Meter unter der Geländeoberkante. Die Sicherstellung einer stabilen Wasserhaltung durch redundante Pumpensysteme ist essenziell, um die Bauzeit nicht zu gefährden.
2. Logistische Herausforderungen:
 - i. Umlegung der Sparten: Die Verlagerung von Versorgungsleitungen ist ein zeitkritischer Faktor. Konflikte mit bestehenden Leitungstrassen können erhebliche Verzögerungen verursachen.

- ii. Verkehrliche Einschränkungen: Die Nähe zu bestehenden Verkehrswegen, wie der Berliner Brücke und angrenzenden Eisenbahnlinien, erfordert eine präzise Abstimmung. Die Integration temporärer Umfahrungen und Ersatzlösungen könnte zusätzliche Zeit in Anspruch nehmen.
 - iii. Erhöhung der Teilfertigungslänge: Die Teilfertigungslänge und mögliche parallele Bauausführung hat einen großen Einfluss auf die Gesamtbauzeit. So wird in der Machbarkeitsstudie geschätzt, dass ohne zusätzliche Parallelausführung die Bauzeit um geschätzte 9 bis 12 Monate steigen würde.
3. Genehmigungs- und Planungsrisiken:
- i. Planfeststellungsverfahren: Für die Tunnelvariante ist ein neues oder angepasstes Planfeststellungsverfahren erforderlich. Verzögerungen durch Einsprüche von Anwohnern, Umweltverbänden oder Versorgungswerken sind möglich.
 - ii. Lärmschutzaufgaben: Zusätzliche Anforderungen an den Lärmschutz während der Bauzeit könnten Änderungen in der Planung notwendig machen.
4. Soziale und organisatorische Risiken:
- i. Hohe Anzahl an Beteiligten: Neben Behörden und Bauunternehmen sind zahlreiche Versorgungswerke, Verkehrsplaner und Genehmigungsstellen involviert, was die Abstimmung erschwert.
 - ii. Betroffene Dritte: Anwohner, Gewerbebetriebe und Grundstückseigentümer könnten durch Klagen oder Einwände Verzögerungen verursachen. Befindlichkeiten und widerstreitende Interessen könnten Konflikte verschärfen.
5. Externe Risiken:
- i. Witterungsbedingte Unterbrechungen, wie Starkregen oder Hochwasser, sowie unvorhergesehene gesetzliche Änderungen könnten den Zeitplan erheblich beeinflussen.

5.4.3 Maßnahmen zur Risikominimierung

Um die Bauzeitrisiken zu minimieren, sind folgende Maßnahmen notwendig:

- Aktualisierung der geotechnischen Daten: Detaillierte Untersuchungen vor Baubeginn können unerwartete Probleme mit den Baugrundverhältnissen reduzieren.
- Frühzeitige Planung der Spartenumlegung: Eine enge Abstimmung mit den Versorgungswerken ist essenziell, um Verzögerungen zu vermeiden.
- Proaktives Genehmigungsmanagement: Die frühzeitige Klärung des Planfeststellungsverfahrens und die Einbindung aller relevanten Akteure können Verzögerungen reduzieren.

- Optimierte Logistik: Die Erweiterung der Baustraßenbreite auf mindestens 9 m und eine zentralisierte Steuerung des Baustellenverkehrs sind notwendig, um logistische Engpässe zu vermeiden.
- Flexibilität in der Bauplanung: Die Einplanung von Pufferzeiten und alternativen Szenarien für unerwartete Ereignisse ist entscheidend.

5.4.4 Bewertung

Die geplante Bauzeit von 12 Jahren erscheint nur unter idealen Voraussetzungen als realistisch. Wesentliche Prämissen dafür wären:

- Rechtzeitiges Vorliegen aller Genehmigungen, einschließlich eines angepassten Planfeststellungsverfahrens.
- Verlässliche geologische und hydrologische Verhältnisse ohne unvorhergesehene Verschlechterungen oder Kontaminationen.
- Reibungslose Umsetzung der Spartenumlegung und verkehrstechnischen Maßnahmen.
- Möglichkeit für die angenommenen Teilfertigungslängen einschließlich paralleler Bauausführung

Die komplexen Verknüpfungen zwischen den Bauphasen und die Vielzahl an Beteiligten bergen jedoch erhebliche Risiken. Unvorhergesehene Ereignisse, Verzögerungen durch Einsprüche oder technische Probleme könnten gravierende Auswirkungen auf die Bauzeit haben. Eine frühzeitige Planung, umfassende Abstimmung und stringentes Risikomanagement sind essenziell, um die ambitionierten Ziele einzuhalten. Das Risiko für Verzögerungen, die zu einer Verlängerung der Bauzeit führen können, wird jedoch als erheblich eingeschätzt.

6 Kostenschätzung und finanzielle Risiken

6.1 Plausibilisierung der Kostenschätzung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde die Grobkostenschätzung Tunnel (Anlage 6) erstellt. Diese entspricht nicht exakt den einschlägigen Regelwerken wie:

- AKS: Arbeitskreis Kostenschätzung für Ingenieurbauwerke [15],
- DIN 276: Kostenplanung im Bauwesen [16].

Die Grobkostenschätzung basiert auf einer Abschätzung der Hauptmassen über charakteristische Tunnelquerschnitte. Für jeden Querschnitt wurden überschlägige Mengenermittlungen pro Laufmeter durchgeführt und mit spezifischen Einheitspreisen bewertet.

Differenziert nach Baugrube und Tunnelkonstruktion wurden die Kosten um 10 % sonstige Kosten erhöht. Darüber hinaus wurde die Baustelleneinrichtung pauschal mit 10 % kalkuliert. Spezifische Bodenaushub- und Transportkosten wurden gesondert in eigenen Tabellenblättern berücksichtigt.

Die Baukosten in diesem Abschnitt beziehen sich auf die Kosteneinschätzung für die Tunnelvariante V1d2T in der MBS 2018 [1], auf die eine Indexierung auf das Jahr 2024 gemäß den aktuell vom statistischen Bundesamt (Destatis) [14] verfügbaren Kostenentwicklung für Bauleistungen vorgenommen wird. Aus letzterer ergibt sich im Vergleich zum Jahr 2018 ein Baukostenindex für 2024 von 1,5.

In der MBS 2018 werden derzeit die Kosten auf ca. 623 Mio. € geschätzt (Preisindex 2024: ca. 934 Mio. €). Allerdings erwarten wir auf der Grundlage von eigenen Erfahrungen im Team der Gutachter aus ähnlichen, früheren und laufenden Projekten in äußerst schwierigen Bedingungen eines urbanen Umfelds höhere Baukosten. Wir halten eine Größenordnung von 800 Mio. € (Preisindex 2018) bzw. 1,2 Mrd. € (Preisindex 2024) für realistischer. Unter zusätzlicher Berücksichtigung von Unwägbarkeiten und Risiken lassen sich voraussichtliche Gesamtkosten von bis zu 1,0 Mrd. € (Preisindex 2018) bzw. 1,5 Mrd. € (Preisindex 2024) annehmen, wie in Abschnitt 6.2 dargelegt wird.

Diese Angaben enthalten noch nicht die Betriebs- und Erneuerungskosten für einen Straßentunnel, die nach den Erfahrungen der Autobahn GmbH über eine geschätzte Nutzungsdauer von 100 Jahren in einer Größenordnung von ca. 80% der Neubaukosten zu berücksichtigen sind.

6.2 Einheitspreise und Zuschläge

Die Einheitspreise der Grobkostenschätzung enthalten keine Zuschläge. Diese werden, sofern sie berücksichtigt werden, gesondert ausgewiesen. Auf alle Positionen wird in der MBS ein Zuschlag von 10% für Sonstiges sowie ein Zuschlag von 10% für die Baustelleneinrichtung berücksichtigt. Für Risiken, Wagnis und Gewinn sowie Gemeinkosten finden sich keine pauschalen Zuschläge.

Für komplizierte Bauabläufe und spezielle Bauteile werden gesonderte Zuschläge wie folgt berücksichtigt:

Zuschläge für Herstellung in Teilquerschnitten:

- 25 % für erste Teilquerschnitte (569 m).
- 20 % für zweite Teilquerschnitte (382 m).

Pauschaler Zuschlag für Pannenbuchten, Lüfternischen und provisorische Notausgänge:

- 5 % der Rohbaukosten.

Zuschläge für Sonderquerschnitte Tunnel/Übergänge → Baugruben:

- 7,5 % Breitenzuschlag der Baugrube.
- 10 % Tiefenzuschlag der Baugrube.
- 30 % Zuschlag für die Höhe des Tunnelquerschnitts.

Zuschlag für technische Ausrüstung Hauptröhre:

- 50 % auf die technischen Anlagen der Hauptröhre.

Zuschlag für Herstellung von Leitungen:

- 1 % der Rohbaukosten (Summe A).

Die oben genannten Zuschläge sind im Einzelnen nicht detailliert begründet, jedoch grundsätzlich plausibel. Sie berücksichtigen baubetriebliche Aspekte wie erhöhte Anforderungen an Teilquerschnitte, komplexe Tunnelübergänge sowie spezifische Anforderungen an technische Ausstattung und Sicherheitsmaßnahmen.

Es ist anzumerken, dass die gängigen Vorschriften zur Kostenermittlung (siehe Abschnitt 2.3) eher dazu dienen, standardisierte Preisgruppen und Definitionen zu liefern und im Tunnelbau nur begrenzt geeignet sind. Die hier vorgenommene Grobschätzung basiert auf einer projektspezifischen Mengenermittlung mit individuellen Einheitspreisen und Zuschlägen.

Einige Kostenanteile sind nicht explizit ausgewiesen. Dazu gehören:

- Gemeinkosten der Baustelle (GKB)
- Allgemeine Geschäftskosten (AGK)

- Wagnis und Gewinn (WuG)

Es ist davon auszugehen, dass sie entweder unberücksichtigt blieben oder in den Einheitspreisen enthalten sind.

Anlage 1 enthält eine Zusammenstellung der Bewertung der Einheitspreise sowie der nicht aufgeführten und eventuell fehlenden oder unberücksichtigten Kosten. Zusammenfassend kommen wir zu dem Ergebnis, dass die ausgewiesene Gesamtsumme der Baukosten um die in Tabelle 1 angegebenen Werte in Summe um ca. 40 % bis 50 % höher ausfallen müsste.

Tabelle 1: Plausibilisierung der Kosten

Kostenelement	Berücksichtigt in MBS	Erforderliche Erhöhung (in % der Bausumme)
Einheitspreise (ohne Zuschläge)	vollständig	im Durchschnitt OK
Sonstiges	10 %	+10 %
Baustelleneinrichtung	10 %	+5 % bis +10 %
Gemeinkosten	-	+10 % bis +15 %
Allgemeine Geschäftskosten (AGK)	-	+10 %
Wagnis und Gewinn	-	+4 % bis 8%
in Summe		+39 % bis +53%

Berücksichtigung der Zuschläge für Lärmschutz, bauzeitliche Verkehrsführung und Baustelleneinrichtung:

Wir erwarten, dass die Kosten für die Logistik und die bauzeitlichen Verkehrsphasen erheblich höher sein werden, als in der MBS angenommen wird. Es sind Baustelleneinrichtungskosten berechnet, aber bei Projekten in sehr dicht bewohntem Gebiet wie in diesem Fall, können viele zusätzliche Maßnahmen erforderlich sein, wie zum Beispiel zusätzliches Monitoring und spezielle Schutzmaßnahmen für Bestandsgebäude. Aus diesem Grund halten wir eine Erhöhung des Ansatzes für Baustelleneinrichtungskosten von 10 % auf 15 % für angemessen.

Zeitabhängige Kosten (Bauleitung, Gerätevorhaltung):

Die sonstigen Kosten werden auf 10% geschätzt. In dieser frühen Phase des Projektes ist dies nach unserer Erfahrung tendenziell zu niedrig, da viele Faktoren noch unbekannt sind. Auch wenn die Annahme von 10% Gemeinkosten in späteren Planungsstadien bei größerer Planungstiefe gerechtfertigt sein mag, halten wir zu diesem Zeitpunkt im Rahmen einer Machbarkeitsstudie eine Annahme von 15%-20% eher für gerechtfertigt.

6.3 Bewertung der Kostenrisiken aus dem Tunnelausbruchmaterial

Die Bewertung der Kostenrisiken im Zusammenhang mit dem Tunnelausbruchmaterial stellt einen wesentlichen Aspekt der Kostenschätzung dar. Laut den Empfehlungen des Deutschen Ausschusses für Untertagebau (DAUB) sollte die Planung des Umgangs mit Tunnelausbruchmaterial frühzeitig erfolgen, um Risiken zu minimieren und Potenziale zur Kostenoptimierung zu nutzen. Die DAUB-Empfehlungen [12] betonen insbesondere die Bedeutung der Wiederverwendung von Materialien und eine klare Planung der Entsorgung.

Darstellung der Gesamtmengen und nicht berücksichtigten Mengen

Im Rahmen des Projekts fallen beträchtliche Bodenmassen an. Die gesamte Menge des Bodenaushubs wird auf 1,25 Mio. m³ geschätzt, während zusätzlich 0,3 Mio. m³ durch den Bodenabtrag von künstlichen Aufschüttungen hinzukommen. Für die Wiederverfüllung können voraussichtlich 0,26 Mio. m³ des Materials genutzt werden, sofern es geeignet ist. Diese Mengenangaben berücksichtigen jedoch nicht den Aushub der Baugrubenwände oder mögliche zusätzliche Massen, die durch technische Maßnahmen wie Nassbaggerung oder Düsenstrahlverfahren entstehen könnten. Insbesondere die Bodenmengen, die durch Zementrückstände verunreinigt sind, erschweren die Wiederverwendung und erhöhen die Entsorgungskosten.

Darstellung der Preise und Gesamtkosten

Die Kosten für den Bodenaushub wurden auf 12,50 €/m³ kalkuliert, während der Transport ebenfalls mit 12,50 €/m³ angesetzt wurde. Dies führt zu Gesamtkosten von 25 €/m³. Bei einer geschätzten Gesamtaushubmenge von 1,25 Mio. m³ belaufen sich die Gesamtkosten für den Aushub und Transport auf etwa 31,25 Mio. €.

Die genannten Kosten beinhalten jedoch keine potenziellen Aufwendungen für zusätzliche Maßnahmen wie Kampfmittelräumung, Entwässerung von Nassbaggerungsmaterial oder die Klassifizierung und Deklaration kontaminierter Böden. Solche Faktoren könnten die Gesamtkosten erheblich erhöhen.

Kostenrisiken und Faktoren für höhere Preise

Die Kostenrisiken ergeben sich aus mehreren Faktoren:

1. **Kontaminationen:** Innerstädtische und Hafengebiete bergen ein hohes Risiko für chemische Belastungen, Altlasten oder Ölverschmutzungen. Die Zuordnung und Behandlung der Bodenmaterialien nach den Regelungen der LAGA M 20 und Beprobungen nach LAGA PN 98 können zu höheren Kosten führen.

2. **Kampfmittelräumung:** Die Räumung historischer Kampfmittel stellt einen potenziell erheblichen Kostenfaktor dar, insbesondere in ehemals industriell genutzten oder historisch belasteten Gebieten.
3. **Entwässerung bei Nassbaggerung:** Der Aushub von Boden unter Wasser erfordert zusätzliche Entwässerungsmaßnahmen, die die Materialhandhabung und den Transport erheblich verteuern.
4. **Deponieraum:** Die Verknappung von verfügbarem Deponieraum in der Region führt zu längeren Transportwegen und erhöhten Gebühren. Insbesondere in urbanen Gebieten sind die Anforderungen an Deponien und die Genehmigungsprozesse komplex und kostenintensiv.
5. **Klassifizierung und Wiederverwertung:** Materialien, die aufgrund von Zementrückständen oder anderen Verunreinigungen nicht wiederverwertet werden können, müssen aufwendig entsorgt werden. Gleichzeitig erfordert die Wiederverwendung von Material im Projekt eine sorgfältige Planung, um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen.

Problematiken der Deponierung und Wiederverwertung

Die Deponierung des Aushubmaterials ist oft mit Unsicherheiten behaftet. Die Klassifizierung des Materials gemäß den Anforderungen der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) und der Mantelverordnung ist entscheidend für die mögliche Wiederverwendung oder Deponierung. Verunreinigte Materialien oder solche, die durch technische Verfahren wie das Düsenstrahlverfahren vermischt wurden, haben oft keine klare Verwertungsoption und müssen unter Umständen als Sondermüll entsorgt werden. Die hohen Entsorgungskosten solcher Materialien stellen ein wesentliches Kostenrisiko dar.

Bewertung der vorhandenen Kostenschätzungen

Die bisher kalkulierten Kosten für Aushub und Transport von 25 €/m³ sind als Basiswerte für standardisierte Prozesse zu betrachten. In der Praxis können jedoch Zusatzkosten durch unvorhergesehene Herausforderungen entstehen, wie z. B. höhere Transportkosten aufgrund fehlender Deponiekapazitäten oder zusätzlicher Entsorgungsaufwand bei kontaminierten Materialien. Die Nichtberücksichtigung dieser Faktoren in der ursprünglichen Kostenschätzung birgt das Risiko erheblicher Kostensteigerungen, weshalb ein Risikozuschlag oder eine Anpassung der Kalkulation sinnvoll wäre.

6.4 Einsparpotenziale durch alternative Bauverfahren

Verlässt man den Rahmen der Planungsrandbedingungen durch Verzicht auf lokale Erschließung durch Vollanschlussstellen und durch die Schaffung einer oberirdischen Führung des lokalen Verkehrs sowie der Hafendienstung, können sich durch alternative Bauverfahren oder Planungsvarianten mögliche Einsparungen ergeben. Einige Ausführungen zu möglichen Alternativen finden sich in Kapitel 8.

6.5 Zusammenfassung Kostenschätzung und finanzielle Risiken

Im Allgemeinen stellen wir fest, dass die Gemeinkosten und Risikozuschläge in der vorliegenden Grobkostenschätzung unterrepräsentiert und optimistisch angesetzt werden. Die Anforderungen (z. B. an die Sicherheit) können sich bei solchen langfristigen Projekten im Laufe der Zeit erheblich ändern und schnell zusätzliche Kosten verursachen. Insbesondere bei der Entsorgung sind zudem einige Aspekte wie mögliche Kontamination unberücksichtigt, was zusätzliche Kostenrisiken birgt. Es lässt sich zusammenfassend feststellen, dass die in der Machbarkeitsstudie angenommenen Kosten in keinem Fall zu hoch angesetzt sind, sondern mit großer Wahrscheinlichkeit erheblich überschritten werden können.

7 Verkehrliche Auswirkungen

Dieser Abschnitt konzentriert sich auf die Auswirkungen der vorgeschlagenen Variante auf den lokalen und den Durchgangsverkehr. Diese stellen sich wie folgt dar:

- Die erwarteten Auswirkungen auf den Berufsverkehr sind erheblich. Es wird erwartet, dass sich die Überlastung der Autobahn während der Bauzeit morgens und nachmittags jeweils auf circa 2,5 Stunden ausweitet. Dies liegt hauptsächlich am Verkehr auf der Behelfsbrücke, da der normalerweise für 3 Fahrstreifen genutzte Raum 4 Fahrstreifen aufnehmen muss, da aufgrund der Kompaktheit des Verkehrs eine niedrigere Geschwindigkeit erforderlich sein wird.
- In der 4+0 Situation ist eine Fahrstreifenbreite von lediglich 2,75 m vorgesehen, was eine Kapazitätsreduktion von 10% zur Folge hat (Rijkswaterstaat, 2024) und das Risiko von Staus zusätzlich erhöht. Dies kann durch höhere Entwurfsgeschwindigkeiten und weniger Kurven verbessert werden, um Staus zu reduzieren, insbesondere morgens, wenn der Verkehr tendenziell stärker ist.
- Ungefähr 10 % des Verkehrs fließt an den Anschlussstellen im Tunnelbereich zu oder ab, während 90 % Durchgangsverkehr ist, wie aus den Untersuchungen zum zu- und abfließenden täglichen Verkehr (DTVw) in Abbildung 1 ergibt. Der lokale Verkehr trägt erheblich zur Staubildung an den Verflechtungsbereichen der beiden Anschlussstellen bei, da Fahrzeuge die Spur wechseln, um auf die Ein- oder Ausfahrt zu gelangen.

- Dies unterstreicht die Bedeutung der Trennung von lokalem Verkehr und Durchgangsverkehr, um Staus an Kreuzungen, Ein- und Ausfahrten zu verringern. Abbildung 1 zeigt, dass die Rampen allgemein sehr kurz sind. Auch zwingen die Auf- und Ausfahrten in der Nähe der Tunnelportale den Verkehr zum Einfädeln, während die Lichtverhältnisse vom Tageslicht zur Tunnelbeleuchtung und umgekehrt übergehen, was das Risiko von Vorfällen erhöht, da komplexe Manöver unter wechselnden Lichtverhältnissen erforderlich werden.
- Die Geschwindigkeitsbegrenzung während der Bauphase und im Endzustand wird 80 km/h betragen. Bei dieser Entwurfsgeschwindigkeit sollte sich das Layout der Straße auf einer Strecke von 220 m vor und nach dem Tunnelportal nicht ändern (10-Sekunden-Regel). Die Tiefenlage des Tunnels führt zu steilen Rampen, was die Staugefahr zusätzlich erhöht, da insbesondere der Schwerverkehr keine hohen Beschleunigungen realisieren kann.

Insgesamt ist zu beachten, dass sich die Leistungsfähigkeit der Gesamtstrecke während der langen Bauphase gegenüber der aktuellen Situation zunächst verschlechtern würde.

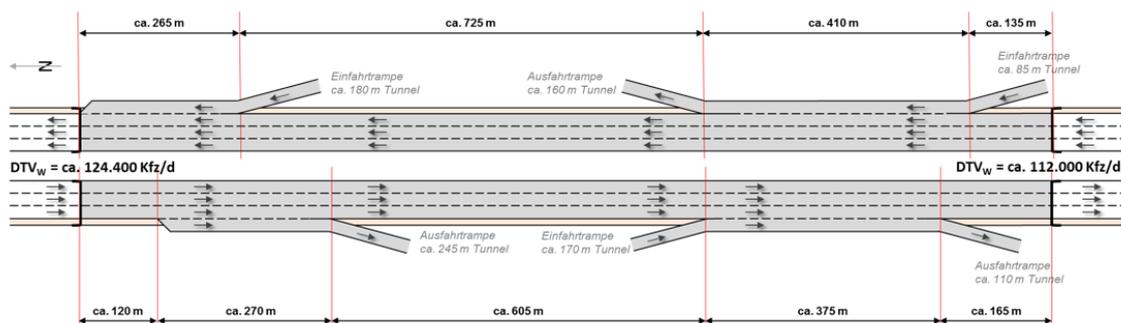


Abbildung 1: Schemaskizze Tunnelbauwerk aus [1].

7.1 Verkehrsführung während der Bauzeit

Zur Minimierung der bauzeitlichen Verkehrsbeeinträchtigungen sieht die Machbarkeitsstudie den Bau einer Behelfsbrücke vor. Über diese wird der Verkehr geleitet, während die Bestandsbrücke abgerissen und der Tunnel gebaut werden.

Die bauzeitliche Verkehrsführung erfolgt in der Tunnelvariante über die Behelfsbrücke, die mit einer geringeren Anzahl von Fahrstreifen und geringeren Fahrstreifenbreiten auskommen muss. Daraus ergibt sich eine geringere Kapazität und dadurch eine erhöhte Staugefahr.

8 Alternativlösungen

Nachfolgend werden Ansätze für alternative Ausführungen des Tunnels diskutiert. Diese setzen allerdings ein Abweichen von den Planungsrandbedingungen der MBS 2018 voraus und können somit nur scheinbar zu ausführbaren und möglicherweise kostenreduzierten Lösungen führen.

Es ist jedoch zu beachten, dass für die vorgestellten Lösungen die Anschlussstellen teilweise entfallen und die Erschließung für den lokalen Verkehr durch oberirdische Verkehrsführung gewährleistet werden müsste, über die auch der Schwer- und Gefahrgutverkehr für die Hafen- und Industrieerschließung abgewickelt würde. Zudem würde Alternative 1 den Teilabriss der Bestandsbrücke erfordern, der in der MBS 2018 zwar betrachtet aber nicht weiter verfolgt wurde, weil er ein erhebliches Machbarkeitsrisiko birgt.

8.1 Alternative 1: Tunnel statt Behelfsbrücke für den bauzeitlichen Verkehr

Bei dieser Alternative wird keine bauzeitliche Behelfsbrücke errichtet. Stattdessen wird die Tunneltrasse in Richtung Westen verschoben, wobei der westliche Tunnel (FR Duisburg) in der ersten Phase gebaut wird (mit 3 Fahrstreifen pro Tunnel statt 4), während der Verkehr weiterhin über die Bestandsstrecke läuft.

Dieser erste Bauabschnitt umfasst auch schon einen Fluchtkorridor und entsprechende Notausstiege, was die Tunnelsicherheit auch während des Baus erheblich verbessert. Er würde genau an der Stelle der heute geplanten Behelfsbrücke gebaut. Es sind keine zusätzlichen Abbrüche von Gebäuden notwendig.

In der nächsten Phase wird der westliche Teil der Bestandsbrücke abgebrochen, während der Verkehr in FR Duisburg nun durch den fertiggestellten westlichen Tunnel fließt. Nach dem Teilabbruch der Bestandsbrücke kann der östliche Tunnelteil hergestellt werden. In dieser Alternative mit 3 Fahrstreifen entfallen jedoch die Anschlussstellen im Tunnel. Die Anbindung erfolgt über eine oberirdische Führung des lokalen Verkehrs. Lediglich der Durchgangsverkehr wird im Tunnel geführt. Diese Alternative erlaubt auch mehr Platz für die Baustraße.

Die vorgestellte Alternative (siehe Abbildung 2) ist nicht weiter im Detail betrachtet und stellt lediglich eine Möglichkeit dar, den Bau zu vereinfachen, wenn auf die lokalen Anschlussstellen mit Ein- und Ausfahrten im Tunnel verzichtet und der lokale Verkehr stattdessen oberirdisch auf einem lokalen Boulevard geführt wird. Da dieser lediglich 10% des Verkehrsaufkommens aufnimmt, wodurch auf Zu- und Abfahrten im Tunnel verzichtet werden könnte, wäre dies eine Möglichkeit, um die Tunnelsicherheit (sowohl in der Bauphase als auch im Betrieb) zu verbessern und die Baukosten möglicherweise zu verringern. Diese Alternative beseitigt auch das Verkehrssicherheitsrisiko der Verflechtungsbereiche im Tunnel. Eine solche Variante mit

der Trennung von lokalem und Durchgangsverkehr wurde beispielsweise beim Umbau der A2 in Maastricht umgesetzt.

Für die bauzeitliche Verkehrsführung der lokalen, querenden Straßen sind in dieser Variante bereichsweise Deckelbauverfahren oder Behelfsbrücken zu verwenden.

Die Anbindung des Hafens für Gefahrguttransporte bleibt dabei vom Norden wie heute über die AS DURuhrort und vom Süden über die AS DU-Meiderich bestehen, da der Tunnel lediglich dazwischen gebaut wird. Gefahrguttransporte würden jeweils vor dem Tunnel abgeleitet und lokal oberirdisch geführt.

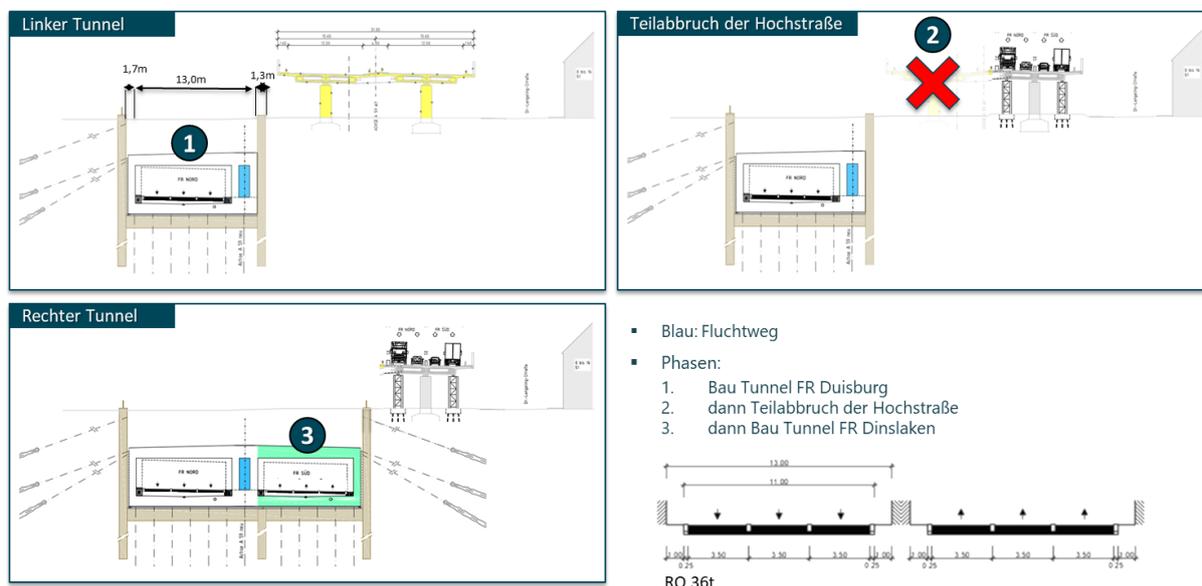


Abbildung 2: Alternative 1, bauzeitliche Verkehrsführung im Tunnel [Quelle: Witteveen+Bos]

8.2 Alternative 2: Doppelstocktunnel

Eine zweite Alternative könnte als doppelstöckiger Tunnel (Abbildung 3, mit je 3 Fahrstreifen) konzipiert werden, wobei diese Lösung Durchgangsverkehr in beide Richtungen auf verschiedenen Ebenen vorsieht. Ein doppelstöckiger Tunnel bräuchte eine sehr steile Gradiente (im südlichen Bereich mit Anschluss an die Berliner Brücke), die weit über die akzeptablen Steigungen hinaus geht (Abbildung 4, rote Kurve) oder eine Führung der Gradiente bis weit über die Bürgermeister-Pütz-Straße hinaus erfordert (Abbildung 4, grüne Kurve). Ziel dieser Alternative wäre es, den Tunnelquerschnitt zu vereinfachen und auf den Durchgangsverkehr zu konzentrieren. Diese Variante mit der Aufteilung in lokalen und Durchgangsverkehr in einem doppelstöckigen Tunnel wurde beim Umbau der A2 in Maastricht umgesetzt.

Diese Alternative ermöglicht erheblich geringere Aushub- und Betonmassen und eine breitere Baustraße. Auch in dieser Variante müsste jedoch der lokale Verkehr und die Anbindung der bisherigen Anschlussstellen oberirdisch realisiert werden.

Der doppelstöckige Tunnel könnte ohne Errichtung einer bauzeitlichen Behelfsbrücke errichtet werden, wodurch Kosten und Bauzeit gegenüber der Variante mit nebeneinander angeordneten Tunnelröhren reduziert werden könnten, jedoch ohne dass die Kosten auf ein Niveau unterhalb der realistischen Kosten für die Lösung der Machbarkeitsstudie gesenkt werden könnten.

Die benötigte Tiefenlage der Doppelstockvariante kann nur erreicht werden, wenn die Gradiente der Trasse bereits vom Widerlager der Berliner Brücke nördlich der Gleisanlage an sehr steil abgesenkt wird. Dabei entstehen Steigungen, die weit über die maximal zugelassenen Werte hinausgehen. Der Fixpunkt der zu erstellenden Berliner Brücke und der erforderlichen Gleisquerung am Süden des Planungsgebietes verhindern ein früheres Absenken der Gradiente.

Zudem entfielen ein Teil der AS DU-Meiderich und die Bürgermeister-Pütz-Straße müsste in einer erhöhten Trasse über den Portalbereich des Tunnels geführt werden.

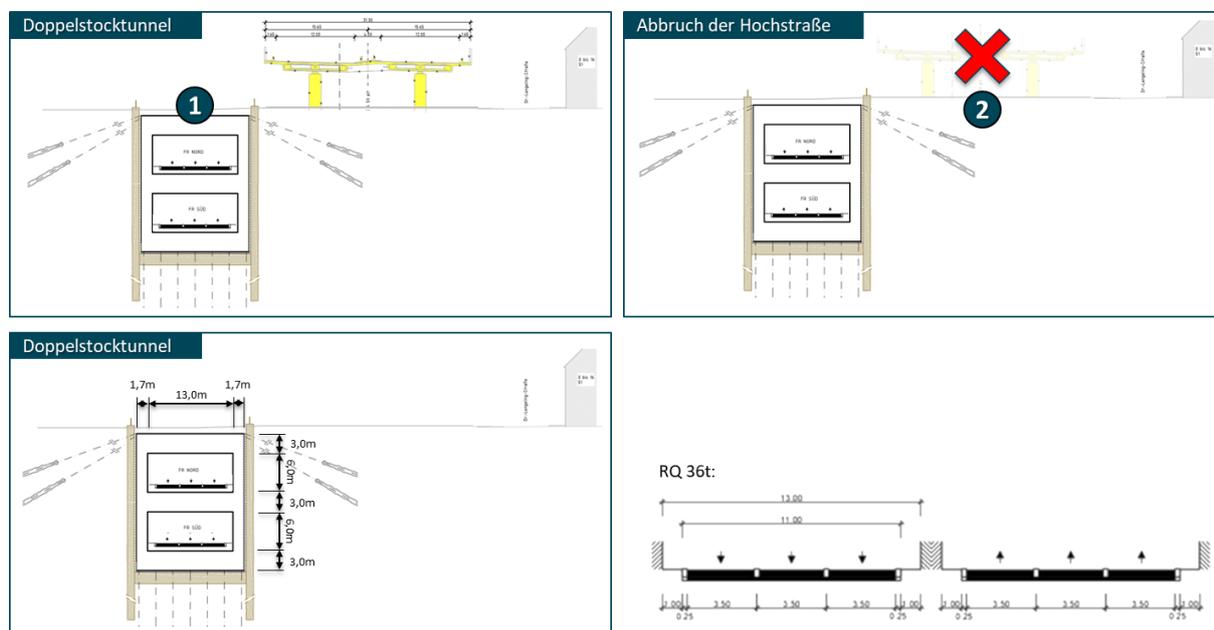


Abbildung 3: Alternative 2 , Doppelstocktunnel.

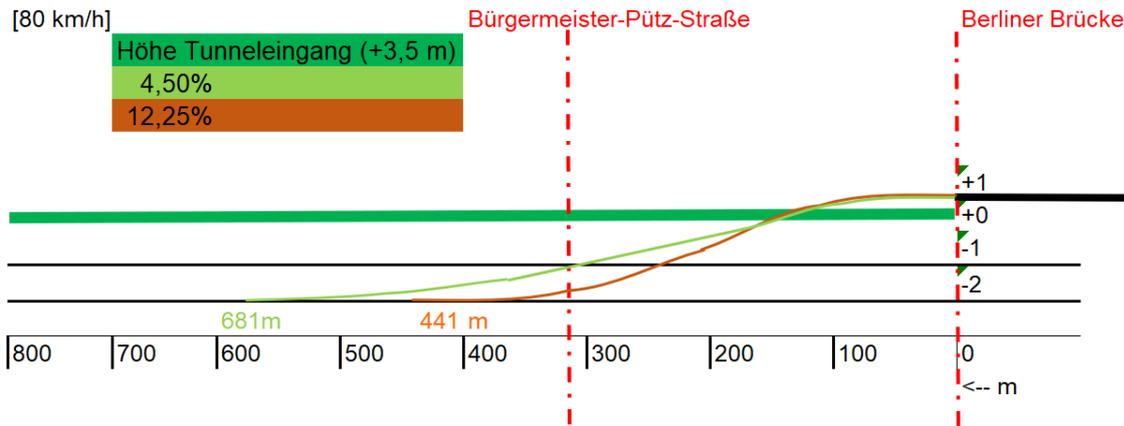


Abbildung 4: Doppelstocktunnel, schematische Darstellung der Trassengradiente der unteren Richtungsfahrbahn.

Berechnung der Steigungsrampe	
Entwurfsgeschwindigkeit:	80
Höchstes Niveau:	27,00
Niedrigstes Niveau:	0,00
Höhenunterschied:	27,00
Scheitelbog:	1.800,00
Fußbog:	1.800,00
Steigungsprozentsatz:	4,50
Xb=	81,00
Xo=	81,00
Yb=	1,82
Yo=	1,82
Yh=	23,36
Xh=	519,00
X=Xo+Xh+Xb=	681,00

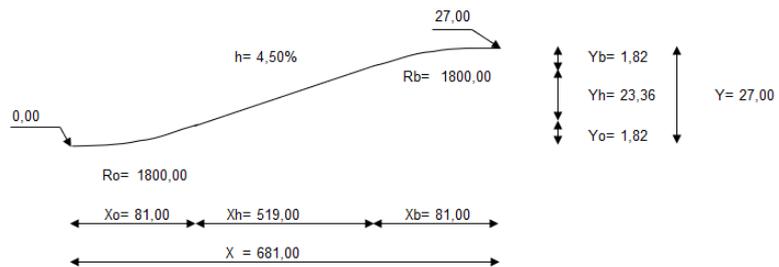


Abbildung 5: Doppelstocktunnel, Gradientenberechnung: erforderliche Strecke für eine maximale Steigung von 4,5%.

Berechnung der Steigungsrampe	
Entwurfsgeschwindigkeit:	80
Höchstes Niveau:	27,00
Niedrigstes Niveau:	0,00
Höhenunterschied:	27,00
Scheitelbog:	1.800,00
Fußbog:	1.800,00
Steigungsprozentsatz:	4,50
Xb=	81,00
Xo=	81,00
Yb=	1,82
Yo=	1,82
Yh=	23,36
Xh=	519,00
X=Xo+Xh+Xb=	681,00

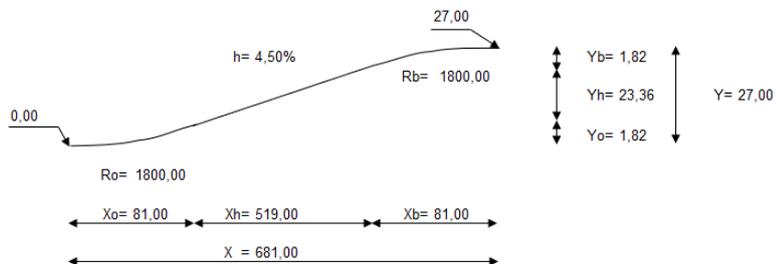


Abbildung 6: Doppelstocktunnel, Gradientenberechnung: erforderliche Steigung bei verfügbarer Strecke.

8.3 Alternative Bauverfahren

Prinzipiell lassen sich Tunnelbauwerke neben der offenen Bauweise auch bergmännisch oder als Absenktunnel herstellen.

Für das Auffahren bergmännischer Tunnelvortriebe können konventionelle Vortriebsverfahren wie die Neue Österreichische Tunnelbaumethode (NÖT) eingesetzt werden, bei denen freie Querschnitte abgebaggert und mit Spritzbeton gesichert werden. Diese erlauben prinzipiell sehr große Gesamtquerschnitte, wenn diese in auf die jeweilige Gebirgsstandfestigkeit abgestimmte Teilausbrüche unterteilt werden. Die geringe zu erwartende Standfestigkeit des Baugrunds im Projektgebiet sowie die sehr großen erforderlichen Querschnitte für 4 Fahrstreifen plus Ein- und Ausfahrtbereiche lassen hier jedoch enorme Zusatzmaßnahmen wie Druckluft, Baugrundverbesserung, Anker, Spieße und Vereisung notwendig erscheinen. Eine technische Machbarkeit und zumindest die Wirtschaftlichkeit sind dabei stark anzuzweifeln.

Maschinelle Tunnelvortriebe mit Hilfe von Tunnelbohrmaschinen werden auch für Straßentunnel vielfach eingesetzt. Dabei erfolgt der Ausbruch und der Bau der Tunnelschale mechanisiert und im Schutze eines Stahlschildes mit aktiver Ortsbruststützung, was den Tunnelvortrieb in nicht standfestem Gebirge ohne Zusatzmaßnahmen erlaubt. Jedoch ist der Tunnelquerschnitt dabei üblicherweise auf Kreisquerschnitte beschränkt, wodurch sich bei 2 x 4 Fahrstreifen sehr große Durchmesser ergeben. Hinzu kommt die Notwendigkeit, Nothaltebuchten, Notrufrischen und Fluchtwege zu bauen, die eine nachträgliche Öffnung der Tunnelschale erfordern. Die notwendige Mindestüberdeckung für einen sicheren Tunnelvortrieb mit Ortsbruststützung erfordert zudem eine tiefe Führung der Tunnelgradienten. Eine Einbindung der Anschlussstellen im Tunnel ist bei einem Bohrtunnel nahezu ausgeschlossen, da diese wechselnde Tunnelquerschnitte erfordern würden.

Für Absenktunnel existieren hochmechanisierte Bauverfahren wie das TIMBY-Verfahren (Tunnel IMmersed BY BTP) der Firma Bouygues Travaux Publics. Dieses Verfahren wurde speziell für den Bau von Absenktunneln entwickelt und kombiniert Technologien des Schildvortriebs mit traditionellen Absenkverfahren und bietet Vorteile wie reduzierte Bauzeiten und minimale Beeinträchtigung des Schiffsverkehrs. Verfahren für Absenktunnel erfordern jedoch das Einschwimmen von Tunnelsegmenten, was für das Projektgebiet trotz der Nähe zum Hafen nicht realisierbar ist. Für Tunnel in offener Bauweise sind vergleichbare Verfahren nicht verfügbar.

8.4 Optimierungsmöglichkeiten für Tunnel in offener Bauweise

Um die Tiefenlage des Tunnels zu verringern und die Gradienten des Tunnels insgesamt anzuheben, könnten kreuzende Straßen wie die Bürgermeister-Pütz-Straße im Bereich der Kreuzung auf eine höhere Ebene verlegt werden. Dies würde die erforderlichen Steigungen an den Portalen verringern.

Kreuzende Leitungen im Bereich der städtischen Straßen könnten in der Tunneldecke verlegt werden, wenn die Tunnellage möglichst oberflächennah realisiert wird.

Eine weitere Alternative könnte es sein, zwei statt nur einem Tiefpunkt für die Entwässerung vorzusehen. Dies ermöglicht insgesamt eine geringere Überdeckung, erfordert jedoch Bau und Betrieb von zwei Pumpensämpfen.

9 Checklisten (Anhang A2)

Anhang A2 enthält eine Reihe von Checklisten, in denen die Vollständigkeit und Plausibilität sowie die vorhandenen Risiken für Bauzeiten und Baukosten bewertet werden. Dabei wird ein Bewertungsschema mit Farbcodierung verwendet, welches für verschiedene untersuchte Aspekte jeweils 1 Punkt für korrekte und vollständige Berücksichtigung, 2 Punkte für teilweise fehlende oder zu optimistisch geschätzte und 3 Punkte für fehlende Aspekte vergeben werden.

In Anlage A2.1 sind die Ergebnisse in einer farbcodierten Übersicht in Form einer Heatmap dargestellt. Die Anlagen A2.2 bis A2.6 enthalten detaillierte Kommentare zu den jeweiligen Aspekten der Planunterlagen, der Baukonzepte, der Merkmale der Tunnelvariante, der Bauzeitenschätzung sowie der Grobkostenschätzung.

Aus der Übersichtsdarstellung in A2.1 lässt sich bereits gut erkennen, dass sehr viele Aspekte zwar plausibel berücksichtigt und in der Grobkostenschätzung gewürdigt wurden, jedoch aufgrund der naturgemäß geringen Planungstiefe mit mehr oder weniger starken Kostenrisiken verbunden sind (orangefarbene Darstellung in der Heatmap). Nur einige wenige Aspekte fehlen vollständig (rote Darstellung in der Heatmap).

Die Planunterlagen (A2.2) sind für die zugrundeliegende Planungstiefe ausreichend detailliert und stellen die untersuchten Varianten übersichtlich und nachvollziehbar dar. Dennoch gibt es dort einige Details, die aufgrund der fehlenden Planungstiefe mit Kostenrisiken verbunden sind. Dies gilt insbesondere für den Platzbedarf der Baustelle sowie für bauzeitliche Maßnahmen und Abläufe.

Die Baukonzepte (A2.3) sind insgesamt schlüssig und nachvollziehbar in der MBS dargelegt. Die technische Machbarkeit wird damit hinreichend belegt. Grundsätzlich bestehen hier jedoch bei allen Aspekten die in Kapitel 6 dargelegten Kostenrisiken. Einzig fehlender Punkt ist ein sicheres Konzept für die Entfluchtung bei einer 4+0-Verkehrsführung im Tunnel zur Bauzeit. Hier sei die Berücksichtigung eines separaten Fluchtkorridors zwischen den Richtungsfahrbahnen angeregt.

Die in A2.4 bewerteten Merkmale der Tunnelvariante zeigen eine Reihe von unberücksichtigten Punkten, darunter vor allem die aus der geringen Planungstiefe resultierenden Kostenrisiken und Sicherheitsaspekte, die sich aus den Planungsrandbedingungen der Ein- und Ausfahrten im Bereich der Tunnelportale ergeben.

Die Bauzeitschätzung (A2.5) ist insgesamt plausibel und realistisch. Dennoch gibt es auch hier einige Unwägbarkeiten, die sich vor allem aus den Interferenzen mit Leitungsnetzbetreibern und der DB sowie der noch unvollständigen Baugrunderkundung ergeben.

Die Grobkostenschätzung wurde im Detail in Kapitel 6 diskutiert. Hier ist generell festzustellen, dass die Herstellungskosten in Form von Einheitspreisen überwiegend plausibel und realistisch für das Bezugsjahr 2018 angenommen wurden. Es fehlen generell jedoch eine Reihe von Risikozuschlägen, Gemeinkosten und Zuschlägen zum Ausgleich der geringen Planungstiefe.

10 Beantwortung der Fragestellungen

10.1 Baukonzept und aktuelle Anforderungen

Fragestellung:

Entspricht das Baukonzept in der Machbarkeitsstudie den aktuellen Anforderungen (Stand der Technik, gültige Regelwerke, geeignetes Bauverfahren)?

Antwort:

Die vorliegende Machbarkeitsstudie erfüllt ihren Zweck als erste grundlegende Analyse und bietet eine geeignete Basis für den Abwägungsprozess im Rahmen der Variantenentscheidung. Sie berücksichtigt wesentliche bautechnische und ingenieurmäßige Aspekte, wie die grundsätzliche technische Machbarkeit, geologische Rahmenbedingungen sowie erste Kosten- und Zeitabschätzungen. Dabei ist hervorzuheben, dass die Studie den Rahmen und die Zielsetzung einer High-Level-Betrachtung einhält, indem sie sich auf die übergeordneten Fragestellungen konzentriert und somit eine Entscheidungsgrundlage für weitere Planungsphasen schafft.

1. Regelwerke und Stand der Technik als Grundlage: Die Studie zeigt, dass die relevanten Regelwerke und technischen Standards, darunter die (2018 noch gültige) RABT [10], die Nachfolgerichtlinie RE-ING [13], die Europäische Tunnelrichtlinie [11] sowie weitere einschlägige Richtlinien, bei der grundlegenden Analyse herangezogen wurden. Dies stellt sicher, dass die betrachteten Planungsansätze den geltenden Standards entsprechen und ein robustes Fundament für die weitere Konkretisierung bilden.
2. Fokus auf wesentliche bautechnische Aspekte: Der Fokus auf bautechnische Aspekte wie Bauverfahren, Baugrundbedingungen und erste Sicherheitsvorkehrungen entspricht der Zielsetzung einer Machbarkeitsstudie. Die durchgeführten Bewertungen schaffen Klarheit über die technische Umsetzbarkeit und identifizieren relevante Schwerpunkte, die in nachfolgenden Phasen vertieft werden können.
3. Identifikation weiterer erforderlicher Untersuchungen: Der High-Level-Ansatz der Studie erkennt Bereiche, die einer vertieften Analyse in späteren Phasen bedürfen. Dies betrifft insbesondere die Umweltverträglichkeit und die Baugrunderkundung, aber auch die detaillierte Planung der Tunnelsicherheit, wie die Ausgestaltung von Fluchtwegen, spezifische Brandschutzmaßnahmen und die Optimierung der Verkehrsführung im Tunnel. Dass diese Aspekte in der Machbarkeitsstudie noch nicht abschließend betrachtet wurden, stellt keine Kritik dar, sondern spiegelt die typische Struktur einer iterativen Planungsabfolge wider.
4. Potenzial für weitere Optimierungen: Die Studie stellt eine Grundlage für zukünftige Planungsentscheidungen dar. Diese können innovative Technologien, erweiterte Risikoanalysen und spezifische Anpassungen an lokale Gegebenheiten integrieren, was den Planungsprozess weiter verfeinert und optimiert.
5. Geeignete Grundlage für interdisziplinäre Planung: Der hohe Standard der bisherigen Analyse bildet eine geeignete Ausgangsbasis für die Zusammenarbeit mit weiteren Fachdisziplinen. Die zukünftigen Schritte können so gestaltet werden, dass die Planung vollständig den Anforderungen an Sicherheit, Nachhaltigkeit und Effizienz entspricht.

10.2 Neue technische Entwicklungen und alternative Bauverfahren

Fragestellung:

Drängen sich aufgrund neuer technischer Entwicklungen oder Erkenntnisse andere Baukonzepte oder -verfahren zur Herstellung eines Tunnelbauwerkes auf?

Antwort:

Für den Bau von Tunneln in offener Bauweise gibt es beim aktuellen Stand der Technik keine grundlegenden Alternativen zu den vorgeschlagenen Bauabläufen, Baugeräten und Bauverfahren.

Hochmechanisierte Bauverfahren, wie ein mittels Tunnelbohrmaschine aufgefahrener Bohrtunnel oder das TIMBY-Verfahren von Bouygues Travaux Publics, wurden geprüft, sind jedoch für das vorliegende Projekt nicht geeignet. Auch ein bergmännischer Vortrieb mit konventionellen Vortriebsverfahren scheidet aufgrund der Lage im Lockergestein unterhalb des Grundwasserspiegels und der damit verbundenen Notwendigkeit von Druckluft Einsatz, Baugrundverbesserungen und Zusatzmaßnahmen aus.

Die spezifischen Anforderungen des geplanten Tunnels, wie wechselnde Querschnittsgeometrien und besondere bauliche Rahmenbedingungen, machen den Einsatz hochmechanisierter Bauweisen, die Kosten und Zeit einsparen könnten, unpraktikabel. Es gibt keine bekannten Technologien, die die bestehenden Bauverfahren in offener Bauweise bei diesem Projekt signifikant übertreffen könnten, insbesondere hinsichtlich Zeit- und Kosteneffizienz oder einer Reduzierung der Umweltauswirkungen.

Technische Verbesserungsmöglichkeiten:

1. Digitalisierung und Automatisierung: Einsatz digitaler Tools für die Überwachung und Optimierung von Bauabläufen und logistischen Prozessen.
2. Teilautomatisierungen, wie sie bei der Vermessung oder Materiallogistik verwendet werden können, könnten die Effizienz steigern und potenzielle Fehler reduzieren.
3. Effizienzsteigerung: Durch softwaregestützte Ablaufplanung und Simulationen könnten Prozesse besser koordiniert und Störungen im Bauablauf minimiert werden.

Die vorgeschlagenen Bauverfahren in offener Bauweise entsprechen dem aktuellen Stand der Technik und sind für das Projekt A59 am besten geeignet. Alternative Baumethode, insbesondere auch solche mit einem hohen maschinellen Mechanisierungsgrad, sind für dieses Projekt nicht sinnvoll anwendbar.

Aktuell existieren unter den geltenden Planungsrandbedingungen keine Alternativen, die für die spezifischen Anforderungen dieses Bauwerks effizienter wären. Digitalisierung und koordinierte Planung kann lediglich helfen, Kosten- und Bauzeitrisiken zu verringern. An der grundsätzlich langen Bauzeit, den damit einhergehenden Einschränkungen sowie den hohen Kosten einer Tunnellösung ändert dies jedoch nichts.

Alternative Konzepte, die jedoch wichtige Planungsrandbedingungen umgehen, wurden in Kapitel 8 vorgestellt und beinhalten vor allem die oberirdische Führung des lokalen Verkehrs sowie der Hafenanbindung, während lediglich der Durchgangsverkehr im Tunnel geführt würde.

10.3 Baugrund, Bauzeiten und Bauverfahren

Fragestellung:

Sind die getroffenen Annahmen zum Baugrund, Bauzeiten, Bauverfahren, etc. zutreffend und sind die daraus resultierenden Risiken (Ausführungsrisiken, Bauzeitrisiken, etc.) plausibel hergeleitet?

Antwort:

Die Annahmen zum Baugrund und zur Bauzeit sind überwiegend realistisch, jedoch bestehen Unsicherheiten, die durch vertiefte Untersuchungen adressiert werden müssen.

Baugrund:

- Die geplanten Bauverfahren (Schlitzwände, Verpressanker, Unterwasserbetonsohle) sind technisch flexibel und können an unvorhergesehene Bedingungen angepasst werden.
- Der Baugrund ist nicht abschließend untersucht, und potenzielle Störungen wie Kampfmittel, Findlinge, kontaminierter Boden oder schwierige Grundwasserverhältnisse sind nicht vollständig abgedeckt. Diese Faktoren könnten die Baukosten erheblich beeinflussen.
- Die MBS geht auf die unvollständige Baugrunderkundung ein, berücksichtigt jedoch nicht die mit diesen Unsicherheiten einhergehenden Kosten- und Bauzeitrisiken.

Bauzeit:

- Verzögerungen könnten durch witterungsbedingte Unterbrechungen, Genehmigungsprozesse oder Verzögerungen bei der Leitungsumlegung entstehen.
- Die bislang noch nicht vollständig erfassten Baugrundeigenschaften können zu erheblichen Bauzeitverzögerungen führen.
- Die komplexe bauzeitliche Verkehrsführung und zahlreiche Konfliktpunkte mit kreuzenden Verkehrswegen und Leitungen können stellen ebenfalls ein Bauzeitrisiko dar.

Die Annahmen sind grundsätzlich realistisch, jedoch mit Unsicherheiten behaftet. Besondere Risiken bestehen in der Kontamination des Baugrunds und der damit verbundenen Deponierung, die Zusatzkosten und Verzögerungen verursachen könnten. Eine präzisierte Planung und detailliertere Untersuchungen sind essenziell. Identifizierte Risiken können mit großer Wahrscheinlichkeit zu erheblichen Mehrkosten führen.

10.4 Kostenschätzungen und Risiken

Fragestellung:

Ist die überschlägige Kostenschätzung nachvollziehbar und welche Risiken einer Kostensteigerung werden im Zusammenhang mit dem ausgewählten Bauverfahren gesehen?

Antwort:

Die Kostenpläne sind grundsätzlich nachvollziehbar, basieren jedoch auf standardisierten Verfahren und setzen günstige Projektrandbedingungen voraus. Einige Positionen wurden jedoch unzureichend berücksichtigt oder sind nicht vorhanden.

Die Grobkostenschätzung der MBS 2018 basiert auf Einheitspreisen für einzelne Bauteile und Positionen, aus denen sich für verschiedene Querschnittsszenarien Laufmeterpreise ergeben. Darin enthalten sind Zuschläge für die Baustelleneinrichtung und Sonstiges sowie Kosten für die bauzeitliche Verkehrsführung, Spartenumlegungen und technische Ausrüstung des Tunnelbauwerks.

- Während die Einheitspreise selbst grundsätzlich plausibel und ausreichend bis auskömmlich kalkuliert sind, sind einige Kosten und insbesondere Kostenrisiken nicht oder nicht ausreichend berücksichtigt.

Fehlende oder unzureichend kalkulierte Kosten umfassen:

- Hochwasserschutz: Nicht explizit ausgewiesen.
- Lärmschutz: Keine detaillierte Berücksichtigung.
- Kampfmittelerkundung und ggf. -räumung: nicht enthalten, jedoch potenziell relevant.
- Kontaminierter Boden und Deponierung: Die Kosten könnten in zweistelliger Millionenhöhe liegen, sind aber nicht hinreichend berücksichtigt.
- Die Baustelleneinrichtungskosten sind angesichts des komplexen städtischen Umfelds und der geringen Planungstiefe zu knapp angesetzt und sind mit einem hohen Kostenrisiko verbunden.
- Auch die Zuschläge für Sonstiges sind angesichts der Planungstiefe zu gering bemessen.
- Zuschläge für Gemeinkosten, allgemeine Geschäftskosten sowie Wagnis und Gewinn fehlen in der Grobkostenschätzung.

Die reinen Herstellungskosten sind plausibel kalkuliert, aber stellenweise unvollständig. Es bestehen zudem erhebliche Risiken durch die geringe Planungstiefe und die unvollständige Baugrunderkundung, aus der sich Risiken wie Kontamination und Deponierung. Zuschläge für Gemeinkosten und Risiken sind nicht ausreichend berücksichtigt.

10.5 Kosteneinsparungen durch Alternativen

Fragestellung:

Ergeben sich durch andere Bauverfahren signifikante Kosteneinsparungen gegenüber der Variante aus der Machbarkeitsstudie?

Antwort:

Wie die Vorstellung möglicher Planungsalternativen in Kapitel 8 zeigt, gibt es solche nur unter Aufgabe einiger Planungsrandbedingungen. Dies betrifft insbesondere die lokale Erschließungsfunktion und die Anbindung des Duisburger Hafens, die für deutlich günstiger herzustellende Alternativen oberirdisch erfolgen müsste. Angesichts der Unterschätzung der Kosten für die Tunnelvariante in der MBS 2018 wäre hinsichtlich möglicher Einsparungen durch vorgestellte Alternativen zudem lediglich zu erwarten, dass die Kosten nicht über das in der MBS angegebene Niveau (plus Kostenindexanpassung für 2024) hinaus gehen.

Alternative Bauverfahren bieten angesichts der technischen Randbedingungen kein Potenzial für Kosteneinsparungen. Die in der MBS angenommene offene Bauweise ist für die örtlichen Randbedingungen das bevorzugte Bauverfahren für eine Tunnellösung.

11 Zusammenfassung

Die Überprüfung und Plausibilisierung der Machbarkeitsstudie (MBS) 2018 [1] für die Tunnelvariante lässt sich wie folgt zusammenfassen. Die vorliegenden Ergebnisse der MBS 2018 sind eine geeignete Grundlage für zukünftige Planungsentscheidungen für den Fall, dass eine Tunnellösung weiterverfolgt werden sollte. Dabei wird in der MBS 2018 eine technisch mögliche und baubare Tunnelvariante vorgestellt.

Zu dieser ist zunächst festzuhalten, dass wir bei der Planungsvariante der Machbarkeitsstudie erhebliche Sicherheitsbedenken bezüglich des Tunnelbetriebs haben, was sich der komplexen Verkehrsführung, bestehend aus steilen Gradienten, sowie Ein- und Ausfahrten im Tunnel, insbesondere im Übergangsbereich zwischen Tageslicht und Tunnelumgebung, ergibt.

Die Sicherheitsanforderungen an ein Tunnelbauwerk bedingen zudem möglicherweise, dass Gefahrguttransporte über Alternativrouten geführt werden. Sicherer und mit geringerem Kostenaufwand verbunden wäre eine oberirdische Führung des lokalen Verkehrs, wobei der Tunnel ausschließlich für den Durchgangsverkehr eingerichtet würde. Dies bedingt allerdings den Verlust der lokalen Erschließungsfunktion der A59 in diesem Bereich der Stadt. Zudem würde eine oberirdische Führung des Hafen- und Gefahrgutverkehrs die gewünschten städtebaulichen Vorteile einer Tunnellösung konterkarieren.

Zur Leistungsfähigkeit der Tunnellösung ist zu bemerken, dass der örtliche Verkehr und der Durchgangsverkehr sich im Tunnel überschneiden, was sowohl in der Bauphase zu Komplikationen führen kann als auch im späteren Betrieb zu einem hohen Staurisiko beiträgt.

Die Bauzeit der Tunnellösung ist mit insgesamt 12 Jahren realistisch abgeschätzt, unterliegt jedoch einer Reihe von Risiken, die sich teils erheblich auswirken können. Darunter fallen insbesondere Unwägbarkeiten der Baugrundeigenschaften, die zu Verzögerungen der Planfeststellung führen können. Weitere Unwägbarkeiten resultieren aus logistischen Anforderungen an die bauzeitliche Verkehrsführung sowie den notwendigen Umlegungen und temporären Umbauten am Straßennetz und den Leitungsnetzen.

Es ist zudem zu erwarten, dass die in der Machbarkeitsstudie angesetzten Baukosten deutlich überschritten würden. Dies ergibt sich grundsätzlich daraus, dass mehrere Kostenfaktoren noch nicht berücksichtigt sind. Dies betrifft beispielsweise die Planungskosten. Auch erfordert die Kostenermittlung die zusätzliche Berücksichtigung von Gemeinkosten (Baustellengemeinkosten, allgemeine Geschäftskosten) sowie von Wagnis- und Gewinnzuschlag. Zudem wurden aus unserer Sicht die Kosten für Baustelleneinrichtung und für Sonstiges sehr knapp angesetzt. Gerade aus der im Rahmen einer Machbarkeitsstudie naturgemäß geringen Planungstiefe ergibt sich außerdem die Notwendigkeit der Berücksichtigung höherer Risikozuschläge in der Kostenschätzung. So ergeben sich Kostenrisiken insbesondere aus den Baugrundeigenschaften und der damit einhergehenden Entsorgung, aus der technischen Ausrüstung des Tunnelbauwerks und aus der bauzeitlichen Logistik und Verkehrsführung.

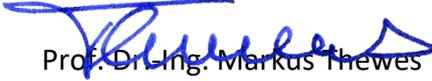
In der Machbarkeitsstudie 2018 wurden für die Tunnelvariante V1d2T - C1 Gesamtbaukosten von ca. 623 Mio. € geschätzt (Preisindex 2024: ca. 934 Mio. €). Basierend auf Erfahrungen aus Referenzprojekten und unter Ansatz von in der MBS nicht berücksichtigten Kostenanteilen sowie fehlenden Zuschlägen für Planungsleistungen und Gemeinkosten ergeben sich unserer Schätzung nach überschlägige Gesamtkosten in der Größenordnung von 800 Mio. € (Preisindex 2018) bzw. 1,2 Mrd. € (Preisindex 2024). Unter zusätzlicher Berücksichtigung von Unwägbarkeiten und Risiken lassen sich voraussichtliche Gesamtkosten von bis zu 1,0 Mrd. € (Preisindex 2018) bzw. 1,5 Mrd. € (Preisindex 2024) annehmen. Ein weiterer Faktor sind hohe Betriebs- und Instandhaltungskosten, die nach Erfahrungen der Autobahn GmbH über eine Nutzungsdauer von 100 Jahren zusätzlich ca. 80 % der Baukosten betragen.

Alternative Tunnellösungen wurden von uns betrachtet, jedoch lassen sich keine gleichwertigen Lösungen unter Aufrechterhaltung der Planungsrandbedingungen der MBS 2018 finden. Selbst unter Aufgabe wichtiger Randbedingungen wie beispielsweise der lokalen Erschließungsfunktion und der Aufrechterhaltung der Anschlussstellen während der Bauzeit

lassen sich voraussichtlich keine Tunnellösungen realisieren, deren Kosten unter den indexierten Kosten der MBS 2018 liegen würden.

Als Fazit lässt sich feststellen, dass die Machbarkeitsstudie geeignete Baukonzepte sowie tendenziell günstige Schätzungen über die Bauzeit und die Baukosten beinhaltet. Die geplanten Konzepte entsprechen den Regelwerken und dem Stand der Technik, werfen jedoch verschiedene Bedenken bezüglich der Verkehrssicherheit der Tunnellösung, der Erschließungsfunktion für den Duisburger Hafen, insbesondere auch für Gefahrgut- und Schwerverkehr, sowie zusätzlicher Planungs-, Bauzeit- und Kostenrisiken auf.

20. Dezember 2024



Prof. Dr.-Ing. Markus Thewes