Machbarkeitsstudie Radwegekonzept Flughafentunnel B 312

Auftraggeber

Regierungspräsidium Stuttgart

Endbericht

21.12.2023

Inhaltsverzeichnis

1 Projektbeschreibung 6
1.1 Veranlassung und Projektziel 6
1.2 Lage im Netz 9
2 Planungsrandbedingungen 12
2.1 Verkehrsuntersuchung 12
2.2 Geologische Verhältnisse 13
2.3 Hydrogeologische Verhältnisse 14
2.4 Zwangspunkte 14
2.5 Ver- und Entsorgungsleitungen 16
3 Vergleichsprojekte 17
3.1 B 312 Flughafentunnel Stuttgart – offene Bauweise 17
3.2 Frankfurter Flughafen Gepäcktunnel – Flüssigkeitsschild mit Tübbingausbau 17
3.3 Tunnel Flughafen Stuttgart, S-Bahn – bergmännische Bauweise 17
4 Variantenuntersuchung Neubautunnel 19
4.1 Offene Bauweise 19
4.2 Geschlossene Bauweise 19
4.2.1 Konventionelle Spritzbetonbauweise 19
4.2.1.1 Querschnittsgestaltung 19
4.2.1.2 Allgemeine Vorgaben 21
4.2.1.3 Konstruktion 22
4.2.1.4 Bauverfahren 22
4.2.1.5 Trassierung 23
4.2.1.6 Rettungsstollen 27
4.2.2 Maschinelle Bauweise 29
4.2.2.1 Querschnittsgestaltung 29
4.2.2.2 Konstruktion 29
4.2.2.3 Bauverfahren 29
4.2.2.4 Trassierung 31
5 Betriebstechnische Ausstattung 37
6 Messtechnische Überwachung 38
7 Grobkostenschätzung 38
8 Variantenuntersuchung Bestandstunnel 40
8.1 Allgemeine Vorgaben 41
8.1.1 Radwege 41
8.1.2 Radschnellweg 41

8.1.3 Gehweg ... 42
8.2 Querschnittsgestaltung Bestandstunnel ... 42
8.3 Konstruktion ... 47
8.4 Trassierung ... 49
8.5 Betriebstechnische Ausstattung ... 49
8.6 Radfahrbrücke ... 50
8.6.1 Querschnittsgestaltung ... 50
8.6.2 Konstruktion ... 50
8.6.3 Bauverfahren ... 50
8.6.4 Trassierung ... 50
8.7 B 312 und Flughafenstraßen ... 51
8.7.1 Knotenpunkt Nord B 312/Flughafenstraße ... 51
8.7.2 Knotenpunkt B 312/Mittlere Filderstraße/A 8 ... 52
8.7.3 Unterführung B 312 unter A 8 ... 52
8.7.3.1 Bestehender Querschnitt ... 52
8.7.3.2 Variante 1 Ausbildung nach RAL 2012 G+R Weg mit Trennstreifen ... 53
8.7.3.3 Variante 2 Ausbildung in Anlehnung nach RiZ-ING Kapitel 1, Blatt 3 ... 54
8.7.3.4 Variante 3 Ausbildung nach RASt 2006 Tabelle 3 Radweg ... 55
8.7.3.5 Variante 4 Ausbildung nach RASt 2006 Tabelle 28, Zweirichtungsradweg ... 55
8.7.3.6 Variante 5 Ausbildung nach ERA 2010 Tabelle 5 Zweirichtungsradweg ... 56
8.7.3.7 Variantenvergleich/Fazit ... 57
8.8 Knotenpunkt Südportal ... 58
9 Grobkostenschätzung ... 59
10 Bauzeit ... 60
11 Bauablauf ... 60
12 Variantenbeurteilung ... 61
13 Fazit und Handlungsempfehlung ... 65
14 Plangrundlagen ... 67
15 Literaturverzeichnis ... 68
16 Anhang ... 70

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte Planungsgebiet der Machbarkeitsstudie [RPS 3 2022] 6
Abbildung 2: Regelquerschnitt Bestandstunnel alter Teil [FHS 1995] 7
Abbildung 3: Regelquerschnitt Bestandstunnel neuer Teil [FHS 1992] 7
Abbildung 4: Hochgehweg Bestandstunnel 8
Abbildung 5: Ausschnitt Übersichtskarte – Planungsgebiet Machbarkeitsstudie (Unterlage 1, Blatt-Nr. 1) 9
Abbildung 6: Radwegführung am Nordportal des Flughafentunnels 10
Abbildung 7: Radwegführung an der Anschlussstelle Stuttgart- Plieningen 11
Abbildung 8: Radverkehrspotenzial nach Umsetzung einer Radschnellverbindung im Umfeld des Stuttgarter Flughafens 12
Abbildung 9: Geologischer Längsschnitt – B 312 Flughafentunnel, offene Bauweise [S&P 2018] 13
Abbildung 10: Regelquerschnitt bergmännische Bauweise – RQ 1 Radschnellweg und Gehweg (Unterlage 2, Blatt-Nr. 1) 20
Abbildung 11: Regelquerschnitt bergmännische Bauweise – RQ 2 Gemeinsamer Geh- und Radweg (Unterlage 2, Blatt-Nr. 1) 20
Abbildung 12: Barrierefrei Rampenausbildung 22
Abbildung 13: Schematische Übersicht der untersuchten Varianten 1 bis 6 24
Abbildung 14: Regelquerschnitt maschinelle Bauweise (Unterlage 2, Blatt-Nr. 2) 29
Abbildung 15: Schematische Radwegführung im Bereich des nördlichen Tunnelvorfelds 41
Abbildung 16: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel alter Teil – Variante 1 43
Abbildung 17: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel neuer Teil – Variante 1 44
Abbildung 18: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel alter Teil – Variante 2.1 45
Abbildung 19: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel alter Teil – Variante 2.1 mit Abbruch 46
Abbildung 20: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel neuer Teil – Variante 2.1 46
Abbildung 21: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel alter Teil – Variante 2. 47
Abbildung 22: Schematische Darstellung Querschnitt best. Unterführung B 312 unter A 8 53
Abbildung 23: Blick auf den Geh- und Radweg in Richtung Plieningen 53
Abbildung 24: Schematische Darstellung Querschnitt Variante 1 Ausbildung nach RAL 2012 mit Trennstreifen 54
Abbildung 25: Schematische Darstellung Querschnitt Variante 2 in Anlehnung nach RiZ-ING Kapitel 1, Blatt 3 54
Abbildung 26: Schematische Darstellung Querschnitt Variante 2 Ausbildung nach RASt 2006 Tabelle 3 55

Abbildung 27: Schematische Darstellung Querschnitt Variante 4 Ausbildung nach RASt 2006 Tabelle 28 Radweg 56
Abbildung 28: Schematische Darstellung Querschnitt Variante 5 Ausbildung nach ERA 2010 Tabelle 5 56
Abbildung 29: Schematische Darstellung Zielquerschnitt im Bereich der Unterführung B 312 57
Abbildung 30: Querschnitt Unterführung B 312 Bestandsplan (Quelle. Autobahn GmbH) 58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Streckenelemente – Variante 5.1, 2D Überdeckung, Anschluss Süd tiefe Lage 33
Tabelle 2: Streckenelemente – Variante 5.2, 2D Überdeckung, Anschluss Süd hohe Lage 34
Tabelle 3: Streckenelemente – Variante 6.1, 1D Überdeckung, Anschluss Nord tiefe Lage 35
Tabelle 4: Streckenelemente – Variante 6.2, 1D Überdeckung, Anschluss Nord hohe Lage 35
Tabelle 5: Grobkostenschätzung Variante 5.1 38
Tabelle 6: Grobkostenschätzung Variante 5.2 38
Tabelle 7: Grobkostenschätzung Variante 6.1 39
Tabelle 8: Grobkostenschätzung Variante 6.2 39
Tabelle 9: Regelbreiten für Radschnellverbindungen an Hauptverkehrsstraßen 42
Tabelle 10: Kostenschätzung Variante 1 59
Tabelle 11: Kostenschätzung Variante 2.1 59
Tabelle 12: Bewertungsmatrix Tunnelvarianten 63

1 Projektbeschreibung

1.1 Veranlassung und Projektziel

Die Radwegkonzepte der Stadt Stuttgart und des Landkreises Esslingen sehen Bedarf für eine leistungsfähige Radverkehrsverbindung zwischen Stuttgart-Plieningen und Filderstadt-Bernhausen. Der Flughafen Stuttgart stellt in diesem Bereich eine lange, weiträumige Trennung zwischen dem Süden von Stuttgart und Filderstadt dar. Eine Querungsmöglichkeit für den Individualverkehr unter dem Flughafengelände bietet nur der 509 m lange, in offener Bauweise errichtete B 312 Flughafentunnel (vgl. Abbildung 1).

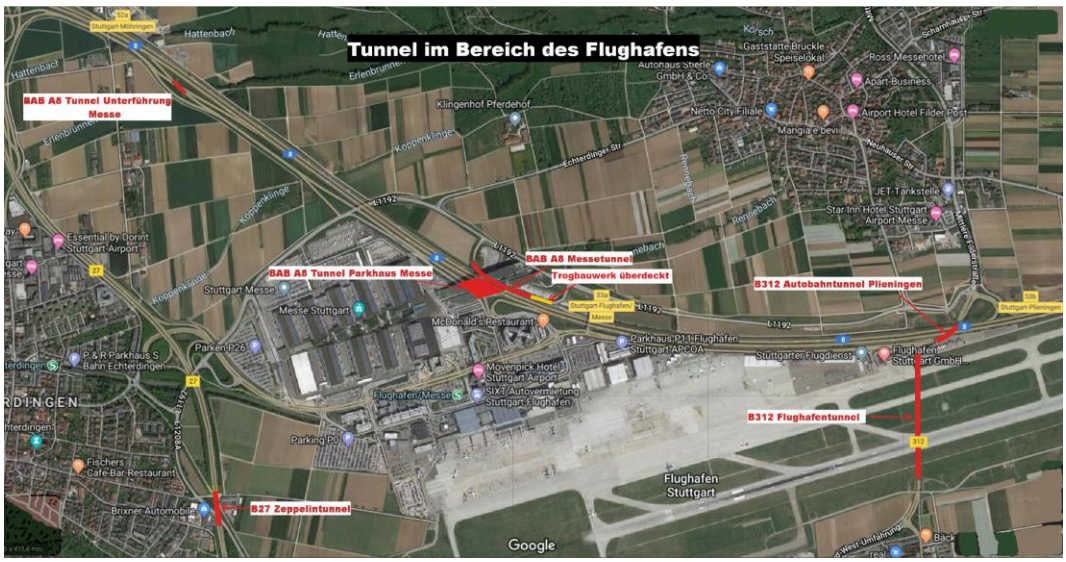


Abbildung 1: Übersichtskarte Planungsgebiet der Machbarkeitsstudie [RPS 3 2022]

Der alte Teil des B 312 Flughafentunnels wurde 1961 erstmalig in Betrieb genommen. Im Jahr 1990 erfolgte eine Sanierung des Tunnels sowie im Jahr 1993 eine Tunnelverlängerung von 385 m auf 509 m. [ILF 2022] Der B 312 Flughafentunnel wird im Gegenverkehr betrieben und verfügt über je einen Fahrstreifen je Fahrtrichtung. Die Fahrstreifenbreite des alten Tunnelteils beläuft sich auf je 3,00 m. Der auf westlicher Seite verlaufende Notgehweg weist eine Breite von ca. 60 - 70 cm auf. Der auf östlicher Seite verlaufende Hochgehweg, der auch für Radfahrende freigegeben ist, verfügt über eine lichte Breite von ca. 1,00 m und wird mittels eines ca. 25 cm breiten Geländers von der Fahrbahn getrennt. Der östliche Fahrbahnrand wird durch ein ca. 45 cm breites Hochbord begrenzt (vgl. Abbildung 2).

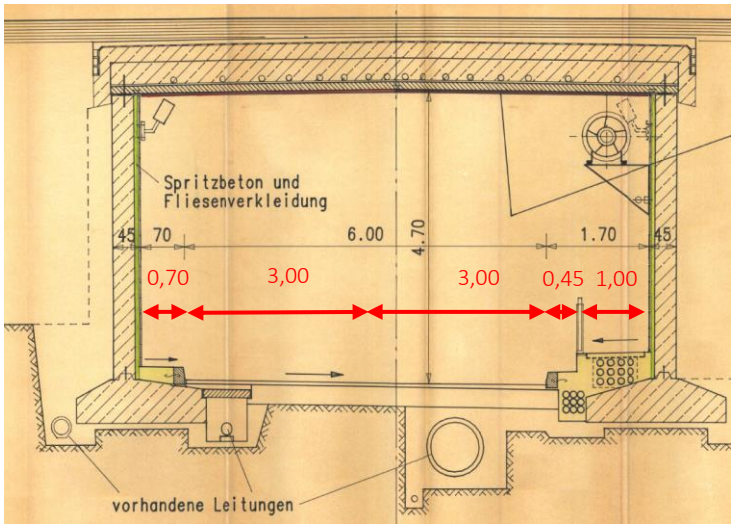


Abbildung 2: Regelquerschnitt Bestandstunnel alter Teil [FHS 1995]

Die Fahrstreifenbreite des neuen Tunnelteils beläuft sich auf ca. 3,50 m je Fahrtrichtung. Der auf westlicher Seite verlaufende Notgehweg weist eine Breite von ca. 1,50 m auf. Der auf östlicher Seite verlaufende Hochgehweg, der auch für Radfahrende freigegeben ist, verfügt über eine lichte Breite von ca. 2,30 m und wird mittels eines ca. 25 cm breiten Geländers von der Fahrbahn getrennt. Der östliche Fahrbahnrand wird durch ein ca. 45 cm breites Hochbord begrenzt (vgl. Abbildung 3). In Richtung des Nordportals erfolgt eine Aufweitung des Tunnelquerschnitts.

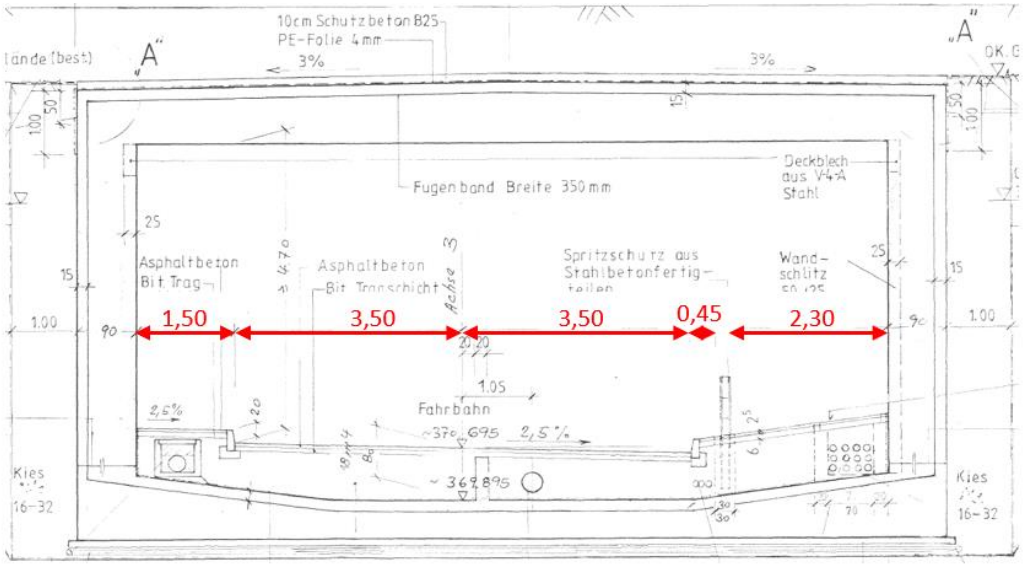


Abbildung 3: Regelquerschnitt Bestandstunnel neuer Teil [FHS 1992]

Der Bestandstunnel kann die aktuellen, verkehrlichen Bedürfnisse nicht decken. Weder der motorisierte Individualverkehr (MIV) noch die Fußgänger und Radfahrenden verfügen über richtlinienkonforme und bedarfsgerechte Verkehrsräume. Vor allem die Fußgänger und Radfahrenden müssen derzeit viele Kompromisse aufgrund des teilweise nur ca. 1,00 m breiten Hochgehwegs in Kauf nehmen (vgl. Abbildung 4).

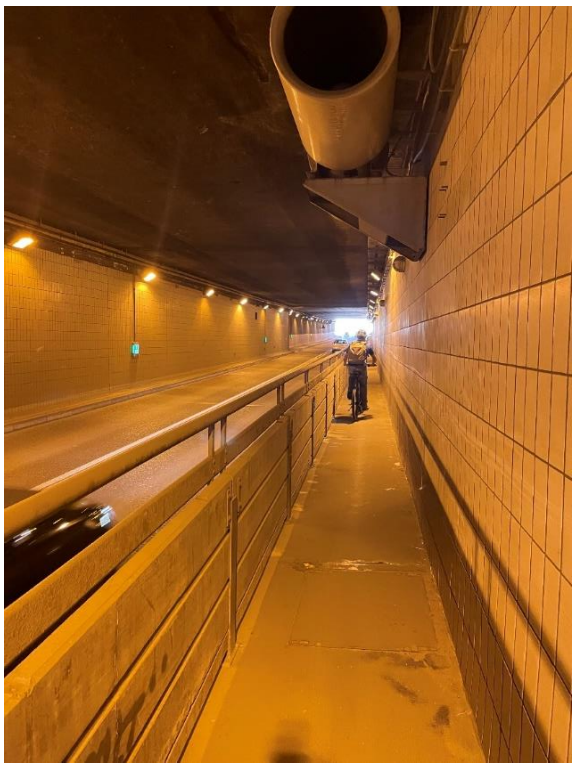


Abbildung 4: Hochgehweg Bestandstunnel

Resultierend aus den im vorherigen genannten Randbedingungen soll im Zuge der Machbarkeitsstudie der Bau eines neuen Fußgänger- und Radfahrertunnels als Unterquerung des Flughafengeländes untersucht werden. Eine oberirdische Querungsmöglichkeit kommt aufgrund des Flugbetriebs nicht in Betracht. Neben 6 möglichen Tunnelvarianten soll ebenfalls die verkehrliche Anbindung und Weiterführung der Fuß- und Radverkehrsverbindung von den Tunnelportalen bis zur bestehenden Infrastruktur untersucht werden. [RPS 2022] Im Zuge des Planungsverlaufs wurde außerdem entschieden, dass neben einer Tunnelneuplanung auch eine Querschnittsneugestaltung des Bestandstunnels untersucht werden soll.

Im Jahr 2021 erfolgte eine Bestandsaufnahme des Flughafentunnels. [ILF 2022] Im Zuge dessen wurde festgestellt, dass der Flughafentunnel trotz einer Länge ≥ 400m über keine gemäß RE-ING bzw. EABT-80/100 [EABT 2019] erforderlichen Notausgänge verfügt. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie ist deshalb zusätzlich zum neuen Fußgänger- und Radfahrertunnel ein Rettungsstollen als Entfluchtungsmöglichkeit des Bestandstunnels für die zwei vorgegebenen Regelquerschnitte zu untersuchen. [RPS 2022]

Im Planungsverlauf haben sich die Varianten für einen eigenständigen Tunnel aufgrund der notwendigen großen Tiefenlage und der erforderlichen Spindel- und Rampenbauwerken für den Radverkehr als unattraktiv herausgestellt bei gleichzeitig hohen Kosten. Die Machbarkeitsstudie wurde deshalb um Varianten unter Nutzung des Bestandstunnels erweitert. Mehr Raum für den Fuß- und Radverkehr kann durch Verzicht auf mindestens einen Fahrstreifen der Bundesstraße geschaffen werden. Damit verbunden wäre eine Sperrung des Verkehrs oder eine Teilsperrung in eine der beiden Fahrtrichtungen. Die daraus resultierenden verkehrlichen Auswirkungen werden aktuell durch das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit dem Referat 44 des Regierungspräsidiums Stuttgart untersucht und können deshalb noch nicht im Rahmen der Machbarkeitsstudie berücksichtigt werden. Basierend auf den vorgenannten Überlegungen sollen neben den verschiedenen Tunnelvarianten zusätzliche Trassierungen untersucht werden, welche eine

Teilsperrung des Bestandstunnels für den MIV sowie eine Brücke als Überquerungsmöglichkeit der Ein- und Ausfahrrampe der Autobahn BAB A8 beinhalten. Vorgabe hierbei war, dass Busse sowie Einsatzfahrzeuge den Bestandstunnel unter Sperrung und Räumung des Tunnels weiterhin in beiden Richtungen durchfahren können. Mittels einer Teilsperrung des Bestandstunnels wäre eine Verbreiterung des für Radfahrende freigegebenen Gehwegs bzw. ein Abbruch des Hochgehwegs zwecks Errichtung eines neuen Rad- und Fußgängerfahrstreifens möglich.

Das Hauptaugenmerk der Machbarkeitsstudie liegt in der Untersuchung der baulichen Umsetzbarkeit verschiedener Trassenvarianten basierend auf den gegebenen Randbedingungen wie der Geologie, Hydrogeologie, möglicher Bauverfahren sowie der vorhandenen Bebauung. Ein besonderes Augenmerk ist hierbei auf die Anforderungen des Flughafenbetreibers zu legen, da vor allem die setzungsarme Unterfahrung der Start-, Lande- und Rollbahn unter Betrieb eine besondere Herausforderung darstellt. Des Weiteren steht die Anbindung des Neubautunnels an das Bestandsradwegnetz im Fokus der Untersuchung. Eine abschließende grobe Kostenschätzung stellt die im Rahmen der Machbarkeitsstudie abgestimmten Endvarianten zusammenfassend gegenüber.

1.2 Lage im Netz

Im Fokus der Machbarkeitsstudie steht das Untersuchungsgebiet rund um den Flughafen Stuttgart, der eine weiträumige Trennung zwischen den Stadtteilen Plieningen und Filderstadt-Bernhausen im Süden Stuttgarts darstellt (vgl. Abbildung 5). Zum aktuellen Zeitpunkt besteht für Fußgänger sowie Radfahrende lediglich eine Verbindung der nördlich und südlich des Flughafengeländes angesiedelten Stadtteile über den für Radfahrende freigegebenen Hochgehweg des B 312 Flughafentunnels. Da dieser die aktuellen, verkehrlichen Bedürfnisse nicht decken kann, soll eine alternative Unterquerungsmöglichkeit des Flughafengeländes als Tunnellösung untersucht werden.

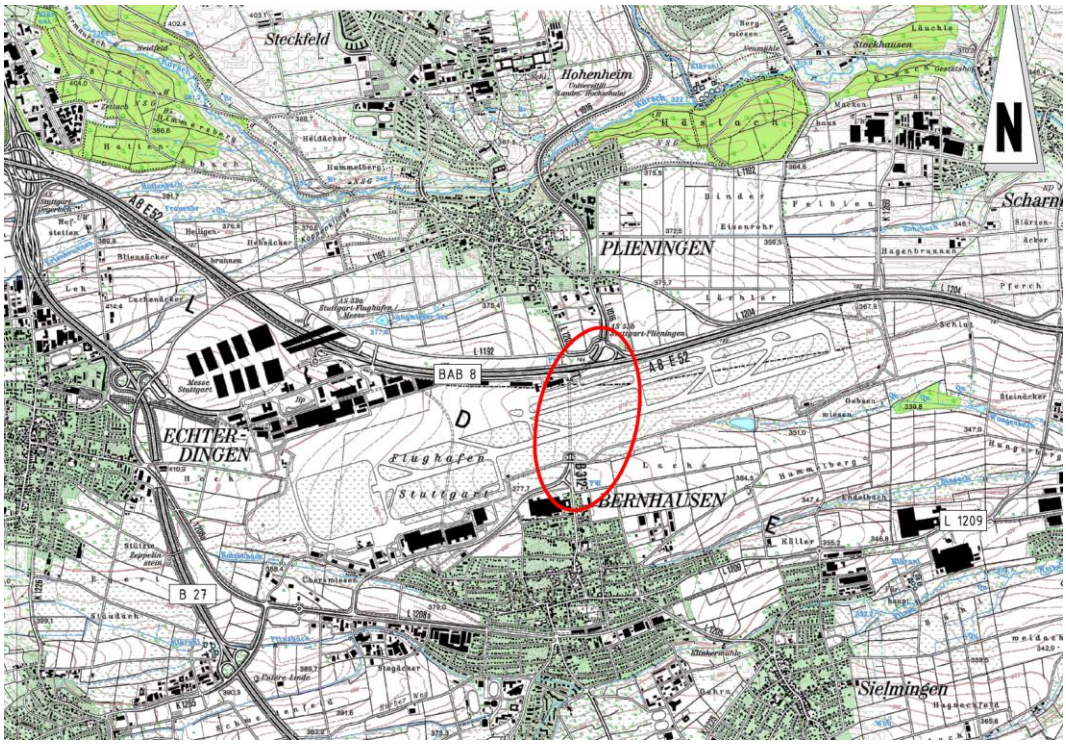


Abbildung 5: Ausschnitt Übersichtskarte – Planungsgebiet Machbarkeitsstudie (Unterlage 1, Blatt-Nr. 1)

Zu Projektbeginn sollte eine Tunnellösung sowohl für Fußgänger als auch Radfahrende entwickelt werden. Im Zuge des Projektfortschritts wurde der Fokus bei der in Abschnitt 4.2.2

beschriebenen, maschinellen Tunnellösung auf einen Radschnellweg (RSW) gelegt. Daraus resultierend ist die Lage des zu untersuchenden Tunnels maßgeblich von den Anschlussmöglichkeiten der Tunnelportale an das Bestandsradwegnetz abhängig.

Das Südportal des Flughafentunnels ist unmittelbar an einen bestehenden Radweg angeschlossen, der in Richtung Süden, nach Querung von zwei Lichtsignalanlagen, auf westlicher Seite der B 312 in Richtung Filderstadt-Bernhausen geführt wird. Aus Richtung Süden kommend verläuft der Radweg auf östlicher Seite der B 312 ohne zusätzliche Querungen in Richtung des B 312 Flughafentunnels.

Auf nördlicher Seite des Flughafengeländes schließt in ca. 30 m Entfernung zum Nordportal des Flughafentunnels eine Kreuzung mit einer Abzweigung der B 312 nach Westen in die Flughafenstraße sowie nach Nord-Osten in die Mittlere Filderstraße an (vgl. Abbildung 6). Radfahrende in Richtungen Plieningen müssen somit, vom Flughafentunnel kommend, zwei Lichtsignalanlagen überqueren und werden anschließend über den auf nordwestlicher Seite der B 312 verlaufenden Radweg in Richtung Norden geführt. Auf Höhe der Anschlussstelle Plieningen mündet der Radweg in einen weiteren Kreuzungsbereich mit drei zu passierenden Lichtsignalanlagen (vgl. Abbildung 7). Anschließend wird der Radweg mittels einer weitläufigen Schleife über eine die Mittlere Filderstraße überquerende Brücke in Richtung Plieningen fortgeführt.

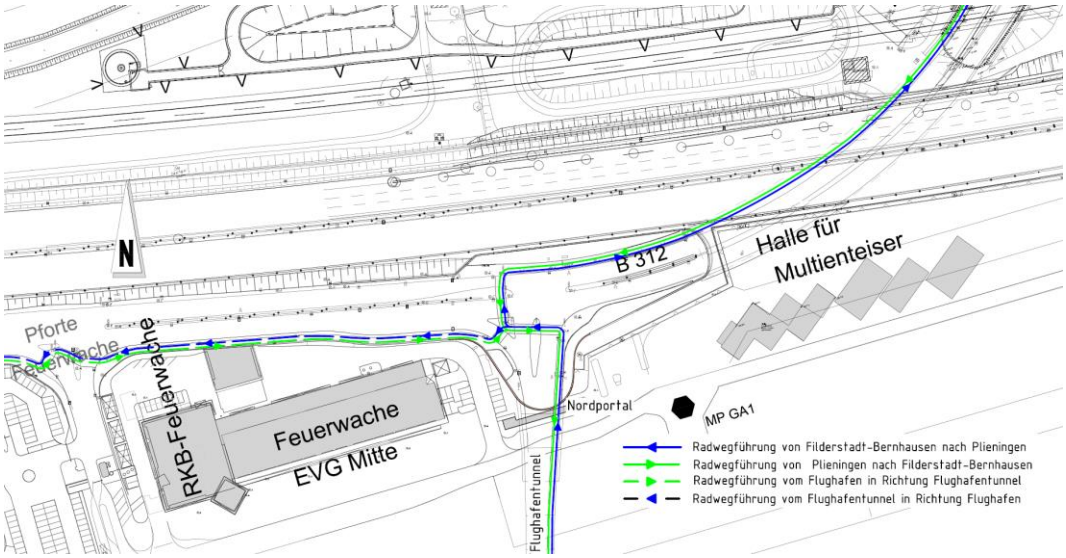


Abbildung 6: Radwegführung am Nordportal des Flughafentunnels

Ein weiterer Radweg verläuft ab dem Nordportal des Flughafentunnels auf der südlichen Seite der Flughafenstraße (vgl. Abbildung 6). Vom Tunnel kommend in Richtung Flughafen sowie in entgegengesetzter Richtung müssen Radfahrende aufgrund des Kreuzungsbereichs zwei Lichtsignalanlagen passieren. Radfahrende, welche den für Radfahrende freigegebenen Hochgehweg im Flughafentunnel nutzen, müssen somit aktuell nicht nur deutliche Einschränkungen im Tunnel, sondern zusätzlich hohe Zeitverluste aufgrund der zahlreichen Überquerungen der Kreuzungsbereiche in Kauf nehmen.

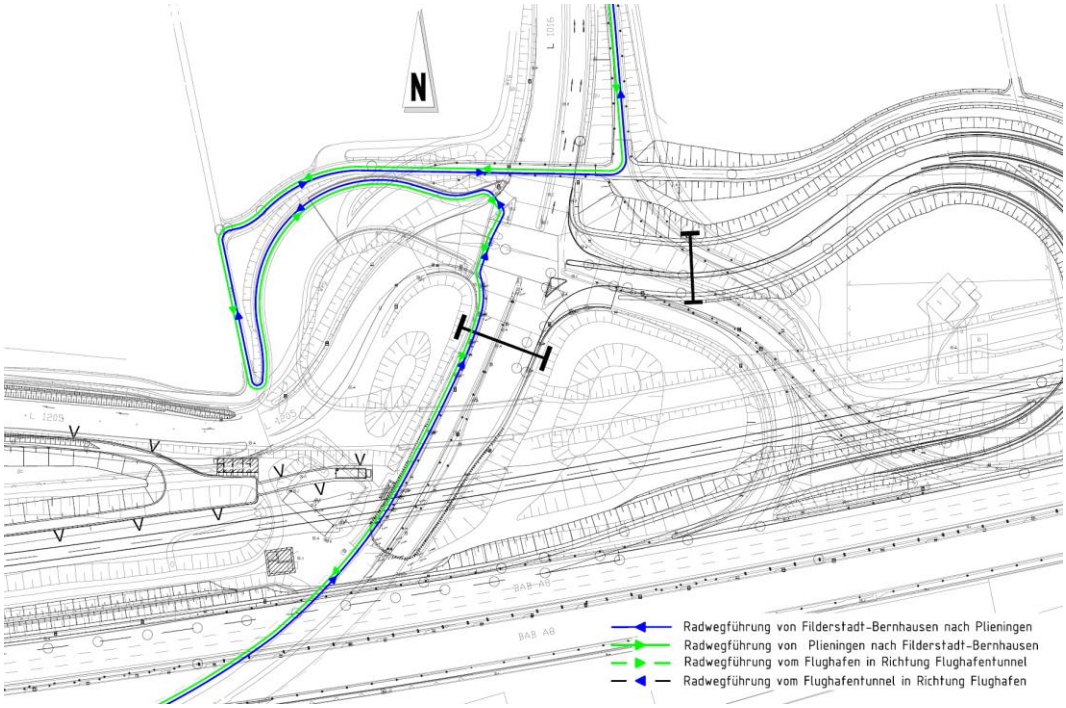


Abbildung 7: Radwegführung an der Anschlussstelle Stuttgart- Plieningen

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie sollen alternative, leistungsfähige Radverkehrsverbindungen mittels verschiedener Tunnelvarianten aufgezeigt werden, welche die bestehende Lücke im Bestandsradwegnetz schließen sollen.

2 Planungsrandbedingungen

2.1 Verkehrsuntersuchung

Die Landeshauptstadt Stuttgart hat im Jahr 2020 die BERNARD Gruppe ZT GmbH in Zusammenarbeit mit dem Planungsbüro VIA eG beauftragt, eine Machbarkeitsstudie für Radschnellverbindungen (RSV) im Raum Stuttgart zu erstellen. [BG ZT 2020]

In der Anlage „Potenzialabschätzung für den Radverkehr im Zuge der Radschnellverbindungen“ wird für die Vorzugstrasse 7 (Stuttgart-Filderstadt) ein Potenzial von ca. 4.800 Radfahrenden pro Tag im Bereich des nördlichen Tunnelportals des B 312 Flughafentunnels prognostiziert [BG ZT 2020]. In der Machbarkeitsstudie „Radschnellweg Fildern“ vom Januar 2023 im Auftrag des Landkreises Esslingen wird auf der Nordseite des Flughafens Stuttgart von Stuttgart-Degerloch bis zum Flughafen Stuttgart ein Potenzial von ca. 4.300 Radfahrenden/Tag ausgewiesen und auf der Südseite des Flughafens Stuttgart von Filderstadt aus von ca, 4.800 Radfahrenden/Tag [MBS 2023]. Dies korrespondiert mit der Machbarkeitsstudie der Landeshauptstadt Stuttgart vom Juni 2020, die für den Zulauf von Norden her auf den Flughafentunnel für den untersuchten Radschnellverbindungs-Trassenkorridor Nr. 7 „Stuttgart - Filderstadt“ ein Potenzial von ca. 4.800 Radfahrenden/Tag ausgewiesen hat [BG ZT 2020].

In der nachfolgenden Abbildung 8 werden die vorgenannten Radverkehrspotenziale zusammenfassend dargestellt.

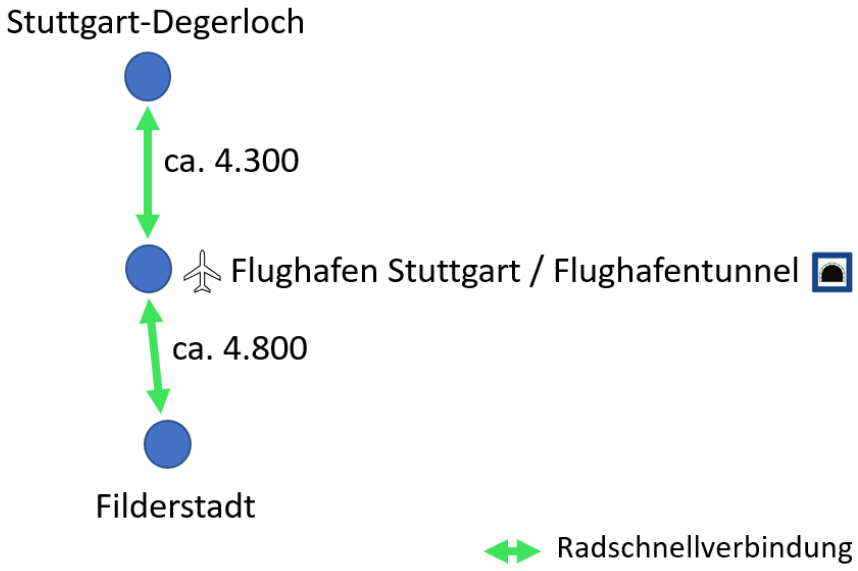


Abbildung 8: Radverkehrspotenzial nach Umsetzung einer Radschnellverbindung im Umfeld des Stuttgarter Flughafens

Für den bestehenden B 312 Flughafentunnel wird von einem DTVw von 19.500 Fahrzeugen pro Tag gemäß einer Verkehrszählung von 2018 ausgegangen. Der Schwerverkehrsanteil beläuft sich auf 5,3 % sowie die zulässige Geschwindigkeit auf 50 km/h. [RPS 3 2022]

2.2 Geologische Verhältnisse

Im Bereich des Stuttgarter Flughafens wird der Untergrund von Schichtabfolgen der Trias, des Juras und des Quartärs aufgebaut. Es handelt sich hierbei um Ton-, Schluff- und Kalk-/Sandsteine, die in einer Wechsellagerung anstehen.

Zur Beschreibung der anstehenden Schichten im Untersuchungsraum wird der geologische Längsschnitt des bestehenden B 312 Flughafentunnels herangezogen (vgl. Abbildung 9). Aufgrund seiner Nähe zu den vorgeschlagenen Trassen eignet er sich besonders gut zur Beschreibung der vorliegenden geologischen Verhältnisse.

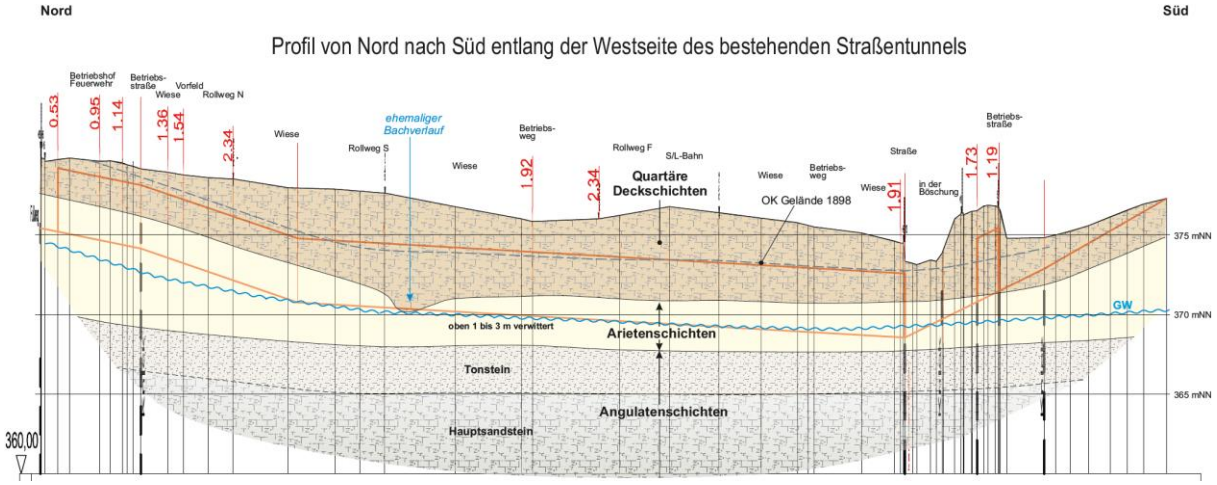


Abbildung 9: Geologischer Längsschnitt – B 312 Flughafentunnel, offene Bauweise [S&P 2018]

Im Bereich des Flughafengeländes bilden quartäre Schichten, bestehend aus Filderlehmen/Verwitterungslehmen sowie darüberliegenden künstlichen Auffüllungen die Deckschicht. Gemäß den historischen Erkundungen im Bereich des Flughafengeländes [FHS 1991] dienen die Auffüllungen größtenteils als Ausgleich des Geländes im Bereich der Verkehrsflächen sowie als Hinterfüllungen der Arbeitsräume von Bauwerken. Sie erreichen östlich des bestehenden B 312 Flughafentunnels eine Mächtigkeit von bis zu 6 m. Die Auffüllungen sind insgesamt sehr heterogen und bestehen zu großen Teilen aus Bauschutt, Erdaushub sowie Haus- und Sperrmüll. Unterhalb der künstlichen Auffüllungen steht in den meisten Teilen des Flughafengeländes Filderlehm/Verwitterungslehm an. Dieser besitzt eine weiche bis steife Konsistenz und liegt in einer Mächtigkeit von bis zu 4 m vor.

Die darunter liegende Arietenschicht des Lias alpha 3 besteht aus Ton- und Tonmergelsteinen des Arietenkalks. Im oberen Bereich der Schicht sind die Ton- und Tonmergelsteine verwittert und besitzen eine mäßige Kornbindung. Es handelt sich hierbei um einen leicht lösbaren Felsen. Den unteren Bereich der Schicht bilden gering verwitterte Kalksteine, die eine gute Kornbindung aufweisen. [S21G 2015] Die Schicht kann eine Mächtigkeit von bis zu 10 m aufweisen. Nach dem in Abbildung 9 gezeigten geologischen Längsschnitt besitzen die Arietenschichten in der Achse des B 312 Flughafentunnels eine Schichtdicke zwischen 3 und 6 m. Die im Zuge der historischen Erkundung [FHS 1991] erstellten Längsschnitte zeigen, dass die Arietenschicht im Bereich des Flughafens Mächtigkeiten von 0 bis ca. 8 m aufweist.

Die Angulatenschichten des Schwarzjuras umfassen bis zu 13 m mächtige mäßig bis stark verwitterte Hauptsandsteinschichten mit Tonsteinzwischenlagen und darunter liegende Ton- und Kalkmergelsteine des Psilonotentons. Die Psilonotenschichten können Stärken von bis zu 11 m aufweisen. Nach Abbildung 9 ist im Bereich des B 312 Flughafentunnels

eine ca. 3 m starke Tonsteinschicht in der Sandsteinschicht eingelagert. Ab rund 34 m unter Gelände folgen die Schichten des Keupers. [S21G 2015] [FHS 1991]

Neben dem in Abbildung 9 dargestellten geologischen Längsschnitt liegt seitens des Flughafenbetreibers die Höhenlage (mNN) der Basis Lias alpha 3 [FHS3 1992] sowie die Höhenlage (mNN) der Basis des Verwitterungslehms [FHS2 1992] im Bereich des Flughafengeländes vor. Aus den vorgenannten Isohypsen sowie aus dem seitens des Flughafenbetreibers bereitgestellten digitalen Geländemodell (DGM) mit Darstellung der Geländeoberkante [FHS 2022] wurde ein DGM als Grundlage für die Machbarkeitsstudie entwickelt. Aufgrund der nur teilweise in digitaler Form vorliegenden Datengrundlagen soll das entwickelte DGM lediglich als schematische Abbildung der geologischen Verhältnisse sowie der Höhenverhältnisse im Bereich des Flughafengeländes dienen. Im Bereich nördlich und südlich des Flughafengeländes liegen keine flächendeckenden Angaben zu den geologischen Verhältnissen sowie zu den Geländehöhen vor, sodass hier teilweise Annahmen getroffen werden mussten. Diese Annahmen sind im Zuge der weiteren Planung zu überprüfen. Die Bauwerkshöhen im Bereich der Anschlussstelle Plieningen wurden basierend auf den in Kapitel 14 aufgeführten Plänen interpoliert.

2.3 Hydrogeologische Verhältnisse

Der Untergrund besitzt verschiedene Grundwasserleiter, die im hydraulisch leitfähigen, porösen und stark geklüfteten Gesteinskörpern anzutreffen sind. Dabei sind in erster Linie poröse und klüftige Tonmergelsteine und Kalksteine des Arietenkalks sowie der Hauptsandstein der Angulatenschicht als potenzielle Grundwasserleiter zu betrachten. Die mäßig bis unverwitterten Tonsteine der Angulatenschicht und des Psilonotentons zeigen in der Regel eine geringere Gebirgsdurchlässigkeit und sind als Grundwassersohlschichten einzustufen. [S21G 2015] [S21H 2015]

Die Grundwasserstände in den oberflächennah anstehenden Gesteinen des Schwarzjuras sind stark witterungsabhängig und können jahreszeitlich um mehrere Meter schwanken. [S21H 2015] Schwankende Grundwasserstände im Bereich des Flughafengeländes spiegeln sich auch in den seitens des Flughafenbetreibers bereitgestellten jährlichen Grundwassermessungen wider. [FHS2 2021]. Im geologischen Längsschnitt des B 312 Bestandstunnels (vgl. Abbildung 9) wurde der Grundwasserstand bei ca. 5-7 m unter GOK angenommen.

Das im vorherigen Abschnitt beschriebene DGM wurde um die seitens des Flughafenbetreibers übermittelte hydrogeologische Karte mit Darstellung der Grundwassergleichen ergänzt. [FHS4 1992] Im Bereich nördlich und südlich des Flughafengeländes liegen keine flächendeckenden Angaben zu den Grundwasserständen vor.

2.4 Zwangspunkte

Abhängig von der gewählten Trassierung und der Tiefenlage des zu planenden Tunnels liegen verschiedene Zwangspunkte im Planungsgebiet vor. Gemeinsam mit dem Flughafenbetreiber sowie dem Regierungspräsidium Stuttgart wurde in einem ersten Abstimmungstermin am 10.06.2022 festgelegt, dass aufgrund der vorhandenen, unterkellerten Feuerwehrwache nur eine Trasse auf östlicher Seite des Bestandstunnels für den neuen Tunnel in Frage kommt (vgl. Unterlage 1, Blatt-Nr. 2). Nachfolgend werden somit die einzelnen Zwangspunkte einer östlich des Bestandstunnels gewählten Trassierung von Süd nach Nord beschrieben.

Zwangspunkt Versorgungskanal

Der neue Tunnel hat als Vorgabe an das bestehende Radwegenetz anzuschließen. Aufgrund der Höhenlage des Bestandsradwegs südlich des B 312 Flughafentunnels bietet sich

ein Anschluss in ca. 100 m Entfernung zum Südportal für den Anschluss des neuen Tunnels an. Hierdurch kreuzt die angenommene Trasse den unter dem Flugfeld in nord-südlicher Richtung verlaufenden Versorgungskanal, welcher im Süden außerhalb des Flughafengeländes unterhalb der Feuerwehrzufahrt fortgeführt wird (vgl. Unterlage 1, Blatt-Nr. 2). Auf die Funktion, die Tiefenlage und seine Abmessung wird in Abschnitt 2.5 näher eingegangen.

Zwangspunkt Flughafen

Der größte Zwangspunkt für den neu zu errichtenden Tunnel stellt der Flughafen Stuttgart dar. Der Flughafen besitzt neben zwei ca. 30 m breiten Rollwegen eine 60 m breite Start- und Landebahn. Die beschriebenen Bahnen sind in Ost-West Richtung angeordnet. Zudem befinden sich verschiedene Betriebsstraßen im Bereich des Flugfeldes. Als weiterer Zwangspunkt für die Trassierung gilt ebenfalls das südlich des Flugfeldes im Bereich der Flughafengrenze liegende ca. 40 x 140 m große Regenklärbecken. Auf Basis von Erfahrungsprojekten wurde vorgegeben, dass zu dem Bauwerk ein seitlicher Abstand von mindestens 5 m eingehalten werden muss.

Die erforderliche Überdeckung des Tunnels im Bereich des Flughafens resultiert aus der gewählten Bauweise und den erlaubten Setzungen. Die beiden Rollbahnen sowie die Start- und Landebahn sind aus unbewehrte Betonplatten ausgebildet. Der Unterbau besteht aus einer 15 cm starken hydraulisch gebundenen Tragschicht und einer 55 cm dicken Schottertragschicht. Aufgrund der hohen Lasteinwirkung aus dem aktiven Flugverkehr und der hohen Start- und Landegeschwindigkeiten der Flugzeuge (ca. 300 km/h) gelten hohe Anforderungen an die erlaubten Setzungen. Die Anforderungen variieren zwischen den Grünflächenbereichen und den Flugbetriebsflächen. Im Bereich der Grünflächen sind gemäß Aussage des Flughafenbetreibers Setzungen im Zentimeterbereich unkritisch, wohingegen im Bereich der Start-, Land- und Rollbahnen keine Setzungen zugelassen sind. [FLGH 2022]

Neben den Setzungsanforderungen gelten seitens des Flughafenbetreibers strenge Anforderungen für oberirdisch stattfindende Baumaßnahmen. Bauarbeiten sind im Bereich des Flughafens nur unter strengsten Auflagen und ausschließlich nachts in gekennzeichneten Bereichen möglich. Werktags sind Arbeiten lediglich im Zeitfenster zwischen 1:30 und 5:30 Uhr zulässig, am Wochenende dürfen Arbeiten zwischen 23:30 und 5:30 Uhr durchgeführt werden. Außerhalb der beschriebenen Zeitfenster müssen alle Bauflächen durch Flugzeuge überrollbar ausgebildet und somit z.B. mittels Stahlplatten abgedeckt werden. Zusätzlich dazu ist das komplette Flugfeld außerhalb der genannten Zeitfenster zu räumen und kann in dieser Zeit nicht als Baustelleneinrichtungsfläche genutzt werden [FLGH 2022]

BAB A8

Die Bundesautobahn A8 (BAB A8) grenzt im Norden unmittelbar an den Flughafen an. Sie führt in Ost-West Richtung und gilt als eine wichtige Verbindung in Mitteleuropa. Im Bereich Stuttgart-Flughafen besitzt die Autobahn sechs Fahrstreifen sowie zwei Standstreifen. Im Planungsgebiet liegt zudem die Ein- sowie Ausfahrrampe der Anschlussstelle Stuttgart-Plieningen.

Die erforderliche Überdeckung im Bereich der Autobahn ergibt sich analog zu den Flugbetriebsflächen aus der gewählten Bauweise und den erlaubten Setzungen. Zur Abschätzung der maximalen Setzungen werden Vorgaben aus einem Vergleichsprojekt herangezogen.

Im Zuge des Projekts Neubaustrecke Wendlingen-Ulm wurde südöstlich von Wendlingen die BAB A8 bergmännisch unterquert. Der ca. 170 m lange Tunnel wurde in Spritzbetonbauweise aufgefahren und besitzt Überdeckungen von lediglich 3 bis 4 m. Für mögliche Setzungen wurden Warn-, Alarm und Grenzwerte von 15, 25 bzw. 35 mm vorgegeben. [BAUP 2021]

Bahnstrecke

Im Zuge des Bahnprojekts Stuttgart–Ulm wird zwischen Stuttgart und Ulm eine Eisenbahn-Neubaustrecke errichtet. Die Strecke führt vom Stuttgarter Hauptbahnhof durch den Fildertunnel nördlich am Stuttgarter Flughafen entlang in Richtung Wendlingen. Die zweigleisige Bahnstrecke wird parallel zur BAB A8 liegen. Im Zuge des Bahnprojekts sowie weiterer Baumaßnahmen wird der Bereich nördlich des Flughafens aktuell umgebaut.

Zur Überführung der NBS-Gleise über die Ein- und Ausfahrrampe der AS-Plieningen (BAB A8) werden zwei Brückenbauwerke errichtet. Bei der Trassierung des Tunnels müssen die Gründungen der beiden Brückenbauwerke beachtet werden. Die notwendige Überdeckung zu den Bahngleisen ist wiederum abhängig von der gewählten Bauweise. In der Variantenuntersuchung wird in Kapitel 4 näher auf die erforderlichen Überdeckungen eingegangen.

Landesstraße

Wie beschrieben, wird im Zuge des Projekts Stuttgart 21 auch die nördlich des Flughafens gelegene Landesstraße umgebaut. Hier wird eine zweistreifige Verbindungsstraße der neuen L1192 zur bestehenden L 1204 geschaffen. Diese Verbindungsstraße verläuft in Ost-West-Achse nördlich der DB-Strecke. Die Landesstraße führt über Rahmenbrückenbauwerke über die Ein- und Ausfahrrampen der Anschlussstelle Plieningen. Hier gilt ebenfalls, dass bei der Trassierung die Gründungen der Rahmenbauwerke zu beachten sind. Im Bereich der Landesstraße gelten ähnliche Setzungsanforderungen wie im Bereich der BAB A8.

Ein- und Ausfahrrampe Anschlussstelle Plieningen

Die Ein- und Ausfahrrampen der Autobahnausfahrt AS Plieningen werden in Trogbauwerken geführt. Die Autobahnauffahrt in Richtung Karlsruhe verläuft in einem 150 m langen U-förmigen Betontrog mit einer lichten Weite von ca. 9,20 m. Das Trogbauwerk der Autobahnausfahrt aus Richtung München kommend besitzt eine Länge von ca. 200 m, bei einem ähnlichen Querschnitt. [S21G 2015]

Grunderwerb

Bei der Trassenwahl des Tunnels ist ein besonderes Augenmerk darauf zu legen, dass möglichst Flächen in Anspruch genommen werden, die in öffentlicher Hand liegen. Dies gilt im Besonderen für die Felder südlich des Flughafengeländes sowie nördlich der Anschlussstelle Plieningen.

2.5 Ver- und Entsorgungsleitungen

Unterhalb des Flughafengeländes befinden sich verschiedene Ver- und Entsorgungsleitungen, welche im digitalen Geländemodel der Flughafen Stuttgart GmbH abgebildet werden. In etwa parallel zum B 312 Flughafentunnel verläuft ein im Rohrvortrieb vorgepresster Versorgungskanal (h = 2,80 m, b = 2,5 m), der östlich des Nordportals beginnt, im Süden des Flughafengeländes nach Westen verschwenkt und anschließend unterhalb der Feuerwehrzufahrt zum Liegen kommt (vgl. Unterlage 1, Blatt-Nr. 2). Unter der Feuerwehrzufahrt kommen weitere Ver- und Entsorgungsleitungen zum Liegen.

Im Bereich der Ein- und Ausfahrrampe der BAB A8 sowie des nördlich davon gelegenen Wirtschafts- bzw. Radwegs verlaufen ebenfalls verschiedene Ver- und Entsorgungsleitungen (z.B. Gasleitung), die im Zuge der aktuell ausgeführten Baumaßnahmen teilweise zurückgebaut werden. Es wird davon ausgegangen, dass sich weitere Ver- und Entsorgungsleitungen im Untersuchungsgebiet befinden. Hierrüber liegen jedoch keine detaillierten Planunterlagen vor, sodass dies im Zuge der nachfolgenden Planungsphasen im Detail zu untersuchen ist.

3 Vergleichsprojekte

3.1 B 312 Flughafentunnel Stuttgart – offene Bauweise

Im Jahr 1959 wurde mit der Erweiterung des Stuttgarter Flughafens begonnen. Hierzu wurde das Gelände östlich des Flughafens aufgeschüttet, wodurch die Start- und Landebahn verlängert werden konnte. Im Zuge der Erweiterungsmaßnahme wurde die Straße von Plieningen nach Bernhausen, die heutige Bundesstraße B 312, in einen Tunnel unterhalb des Flughafengeländes verlegt. Diese im Zuge des hier vorliegenden Berichts als B 312 Flughafentunnel bezeichnete Unterquerung des Flughafengeländes wurde im Jahr 1993 von 385 m auf einen 509 m langen Tunnel verlängert.

Der oberflächennahe Flughafentunnel wurde in offener Bauweise hergestellt. Die Überdeckung beträgt im Bereich der Start-, Lande- und Rollbahnen lediglich ca. 3,00 m. Der Querschnitt des alten und neuen Tunnels kann der Abbildung 2 und Abbildung 3 entnommen werden.

3.2 Frankfurter Flughafen Gepäcktunnel – Flüssigkeitsschild mit Tübbingausbau

Aktuell befindet sich eine Gepäcktunnelanlage unterhalb des Frankfurter Flughafens in Planung. Die Anlage besteht aus einem 1,5 km langen Haupttunnel sowie zwei oberflächennahen Anschlusstunnel. Der Gepäckfördertunnel verbindet das südlich gelegene Terminal 3 mit der nördlich gelegenen Transitgepäckhalle des Terminals 1 und 2. Der Tunnel unterquert neben zwei Start- und Landebahnen weitere Rollbahnen sowie setzungsempfindliche Kerosinleitungen. Als Randbedingungen gelten im Bereich der Start- und Landebahnen hohe Setzungsanforderungen von ≤ 10 mm.

Im Bereich des Flughafens ist die Geologie von quartären Sanden und Kiesen geprägt. Der 1,5 km lange Haupttunnel soll in geschlossener Bauweise mit einer flüssigkeitsgestützten Hydroschildmaschine aufgefahren werden. Der Tunnel besitzt einen Kreisquerschnitt mit einem Innendurchmesser von ca. 7,50 m sowie einem Ausbruchsquerschnitt von ca. 8,60 m.

Die vorläufigen Planungen sehen vor, die beiden Start- und Landebahnen mit einer Überdeckung von ca. 17 bzw. 20 m zu unterfahren. Dies bedeutet, dass eine Überdeckung von mehr als dem zweifachen Ausbruchsdurchmesser (> $2D_a$) eingehalten wird. [CDM 2018]

3.3 Tunnel Flughafen Stuttgart, S-Bahn – bergmännische Bauweise

Der 4120 m lange Eisenbahntunnel beginnt am westlichen Ende des Stuttgarter Flughafens und führt bis zur Endstation der S-Bahnlinie S2 in Filderstadt. In seinem Verlauf unterquert er dabei die Start- und Landebahn des Flughafens von Nord nach Süd. Der Tunnel wurde in zwei Bauabschnitten hergestellt. Der erste Bauabschnitt vom westlichen Portal bis zum Bahnhof Stuttgart Flughafen/Messe wurde überwiegend in offener Bauweise errichtet. Hier verläuft der Tunnel auf einer Länge von ca. 1,1 km zweigleisig. Der zweite Bauabschnitt schließt an den Bahnhof an und stellt die Verlängerung bis Filderstadt dar. Der ca. 2,2 km lange eingleisige Tunnel wurde in bergmännischer Bauweise erstellt. Der Durchmesser des Lichtraumprofils beträgt ca. 7,00 m, der des Ausbruchsquerschnitts ca. 8,70 m. [DAUB 1998] [WIKI 2022]

Im Folgenden wird der Bauabschnitt 2 näher beschrieben. Die Gradiente des Tunnels fällt zunächst bis zur Start- und Landebahn hin ab und unterquert diese in einer Tiefe von rund

21 m auf einer Länge von rund 1.500 m nahezu horizontal. Anschließend steigt die Gradiente bis zur Station Filderstadt wieder auf. Die Trassierung wurde unter der Maßgabe entworfen, die Start- und Landebahn auf möglichst kurzem Wege zu unterfahren. Der überwiegende Teil des Tunnels verläuft in vergleichsweise gering wasserdurchlässigen, aus Tonschluffstein bestehenden Schichten des Schwarzjuras. Zur Vermeidung einer temporären Grundwasserabsenkung erfolgte die Sicherung des Tunnels mit wasserundurchlässigem Spritzbeton. Das Wasser, dass im Bereich der Ortsbrust zufließt, führte zu keiner nennenswerten Grundwasserabsenkung. Zur vorauseilenden Sicherung wurden abschnittsweise Spieße verwendet. Während des Vortriebs wurden Senkungen im Bereich von nur wenigen Millimeter beobachtet. Die gemessenen Verschiebungen in horizontaler Richtung waren im Vergleich zu den vertikalen Verschiebungen größer. [DAUB 1998] [WIKI 2022] [DGGT 2022]

4 Variantenuntersuchung Neubautunnel

Nachfolgend werden potenziell mögliche Bauverfahren hinsichtlich ihrer baulichen Umsetzung untersucht. Zu Beginn wird die offene Bauweise betrachtet sowie nachfolgend verschiedene Tunnelvarianten in geschlossener Bauweise, die sowohl die konventionelle bergmännische als auch die maschinelle Bauweise berücksichtigen.

Die zu untersuchenden lichten Querschnittsabmessungen für Radfahrquerschnitte wurden hierbei vom Regierungspräsidium Stuttgart sowie vom Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg vorgegeben.

4.1 Offene Bauweise

Die Gewährleistung eines störungsfreien Ablaufs des Flugbetriebs stellt eine besondere Herausforderung bei der Planung des neuen Tunnels unter dem Stuttgarter Flughafen dar. Aufgrund der in Abschnitt 2.4 beschriebenen Randbedingungen wird die offene Bauweise für den neu zu errichtenden Tunnel aufgrund der Aufrechterhaltung des Flugbetriebs ausgeschlossen. Eingriffe in die Oberfläche sind nur im Bereich der Grünflächen (vgl. Unterlage 1, Blatt-Nr. 2) und in kurzen Zeitfenstern während der Nachtstunden zulässig, was einen Tunnelvortrieb in offener Bauweise unmöglich macht.

4.2 Geschlossene Bauweise

Im Vergleich zur offenen Bauweise besitzt die geschlossene Bauweise deutlich geringere Auswirkungen auf die Oberfläche. Im Bereich der Start-, Lande- und Rollbahnen des Flughafens stehen besonders die in Abschnitt 2.4 beschriebenen Setzungsanforderungen des Flughafenbetreibers im Fokus der Machbarkeitsuntersuchung.

Neben der Lage der Start-, Lande- und Rollbahnen sind bei der Wahl der Gradiente die Zwangspunkte wie der Versorgungskanal, das Regenklärbecken im Süden sowie die vorhandene Bebauung im Bereich des Flughafengeländes zu berücksichtigen. Ein weiterer Zwangspunkt stellt die Anbindung der Tunnelportale an die bestehende verkehrliche Infrastruktur dar.

4.2.1 Konventionelle Spritzbetonbauweise

4.2.1.1 Querschnittsgestaltung

Für den neuen Tunnel sind gemäß Vorgabe des Regierungspräsidiums Stuttgart in der Machbarkeitsstudie zwei verschiedene Querschnitte zu untersuchen. Der Regelquerschnitt 1 (vgl. Abbildung 10) soll als Radschnellweg und Gehweg mit einer lichten Breite von 7,0 m (4 m RSV + 2 m Gehweg + 2 x 0,5 m seitlicher Sicherheitsraum) sowie einer lichten Höhe von 4,0 m ausgebildet werden. Der Regelquerschnitt 2 (vgl. Abbildung 11) soll als gemeinsamer Geh- und Radweg mit einer lichten Breite von 4 m (3 m Geh- und Radweg + 2 x 0,5 m seitlicher Sicherheitsraum) sowie einer lichten Höhe von 3 m ausgeführt werden.

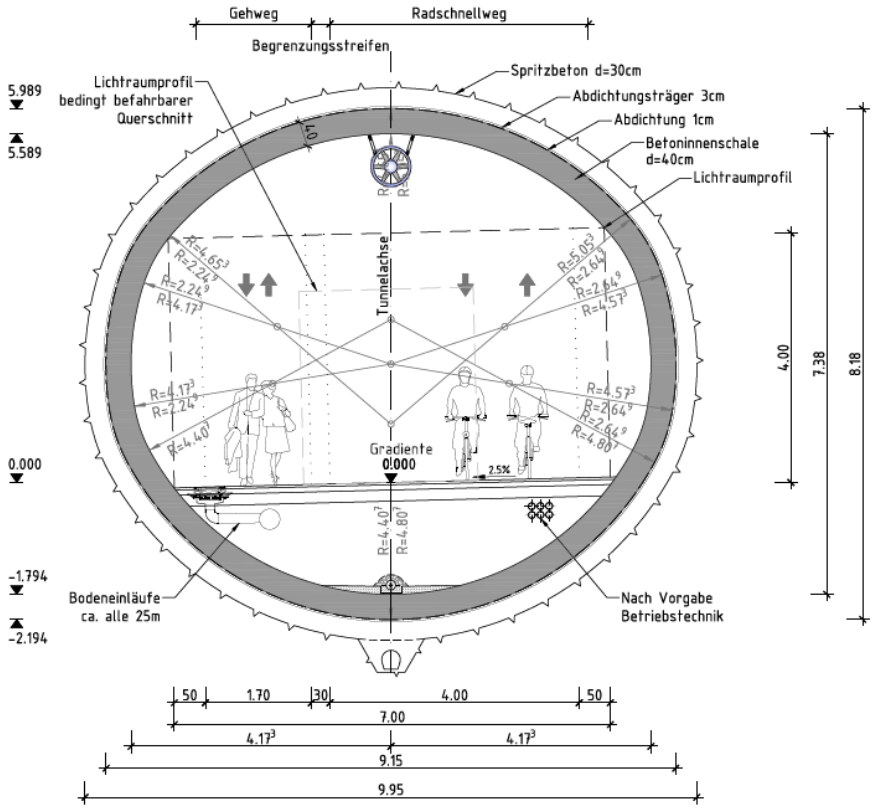


Abbildung 10: Regelquerschnitt bergmännische Bauweise – RQ 1 Radschnellweg und Gehweg (Unterlage 2, Blatt-Nr. 1)

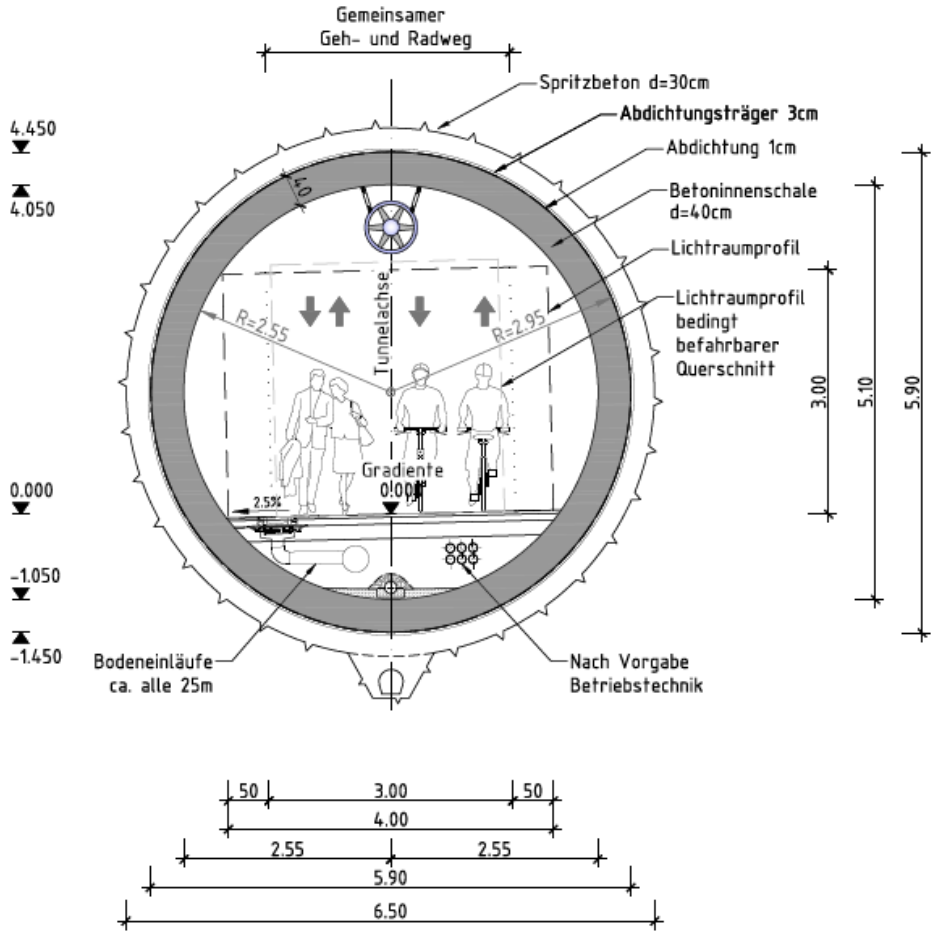


Abbildung 11: Regelquerschnitt bergmännische Bauweise – RQ 2 Gemeinsamer Geh- und Radweg (Unterlage 2, Blatt-Nr. 1)

4.2.1.2 Allgemeine Vorgaben

Für die beiden vorgenannten Querschnittsoptionen sind im Rahmen der Machbarkeitsstudie sowohl die Vorgaben für Radschnellwege als auch die Vorgaben für Gehwege zu berücksichtigen.

4.2.1.2.1 Radschnellweg

Gemäß der Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg [VM 2018] sollen Radschnellverbindungen den Radverkehr auch für längere Distanzen attraktiv machen und somit einen Beitrag zu Stauvermeidung, CO_2-Reduzierung und Gesundheitsförderung leisten. Bei Radschnellwegen (RSW) steht vor allem eine sichere Befahrbarkeit auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten (30 km/h bei freier Trassierung) im Vordergrund. Die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit sollte mindestens 20 km/h betragen, sodass Knotenpunkte sowie Zeitverluste durch Anhalten und Warten möglichst zu vermeiden sind. Bei frei trassierbaren Strecken darf die Steigung maximal 6 % betragen. Bei der Neutrassierung von RSW ist gemäß den Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA) [ERA 2010] ein Mindestkurvenradius von 20 m, ein Mindestwannenhalbmesser von 50 m sowie ein Mindestkuppenhalbmesser von 80 m einzuhalten. Die vorgenannten Vorgaben gelten für frei trassierbare RSW und können deshalb nicht pauschal auf Tunnel übertragen werden. Aufgrund fehlender Regelwerke für RSW in Tunneln werden diese Vorgaben jedoch als Grundlage für die Untersuchung herangezogen und auf die Erfordernisse im Tunnel angepasst. Bei einer getrennten Führung von Rad- und Fußverkehr mit Zweirichtungsverkehr beläuft sich die Mindestradwegbreite auf 4,00 m. [VM 2018]

Gemäß ERA ist eine Mindestquerneigung von 2,5 % vorzusehen, um einen Wasserabfluss zu gewährleisten. Zur Entwässerung dürfen nur abgedeckte Entwässerungseinrichtungen, wie z.B. Querrinnen oder Straßenabläufe, verwendet werden, um Sturzgefahren zu vermeiden. Die Schlitze der Ablaufroste sind grundsätzlich quer zur Fahrtrichtung anzuordnen. [ERA 2010]

4.2.1.2.2 Gehweg

Im Zuge von RSW werden Rad- und Fußverkehr grundsätzlich separat geführt. Eine gemeinsame Führung ist nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig. Der Gehweg wird im Regelfall mit einer Regelbreite von 2,50 m ausgeführt. Werden Geh- und Radweg direkt nebeneinander angelegt, so erfolgt die Abgrenzung der Wege mit Hilfe eines signifikanten Trennstreifens, der als Sperrfeld mit einer Breite von 30 bis 60 cm angelegt wird [VM 2018]. Der Trennstreifen als Teil des Gehwegs ist überfahrbar auszubilden, um Sturzgefahren für Radfahrende und Stolpergefahren für Fußgänger auszuschließen. [ERA 2010]

Bei einer gemeinsamen Nutzung von Rad- und Fußverkehr sollen Neigungen von mehr als 6 % vermieden werden, um auch den Belangen von mobilitätseingeschränkten Personen gerecht zu werden. Zur Abminderung der Neigung können gegebenenfalls gekrümmte Rampen (Spindeln) angelegt werden. In Rampenbereichen ist nach mindestens 6,0 m ein 1,50 m langes ebenes Zwischenpodest als Aufenthaltsmöglichkeit für mobilitätseingeschränkte Personen vorzusehen (vgl. Abbildung 12). [RASt 2006] Eine barrierefreie Rampenausbildung bedingt somit große Entwicklungslängen sowie Einschränkungen des Fahrkomforts der Radfahrenden aufgrund der stark wechselnden Neigungen. Seitens des Erstellers der Machbarkeitsstudie wird deshalb empfohlen, eine Trennung des Fuß- und Radverkehrs vorzunehmen. Dies wäre z.B. durch zusätzliche Aufzüge zur Überwindung der Höhendifferenzen im Portalbereich für mobilitätseingeschränkte Personen möglich. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Fußverkehr weiterhin durch den bestehenden B 312 Flughafentunnel zu führen und somit vom Radverkehr zu trennen. Diese Variante wird so-

wohl in Abschnitt 4.2.2 für die Lückenschlussvariante sowie auch in den noch zu untersuchenden Varianten unter Einbeziehung des bestehenden Flughafentunnels detailliert untersucht.

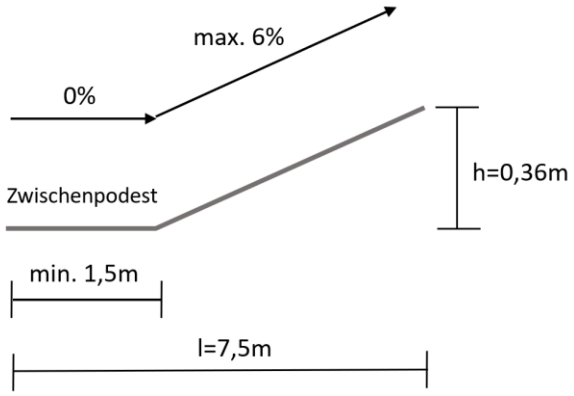


Abbildung 12: Barrierefrei Rampenausbildung

4.2.1.3 Konstruktion

Für den gesamten Tunnel in konventionell bergmännischer Bauweise wird statisch ein Sohlgewölbe erforderlich. Daher wird der Tunnel als zweischalige Gewölbekonstruktion mit einer Dichtungsschicht aus Kunststoffdichtungsbahnen zwischen der Innen- und Außenschale druckwasserhaltend gem. ZTV-ING 5-5 ausgeführt.

Die Außenschale besteht aus bewehrtem Spritzbeton mit einer Dicke von ca. 30 cm. Somit ergibt sich für den Regelquerschnitt 1 ein Tunnelaußendurchmesser von 9,95 m sowie für den Regelquerschnitt 2 ein Tunnelaußendurchmesser von 6,50 m (vgl. Abbildung 10 bzw. Unterlage 2, Blatt-Nr. 1 sowie Abbildung 11 bzw. Unterlage 2, Blatt-Nr. 2). Aufgrund der im Vergleich zu einem Autotunnel geringen Brandlast werden keine Notausgänge erforderlich.

4.2.1.4 Bauverfahren

Das Bauverfahren wird maßgeblich durch die geologischen sowie hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich des Flughafengeländes bestimmt. Hierbei stellen vor allem die Einhaltung der Setzungsanforderungen des Flughafenbetreibers eine besondere Herausforderung dar. Ein setzungsfreier Vortrieb im Bereich der Start-, Lande- sowie Rollbahnen, wie er seitens des Flughafenbetreibers gefordert wird, ist nicht möglich, jedoch wird der Fokus auf einen möglichst setzungsarmen Vortrieb gelegt. Als Vergleichsprojekt wird hierbei der in Abschnitt 3.2 beschriebene Frankfurter Flughafen Gepäcktunnel herangezogen, bei dem der Flughafenbetreiber Setzungsanforderungen von ≤ 10 mm im Bereich der Start- und Landebahn vorgegeben hat.

Wie bereits in Abschnitt 2.2 beschrieben, stellt sich der Baugrund im Bereich des geplanten Tunnels als heterogen dar. Der Grundwasserspiegel verläuft in der Arietenschicht. Im Zuge des bergmännischen Tunnelvortriebs ist zu berücksichtigen, dass es zu keiner Grundwasserabsenkung kommt, um Setzungen der setzungsempfindlichen Lockergesteinsschichten im Bereich der Start-, Lande- und Rollbahnen auf ein absolutes Minimum zu reduzieren. Detaillierte Baugrundaufschlüsse in Form von Bohrungen sowie ein aktuelles Baugrundgutachten liegen für die östlich des B 312 Flughafentunnels untersuchten Trassierungen (vgl. Abbildung 13) nicht vor. Für den bestehenden B 312 Flughafentunnel liegt lediglich der in Abbildung 9 dargestellte geologische Längsschnitt vor, der aufgrund seiner Nähe zum Untersuchungsgebiet als Grundlage für die Machbarkeitsuntersuchung des neuen Tunnels

herangezogen wird. Die einzelnen Schichten des geologischen Längsschnitts sind nur sehr schematisch ohne detaillierte Erläuterungen und Beschreibungen der einzelnen Schichten dargestellt, sodass dieser nur für eine erste Abschätzung der Machbarkeit herangezogen werden kann. Zusätzlich dazu werden, wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, die Ergebnisse der historischen Erkundungen [FHS 1991] als Grundlage für die Machbarkeitsstudie verwendet.

Im geologischen Längsschnitt des B 312 Flughafentunnels ist eine ca. 3 m starke Tonsteinschicht in der Sandsteinschicht eingelagert. Wie bereits in Abschnitt 2.3 beschrieben, zeigen die mäßig bis unverwitterten Tonsteine der Angulatenschicht und des Psilonotentons in der Regel eine geringere Gebirgsdurchlässigkeit und sind als Grundwassersohlschichten einzustufen. Der Hauptsandstein der Angulatenschicht ist als potenzieller Grundwasserleiter zu betrachten. [S21G 2015] [S21H 2015] Sofern im Zuge der weiteren Planung gutachterlich bestätigt wird, dass die Tonsteinschicht als dichtende Schicht wirkt und somit eine Grundwasserabsenkung verhindert werden kann, kann der Tunnel unterhalb der Tonschicht in konventioneller Spritzbetonbauweise vorgetrieben werden. Die Tiefenlage des Tunnels ist dabei abhängig von der vorhandenen Felsüberdeckung sowie von der Gebirgsdurchlässigkeit der zu durchfahrenden Schichten, wobei die Vortriebsklasse basierend auf den noch zu erbringenden geologischen sowie hydrogeologischen Untersuchungen festzulegen ist. Bei einer Durchfahrung der potenziell wasserführenden Hauptsandsteinschicht sind zusätzliche Maßnahmen, wie z. B. ein Vortrieb des Tunnels in Spritzbetonbauweise unter Druckluft, erforderlich, um das Absenken des Grundwasserspiegels zu verhindern.

Unter der Annahme, dass die Dichtigkeit der Tonsteinschicht sowie der Schichtenverlauf im Zuge der weiteren Planung gutachterlich bestätigt werden, werden im Folgenden für den Regelquerschnitt 1 sowie 2 verschiedenen Trassierungen und Tiefenlagen des Tunnels hinsichtlich ihrer Machbarkeit untersucht.

4.2.1.5 Trassierung

Für die Trassierung des Tunnels gelten neben den bautechnischen Randbedingungen die in Abschnitt 4.2.1.2 genannten Vorgaben. Wie bereits in Abschnitt 2.4 beschrieben, stellt die Unterfahrung der Start-, Lande- und Rollbahnen aufgrund der hohen Setzungsanforderungen eine besondere Herausforderung dar. Weiterhin sollen gemäß den Qualitätsstandards für RSW möglichst eine direkte, umwegfreie Linienführung gewählt werden. In einem ersten Schritt wird daraus resultierend eine nahezu parallele Trassierung des neuen Tunnels zum bestehenden B 312 Flughafentunnel untersucht, um eine möglichst direkte Linienführung zu erreichen (vgl. Abbildung 13, Variante 1 und 2 sowie Unterlage 3, Blatt-Nr. 1).

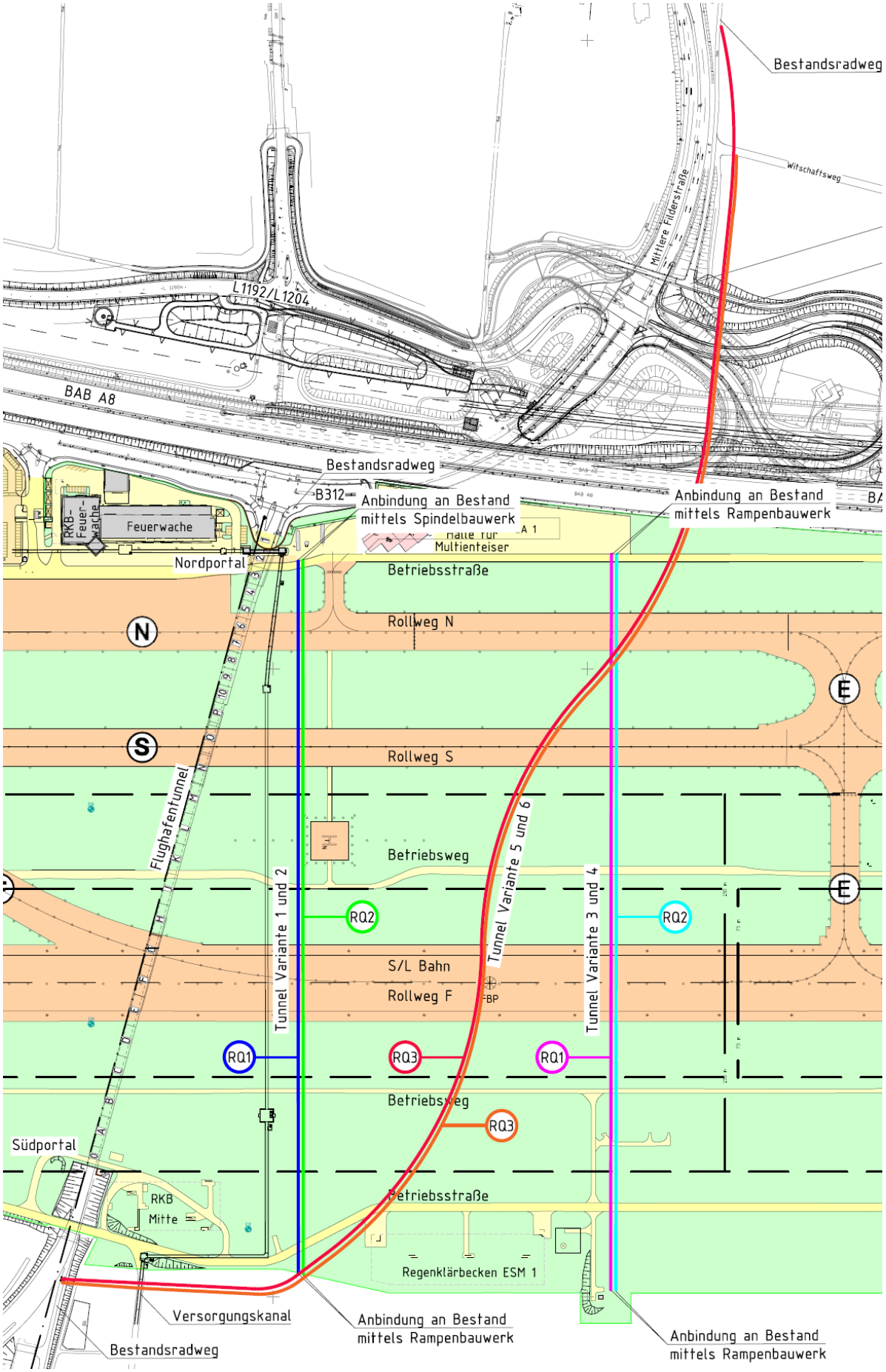


Abbildung 13: Schematische Übersicht der untersuchten Varianten 1 bis 6

4.2.1.5.1 Variante 1

Bei der Variante 1 beginnt der bergmännische Vortrieb zirka auf Höhe des Nordportals des B 312 Flughafentunnels unmittelbar nördlich der vorhandenen Betriebsstraße des Flughafens (vgl. Unterlage 3, Blatt-Nr. 1). Anschließend wird das Flughafengelände senkrecht bis zur südlichen Grenze des Flughafengeländes unterquert. Der Verlauf der Gradiente orientiert sich hierbei am vorhandenen Schichtenverlauf. Basierend auf dem geologischen Längsschnitt der Abbildung 9 wird die Basis der Arietenschicht des Lias alpha 3 als Felslinie sowie darunter eine ca. 3 m starke Tonsteinschicht angenommen. Während im geologischen Längsschnitt nur die ersten 3 m der Arietenschicht als verwittert dargestellt werden, weist der Erläuterungsbericht der Neubaustrecke NBS [S21G 2015] darauf hin, dass auch die darunterliegenden Angulatenschichten des Schwarzjuras mäßig bis stark verwitterte Hauptsandsteinschichten mit Tonsteinzwischenlagen aufweisen. Da diesbezüglich im Bereich des Flughafengeländes keine detaillierten Informationen vorliegen, ist im Zuge der weiteren Planung mittels eines Baugrundgutachtens zu überprüfen, ob ggf. zusätzliche Maßnahmen (z.B. Rohrschirme) erforderlich werden.

Für die Variante 1 werden zwei verschiedene Tiefenlagen des Tunnels mit einer angenommenen Felsüberdeckung von 3 m sowie 5 m für den Regelquerschnitt 1 untersucht. Hierbei ist zu beachten, dass die Arietenschicht ca. ab km 0+487,00 gegen null läuft (vgl. Unterlage 3, Blatt-Nr. 2). Aufgrund fehlender Datengrundlagen wird angenommen, dass ca. ab km 0+487,00 bis zum südlichen Tunnelportal keine Arietenschicht vorhanden ist und somit die Tonsteinschicht unmittelbar unter dem Verwitterungslehm zum Liegen kommt.

Für die Variante 1 ergibt sich basierend auf dem Schichtenverlauf ein Tiefpunkt ca. in Tunnelmitte bei einer maximalen Längsneigung von 4,2 %. Bei einer Felsüberdeckung von 3 m ergibt sich am Nordportal eine Höhendifferenz von ca. 13,53 m sowie bei einer Felsüberdeckung von 5 m eine Höhendifferenz von ca. 15,53 m zwischen dem Bestandsradweg sowie der Gradiente des Tunnels. Da der Anschluss an den Bestandsradweg in offener Bauweise errichtet werden muss, können hierzu nur die außerhalb des Flugfelds angesiedelten Betriebsflächen genutzt werden. Da diese jedoch örtlich begrenzt sind, ist eine Rampenausbildung unter Berücksichtigung einer maximal zulässigen Längsneigung von 6 % für RSW zwecks Anbindung des Bestandsradwegs an den Tunnel platztechnisch nicht umsetzbar. Eine Anbindung des Tunnels an den Bestand könnte somit nur mittels eines Spindelbauwerks realisiert werden. Um auf eine barrierefreie Rampenausbildung verzichten zu können, wäre zusätzlich ein Aufzug für mobilitätseingeschränkte Personen erforderlich. Am Südportal ergibt sich bei einer Felsüberdeckung von 3 m eine Höhendifferenz von ca. 15,31 m sowie bei einer Felsüberdeckung von 5 m eine Höhendifferenz von ca. 17,31 m zwischen dem Bestandsradweg sowie der Gradiente des Tunnels (vgl. Unterlage 3, Blatt-Nr. 2). Da unmittelbar südlich an das Flugfeld nicht bebaute Felder angrenzen, könnte hier jedoch auf ein Spindelbauwerk verzichtet und die vorhandene Höhendifferenz der Gradiente des Tunnels zum Bestandsradweg mittels eines Rampenbauwerks ausgeglichen werden.

4.2.1.5.2 Variante 2

Die Variante 2 verläuft nahezu identisch wie die Variante 1, hierbei wird jedoch der Regelquerschnitt 2 anstatt des Regelquerschnitts 1 untersucht. Aufgrund der geringeren Abmessungen des Regelquerschnitts 2 reduziert sich die Höhendifferenz zwischen dem Bestandsradweg sowie der Gradiente des Tunnels am Nordportal bei einer Felsüberdeckung von 3 m auf ca. 11,95 m sowie bei einer Felsüberdeckung von 5 m auf ca. 13,94 m. Trotz einer Reduktion der Höhendifferenz wird aufgrund der beengten Platzverhältnisse am Nordportal ebenfalls ein Spindelbauwerk erforderlich. Am Südportal ergibt sich bei einer Felsüberdeckung von 3 m eine Höhendifferenz von ca. 13,73 m sowie bei einer Felsüberdeckung von 5 m eine Höhendifferenz von ca. 15,73 m zwischen dem Bestandsradweg sowie der

Gradiente des Tunnels (vgl. Unterlage 3, Blatt-Nr. 2). Die vorhandene Höhendifferenz der Gradiente des Tunnels zum Bestandsradweg könnte ebenfalls mittels eines Rampenbauwerks ausgeglichen werden.

4.2.1.5.3 Variante 3

Sowohl bei der Variante 1 als auch bei der Variante 2 erweist sich die Anbindung der Gradiente des Tunnels an den Bestandsradweg im Bereich des Nordportals aufgrund der beengten Platzverhältnisse als schwierig. Um auf die Ausbildung eines Spindelbauwerks verzichten zu können, wird im Zuge der Variante 3 eine Verschiebung des Tunnels in Richtung Westen untersucht. Dies hätte den Vorteil, dass die vorhandene Höhendifferenz aufgrund der erforderlichen Tiefenlage des Tunnels mittels der Herstellung eines verlängerten Rampenbauwerks überwunden werden könnte.

Für die Variante 3 ergibt sich für den Regelquerschnitt 1 basierend auf dem Schichtenverlauf ein Tiefpunkt bei ca. km 0+450,00 und eine maximale Längsneigung von 1,8 %. Bei einer Felsüberdeckung von 3 m ergibt sich am Nordportal eine Höhendifferenz von ca. 16,20 m sowie bei einer Felsüberdeckung von 5 m eine Höhendifferenz von ca. 18,20 m zwischen dem Bestandsradweg sowie der Gradiente des Tunnels. Für den Anschluss an den Bestandsradweg in offener Bauweise können die außerhalb des Flugfelds angesiedelten Betriebsflächen zur Ausbildung eines Rampenbauwerks genutzt werden (vgl. Unterlage 1, Blatt-Nr. 2). Um auf eine barrierefreie Rampenausbildung verzichten zu können, wäre zusätzlich ein Aufzug für mobilitätseingeschränkte Personen erforderlich. Am Südportal ergibt sich bei einer Felsüberdeckung von 3 m eine Höhendifferenz von ca. 21,57 m sowie bei einer Felsüberdeckung von 5 m eine Höhendifferenz von ca. 23,57 m zwischen dem Bestandsradweg sowie der Gradiente des Tunnels (vgl. Unterlage 3, Blatt-Nr. 3). Die vorhandene Höhendifferenz der Gradiente des Tunnels zum Bestandsradweg im Süden könnte ebenfalls mittels eines Rampenbauwerks ausgeglichen werden.

4.2.1.5.4 Variante 4

Die Variante 4 verläuft nahezu identisch wie die Variante 3, hierbei wird jedoch der Regelquerschnitt 2 anstatt dem Regelquerschnitt 1 untersucht. Aufgrund der geringeren Abmessungen des Regelquerschnitts 2 reduziert sich die Höhendifferenz zwischen dem Bestandsradweg sowie der Gradiente des Tunnels am Nordportal bei einer Felsüberdeckung von 3 m auf ca. 14,61 m sowie bei einer Felsüberdeckung von 5 m auf ca. 16,61 m. Am Südportal ergibt sich bei einer Felsüberdeckung von 3 m eine Höhendifferenz von ca. 19,99 m sowie bei einer Felsüberdeckung von 5 m eine Höhendifferenz von ca. 21,99 m zwischen dem Bestandsradweg sowie der Gradiente des Tunnels (vgl. Unterlage 3, Blatt-Nr. 3). Die vorhandene Höhendifferenz am Nord- sowie am Südportal könnten, wie bei der Variante 3 mittels eines Rampenbauwerks ausgeglichen werden.

4.2.1.5.5 Variantenergebnis

Mit allen im Vorherigen beschriebenen Varianten geht einher, dass sich der Anschluss des Tunnels an das Bestandsradwegnetz aufgrund der erforderlichen Tiefenlage des Tunnels in bergmännischer Bauweise als schwierig darstellt. Vor allem auf der Nordseite des Flughafengeländes sind die in offener Bauweise nutzbaren Flächen deutlich zu klein, um eine Anbindung an den Bestandsradweg ohne Zuhilfenahme eines Spindelbauwerks für die Radfahrenden sowie eines Aufzugs für die Fußgänger zu überwinden. Der Verzicht auf ein Spindelbauwerk würde aufgrund der für RSW maximal zulässigen Längsneigung von 6 % wiederum eine deutliche Verlängerung des Tunnels bedeuten, um den Höhenunterschied zwischen dem Bestandsradweg sowie der Gradiente des Tunnels mittels eines Rampenbauwerks zu überwinden. Sowohl die Spindelvariante als auch die Ausbildung einer Rampe

lässt eine deutliche Reduzierung der Attraktivität für den späteren Nutzer erwarten, sodass die Varianten 1 bis 4 im Rahmen der Machbarkeitsstudie nicht weiter untersucht werden.

Die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Randbedingungen wären ebenfalls auf einen Tunnelvortrieb in maschinelle Bauweise zu übertragen. Zusätzlich dazu stellen die begrenzten Platzverhältnisse im Norden des Flughafengeländes zur Anordnung eines Start- bzw. Zielschachts ein Ausschlusskriterium für den maschinellen Vortrieb dar. Die geringe Tunnellänge von nur ca. 600 m spricht ebenfalls gegen einen wirtschaftlichen Einsatz einer Tunnelvortriebsmaschine. Daraus resultierend werden die Varianten 1 bis 4 im Rahmen der Machbarkeitsstudie sowohl für den bergmännisch konventionellen sowie auch für den maschinellen Vortrieb nicht weiter untersucht.

4.2.1.6 Rettungsstollen

Nach RE-ING [RE-ING 2023] und EABT-80/100 [EABT 2019] sind ab einer Tunnellänge von 400 m in regelmäßigen Abständen von weniger als 300 m Notausgänge anzuordnen. Trotz einer Tunnellänge von ca. 509 m verfügt der bestehende B 312 Flughafentunnel über keinen Notausgang. Vom Regierungspräsidium Stuttgart wird daher gefordert, im Rahmen der Machbarkeitsstudie einen Rettungsstollen zu entwickeln, der den bestehenden B 312 Flughafentunnel mit dem zu planenden Tunnel verbindet. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wird sowohl ein Rettungsstollen für die in Abschnitt 4.2.1.5.1 untersuchte Variante 1 als auch für die in Abschnitt 4.2.1.5.3 untersuchte Variante 3 entwickelt.

Richtlinien

Rettungsstollen werden abhängig von ihrer Länge begehbar oder für Rettungsfahrzeuge befahrbar ausgeführt. Nach EABT-80/100 müssen Rettungswege über 3.000 m befahrbar ausgeführt werden. Begehbare Rettungsstollen müssen Querschnittsabmessungen von mindestens 2,25 m x 2,25 m aufweisen. Die Längsneigung darf hierbei 10 % nicht übersteigen. Als Maßnahme zum Schutz vor der Ausbreitung von Feuer und Rauch sind in den Rettungswegen Schleusen anzuordnen. Zusätzlich sind nach EABT-80/100 mindestens 5 m^2 große Zwischenaufenthaltsbereiche hinter den Schleusen anzuordnen, die dazu dienen, dass Personen, die den anschließenden Rettungsweg nicht ohne fremde Hilfe nutzen können, dort verweilen können.

Querschnittsgestaltung und Konstruktion

Der Rettungstollen soll im Bereich zwischen dem südlichen Rollweg und der Start- und Landebahn angeordnet werden. In diesem Bereich beträgt der Abstand zwischen dem B 312 Flughafentunnel und dem zu planenden Tunnel (Variante 1 und 3) 90 m bzw. 330 m. Der Rettungsstollen wird aufgrund der Länge ≤ 3.000 m begehbar ausgeführt, weshalb ein Lichtraumprofil von 2,25 x 2,25 m angesetzt wird. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wird für den Regelquerschnitt des Rettungsstollens ein Kreisquerschnitt mit einem Ausbruchsdurchmesser von ca. 4,50 m angenommen. Zur Herstellung einer Überdruckbelüftung verfügt die Schleuse über einen Ventilator. Zusätzlich dazu muss die Schleuse einen Raum für die Betriebseinrichtung und eine Fläche für den Aufenthaltsbereich bieten. Der Regelquerschnitt der Schleuse ist demnach deutlich größer als der des Rettungsstollens. Es wird hier ein Ausbruchsdurchmesser von ca. 6,90 m angenommen.

Bauverfahren

Da der Rettungsstollen im Bereich der Grünflächen angeordnet wird, sind Setzungen im Zentimeterbereich zulässig. Analog zum Bau des zu planenden Tunnels (Variante 1 bis 4) erfolgt der Vortrieb des Rettungsstollens in bergmännischer Bauweise. In Abhängigkeit von der anzutreffenden Geologie ist die Vortriebklasse zu wählen. Der Rettungsstollen verbindet den tiefliegenden Neubautunnel mit dem oberflächennah liegenden Bestandstunnel.

Der Stollen verläuft demnach in den Angulaten- und Arietenschichten sowie dem Filderlehm. In Abschnitten mit einer geringen Überdeckung wird es als erforderlich angesehen, einen Rohrschirm als vorauseilende Sicherung anzuordnen. Zur Herstellung des Rohrschirms sind Kavernen herzustellen.

Abhängig von der zu durchörternden Schicht ist mit Grundwasser zu rechnen. In einer späteren Planungsphase ist nachzuweisen, dass durch das während des Vortriebs zutretende Wasser die zulässigen Setzungen nicht überschritten werden. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wird als ausreichend angenommen, die Spritzbetonschale wasserundurchlässig auszubilden und das an der Ortsbrust zutretende Wasser abzuführen. Im Bereich des Anschlusses an den Bestandstunnel beträgt die Überdeckung weniger als 3 m. In diesem Bereich ist ein Vortrieb in bergmännischer Bauweise wahrscheinlich nicht mehrumsetzbar. Es wird vorgeschlagen den Anschluss in Deckelbauweise herzustellen. Dabei sind die in Abschnitt 2.4 beschrieben Randbedingungen zu beachten.

Trassierung

Aufgrund des Helikopterlandeplatzes unterscheidet sich die Lage des Rettungsstollens der Variante 1 von der des Rettungsstollens der Variante 3 (vgl. Unterlage 2, Blatt-Nr. 3).

Der Rettungsstollen der Variante 1 besteht aus einer ca. 55 m langen Steigungsstrecke und zwei 15 m langen Schleusen (vgl. Unterlage 2, Blatt-Nr. 3). Der Höhenunterschied der beiden Schleusen beträgt ca. 17 m. Die Längsneigung der Steigungsstrecke übersteigt mit ca. 38 % die zulässige Längsneigung von 10 % deutlich. Der Bau des Rettungsstollens der Variante 1 ist demnach nicht RE-ING bzw. EABT 80/100 konform und wird nicht weiterverfolgt.

Der Rettungsstollen der Variante 3 verläuft parallel zum südlichen Rollweg und liegt nördlich des Helikopterlandeplatzes. Der Höhenunterschied zwischen dem Bestandstunnel und dem 330 m weiter östlich liegenden Tunnel der Variante 3 beträgt ca. 18 m (vgl. Unterlage 2, Blatt-Nr. 4). Analog zum Rettungsstollen der Variante 1 werden zwei 15 m lange Schleusen angeordnet. Aufgrund des größeren Abstands der beiden Tunnel zueinander beträgt die Längsneigung in der Steigungsstrecke lediglich ca. 6,4 %. Der Bau des Rettungsstollens wäre somit RE-ING bzw. EABT 80/100 konform.

Im Zuge des gemeinsamen Begehungstermins am 25.10.2022 mit dem Regierungspräsidium Stuttgart sowie dem Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg wurde entschieden, dass im Weiteren die Belange eines Rettungsstollens vom bestehenden B 312 Flughafentunnel in den zu planenden Tunnel für die anschließenden maschinellen Varianten (Varianten 5 und 6) nicht weiter zu untersuchen sind, da durch den geplanten Einbau einer Brandbekämpfungsanlage in den Bestandstunnel die notwendige Sicherheit erreicht werden kann.

4.2.2 Maschinelle Bauweise

4.2.2.1 Querschnittsgestaltung

Vom Regierungspräsidium Stuttgart wurde für den maschinellen Vortrieb vorgeben, einen reinen Radschnellwegtunnel zu untersuchen. Für den Regelquerschnitt 3 gelten damit die Vorgaben, die bereits in Abschnitt 4.2.1.2.1 beschrieben wurden. Im Zweirichtungsverkehr beläuft sich die Mindestradwegbreite auf 4,0 m. Die Fahrbahn muss zu den Wandbereichen einen Sicherheitsabstand von 50 cm aufweisen, wodurch eine lichte Breite von insgesamt 5,00 m erforderlich wird. Als erforderliche Höhe für den lichten Raum werden 3 m angesetzt.

4.2.2.2 Konstruktion

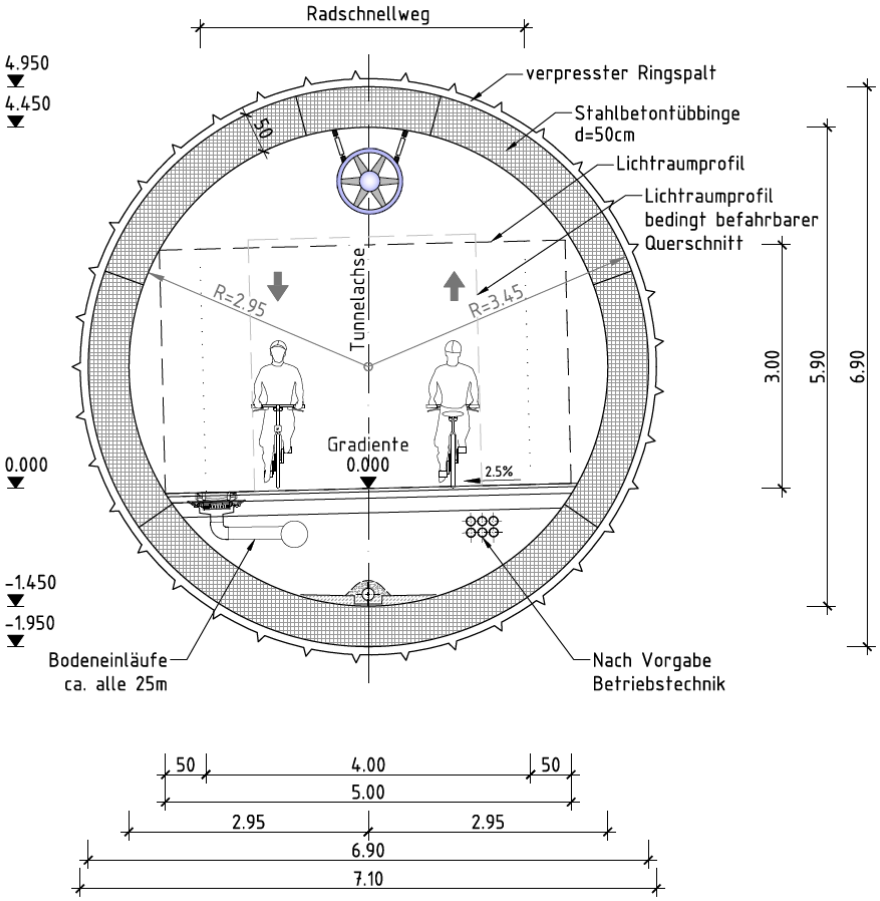


Abbildung 14: Regelquerschnitt maschinelle Bauweise (Unterlage 2, Blatt-Nr. 2)

Unter der Annahme eines 50 cm starken Stahlbetontübbings und einem verpressten Ringspalt von 20 cm ergibt sich ein Tunnelaußendurchmesser von 7,10 m. Aufgrund der im Vergleich zu einem Autotunnel geringen Brandlast werden keine Notausgänge erforderlich.

4.2.2.3 Bauverfahren

Beim Bau eines Tunnels in maschineller Bauweise wird eine Tunnelvortriebsmaschine verwendet. Die Maschinen können eine Länge von über 100 m aufweisen und bestehen aus verschiedenen Maschinenkomponenten. Mit einem rotierenden Schneidrad wird der Bo-

den abgebaut. Abhängig von den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen werden unterschiedliche Tunnelvortriebsmaschinentypen eingesetzt. So werden Tunnelbohrmaschinen bevorzugt im Hartgestein und Schildmaschinen im Lockergestein eingesetzt.

Neben den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen richtet sich die Wahl der Tunnelvortriebsmaschine nach dem Trassen- und Gradientenverlauf der aufzufahrenden Strecke. Die beiden Maschinentypen, die beim beschriebenen Baugrund (vgl. Abschnitt 2.2) zum Einsatz kommen könnten, werden nachfolgend vorgestellt, wobei der Fokus auf dem jeweiligen Einsatzbereich liegt.

Schildmaschine mit Flüssigkeitsstützung

Beim Hydroschild werden als Stützmedium in Abhängigkeit von der Kohäsion des Baugrunds Suspensionen unterschiedlicher Dichte verwendet. Die Stützflüssigkeit wirkt dem anstehenden Wasser- und Erddruck entgegen und wird über eine Luftblase hinter der Tauchwand gesteuert. Durch die präzise Steuerung des Stützdrucks können Setzungen reduziert werden und die hohen Setzungsanforderungen im innerstädtischen Bereich erfüllt werden. Geologische Wechsel und die daraus resultierenden Druckveränderungen können über das Druckluftpolster kompensiert und gesteuert werden. [ZTV 2012]

Das mit dem Schneidrad abgebaute Material löst sich weitgehend in der Stützflüssigkeit auf und wird durch die Förderleitungen zur Separationsanlage an die Oberfläche gepumpt. Das Stützflüssigkeit-Boden-Gemisch wird in einer Separationsanlage aufbereitet und die gereinigte Stützflüssigkeit kann dem Förderkreislauf wieder zugegeben werden. [E&S 2011]

Der Haupteinsatzbereich des Hydroschilds liegt in wenig bis nichtbindige Böden, mit oder ohne Grundwasser. Typisch sind Sande und Kiese oder wechselhaftere Böden aus Sand-Kies-, und Geschiebemergelschichten. Die Einsatzgrenzen des Maschinentyps bilden Tone festerer Konsistenz und Kiese dichterer Lagerung, da hier die Gefahr von Verklebungen und der Aufwand bei der Separation sehr hoch ist. [E&S 2011]

Ein mögliches Problem könnten beim Bau des Radwegtunnels im Hydrovortrieb die Tonsteinschichten darstellen. Der Ton dispergiert im Wasser und die Suspension reichert sich mit den Feinanteilen an. Die Dichte der Suspension nimmt sukzessive zu, wodurch ihre Eigenschaften verändert wird. Da die Eigenschaften der Suspension vortriebsbegleitend immer erfüllt sein müssen, muss die Stützsuspension schneller ersetzt werden. Ein hoher Suspensionsverbrauch erzeugt höhere Kosten.

Schildmaschine mit Erddruckstützung

Beim Erddruckschild wird als Stützmedium ein fließfähiger Erdbrei verwendet, der aus dem gelösten Boden vermischt mit zugegebenen Konditionierungsmitteln besteht und während des Vortriebs in der Abbaukammer unter definiertem Druck zu halten ist. Das Erddruckschild besitzt seinen optimalen Einsatzbereich in bindigen Böden mit einem hohen Feinanteil. Hierzu gehören tonige-schluffige und schluffig-sandige Böden mit breiiger bis weicher Konsistenz, deren Konsistenz durch den vorhandenen Wassergehalt bestimmt wird. [ZTV 2012]

Mit steigendem Grobkornanteil kommt es zu einer Reduktion des inneren Reibungswinkels und es besteht die Gefahr der Entmischung des Erdbreis. Hier können Konditionierungsmittel wie Tensid-Schäume durch Düsen am Schneidrad dem abzubauenden Boden hinzugegeben werden, um den Erdbrei in eine breiige bis weiche Konsistenz zu überführen. Der Einsatzbereich des Erddruckschildes kann durch Maßnahmen der Bodenkonditionierung weit in den Einsatzbereich des flüssigkeitsgestützten Schildes erweitert werden. Dennoch

bietet das Flüssigkeitsschild in nichtbindigen Böden mit geringem Feinanteil aus verfahrenstechnischer Sicht meist Vorteile gegenüber dem Erddruckschild und ist diesem vorzuziehen.

Der Vergleich zwischen den beiden Maschinentypen zeigt, dass beide Maschinentypen für den Radwegtunnel Vor- und Nachteile besitzen, aber grundsätzlich umsetzbar sind. Das Hydroschild besitzt im Vergleich zum Erddruckschild den setzungsärmeren Vortrieb, benötigt jedoch eine aufwendige Separationsanlage und ist die insgesamt teurere Variante. Für die Erddruckschildmaschine spricht ihr Einsatzbereich, der besser die vorliegende Geologie abdeckt. Eine genauere Betrachtung muss in den weiteren Planungsphasen erfolgen.

4.2.2.4 Trassierung

Für die Trassierung des Tunnels gelten neben den bautechnischen Randbedingungen die Vorgaben der ERA (Empfehlungen für Radverkehrsanlagen). Bei einer Neutrassierung eines Radschnellwegs darf die Steigung einen Wert von 6 % nicht überschreiten. Weiterhin gilt nach ERA ein Mindestkurvenradius von 20 m, ein Mindestwannenhalbmesser von 50 m sowie ein Mindestkuppenhalbmesser von 80 m. Maschinell aufgefahrene Tunnel in Tübbingbauweise sind aufgrund ihrer Verfahrenstechnik und ihrer Bauweise auf einen minimalen Kurvenradius limitiert. Der minimal mögliche Kurvenradius ist abhängig von der Länge eines Tübbingsegments und seiner Fugenkonstruktion. Für die vorliegende Machbarkeitsstudie wird ein erforderlicher Mindestkurvenradius von 300 m angenommen.

Wie bereits in Abschnitt 2.4 beschrieben, muss der Tunnel zu den verschiedenen Zwangspunkten bestimmte Überdeckungen aufweisen. Die notwendigen Überdeckungen ergeben sich neben der Geologie und Hydrogeologie aus der gewählten Tunnelvortriebsmaschine und den zulässigen Setzungen.

Für die Unterquerung einer DB-Strecke gibt die RIL 836 Vorgaben für die notwendige Überdeckung sowie die maximalen Setzungen vor. So gilt grundsätzlich, dass bei Unterquerungen bestehender Gleise in bergmännischen Verfahren ausreichende Überdeckung zur Vermeidung von Betriebsstörungen und späteren Setzungen der Gleise vorzusehen sind. Weiterhin gilt, dass Bahnanlagen möglichst rechtwinklig und in gerader Linienführung gekreuzt werden sollen. Beim Einsatz von Rohrvortriebsverfahren ist eine Mindest-Bodenüberdeckung des zweifachen Tunnelausbruchsdurchmessers einzuhalten ($h_B \geq 2xD_a$). Die Bodenüberdeckung h_B meint hierbei die Höhe zwischen der Tunneloberkante und der Unterkante des Schotteroberbaus. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wird eine Dicke der Schotterschicht von 70 cm angenommen.

Wird die Überdeckung von $\geq 2xD_a$ nicht eingehalten, ist eine unternehmensinterne Genehmigung einzureichen, um die Zustimmung im Einzelfall zu erlangen (sog. UiG/ZiE). Diese muss nachweisen, dass trotz der Abweichung von der Richtlinie die Anforderungen an die Setzung erfüllt werden.

Nach Abschnitt 2.4 gilt die Vorgabe, dass im Bereich der Flugbetriebsflächen keine Setzungen zulässig sind. Im Vergleichsprojekt „Frankfurter Flughafen Gepäcktunnel“ sind maximale Setzungen von ≤ 10 mm zulässig (vgl. Abschnitt 3.2). Hier wurde eine Überdeckung von $\geq 2xD_a$ als erforderlich angesehen. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wird ebenfalls angenommen, dass eine Mindestüberdeckung im Bereich der Flugbetriebsflächen von $\geq 2D_a$ notwendig wird. Die Unterquerung der Start- und Landebahn soll rechtwinklig erfolgen. Die Überdeckungshöhe gilt ab der Unterkante der Frostschutzschicht und wird mit 70 cm unter GOK abgeschätzt.

Allgemein gilt, dass die Gradiente nicht tiefer als nötig liegen soll, um den Höhenunterschied für die Radfahrenden gering zu halten. Zudem soll die nördliche Anbindung an den Bestandsradweg so weit südlich wie möglich liegen, um die Anbindung für die aus Richtung

des Flughafens kommenden Radfahrenden attraktiv zu gestalten. Eine Mindestlängsneigung von 0,5 % ist aufgrund der Tunnellängsentwässerung zu beachten.

Start-und Zielschacht

Tunnelvortriebsmaschinen werden in einem Startschacht zusammengesetzt und beginnen dort den Vortrieb. Für die Maschine werden für die Anfahrt spezielle Schildwiegen und Rücksteifekonstruktionen benötigt. Der Tunneldurchstich erfolgt im Zielschacht, in der die Maschine wieder auseinander gebaut wird. Start- und Zielschacht werden meist so angeordnet, dass sie als Baugruben für die Herstellung der Tunnel- und Trogabschnitte in offener Bauweise dienen. Die Breite der Baugrube ergibt sich aus dem Durchmesser der Tunnelvortriebsmaschine zzgl. dem Arbeitsraum zur Verbauwand. Die Länge des Startschachtes ist nicht identisch mit der Länge der Tunnelvortriebsmaschine. Die verschiedenen Nachläufer der Maschine können auch nach und nach an die Maschine angebaut werden, um die Länge des Schachtes begrenzt zu halten. Bei beengten Platzverhältnissen kann der Zielschacht noch kürzer als der Startschacht ausgeführt werden. Im Zielschacht wird dann lediglich das Schneidrad und der Schildmantel auseinandergenommen und die einzelnen Nachläufer der Maschine werden durch den Tunnel zurück zum Startschacht gezogen.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wird die Breite des Start- und Zielschachtes mit ca. 11 m abgeschätzt, zusätzlich wird eine Länge von ca. 60 m angenommen. Für die Vorhaltung von Tübbingsegmenten, der Zwischenlagerung des Abraums und weiteren betriebstechnischen Einrichtungen wird eine Baustelleneinrichtungsfläche (BE-Fläche) erforderlich. Bei Wahl auf einen Hydrovortrieb wird eine besonders große BE-Fläche benötigt, da hier eine Separationsanlage erforderlich wird. Aufgrund der großen Freiflächen im Norden, wird vorgeschlagen die BE-Fläche und den Startschacht im Norden anzuordnen und den Zielschacht im Süden.

Wie Abschnitt 2.2 beschreibt, besteht der Baugrund in den obersten Schichten aus quartären Deckschichten und verwitterten Ton- und Tonmergelschichten. Der Vortrieb muss in diesen Bereichen mit Stützdruck erfolgen. Aufgrund der Gefahr vor Ausbläsern wird eine Mindestüberdeckung von ≥ 5 m als erforderlich angesehen. Wird die Trassierung so gewählt, dass die Mindestüberdeckung nicht eingehalten werden kann, muss bauzeitlich eine Geländeaufschüttung, ein sogenanntes Kunstbodendach, erfolgen.

4.2.2.4.1 Variantenentwicklung

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, wird bei der Unterquerung von Gleisen eine Mindest-Überdeckung von ≥ $2xD_a$ gefordert. Die Überdeckung im Bereich der Flugbetriebsflächen soll ähnlich groß ausfallen. In Abschnitt 4.2.2.4.2 wird nachfolgend eine Trassierung vorgestellt, die im Bereich der Flugbetriebsflächen, der DB-Strecke, der BAB A8 und der Landstraße eine Überdeckung von ≥ $2xD_a$ besitzt.

Eine hohe Überdeckung bedeutet auch immer eine große Tiefenlage und lange Entwicklungslängen der Rampen. Neben einer größeren Tunnellänge wirkt sich der große Höhenunterschied auch negativ auf den Fahrkomfort der Radfahrenden aus. Vom Regierungspräsidium Stuttgart wurde daher gefordert, eine weitere Variante zu untersuchen, die im Bereich der genannten Zwangspunkte lediglich eine Überdeckung von ≥ $1xD_a$ besitzt. Diese Variante wird in Abschnitt 4.2.2.4.3 vorgestellt.

Bei allen vorgestellten Varianten variiert die Lage der Start- und Zielbaugrube nicht. Auch die Linienführung des Tunnels bleibt unverändert. Der Lage- und Höhenplan der einzelnen Varianten ist der Unterlage 4, Blatt-Nr. 1-4 der Machbarkeitsstudie beigelegt.

4.2.2.4.2 Variante 5 – 2D Überdeckung

Variante 5.1 – 2D Überdeckung Anschluss Süd tiefe Lage

Das Bauwerk beginnt im Norden bei ca. km 1+278 und schließt dort an den bestehenden Radweg an (vgl. Unterlage 4, Blatt-Nr. 1). Nach einer ca. 90 m langen Trogstrecke beginnt der Tunnel in offener Bauweise (ca. km 1+188). Die Gradiente wird in diesem Bereich mit der maximal zulässigen Längsneigung von 6 % ausgeführt, um die Tunnellänge gering zu halten. Die Anschlagswand und der Start der maschinellen Bauweise liegt bei ca. km 1+082. Die Forderung einer Mindestüberdeckung von ≥ 5 m wird in diesem Bereich erfüllt. Da die Landstraße L 1192/L1204 mit einer Mindestüberdeckung von ≥ $2xD_a$ unterfahren werden soll, beträgt die Längsneigung weiterhin 6 %. Die Trogbauwerke der Ein- und Ausfahrrampen werden mit einer Überdeckung von ≥ $1xD_a$ unterfahren. Im weiteren Verlauf unterquert der Tunnel die DB-Strecke, die BAB A8 und die beiden Rollfelder. Um die Start- und Landebahn möglichst rechtwinklig zu kreuzen, wird der Tunnel entsprechend verschwenkt, wobei der Mindestkurvenradius von 300 m beachtet wird. Nach der Unterquerung der Start- und Landebahn mit einer Überdeckung von ≥ $2xD_a$ geht der Tunnel in eine Rechtskurve mit einem Radius von ca. 310 m über und steigt mit einer Längsneigung von ca. 3,4 % auf. Der Tunneldurchstich (Zielschacht) erfolgt bei ca. km 0+185. Anschließend wird der RSW als Tunnel in offener Bauweise weitergeführt und nach Ausbildung einer 50 m langen Trogstrecke an den Bestandsradweg angeschlossen. Da der Tunnelquerschnitt den bestehenden Versorgungskanal kreuzt, muss dieser zurückgebaut werden. Es wird vorgeschlagen, den neuen Versorgungskanal bei ca. km 0+161 in einem Abstand von ca. 1 m über den Tunnel zu führen.

Die Längen und die Kilometrierungen der einzelnen Streckenelemente werden mittels der Tabelle 1 aufgezeigt. Der Tunnel ist insgesamt ca. 1.276 m lang, wovon ca. 140 m auf die Trogstrecke und ca. 239 m auf die offene Bauweise entfallen. Die einzelnen Regelquerschnitte zeigt die Unterlage 2, Blatt-Nr. 2.

Tabelle 1: Streckenelemente – Variante 5.1, 2D Überdeckung, Anschluss Süd tiefe Lage

	Anfang [km]	**Ende [km]**	**Länge [m]**
Trogstrecke Süd	0+003	0+053	50
offene Bauweise Süd	0+053	0+185	132
Maschinelle Bauweise	0+185	1+082	897
offene Bauweise Nord	1+082	1+189	107
Trogstrecke Nord	1+189	1+279	90
			1.276 m

Variante 5.2 – 2D Überdeckung Anschluss Süd hohe Lage

Um einen Abbruch des im Eigentum des Flughafenbetreibers befindlichen Versorgungskanals zu umgehen, wurde die Variante 5.2 entwickelt. Diese unterscheidet sich im Vergleich zur Variante 5.1 lediglich im südlichen Trassenbereich. Ausgehend vom südlichen Anschluss an den Bestandsradweg wird der Tunnel zunächst in Troglage mit einer Längsneigung von ca. 4,3 % steigend geführt (vgl. Unterlage 4, Blatt-Nr. 2). Hierdurch schließt der Radweg an den bestehenden Weg der Feuerwehrzufahrt an, sodass der Versorgungskanal nicht zurückgebaut werden muss. Anschließend sinkt die Gradiente des Tunnels mit einer Steigung von 6 % ab. Im Übergangsbereich zur maschinellen Bauweise (ca. km 0+185) kann die Mindestüberdeckung von ≥ 5 m nicht eingehalten, weshalb in diesem Bereich eine bauzeitliche Geländeaufschüttung erforderlich wird. Die Aufschüttung ist von ca. km 0+185 bis ca. km 0+271 vorzusehen, wobei die Höhe der Aufschüttung nach Norden hin abnimmt. Die südliche Betriebsstraße des Flughafens kann trotz der Aufschüttung voraussichtlich

aufrecht erhalten bleiben. Der Tunnel besitzt seinen Tiefpunkt im Bereich der Start- und Landebahn und unterquert diese mit einer Überdeckung von ≥ 2xD_a. Der weitere Trassenverlauf gleicht der Variante 5.1.

Tabelle 2 stellt die einzelnen Streckenelemente der Variante 5.2 übersichtlich dar. Der Tunnel besitzt insgesamt eine Länge von 1.271 m.

Tabelle 2: Streckenelemente – Variante 5.2, 2D Überdeckung, Anschluss Süd hohe Lage

	Anfang [km]	**Ende [km]**	**Länge [m]**
Trogstrecke Süd	0+003	0+060	57
Weg Feuerwehrzufahrt[1]	0+060	0+065	(5)
Trogstrecke Süd	0+065	0+185	120
Maschinelle Bauweise	0+185	1+082	897
offene Bauweise Nord	1+082	1+189	107
Trogstrecke Nord	1+189	1+279	90
			1.271 m

4.2.2.4.3 Variante 6 – 1D Überdeckung

Wie vom Regierungspräsidium Stuttgart gefordert, wird nachfolgend eine Variante vorgestellt, die die kritischen Zwangspunkte mit einer Überdeckung von ≥ 1xD_a unterquert. Die Variante 6.1 unterscheidet sich im Vergleich zur Variante 6.2 hinsichtlich ihres Anschlusses an den Wirtschaftsweg im Norden. Die Achse des Tunnels wird analog zur Variante 5 geführt und unterscheidet sich lediglich in ihrer Länge und ihrer Tiefenlage.

Variante 6.1 – 1D Überdeckung Anschluss Nord tiefe Lage

Das Bauwerk beginnt in Variante 6.1 bei ca. km 1+267 und wird bis zur Anschlagswand der Startbaugrube in Troglage und in offener Bauweise geführt (vgl. Unterlage 4, Blatt-Nr. 3). Der Übergang vom Trogquerschnitt zur offenen Bauweise liegt bei ca. km 1+177, da dort die Überdeckung ca. 1 m beträgt. Der nördliche Wirtschaftsweg liegt im Bereich des Trogquerschnitts, weshalb dieser in Richtung Süden verlegt werden muss. Auf den ersten ca. 50 m fährt die Tunnelvortriebsmaschine den Tunnel mit einer Neigung von 6 % auf. Die Ein- und Ausfahrrampen der AS-Plieningen werden mit einer Überdeckung von ca. 1D_a unterfahren. Im weiteren Verlauf des Tunnels beträgt die Längsneigung ca. 0,7 %, wodurch Überdeckungen von ≥ 1xD_a zu den Zwangspunkten Landesstraße, DB-Strecke, BAB A8 und den Rollfeldern eingehalten werden. Der Tiefpunkt des Tunnels liegt im Bereich des südlichen Rollwegs. Anschließend steigt der Tunnel mit einer Längsneigung von ca. 0,5 % auf und unterquert die Start- und Landebahn mit einer Überdeckung ≥ 1xD_a. Im Bereich der Zielbaugrube besitzt der Tunnel eine Überdeckung von ca. 6 m. Der südliche Bereich wurde analog zur Variante 5.1 ausgebildet, weshalb auch hier der Versorgungskanal abgebrochen und verlegt werden muss.

Der Tunnel besitzt eine Tunnellänge von insgesamt 1.264 m, wovon ca. 140 m auf die Trogstrecke und ca. 227 m auf die offene Bauweise entfallen (vgl. Tabelle 3).

[1] *Der bestehende Feuerwehrzufahrtsweg wird nicht in die Gesamtlänge des Tunnels eingerechnet.*

Tabelle 3: Streckenelemente – Variante 6.1, 1D Überdeckung, Anschluss Nord tiefe Lage

	Anfang [km]	Ende [km]	Länge [m]
Trogstrecke Süd	0+003	0+053	50
offene Bauweise Süd	0+053	0+185	132
Maschinelle Bauweise	0+185	1+082	897
offene Bauweise Nord	1+082	1+177	95
Trogstrecke Nord	1+177	1+267	90
			1.264 m

Variante 6.2 – 1D Überdeckung Anschluss Nord hohe Lage

Bei der Entwicklung der Variante 6.2 wurde der Fokus auf den Anschluss des nördlichen Wirtschaftswegs gelegt. Da der Tunnel eine maximale Längsneigung von 6 % nicht überschreiten darf, beträgt die Überdeckung im Bereich der Anschlagswand ca. 90 cm (vgl. Unterlage 4, Blatt-Nr. 4). Die im Rahmen der Machbarkeitsstudie als erforderlich angesehene Mindestüberdeckung von ≥ 5,00 m wird nicht eingehalten, weshalb das Gelände auf einer Länge von 70 m bauzeitlich aufzuschütten ist. Da in diesem Bereich auch die Zu- und Abfahrtsrampen der AS-Plieningen liegen, kann die Anschlussstelle bauzeitlich nicht aufrecht gehalten werden. Im weiteren Verlauf sinkt die Gradiente des Tunnels mit 3,6 % und 0,5 % ab. Die Überdeckungen zu den kritischen Zwangspunkten betragen ≥ 1xD_a.

Die Länge der einzelnen Streckenelemente sind in Tabelle 4 gezeigt, insgesamt ist der Tunnel ca. 1.177 m lang.

Tabelle 4: Streckenelemente – Variante 6.2, 1D Überdeckung, Anschluss Nord hohe Lage

	Anfang [km]	Ende [km]	Länge [m]
Trogstrecke Süd	0+003	0+053	50
offene Bauweise Süd	0+053	0+185	132
Maschinelle Bauweise	0+185	1+082	897
Trogstrecke Nord	1+082	1+180	98
			1.177 m

4.2.2.4.4 Variantenergebnis

Die vorgestellten Varianten variieren in ihrer Tiefenlage und der Ausbildung ihrer Anschlüsse. Das Vergleichsprojekt „Frankfurter Flughafen Gepäcktunnel“ und die Richtlinien der DB weisen darauf hin, dass es erforderlich wird eine Überdeckung zu den kritischen Zwangspunkten von ≥ 2xD_a einzuhalten. Die Forderung, dass keine Setzungen im Bereich der Flugbetriebsflächen zulässig sind, kann grundsätzlich nicht erfüllt werden. Die Variante 6 wird aufgrund ihrer geringen Überdeckung vermutlich größere Setzungen aufweisen als die Variante 5 mit einer Überdeckung ≥ 2xD_a. Eine Aussage über die prognostizierten Setzungen kann allerdings erst eine Setzungsanalyse liefern. Die Unterquerung der DB-Strecke mit einer Überdeckung < 2xD_a (Variante 5: h_B=ca. 1D_a) erfordert einen aufwändigen Nachweis. Ohne weitere Maßnahmen kann der Nachweis vermutlich nicht erfüllt werden.

Auch für die Variante 5 muss eine Setzungsanalyse zeigen, dass die gewählten Überdeckungen ausreichend sind, um die Setzungsanforderungen ≤ 1 cm zu erfüllen. Wie gezeigt, kann der südliche Anschluss sowohl in hoher als auch tiefer Lage ausgebildet werden. Die hohe Lage (vgl. Variante 5.2) bietet den Vorteil, dass der Versorgungskanal nicht abgebrochen

und umverlegt werden muss. Allerdings wird aufgrund der geringen Überdeckung im Bereich der Startbaugrube eine temporäre Geländeaufschüttung auf dem Flughafengelände erforderlich.

5 Betriebstechnische Ausstattung

In der DIN 67 524-1: 2019 ist neben der Beleuchtung von Tunneln auch die Beleuchtung von Geh- und Radwegen in Tunneln geregelt. Für den Radwegtunnel wird somit eine Beleuchtungsanlage erforderlich, um eine sichere Nutzung des Radwegtunnels zu gewährleisten.

Neben einer Tunnelbeleuchtung ist eine Belüftung des Tunnels vorzusehen, um eine Versorgung der Tunnelnutzer mit ausreichend frischer Zuluft sicherzustellen. Darüber hinaus ist eine Befahrbarkeit des Radwegtunnels durch Wartungsfahrzeuge zu gewährleisten, sodass auch die Abführung der Abluft sicherzustellen ist. Zur Unterbringung des Belüftungssystems kann für den in Abbildung 3 dargestellte Regelquerschnitt 3 der Platz oberhalb des freizuhaltenden Lichtraumprofils genutzt werden. Im Bereich der offenen Bauweise sind bei Bedarf Deckenvouten zur Unterbringung des Belüftungssystems vorzusehen. Aufgrund der im Vergleich zu einem Autotunnel geringen Brandlast wird keine Lüftung für den Brandfall benötigt. Da der Radwegtunnel im Regelfall nur von Radfahrern genutzt wird, sind als Brandlasten lediglich die Akkus der E-Bikes anzusetzen, sodass aufgrund der geringen Brandlasten keine Fluchtwege für den Radwegtunnel erforderlich werden. Wartungsfahrzeuge befinden sich nur in Ausnahmefällen im Tunnel und werden zudem nur von eingewiesenem Personal genutzt, sodass die daraus resultierenden Brandlasten als nicht maßgebend angesehen werden. Als sicherheitserhöhende Maßnahme können die Wartungsfahrzeuge zusätzlich mit Feuerlöschern ausgestattet werden. Sollten im Zuge der weiteren Planung trotzdem Notausgänge vorgesehen werden, könnten diese als Fluchttreppenhäuser außerhalb des Flughafengeländes angeordnet werden.

Zur Erhöhung des Fahrkomforts sowie der Sicherheit innerhalb des Radwegtunnels sollte eine Videoüberwachungsanlage mit entsprechenden Hinweisschildern sowie Notrufsprechstellen eingebaut werden.

Bei der Anordnung der betriebstechnischen Ausstattung ist die Freihaltung des Lichtraumprofils zu beachten. Der aktuelle Regelquerschnitt 3 für den maschinellen Vortrieb wurde basierend auf den Vorgaben einer lichten Breite von 5,00 m sowie einer lichten Höhe von 3,00 m entwickelt. Eine Befahrbarkeit des Radwegtunnels für Wartungsfahrzeugen mit einer Höhe von bis zu 3,10 m ist sowohl für den Regelquerschnitt 3 des maschinellen Vortriebs sowie auch für den Regelquerschnitt der offenen Bauweise sichergestellt. Basierend auf den Vorgaben der EABT-80/100 bzw. der RE-ING werden Rettungsstollen mit einer Länge ≤ 3.000 m aus Wirtschaftlichkeitsgründen nicht befahrbar (B=3,50 m, H=3,50 m) ausgebildet. Es wird ebenfalls von einer befahrbaren Ausbildung des Tunnels abgesehenen. Sollte eine Befahrbarkeit für alle Einsatzfahrzeugtypen gewünscht sein, wäre im Zuge der weiteren Planung ggf. eine Vergrößerung des Tunnelquerschnitts vorzunehmen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine Vergrößerung des Querschnitts auch eine Erhöhung der Kosten bedingt.

Aufgrund der Tiefenlage des Tunnels ist eine Freispiegelentwässerung nicht möglich, sodass im Tiefpunkt des Tunnels entsprechende Pumpen für die Entwässerung des Tunnels vorzusehen sind. Darüber hinaus ist im Zuge der nächsten Planungsphasen die Überflutungssicherheit des Tunnels nachzuweisen.

Da die betriebstechnische Ausstattung des Radwegtunnels im Rahmen der Machbarkeitsstudie nur am Rande beleuchtet wird, wird diese auch nicht in der nachfolgenden Grobkostenschätzung berücksichtigt.

6 Messtechnische Überwachung

Aufgrund der hohen Setzungsanforderungen im Bereich der Zwangspunkte wird für den Vortrieb eine aufwändige vermessungstechnische Überwachung erforderlich. In Abhängigkeit des zu unterquerenden Zwangspunktes, werden unterschiedliche Maßnahmen erforderlich.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wird angenommen, dass die nachfolgend beschriebene messtechnische Überwachung erforderlich wird. Entlang der Vortriebsachsen sind Oberflächenmesspunkte anzuordnen, welche durch ein tachymetrisches Monitoring-System zu überwachen sind. Im Bereich der kritischen Zwangspunkte der Landesstraße, Autobahn BAB A8, der DB-Strecke sowie den Flugbetriebsflächen sind zusätzlich Inklinometer zu installieren sowie das Messnetz zu verfeinern. Es müssen Warn-, Alarm- und Grenzwerte für zulässige Setzungen festgelegt werden. Zusätzlich sind Maßnahmenpläne zu erarbeiten, die bei Überschreitung definierter Setzungen durchzuführen sind.

Bei der Unterfahrung der BAB A8 und der Landesstraße kann es erforderlich werden, eine Geschwindigkeitsreduzierung für die Autofahrer vorzusehen. Zusätzlich können Gerät und Personal vorgehalten werden, die Fahrstreifen sperren können. Es wird als erforderlich erachtet, dass die DB-Strecke und die Start- und Landebahn in einem Zeitraum unterquert werden, in denen sie für den Verkehr gesperrt sind.

7 Grobkostenschätzung

Auf Basis von Erfahrungswerten bestehender Projekte wird eine grobe Kostenschätzung für die vier maschinellen Varianten erstellt. Die Grobkostenschätzung setzt sich hierbei aus übergeordneten Positionen zusammen und kann nur als Richtwert gesehen werden. Zudem wird darauf hingewiesen, dass sich die aktuelle Preisentwicklung infolge der Energie- und Gaspreise sowie der allgemeinen Baupreissteigerung nur schwer abschätzen lässt.

Tabelle 5: Grobkostenschätzung Variante 5.1

	Beschreibung	Größe	Einheitspreis	Kosten
Tunnel (Rohbau)	Trogstrecke	140 m	40.000 €/m	5,60 Mio. €
	Offene Bauweise	239 m	60.000 €/m	14,34 Mio. €
	Maschinelle Bauweise	897 m	40.000 €/m	35,88 Mio. €
Sonstiges	Betriebszentrale	1 Stück	800.000 €/Stück	0,80 Mio. €
	Unterzentrale	1 Stück	400.000 €/Stück	0,40 Mio. €
	Tunnelvortriebsmaschine	1 Stück	28 Mio. €/Stück	28,00 Mio. €
	Startschacht Nord	1 Stück	12 Mio. €/Stück	12,00 Mio. €
	Zielschacht Süd	1 Stück	12 Mio. €/Stück	12,00 Mio. €
	Rückbau/Wiederherstellung der Feuerwehrzufahrt Verlegung des Schachtes	Psch.	250.000€/Psch.	0,25 Mio. €
	Beweissicherung, Messprogramm	Psch.	100.000€/Psch.	0,10 Mio. €
Gesamtkosten				**109,37 Mio. €**

Tabelle 6: Grobkostenschätzung Variante 5.2

	Beschreibung	Größe	Einheitspreis	Kosten
Tunnel (Rohbau)	Trogstrecke	267 m	40.000 €/m	10,68 Mio. €
	Offene Bauweise	107 m	60.000 €/m	6,42 Mio. €
	Maschinelle Bauweise	897 m	40.000 €/m	35,88 Mio. €
Sonstiges	Betriebszentrale	1 Stück	800.000 €/Stück	0,80 Mio. €

	Unterzentrale	1 Stück	400.000 €/Stück	0,40 Mio. €
	Tunnelvortriebsmaschine	1 Stück	28 Mio. €/Stück	28,00 Mio. €
	Startschacht Nord	1 Stück	12 Mio. €/Stück	12,00 Mio. €
	Zielschacht Süd	1 Stück	12 Mio. €/Stück	12,00 Mio. €
	Geländeaufschüttung	86 m	1.000 €/m	0,09 Mio. €
	Beweissicherung, Messpro-gramm	Psch.	100.000€/Psch.	0,10 Mio. €
Gesamtkosten				**106,37 Mio. €**

Tabelle 7: Grobkostenschätzung Variante 6.1

	Beschreibung	Größe	Einheitspreis	Kosten
Tunnel (Rohbau)	Trogstrecke	140 m	40.000 €/m	5,60 Mio. €
	Offene Bauweise	227 m	60.000 €/m	13,62 Mio. €
	Maschinelle Bauweise	897 m	40.000 €/m	35,88 Mio. €
Sonstiges	Betriebszentrale	1 Stück	800.000 €/Stück	0,80 Mio. €
	Unterzentrale	1 Stück	400.000 €/Stück	0,40 Mio. €
	Tunnelvortriebsmaschine	1 Stück	28 Mio. €/Stück	28,00 Mio. €
	Startschacht Nord	1 Stück	12 Mio. €/Stück	12,00 Mio. €
	Zielschacht Süd	1 Stück	12 Mio. €/Stück	12,00 Mio. €
	Rückbau/Wiederherstellung der Feuerwehrzufahrt Verlegung des Schachtes	Psch.	250.000€/Psch.	0,25 Mio. €
	Rückbau/Wiederherstellung Wirtschaftsweg und Verlegung des Anschlusses	Psch.	500.000€/Psch.	0,50 Mio. €
	Beweissicherung, Messpro-gramm	Psch.	100.000€/Psch.	0,10 Mio. €
Gesamtkosten				**109,15 Mio. €**

Tabelle 8: Grobkostenschätzung Variante 6.2

	Beschreibung	Größe	Einheitspreis	Kosten
Tunnel (Rohbau)	Trogstrecke	148 m	40.000 €/m	5,92 Mio. €
	Offene Bauweise	132 m	60.000 €/m	7,92 Mio. €
	Maschinelle Bauweise	897 m	40.000 €/m	35,88 Mio. €
Sonstiges	Betriebszentrale	1 Stück	800.000 €/Stück	0,80 Mio. €
	Unterzentrale	1 Stück	400.000 €/Stück	0,40 Mio. €
	Tunnelvortriebsmaschine	1 Stück	28 Mio. €/Stück	28,00 Mio. €
	Startschacht Nord	1 Stück	12 Mio. €/Stück	12,00 Mio. €
	Zielschacht Süd	1 Stück	12 Mio. €/Stück	12,00 Mio. €
	Rückbau/Wiederherstellung der Feuerwehrzufahrt Verlegung des Schachtes	Psch.	250.000€/Psch.	0,25 Mio. €
	Geländeaufschüttung	71 m	1.000 €/m	0,07 Mio. €
	Beweissicherung, Messpro-gramm	Psch.	100.000€/Psch.	0,1 Mio. €
Gesamtkosten				**103,34 Mio. €**

8 Variantenuntersuchung Bestandstunnel

In Kapitel 4 wurde die bauliche Umsetzbarkeit eines neuen Radfahrertunnels, sowohl in bergmännischer sowie auch in maschineller Bauweise, unterhalb des Stuttgarter Flughafens geprüft. Aufgrund verschiedener Aspekte, wie z.B. den Risiken und Kosten sowie der wenig attraktiven hohen erforderlichen Tiefenlage, die sich im Zuge der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie herauskristallisierten, wurde sich dazu entschieden, neben einem neuen Radfahrertunnel zusätzlich die bauliche Umsetzbarkeit eines Umbaus des bestehenden B 312 Flughafentunnels zu überprüfen. Vorgabe hierbei war, dass Busse sowie Einsatzfahrzeuge den Bestandstunnel unter Sperrung und Räumung des Tunnels weiterhin in beiden Richtungen durchfahren können.

Der B 312 Flughafentunnel wird derzeit mit zwei Fahrstreifen im Gegenverkehr bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h betrieben. Auf Vorschlag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg soll eine Querschnittsumgestaltung untersucht werden, die eine Aufgliederung des Tunnels in einen Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr sowie einen kombinierten Geh- und Radweg vorsieht sowie einen kombinierten Geh- und Radweg vorsieht. Die zu untersuchenden lichten Querschnittsabmessungen wurden hierbei vom Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg vorgegeben. Insgesamt wurden drei verschiedene Varianten untersucht.

Diese im Folgenden als Variante 1 benannte Querschnittsausbildung bedingt eine Rücknahme eines Fahrstreifens für den MIV. Der entfallene Fahrstreifen wird in einen kombinierten Geh- und Radweg, unter Nutzung des bereits bestehenden Hochgehwegs, umgewandelt. Durch die Rücknahme eines Fahrstreifens für den MIV wird der Verkehr auf die umliegenden Verkehrsachsen verdrängt. Für den ÖPNV sowie auch für Rettungsdienste soll der Tunnel weiterhin in beide Fahrtrichtungen befahren werden können, was eine temporäre Tunnelsperrung bedingt. Gemäß Verkehrsgutachten wird der Bestandstunnel in einer Stunde maximal 5-mal je Fahrtrichtung durch Linienbusse durchquert. Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 50 km/h benötigt ein Fahrzeug zur Durchfahrt etwa 40 Sekunden. Die Strecke zwischen den beiden Knotenpunkten beträgt ca. 700m, wofür ein Fahrzeug bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 50 km/h etwa 50 Sekunden benötigt [MC 2023].

In Ergänzung zu dieser Maßnahme werden im Anschluss an das Nordportal weniger Fahrstreifen für den MIV benötigt. Zur Verbesserung der Radschnellwegbelange im Bereich des nördlichen Tunnelportals wird zusätzlich die Wegnahme einer der beiden Fahrstreifen der B 312 in Richtung Plieningen sowie ein Brückenneubau mit zuführender Anrampung über den Rampenfußpunkt der A8-Anschlussstelle Stuttgart-Plieningen untersucht.

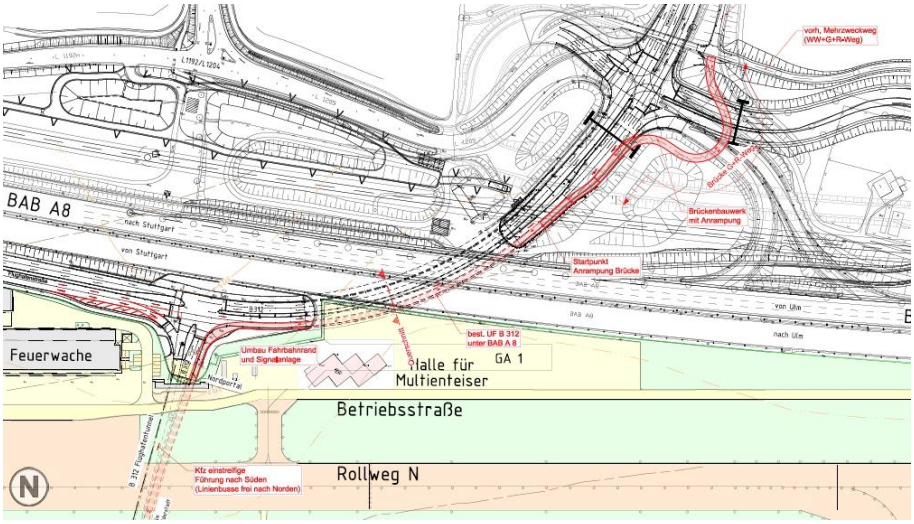


Abbildung 15: Schematische Radwegführung im Bereich des nördlichen Tunnelvorfelds

8.1 Allgemeine Vorgaben

Für die beiden vorgenannten Varianten sind im Rahmen der Machbarkeitsstudie sowohl die Vorgaben für Radschnellwege als auch die Vorgaben für Gehwege zu berücksichtigen.

8.1.1 Radwege

Für einen einseitigen Zweirichtungsradweg beträgt das Regelmaß gem. ERA 3,0 m. Für einen gemeinsamen Geh- und Radweg (innerorts) werden ≥ 2,50 m sowie außerorts 2,50 m vorgesehen. Zusätzlich ist ein Sicherheitstrennstreifen von 75 cm innerorts (v>50km/h) bzw. 50 cm bei v≤50 km/h, sowie 1,75 m außerorts zur Fahrbahn hin vorzusehen. Dies gilt bei festen Einbauten bzw. hohen Verkehrsstärken. Des Weiteren ist ein Sicherheitsabstand von mindestens 25 cm von Verkehrseinrichtungen und sonstigen Einbauten einzuhalten (vgl. hierzu ERA-Abschnitt 3.4).

8.1.2 Radschnellweg

Die Vorgaben aus den Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg sehen bei einer gemeinsamen Führung von Rad- und Fußverkehr mit Zweirichtungsverkehr an Hauptverkehrsstraßen eine Regelbreite innerorts für Standard „Radschnellverbindung reduziert“ von 4,00 m sowie außerorts von ≥ 3,50 m vor. Die Mindestbreite außerorts wird mit ≥ 3,50 m bei ≤ 40 Fußgängern in der Spitzenstunde für den Radverkehr angegeben [VM 2018]. Somit unterschreitet die seitens des Verkehrsministeriums vorgegebene lichte Breite von 3,00 m für den kombinierten Geh- und Radweg innerhalb des Tunnels die Vorgaben für "Radschnellverbindungen reduziert“. Zusätzlich sind gem. ERA zu festen Einbauten Sicherheitsabstände von 0,25 m vorzusehen sowie ein 1,75 m breiter Sicherheitstrennstreifen außerorts bzw. 0,75 m innerorts zur Fahrbahn.

Führungsform	Standard „Radschnellverbindung	Standard „Radschnellverbindung reduziert“
Gemeinsame Führung von Rad- und Fußverkehr mit **Zweirichtungsverkehr**	in der Regel kein Einsatz[2]	innerorts: bei ≤ 40 Fußgängern in der Spitzenstunde für den Radverkehr Regelbreite: 4,00 m Mindestbreite: 3,00 m + 0,75 m Sicherheitstrennstreifen zur Fahrbahn außerorts: bei ≤ 40 Fußgängern in der Spitzenstunde für den Radverkehr Breite: ≥ 3,50 m + 1,75 m Sicherheitstrennstreifen zur Fahrbahn

Tabelle 9: Regelbreiten für Radschnellverbindungen an Hauptverkehrsstraßen

Gemäß ERA ist eine Mindestquerneigung von 2,5 % vorzusehen, um einen Wasserabfluss zu gewährleisten. Für Unterführungen ist eine lichte Höhe von 2,50 m vorzusehen, anzustreben sind 3,0 m.

8.1.3 Gehweg

Grundsätzlich gelten die in Kapitel 4.2.1.2.2 aufgeführten Vorgaben für Gehwege. Bei einer gemeinsamen Nutzung von Rad- und Fußverkehr sollen Neigungen von mehr als 6 % vermieden werden, um auch den Belangen von mobilitätseingeschränkten Personen gerecht zu werden.

8.2 Querschnittsgestaltung Bestandstunnel

Gemäß Vorgaben des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg soll der kombinierte Geh- und Radweg mit einer lichten Breite von 3,0 m ausgebildet werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die lichte vorgegebene Breite von 3,00 m die gem. den Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg vorgegebene Breite außerorts von ≥ 3,50 m bei ≤ 40 Fußgängern in der Spitzenstunde für den Radverkehr unterschreitet [VM 2018]. Zusätzlich dazu sind gem. ERA zu festen Einbauten Sicherheitsabstände von 0,25 m vorzusehen sowie ein 0,75 m bzw. 1,75 m breiter Sicherheitstrennstreifen zur Fahrbahn.

Gem. Vorgaben des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg wird der Fahrstreifen mit einer Breite von 3,45 m ausgeführt. Variante 1 sieht eine Verbreiterung des bestehenden Hochwegs auf eine Gesamtbreite von 3,25 inklusive des Geländers vor. Die Querneigung des kombinierten Geh- und Radwegs beläuft sich auf 2,0% und ergibt sich aus der Querneigung des bestehenden Hochgehwegs. Neben dem baulich erhöhten kombinierten Geh- und Radweg wird ein 1,0 m breiter regelkonformer Notgehweg mit einer Bordhöhe von 3 cm angeordnet. Der bestehende Notgehweg an der westlichen Tunnelwand bleibt mit einer von den Regelwerken abweichenden Breite von ca. 60 - 70 cm sowie einer Bordhöhe von ca. 17 cm bestehen. Gem. ERA ist für Unterführungen eine lichte Höhe von

[2] ** Wenn keine der aufgeführten Führungsformen in Frage kommt, kann unter bestimmten Voraussetzungen der Einsatz einer gemeinsamen Führung mit Fußgängern erfolgen: Das Fußgängeraufkommen muss gering sein (≤ ca. 25 Fußgänger in den jeweiligen Spitzenstunden des Radverkehrs). Die Breite des gemeinsamen Geh-/Radweges beträgt in diesen Fällen mindestens 4,00 m im Einrichtungsverkehr und mindestens 5,00 m im Zweirichtungsverkehr. Bei fahrbahnparalleler Führung ist der reguläre Sicherheitstrennstreifen einzuhalten. Die Anwendung darf nur auf Streckenabschnitten ohne starke Längsneigung erfolgen.*

2,50 m vorzusehen, anzustreben sind 3,0 m. Die Mindesthöhe wird im Bereich der Befestigungskonstruktionen der Strahlventilatoren bei Umsetzung der Variante 1 um ca. 30 cm (lichte Höhe von 2,20 m) unterschritten. Zur Einhaltung der Mindesthöhe sollte die bestehende Befestigungskonstruktion gegen eine Aufhängung der Strahlventilatoren an der Tunneldecke ausgetauscht werden. Dies ist im Zuge der betriebstechnischen Planung im Detail zu beleuchten.

Grundsätzlich ist zu erwähnen, dass die Planerstellung sowie die daraus resultierenden Maßangaben basierend auf eingescannten PDF-Dateien erfolgt ist und keine DWG-Dateien vorlagen. Die daraus resultierenden Ungenauigkeiten bei der Planerstellung sind somit zu berücksichtigen.

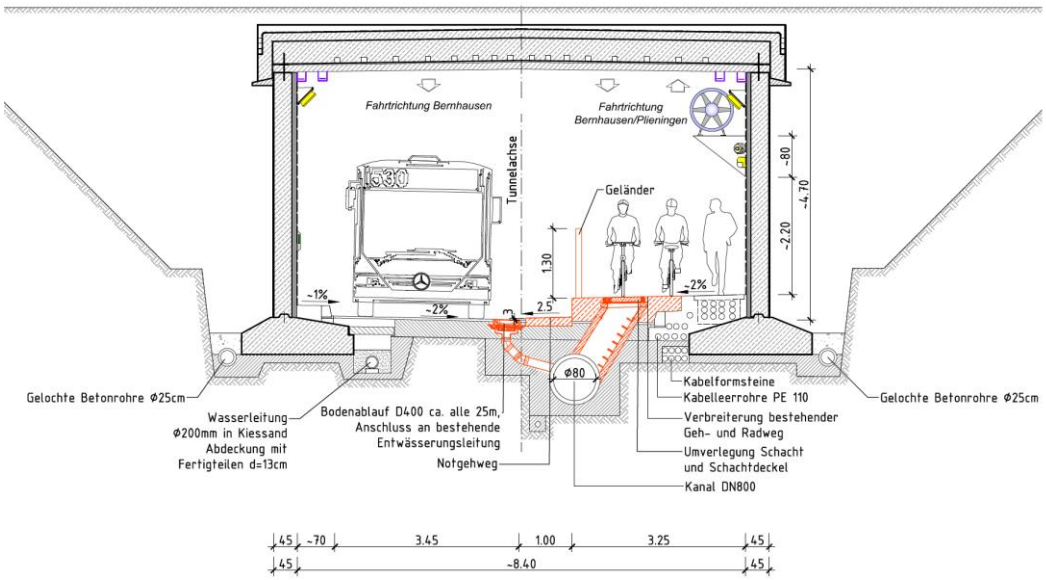


Abbildung 16: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel alter Teil – Variante 1

Die nutzbare Breite zwischen den Fahrbahnmarkierungen muss gem. Vorgaben der RE-ING und EABT-80/100 mindestens 3,25 m betragen. Es können Schmalstriche als Fahrbahnrandmarkierung, gegebenenfalls auch auf der Schlitzrinne, aufgebracht werden. Neben der Fahrbahn sind Randstreifen anzuordnen, die auf 0,25 m Breite reduziert werden können, was als zulässige Einschränkung im Bereich von Bauwerken gesehen werden kann und auch in Regellösungen nach EABT zur Anwendung kommt (vgl. RQ 36t). Innerhalb des Randstreifens kann die Fahrbahnrandmarkierung als Schmalstrich aufgebracht werden, welcher nach den Vorgaben der Richtlinien für die Markierung von Straßen (RMS) eine Breite von 0,12 m aufweist.

Der B 312 Flughafentunnel weist im jetzigen Zustand keine Randstreifen auf. Der Bordstein grenzt direkt an den Fahrstreifen, sodass keine seitliche Fahrbahnmarkierung vorhanden ist. Die Fahrstreifenbreite ist gegenüber der Regellösung nach RE-ING und EABT-80/100 im alten Teil des Tunnels reduziert und beträgt nur 3,0 m pro Fahrstreifen. Im neuen Teil des Tunnels beläuft sich die Fahrstreifenbreite auf 3,50 m [ILF 2 2022].

Die angedachte Querschnittsbreite von 3,45 m würde somit eine Verbreiterung der Fahrstreifenbreite um 45 cm bedeuten. Zudem wird der Tunnel nicht mehr im Gegenverkehr, sondern nur noch im Richtungsverkehr betrieben, was eine Reduzierung der Unfallwahrscheinlichkeit erwarten lässt. Trotzdem stellt die vorgegeben Fahrstreifenbreite eine Sonderlösung abweichend zu den geltenden Regelwerken dar, da die Randstreifen fehlen so-

wie die Mindestfahrstreifenbreite geringfügig unterschritten wird. Der B 312 Flughafentunnel weist sowohl bauliche als auch betriebstechnische Abweichungen zur RE-ING sowie EABT-80/100 auf, welche detailliert in einer quantitativen Risikoanalyse [ILF 2 2022] untersucht wurden. Die aus der Risikoanalyse resultierenden Ergebnisse sowie umzusetzenden Maßnahmen behalten auch bei der im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie zu untersuchenden Querschnittsumgestaltung ihre Wirkung und sind im weiteren Verlauf der Planung zu berücksichtigen.

Im Bereich des nördlichen neuen Tunnelteils beläuft sich die bestehende lichte Notgehwegsbreite bereits auf ca. 2,50 m, sodass das bestehende Geländer zu entfernen sowie der neue kombinierte Geh- und Radweg bei der Variante auf 3,25 m inkl. Geländer zu verbreitern ist. Die Querneigung des kombinierten Geh- und Radwegs beläuft sich auf ca. 2,5% und ergibt sich aus der Querneigung des bestehenden Geh- und Radwegs. Neben dem kombinierten Geh- und Radweg wird ein 1,0 m breiter regelkonformer Notgehweg mit einer Bordhöhe von 3 cm angeordnet. Der bestehende Notgehweg an der westlichen Tunnelwand bleibt mit einer regelkonformen Breite von ca. 1,50 m sowie einer von der EABT-80/100 bzw. RE-ING abweichenden Bordhöhe von ca. 17 cm bestehen. Im Bereich des Übergangs zwischen dem neuen und dem alten Tunnelteil ist ein Höhenausgleich, wie bereits im Bestand umgesetzt, vorzusehen.

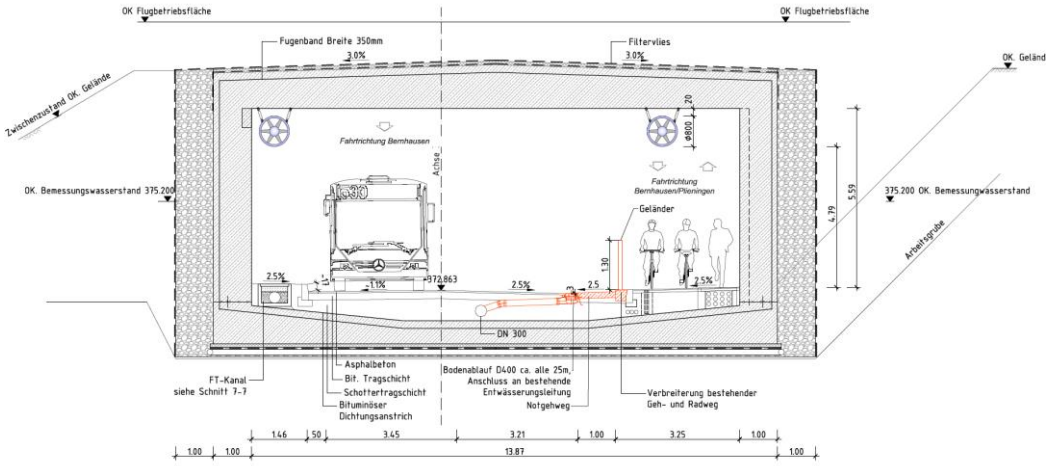


Abbildung 17: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel neuer Teil – Variante 1

Variante 2.1 sieht einen Abbruch des bestehenden Hochwegs sowie eine Verbreiterung des kombinierten Geh- und Radwegs auf ca. 4,18 m vor. Die Gesamtbreite setzt sich aus einem 3,00 m breiten kombinierten Geh- und Radweg sowie einem angrenzenden Sicherheitstrennstreifen von 75 cm Breite zuzüglich des Platzbedarfs der Leerrohrhochführung zusammen. Zum aktuellen Zeitpunkt bestehen noch keine geltenden Regelwerke, welche die detaillierte Ausbildung von Radschnellwegen bzw. kombinierten Geh- und Radwegen in Tunneln regeln, sodass die Vorgaben der bestehenden Regelwerke (RASt, ERA, H RSV sowie die Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg innerorts) für die Ausbildung des Sicherheitstrennstreifens von 75 cm Breite herangezogen wurden. Aufgrund des Abbruchs des Hochgehwegs sowie der darin befindlichen Leerrohrtrassen, müssen die bestehenden Leerrohre umverlegt werden. Im Bereich der Hochführungen zu den betriebstechnischen Einrichtungen wird eine Brandschutzplattenverkleidung in F90 erforderlich, die den kombinierten Geh- und Radweg punktuell um ca. 43 cm einengt. Diese punktuellen Einengungen wurden bei der Querschnittsaufteilung über die gesamte Tunnellänge berücksichtigt. In Abhängigkeit der Abstände der erforderlichen Leerrohrhochführungen können zwischen diesen z.B. Betonleitwände als Anprallschutz vorgesehen werden. Die minimale lichte Höhe des kombinierten Geh- und Radwegs im Bereich der

Strahlventilatoren beläuft sich bei Variante 2 auf ca. 2,50 m, sodass die erforderliche Mindesthöhe gem. ERA eingehalten wird.

Für die Variante 2.1 wird kein separater Notgehweg vorgesehen, da der höhengleiche Sicherheitstrennstreifen sowie der unmittelbar angrenzende kombinierte Geh- und Radweg als Notgehweg mitgenutzt werden kann. Aufgrund der Lage des östlichen, bestehenden Tunnelfundaments sowie des Leerrohrbiegeradius von 1,00 m müsste der kombinierte Geh- und Radweg auf eine mindestens 7 cm Bordhöhe erhöht und mit einer erhöhten Querneigung von 3,5% ausgebildet werden. Im RABT-Ausschuss wird aktuell eine Erhöhung der Bordhöhe von Radwegen innerhalb von Tunneln auf 12 cm diskutiert, da dies einen zusätzlichen Sicherheitsgewinn für die Radwegnutzer darstellt. Diese Vergrößerung der Bordhöhe auf 12 cm wird auch für den neuen kombinierten Geh- und Radweg vorgesehen. Somit würde die Bordhöhe die gem. EABT-80/100 bzw. RE-ING vorgegebene Höhe von 3 cm überschreiten und den Belangen mobilitätseingeschränkter Personen nicht gerecht werden. Die Erhöhung der Bordhöhe impliziert jedoch einen Sicherheitsgewinn für die Nutzer des kombinierten Geh- und Radwegs, da ein 12 cm Bord z.B. durch LKW-Fahrer ein deutlich größeres Hindernis als ein 3 cm Bord darstellt. Neben der baulichen Erhöhung können außerdem überfahrbare Leitschwellen im Bericht des Sicherheitstrennstreifens angeordnet werden. Die Variante 2.1 besitzt gegenüber der Variante 1 den Vorteil, dass der kombinierte Geh- und Radweg ebenfalls durch Rettungsdienste im Einsatzfall nutzbar wäre.

Der bestehende Notgehweg an der westlichen Tunnelwand bleibt mit einer von den Regelwerken abweichenden Breite von ca. 60 - 70 cm sowie einer Bordhöhe von ca. 17 cm bestehen. Die Fahrstreifenbreite beläuft sich auf ca. 3,52 m.

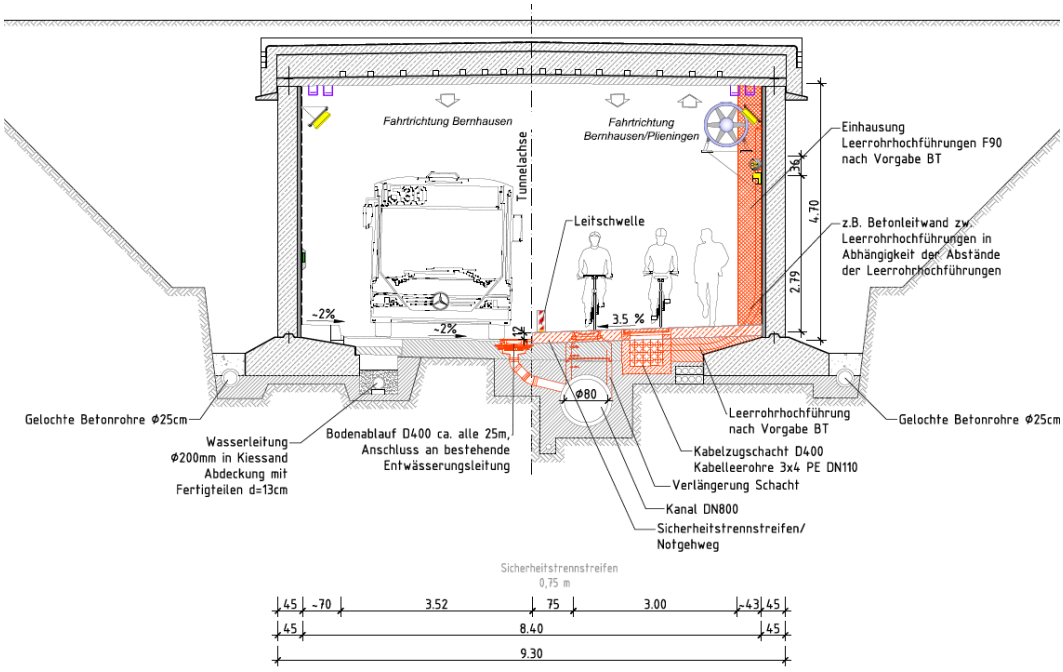


Abbildung 18: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel alter Teil – Variante 2.1

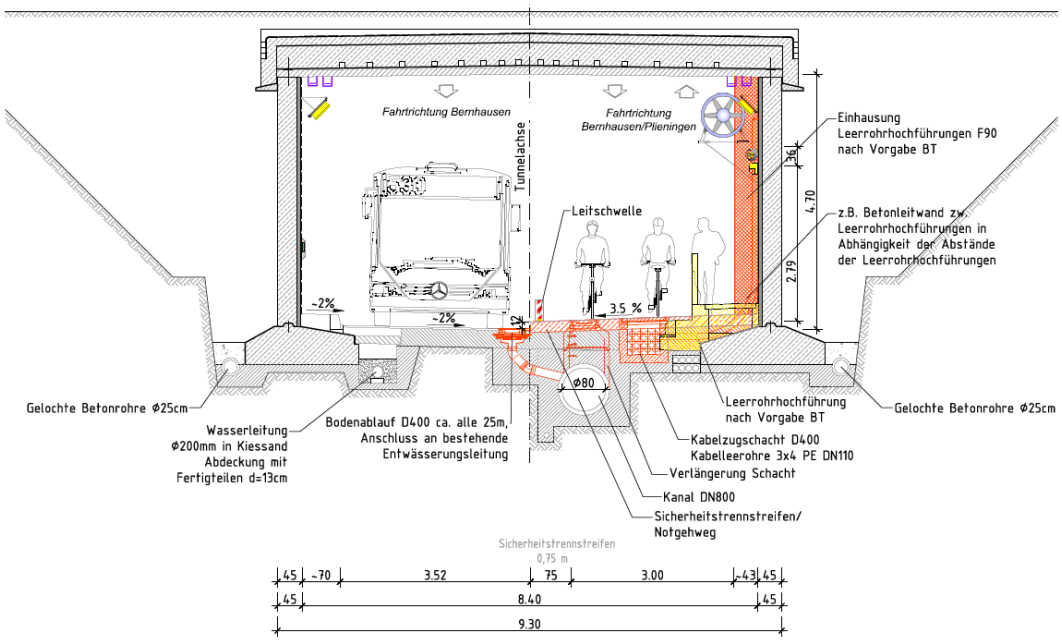


Abbildung 19: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel alter Teil – Variante 2.1 mit Abbruch

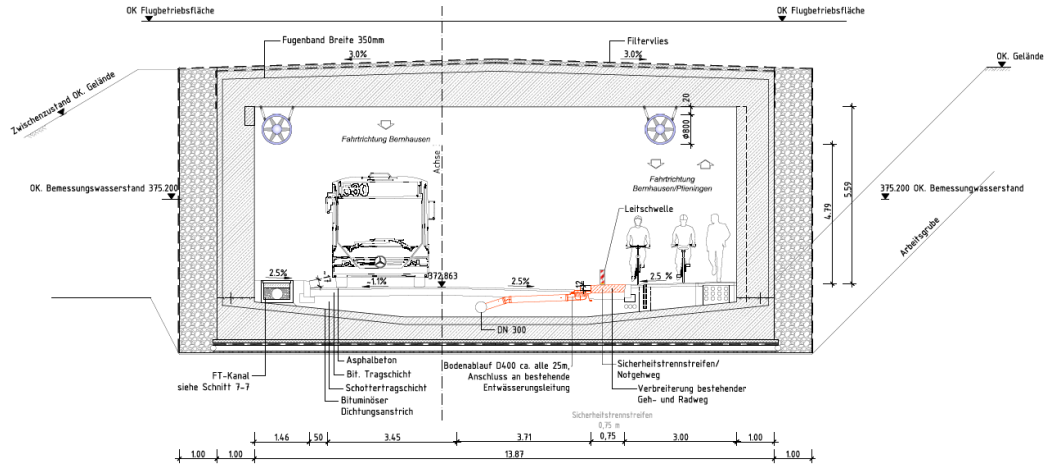


Abbildung 20: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel neuer Teil – Variante 2.1

Aufgrund der Abweichungen der Variante 2.1 von der EABT-80/100 bzw. RE-ING wurde eine weitere, möglichst regelkonforme Variante 2.2 untersucht. Bei einer Bordhöhe von 3 cm sowie einer Querneigung von 2,5% ist eine Leerrohrführung oberhalb des östlichen Fundaments nicht möglich. Aus diesem Grunde wurde eine Leerrohrhochführung auf westlicher Tunnelseite untersucht, die jedoch auch bei einer maximal möglichen Verbreiterung des westlichen Notgehwegs aufgrund einer zu geringen Leerrohrüberdeckung für den LKW-Verkehr, nicht umsetzbar ist. Ferner sind die Hauptverbraucher, wie die Notrufnischen und die Strahlventilatoren größtenteils auf der östlichen Tunnelseite angeordnet, sodass bei dieser Variante ein Großteil der Leerrohrquerungen an der Tunneldecke erfolgen müsste. Zusammenfassend ist bei dieser Variante die Machbarkeit nicht gegeben, sodass die Variante 2.2 nicht weiterverfolgt wurde.

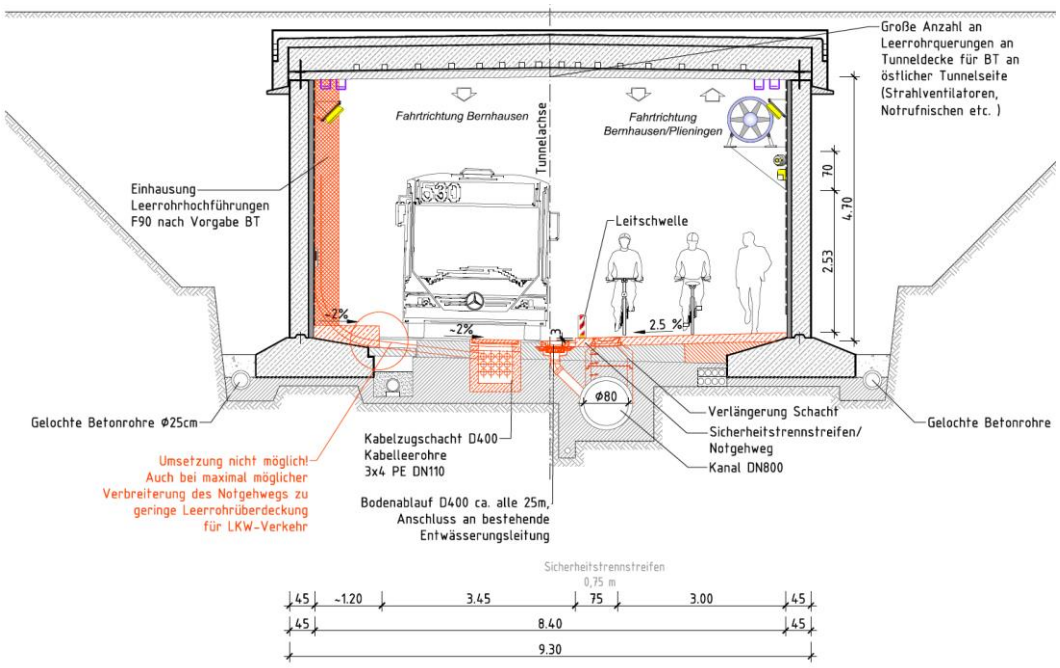


Abbildung 21: Schematische Querschnittsausbildung Sanierung Bestandstunnel alter Teil – Variante 2.

8.3 Konstruktion

Bei der Variante 1 erfolgt eine Verbreiterung des bestehenden Hochgehwegs aus bewehrtem Kappenbeton sowie der Neubau des 1,30 m hohen Geländers gem. Gel 4 Zeichnung der RiZ-ING. Im Bereich der Notrufeinrichtungen sind im Geländer 1,0 m Breite Öffnungen für die Tunnelnutzer vorzusehen. Weitere Geländeröffnungen sollten für den Angriffsweg der Rettungsdienste vorgesehen werden.

Nach den EABT-80/100, Abschn. 5.1.5 ist das Entwässerungssystem gemäß ZTV-ING Teil 5 - Tunnelbau auszuführen. Zur Ableitung von Flüssigkeiten, insbesondere im Hinblick auf die Freisetzung von gefährlichen Gütern (z. B. Tankwagenunfall), ist über die gesamte Tunnellänge eine Schlitzrinne vorzusehen. Die Schlitzrinne ist durch Schotts in 50 m lange Abschnitte zu unterteilen, die je für eine Abflussmenge von 100 l/s auszulegen sind. Die Entwässerung des B 312 Flughafentunnels erfolgt über Entwässerungsrinnen an beiden Portalen sowie über einzelne Seitenabläufe, die am östlichen Fahrbahnrand im Tunnel angeordnet sind. Das angesammelte Tunnelwasser fließt über Entwässerungsleitungen zum Hauptsammler DN1400 und weiter in das Becken des Pumpwerks am Südportal. Dort erfolgt eine vollautomatische pegelabhängige, stufenweise Einschaltung der drei Förderpumpen. Die von den EABT-80/100 bzw. RE-ING geforderte Schlitzrinne ist nicht vorhanden. Basierend auf den Ergebnissen der quantitativen Risikoanalyse von ILF [ILF 2022] und der Tatsache, dass der Tunnel für Gefahrguttransporte nicht freigegeben ist sowie der geringen Aufbauhöhen im neuen Tunnelteil mit geschlossener Sohle, wird bei allen Varianten auf die Anordnung einer Schlitzrinne verzichtet.

Die bestehenden Schächte sowie Schachtdeckel befinden sich im Bereich der Fahrbahn und müssen umverlegt werden. Um weiterhin eine Begehung der Bestandsentwässerungsleitung zu ermöglichen, sind die Schächte schräg in den Bereich des neuen kombinierten Geh- und Radwegs zu verlegen sowie neue Edelstahl Schachtabdeckungen zu montieren. Die am östlichen Fahrbahnrad angeordneten Straßenabläufe sowie deren Anschluss an die bestehende Entwässerung ist zu demontieren. Die neuen D400 Straßenabläufe sind neben dem zu errichtenden Notgehweg vorzusehen und auf ein Raster von 25 m zu verdichten

sowie an die bestehende Entwässerung anzuschließen. Den zur Verfügung gestellten Bestandsplänen ist nicht eindeutig zu entnehmen, wie die bestehenden Straßenabläufe an die Bestandsentwässerung angeschlossen sind. Es wird angenommen, dass diese im alten Tunnelteil an den bestehenden DN800 Kanal sowie im neuen Tunnelteil an die bestehende DN300 Längsentwässerungsleitung angeschlossen sind. Es wird empfohlen, im Zuge der nächsten Wartung eine Begehung der Schächte vorzunehmen, um die Anbindung an die Bestandsentwässerung zu überprüfen.

Auf westlicher Seite des neuen kombinierten Geh- und Radwegs wird ein 1,00 m breiter Notgehweg aus Kappenbeton angeordnet. Hierzu ist die bestehende Betonfahrbahn um ca. 15 cm abzufräsen und anschließend der neue Notgehweg aus bewehrtem Kappenbeton zu errichten. Gem. der vorhandenen Bestandsunterlagen [WF 1991] besitzt der alte Tunnelteil eine Betonfahrbahn mit einer zusätzlichen ca. 4 cm dicken Asphaltdeckschicht. Da den Planunterlagen kein detaillierter Aufbau der Betonfahrbahn bzw. deren Kennwerte zu entnehmen ist, wird empfohlen den Fahrbahnaufbau mittels Kernbohrungen zu untersuchen sowie dessen Festigkeiten zu überprüfen.

Im Bereich des nördlichen neuen Tunnelteils beläuft sich die bestehende lichte Notgehwegsbreite bereits auf ca. 2,50 m, sodass das bestehende Geländer zu demontieren sowie der kombinierte Geh- und Radweg mittels eines Streifenfundaments auf die erforderliche Breite von 3,25 m zu vergrößern ist. Das Geländer wird identisch zum alten Tunnelteil neu montiert sowie der 1,00 m breite Notgehweg als Kappenbeton ergänzt. Die neu zu errichtenden Straßenabläufe werden an die bestehende DN300 Tunnellängsentwässerungsleitung angeschlossen. Der Fahrbahnaufbau des neuen Tunnelteils setzt sich aus einer Schottertragschicht, einer bituminösen Tragschicht sowie dem obenliegenden ca. 4 cm dicken Asphaltbeton zusammen.

Bei der Variante 2.1 bedingt der Abbruch des Hochgehwegs ebenfalls eine Umverlegung der Straßenabläufe. Die bestehenden Schächte sind zu verlängern sowie neue Edelstahl Schachtabdeckungen zu montieren. Die am östlichen Fahrbahnrand angeordneten Straßenabläufe sowie deren Anschluss an die bestehende Entwässerung ist zu demontieren. Die neuen D400 Straßenabläufe sind neben dem zu errichtenden Notgehweg aus Kappenbeton vorzusehen und auf ein Raster von 25 m zu verdichten sowie an die bestehende Entwässerung anzuschließen. Im Bestand werden die Leerrohre im alten Tunnelteil innerhalb des Hochgehwegs verlegt und sind mittels Kabelziehschächten zugänglich. Im unteren Bereich des Hochgehwegs sind weitere Leerrohre in den vorliegenden Regelquerschnitten erkennbar. Weiterhin sind unterhalb des Hochgehwegs weitere Leerrohre in Kabelformsteinen angeordnet. Im Bereich des neuen Tunnelteils sind die Leerrohre innerhalb des Geh- und Radwegs verlegt und ebenfalls mittels Kabelziehschächten zugänglich. Unterhalb des Hochbords sind weitere Leerrohre angeordnet. Detaillierte Pläne mit Darstellung der Leerrohrverläufe liegen zum aktuellen Stand der Planung nicht vor. Es wird davon ausgegangen, dass nur das 3x4 PE DN110 Leerrohrpaket durch den gesamten Tunnel verläuft. Die weiteren Leerrohre innerhalb des Hochgehwegs scheinen unbelegt zu sein, da diese im später errichteten neuen Tunnelteil nicht weitergeführt werden. Die weiter unterhalb angeordneten Leerrohre in den Kabelformsteinen scheinen von 2x4 auf 1x3 Leerrohre im Bereich des neuen Tunnelteils reduziert worden zu sein. Da diese nicht über Kabelziehschächte zugänglich sind, wird angenommen, dass diese durch den Tunnel geführt und nicht unmittelbar für die betriebstechnische Ausstattung des Tunnels genutzt werden. Für die Variante 2.1 wird aus diesem Grund der Neubau von 3x4 PE DN110 Leerrohren vorgesehen. Die Kabelleerrohre im unteren Bereich bleiben bestehen. Aufgrund des Abbruchs des Hochgehwegs sind die Kabelziehschächte neu zu errichten und Leerrohrhochführungen in Abständen von ca. 50 cm nach Vorgabe der betriebstechnischen Planung vorzusehen. Aufgrund des erforderlichen Leerrohrradius von 1,0 m für große Verbraucher wie z.B. den Strahlventilatoren ragen die Leerrohrhochführungen in den Verkehrsraum hinein und

müssen mit einer brandschutztechnischen F90 Verkleidung eingehaust werden. Zusätzlich dazu können beispielsweise Betonleitwände als Anprallschutz in den Zwischenräumen der Einhausungen vorgesehen werden.

Unter Annahme eines Lastausbreitungswinkels des Fundaments von 45° wird nach erster Einschätzung bei den vorgesehenen Maßnahmen der Variante 1 sowie 2.1 keine Setzungsgefahr, welche Auswirkungen auf den Flughafenbetrieb haben könnte, identifiziert. Im weiteren Verlauf ist diese erste Einschätzung mittels einer detailliert statischen Untersuchung nachzuweisen.

8.4 Trassierung

Die Längsneigung des kombinierten Geh- und Radwegs sowie auch des bereits bestehenden Hochgehwegs orientiert sich an der Längsneigung des Tunnels, die sich maximal auf +3,59 % beläuft. Die Vorgaben der Regelwerke werden somit eingehalten.

8.5 Betriebstechnische Ausstattung

In der DIN 67 524-1: 2019 ist neben der Beleuchtung von Tunneln auch die Beleuchtung von Geh- und Radwegen in Tunneln geregelt. Für den Radwegtunnel wird somit eine Beleuchtungsanlage erforderlich, um eine sichere Nutzung des Radwegtunnels zu gewährleisten. Im Mischverkehrsbetrieb muss die Beleuchtung so ausgelegt sein, dass Personen und Radfahrer sich als deutlicher Kontrast gegenüber dem Umfeld abheben. Um dies zu gewährleisten, könnte z.B. das Beleuchtungsniveau um 30 % angehoben und eine Zusatzbeleuchtung für den Fuß- / Radweg vorgesehen werden. [Baltzer 2023]

Neben einer Tunnelbeleuchtung ist eine Belüftung des Tunnels vorzusehen, um eine Versorgung der Tunnelnutzer mit ausreichend frischer Zuluft sicherzustellen. Eine Tunnelbeleuchtung – sowie Belüftung ist bereits im B 312 Flughafentunnel installiert. Im Zuge der weiteren betriebstechnischen Planung ist zu überprüfen, ob diese dem aktuellen Stand der Technik für Geh- und Radwegen in Tunneln genügt.

Aktuell besitzt der Tunnel keine Notausgänge in einem Abstand ≤300 m und weicht somit von den Vorgaben der EABT-80/100 sowie RE-ING ab. Als Kompensationsmaßnahme soll gem. der quantitativen Risikoanalyse [ILF 2022] eine automatische Brandbekämpfungsanlage vorgesehen werden. Die aus der Risikoanalyse resultierenden Ergebnisse sowie umzusetzenden Maßnahmen behalten auch bei der im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie zu untersuchenden Querschnittsumgestaltung ihre Wirkung und sind im weiteren Verlauf der Planung zu berücksichtigen und umzusetzen.

Bei der Variante 2.1 ist zu berücksichtigen, dass im Bereich des alten Tunnelteils eine lichte Höhe zwischen Geh- und Radweg sowie der seitlich montierten Strahlventilatoren von ca. 2,79 m vorliegt. Im Bereich des neuen Tunnelteils beläuft sich die lichte Höhe zwischen Geh- und Radweg sowie den an der Tunneldecke befestigten Strahlventilatoren auf ca. 3,70 m. Somit ist der kombinierte Geh- und Radweg mit Rettungstransportwagen mit einer Höhe von ca. 2,70 m noch befahrbar. Für die höheren Feuerwehrfahrzeuge ist jedoch nur eine bedingte Befahrbarkeit in Teilbereichen gegeben.

Da die betriebstechnische Ausstattung des Radwegtunnels im Rahmen der Machbarkeitsstudie nur am Rande beleuchtet wird, wird diese auch nicht in der nachfolgenden Grobkostenschätzung berücksichtigt.

8.6 Radfahrbrücke

Es ist geplant, die Radwegtrasse nördlich der BAB 8 kreuzungsfrei an den bestehenden Radweg anzuschließen. Die Streckenführung sieht daher vor, den Radweg entlang der B312 auf einem Rampenbauwerk zu führen und im Bereich der Autobahnauffahrt, östlich der Mittleren Filderstraße, zu verschwenken. Im Anschluss überführt die Brücke den Radweg über die Auffahrt der BAB 8 und endet nördlich am bestehenden Radweg.

8.6.1 Querschnittsgestaltung

Der geplante Radweg soll für beide Richtungsfahrbahnen eine Breite von mind. 3,0-4,0 m aufweisen. Um den Radverkehr unterhalb der bestehenden Brückenbauwerke der L1204 bzw. der Bahn zu führen, wir eine Höhe des Lichtraumprofils von 2,75 m angestrebt.

Das Rampenbauwerk wird als hinterfülltes Trogbauwerk konzipiert.

Das Brückenbauwerk wird als semiintegraler Überbau über drei Felder geplant. Das einzuhaltende Lichtraumprofil der überführten Autobahnauffahrt in Verbindung mit der maximalen Trassierungssteigung von 6 % führt zu einer Schlankheit des Überbaus, die einen reinen Stahlquerschnitt empfehlenswert macht.

8.6.2 Konstruktion

Das Rampenbauwerk wird als hinterfüllter Stahlbetontrog konzipiert. Die Höhe des Troges verläuft analog zur Radwegtrassierung. Der Fahrbahnaufbau des Radweges befindet sich damit auf dem Hinterfüllmaterial. Am Wandkopf des Troges befindet sich das Geländer.

Das Brückenbauwerk ist als semiintegrales Stahltragwerk konzipiert. Der stählerne Überbau ist biegesteif mit den stählernen Pfeilern verbunden, während die Lagerung an den Widerlagern frei verschieblich in Brückenlängsrichtung ausgebildet wird. Der Überbauquerschnitt setzt sich für die Tragwirkung in Längsrichtung aus einem Rundrohrquerschnitt, sowie Flachstahlquerschnitten zusammen. Die Tragwirkung in Querrichtung wird über Flachstahlrippen erzeugt.

8.6.3 Bauverfahren

Das Rampenbauwerk kann in Ortbetonbauweise oder mittels Fertigteiltröge hergestellt werden.

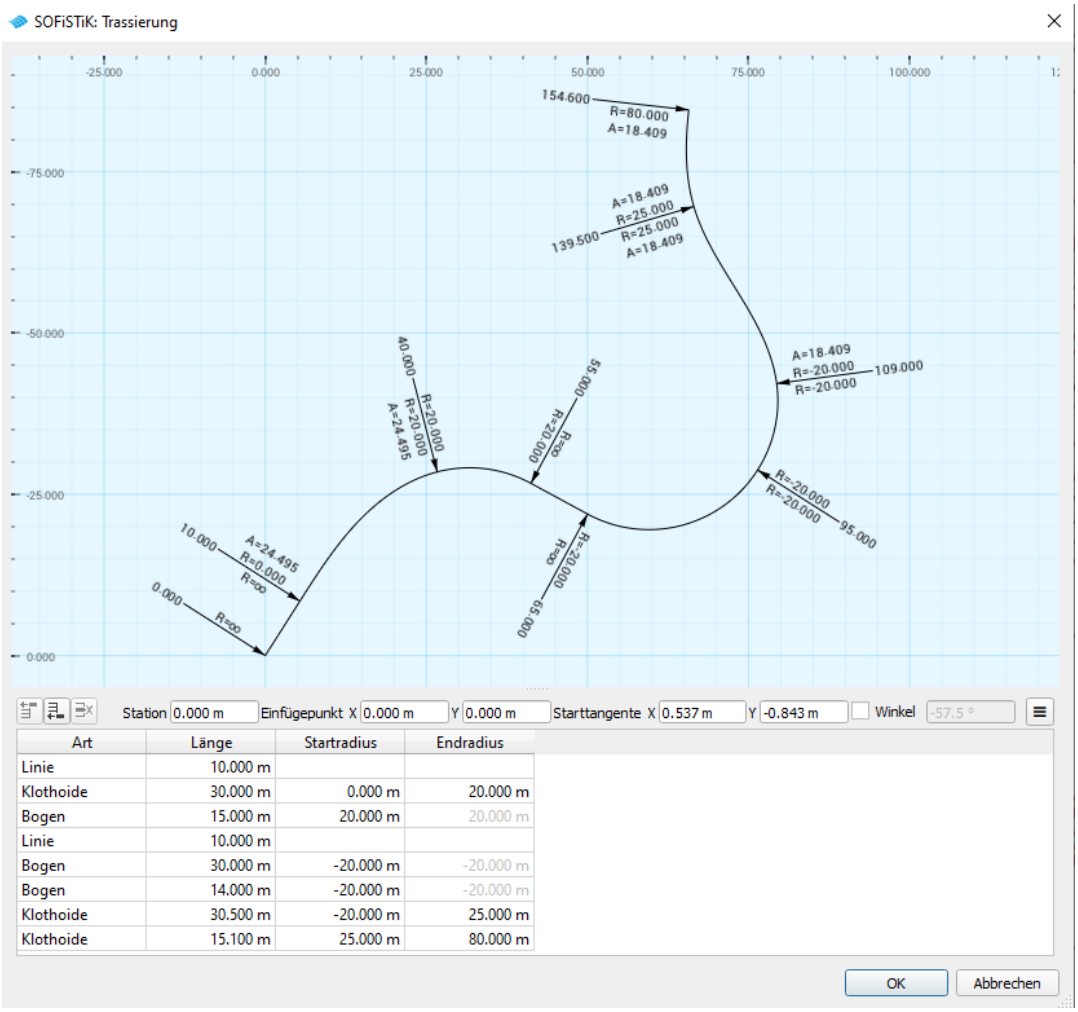
Für die Herstellung des Brückenüberbaus ist es sinnvoll, das Bauwerk segmentweise vorzufertigen und in Endlage, beispielsweise durch Verschweißen, zu verbinden. Die stählernen Brückenpfeiler können ebenfalls vorgefertigt auf die Stahlbetongründung eingebaut werden.

Die Widerlage können in Ortbetonbauweise hergestellt werden.

8.6.4 Trassierung

Nördlich der BAB 8 startet das Rampenbauwerk nach dem Tunnelportal mit einer Steigung von 6 %. Mit einer Lichtraumhöhe von 2,75 m unterführt sie das Brückenbauwerk der L1204, bevor sie mit unveränderter Steigung nach Osten schwenkt. Mit dem Brückenwiderlager endet die Rampe und geht in ein stählernes Brückenbauwerk mit Richtungswechsel nach Norden über. Die Steigung nimmt mit Erreichen des zweiten Brückenfeldes auf ca. 2 % ab. Hier wird die Autobahnauffahrt zur BAB 8 überführt. Die Brücke endet am nördlichen Widerlager und geht dort in ein Erdbauwerk über, über das die Radwegtrasse an den bestehenden Radweg angeschlossen wird.

Die Trassierungswahl im Grundriss im Bereich der Straßenquerung wird in folgender Übersicht dargestellt:



Art	Länge	Startradius	Endradius
Linie	10.000 m		
Klothoide	30.000 m	0.000 m	20.000 m
Bogen	15.000 m	20.000 m	20.000 m
Linie	10.000 m		
Bogen	30.000 m	-20.000 m	-20.000 m
Bogen	14.000 m	-20.000 m	-20.000 m
Klothoide	30.500 m	-20.000 m	25.000 m
Klothoide	15.100 m	25.000 m	80.000 m

Es ergeben sich gewisse Zwangspunkte aus den Bestandsbauwerken, deren exakte (georeferenzierte) Lage nicht vorlag, sodass mit geringfügigen Abweichungen zu rechnen ist.

8.7 B 312 und Flughafenstraßen

8.7.1 Knotenpunkt Nord B 312/Flughafenstraße

Die Führung des Radwegs zwischen Nordportal sowie der neu zu errichtenden Radwegbrücke über die Rampen der AS Plieningen wurde im Lageplan Unterlage 1 Blatt-Nr. 5 skizzenhaft dargestellt. Dabei ist vorgesehen, dass zwischen der Einmündung des Flughafentunnels (Nordportal) in die Flughafenstraße ein Fahrstreifen in Richtung Plieningen für den MIV entfallen zu lassen und den dann zur Verfügung stehenden Raum dem Geh- und Radweg zur Verfügung zu stellen.

Knotenpunktzufahrt aus Richtung Flughafenstraße

Bereits in der Knotenpunktzufahrt auf der Flughafenstraße ist eine Markierung und Beschilderung anzuordnen, die eine Fahrstreifensubtraktion kennzeichnet. Es ist vorgesehen den heutigen rechten Fahrstreifen der Flughafenstraße durch eine Fahrstreifensubtraktion in den Flughafentunnel in Richtung Südportal des Flughafentunnels zu führen. Der heutige Rechtsabbiegefahrstreifen könnte z.B. mittels einer Sperrfläche abmarkiert werden. Weiterhin empfiehlt es sich, die vorhandene Dreiecksinsel umzubauen, damit am Signalgeber

nur ein Fahrstreifen zur Verfügung steht. Dadurch wird vermieden, dass es zu Verkehrsverstößen hinsichtlich Fahrten in Richtung Plieningen kommen kann. Ein Nebeneffekt dieser Maßnahme ist, dass sich die Zwischenzeit der Signalsteuerung an der Furt verkürzt.

Knotenpunktzufahrt B 312 aus Richtung Filderstadt (Flughafenstraße)

Die Führung des Geh- und Radweges im bestehenden Tunnel wurde bereist erläutert. Im Bereich der Zuführung auf die Einmündung wird der Flughafentunnel bereits im Bestand aufgeweitet. Dies ermöglicht, dass für den Linienbusverkehr von Süden nach Norden die Busse wie heute den vorhandenen Fahrstreifen rechts des Tropfens weiterhin nutzen können. Der Geh- und Radweg ist im Bereich der Furten und der nachfolgenden Rechtskurve in Richtung Plieningen aufzuweiten (Sicht, Wartebereich, Begegnungen).

Knotenpunktzufahrt B 312 aus Richtung Plieningen

Die heutige Ausbildung der Knotenpunktzufahrt kann beibehalten werden.

8.7.2 Knotenpunkt B 312/Mittlere Filderstraße/A 8

Im Bereich der Überführung der NBS Stuttgart – Wendlingen beginnt das Rampenbauwerk des Geh- und Radweges um die erforderliche lichte Höhe im Bereich der Überführung über die Anschlussrampen der AS Plieningen zu erreichen. Der geplante Geh- und Radweg nimmt hierfür einen Großteil des Rechtsabbiegefahrstreifens in Anspruch, so dass dieser deutlich verkürzt werden muss. Dies erfordert bereits in der Knotenpunktzufahrt auf der B 312 eine Markierung und Beschilderung, die darauf hinweist.

8.7.3 Unterführung B 312 unter A 8

Durch die Vorgabe, das bestehende Unterführungsbauwerk (Tunnel < 400 m) so weit wie möglich beizubehalten, werden zunächst unterschiedliche Querschnitte für gemeinsam genutzte Geh- und Radwege, sowie reine Radwege ergebnisoffen und zur Auslotung der unter Berücksichtigung der Zwangspunkte zur Verfügung stehenden Möglichkeiten betrachtet und deren Vor- und Nachteile diskutiert.

8.7.3.1 Bestehender Querschnitt

Der bestehende Querschnitt des Unterführungsbauwerkes weist in Fahrtrichtung Plieningen (Norden) einen 1,00 m breiten Notgehweg und zwei 3,50 m breite Fahrstreifen auf. In Richtung Flughafen sind ebenfalls zwei Fahrstreifen mit je 3,50 m Breite vorhanden. Hinzu kommt außen ein 4,00 m breiter Geh- und Radweg (Breite vom Fahrbahnrand bis zur Wand der Unterführung). Abgetrennt ist dieser gegenüber dem fließenden Verkehr durch ein Geländer. Die beiden Fahrtrichtungen sind durch einen 2,00 m breiten Mittelstreifen inklusive Schutzeinrichtung getrennt. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt 70 km/h. Die Flughafenstraße und die B 312 in Richtung Plieningen bzw. Flughafen sind Außerortsstraßen.

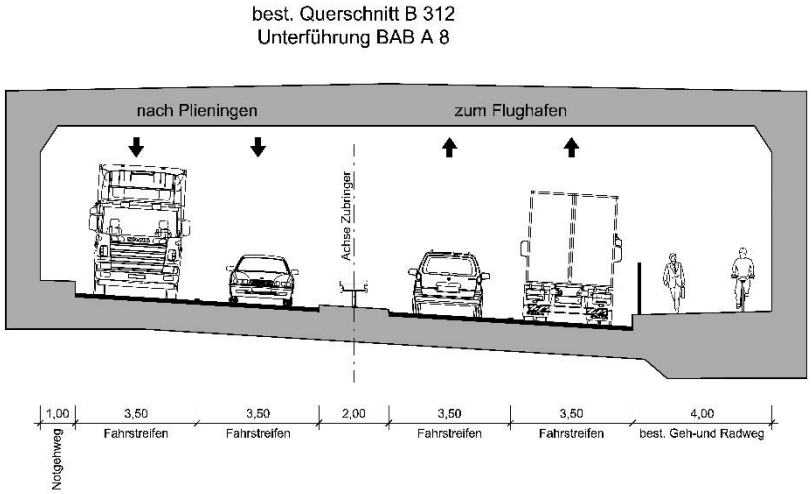


Abbildung 22: Schematische Darstellung Querschnitt best. Unterführung B 312 unter A 8

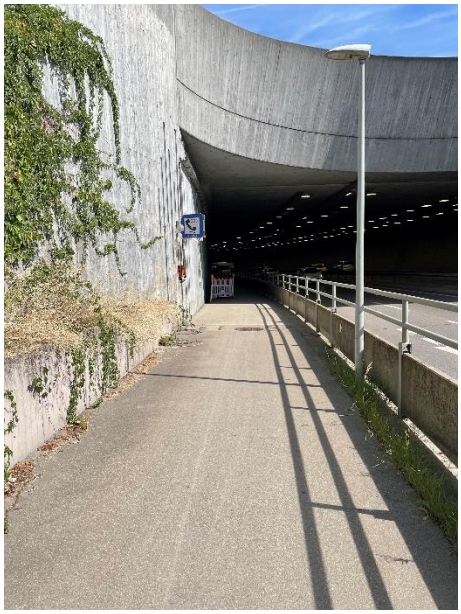


Abbildung 23: Blick auf den Geh- und Radweg in Richtung Plieningen

8.7.3.2 Variante 1 Ausbildung nach RAL 2012 G+R Weg mit Trennstreifen

Zur Trennung zwischen Geh- und Radweg ist zur B 312 ein 1,75 m breiter Trennstreifen vorgesehen. Der eigentliche Geh- und Radweg ist mit einer Breite von 2,50 m dargestellt. Zusätzlich ist eine Sicherheitsraum von 50 cm zur Wand der Unterführung eingetragen. Im Trennstreifen könnte bei Bedarf eine passive Schutzeinrichtung im Sinne der RPS 2009 vorgesehen werden. Die verbleibende Fahrstreifenbreite beträgt dann 3,25 m und unterschreitet damit die erforderlich Fahrstreifenbreite von 3,50 m nach RAL 2012.

Diese Variante wird abgeschichtet und nicht weiterverfolgt.

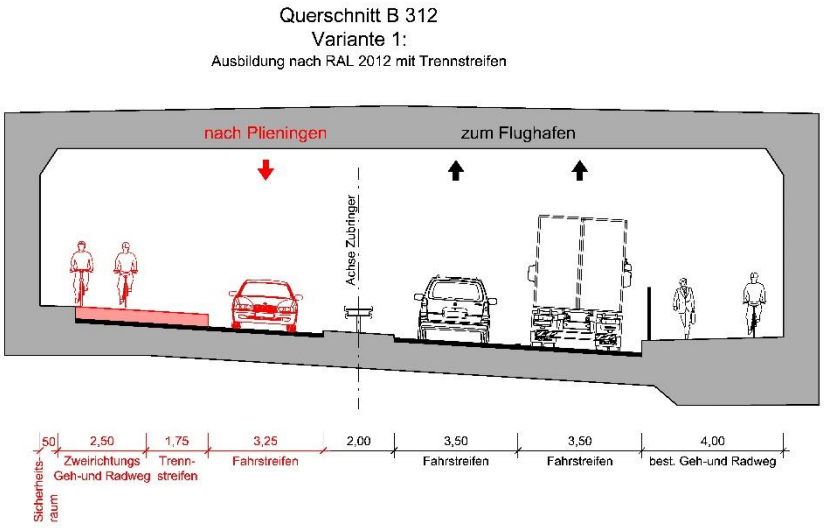


Abbildung 24: Schematische Darstellung Querschnitt Variante 1 Ausbildung nach RAL 2012 mit Trennstreifen

8.7.3.3 Variante 2 Ausbildung in Anlehnung nach RiZ-ING Kapitel 1, Blatt 3

Diese Variante sieht eine Ausbildung in Anlehnung an die RiZ-ING Kapitel 1, Blatt 3 vor. Diese Richtzeichnung ist zwar nur für Überführungsbauwerke gültig, wurde aber der Vollständigkeit halber mit aufgenommen. Der Radweg ist dort mit einer Breite von 2,00 m angegeben. Die verbleibende Fahrstreifenbreite auf der B 312 beträgt 4,00 m.

Diese Variante wird, aufgrund dessen, dass diese nur für Überführungsbauwerke gültig ist und auch die Breite des Radweges mit 2,00 m deutlich zu gering ist, nicht in die Wertung einbezogen und auch nicht weiterverfolgt.

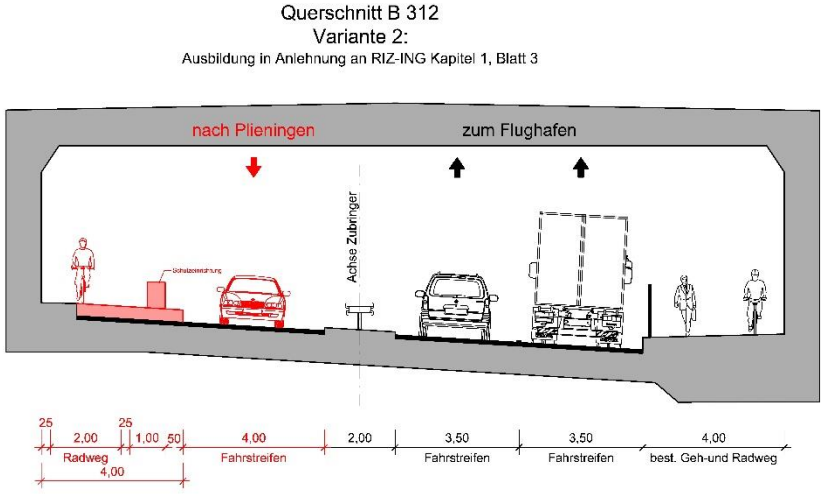


Abbildung 25: Schematische Darstellung Querschnitt Variante 2 in Anlehnung nach RiZ-ING Kapitel 1, Blatt 3

8.7.3.4 Variante 3 Ausbildung nach RASt 2006 Tabelle 3 Radweg

Grundsätzlich gilt die RASt 2006 für Straßen der Kategoriengruppe VS (anbaufreie Hauptverkehrsstraßen), HS (angebaute Hauptverkehrsstraßen) und ES (Erschließungsstraßen). Alle diese Kategorien treffen für die B 312 nicht zu, somit kann die RASt 2006 für die Planung nicht herangezogen werden. Dennoch wird, wie eingangs beschrieben, ein Querschnitt betrachtet, um Rückschlüsse daraus ziehen zu können. Diese Variante sieht eine Ausbildung in Anlehnung an die RASt 2006 Tabelle 3 mit absolut minimalen Abmessungen vor und dient dazu, zu prüfen, ob bei minimalen Abmessungen für den Radweg zwei Fahrstreifen auf der B 312 zur Verfügung gestellt werden könnten. Zur Trennung zwischen dem Radweg ist zur B 312 ein 50 cm breiter Sicherheitsraum und zur Wand der Unterführung ein 25 cm breiter Sicherheitsraum vorgesehen. Der eigentliche Zweirichtungsradweg ist mit einer Breite von 2,00 m (1,60 m) dargestellt. Die verbleibende Fahrstreifenbreite beträgt dann 5,25m. Diese lässt jedoch keine zwei Fahrstreifen auf der B 312 zu.

Diese Variante erfüllt weder die Zielvorgaben der vorgesehenen Radwegverbindung, noch weist diese Variante Verbesserung hinsichtlich des MIV auf (zwei Fahrstreifen). Diese Variante wird abgeschichtet.

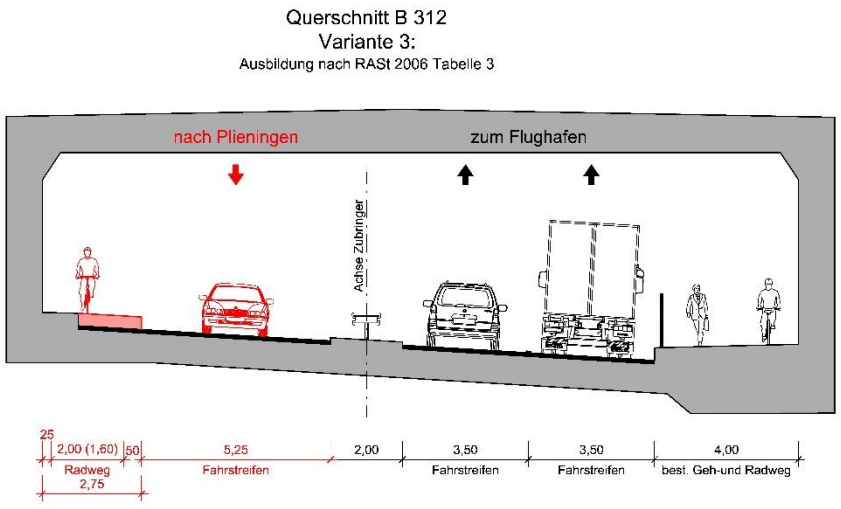


Abbildung 26: Schematische Darstellung Querschnitt Variante 2 Ausbildung nach RASt 2006 Tabelle 3

8.7.3.5 Variante 4 Ausbildung nach RASt 2006 Tabelle 28, Zweirichtungsradweg

Grundsätzlich gilt die RASt 2006 für Straßen der Kategoriengruppe VS (anbaufreie Hauptverkehrsstraßen), HS (angebaute Hauptverkehrsstraßen) und ES (Erschließungsstraßen). Alle diese Kategorien treffen für die B 312 nicht zu, somit kann die RASt 2006 für die Planung nicht herangezogen werden. Dennoch wird, wie eingangs beschrieben, ein Querschnitt betrachtet, um Rückschlüsse daraus ziehen zu können. Diese Variante sieht eine Ausbildung nach RASt 2006 als Zweirichtungsradweg vor. Zur Trennung zwischen dem Radweg ist zur B 312 ein 75 cm breiter Sicherheitsstreifen vorgesehen. Zusätzlich ist ein Sicherheitsraum von 25 cm zur Wand der Unterführung eingetragen. Der Radweg weist eine Breite von 2,50 m auf. Die verbleibende Fahrstreifenbreite beträgt dann auf der B 312 4,50 m.

Diese Variante besitzt noch Reserven im Hinblick auf eine Reduzierung der Fahrstreifenbreite auf der B 312, die dem Geh- und Radweg zur Verfügung gestellt werden könnte. Weiterhin ist der Ansatz nach RASt 2006 zunächst grundsätzlich aufgrund dessen, dass die B 312 eine Außerortsstraße ist, nicht anzuwenden. Diese Variante wird nicht weiterverfolgt und abgeschichtet.

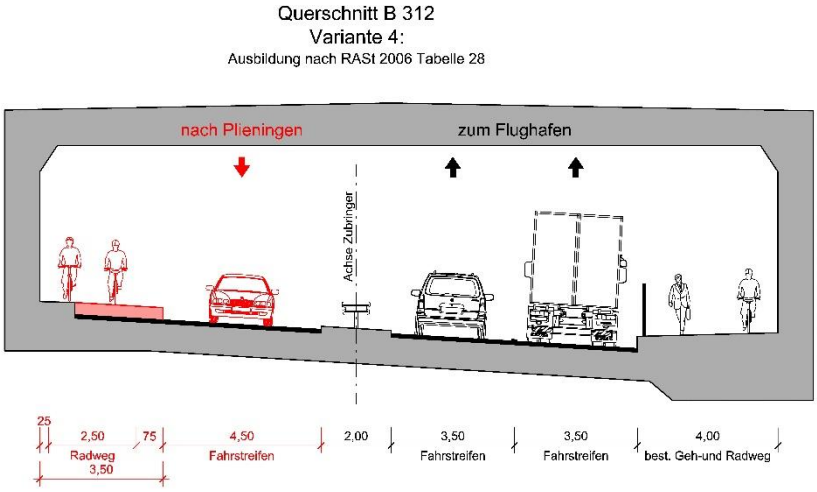


Abbildung 27: Schematische Darstellung Querschnitt Variante 4 Ausbildung nach RASt 2006 Tabelle 28 Radweg

8.7.3.6 Variante 5 Ausbildung nach ERA 2010 Tabelle 5 Zweirichtungsradweg

Diese Variante sieht eine Ausbildung nach ERA 2010 Tabelle 5 als Zweirichtungsradweg vor. Zur Trennung zwischen dem Radweg ist zur B 312 ein 50 cm breiter Sicherheitstrennstreifen vorgesehen. Zusätzlich ist ein Sicherheitsraum von 75 (50) cm zur Wand der Unterführung eingetragen. Der Radweg weist eine Breite von 3,00 m auf. Die verbleibende Fahrstreifenbreite beträgt dann 3,75 (4,00) m. Diese Variante gilt nach Tabelle 5 der ERA 2010 für innerörtliche Straßen. Die RAL 2012 Kapitel 4.2.4 Geh- und Radwege lässt es zu, Zitat *„In zu begründenden Ausnahmefällen (z. B. bei Borden) richtet sich die Breite nach dem notwendigen seitlichen Sicherheitsraum zwischen der Fahrbahn und dem Geh- und Radweg.“* auf den Trennstreifen zu verzichten, der auch in der ERA 2010 für außerörtliche Straßen vorgesehen ist.

Diese Variante besitzt noch Reserven im Hinblick auf eine Reduzierung der Fahrstreifenbreite auf der B 312. Diese Variante wird weiterverfolgt und im Hinblick auf die Zielvorgaben der der vorgesehenen Radwegverbindung optimiert.

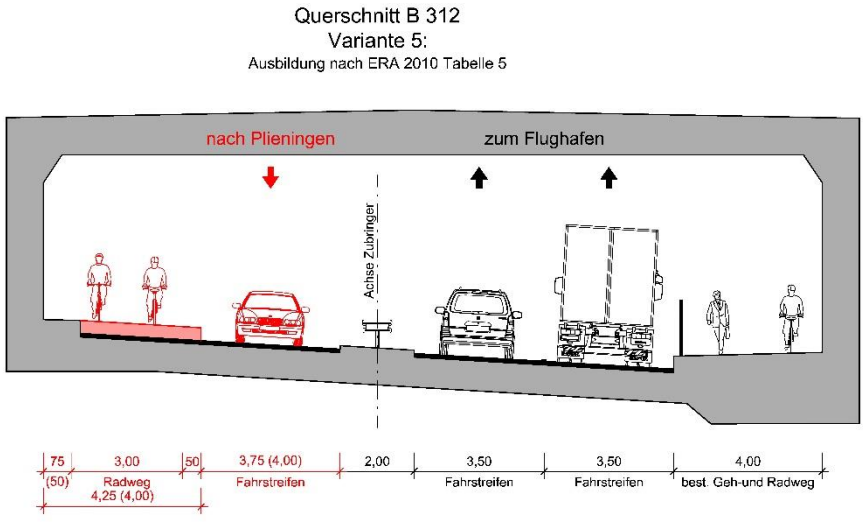


Abbildung 28: Schematische Darstellung Querschnitt Variante 5 Ausbildung nach ERA 2010 Tabelle 5

8.7.3.7 Variantenvergleich/Fazit

Die Varianten 1 bis 4 werden nicht weiterverfolgt. Als weiter zu optimierende Variante verbleibt die Variante 5 Ausbildung nach ERA 2010 Tabelle 5 Zweirichtungsradweg.

Qualitätsstandards für Radschnellwegverbindungen

Die Qualitätsstandards für Radschnellwegverbindungen in Baden-Württemberg sehen für selbstständig geführte Verbindungen außerorts bei getrennter Führung von Rad- und Fußverkehr reduziert ≥ 3,00 m Breite für Radverkehr + ≥ 2,00 m für Fußverkehr mit Trennstreifen vor. Diese Breiten stehen im Bereich der Unterführung der B 312 nicht zur Verfügung. Ein Lösungsansatz kann unter Beibehaltung eines Fahrstreifens für die B 312 in Richtung Plieningen nicht gefunden werden.

Qualitätsstandards für Radschnellwegverbindungen reduziert

Bei einer gemeinsamen Führung von Rad- und Fußverkehr mit Zweirichtungsverkehr außerorts reduziert bei ≤ 40 Fußgängern in der Spitzenstunde für den Radverkehr ist eine Breite von ≥ 3,50 m vorgesehen.

Dieser Vorgabe folgend, wurde ein Vorschlag für den Querschnitt im Bereich der Unterführung der B 312 mit folgenden Abmessungen entwickelt:

- 50 cm Sicherheitsraum zur Wand der Unterführung
- 3,50 m gemeinsamer Geh- und Radweg
- 50 cm Sicherheitstrennstreifen zu B 312
- 3,50 m Fahrstreifen auf der B 312

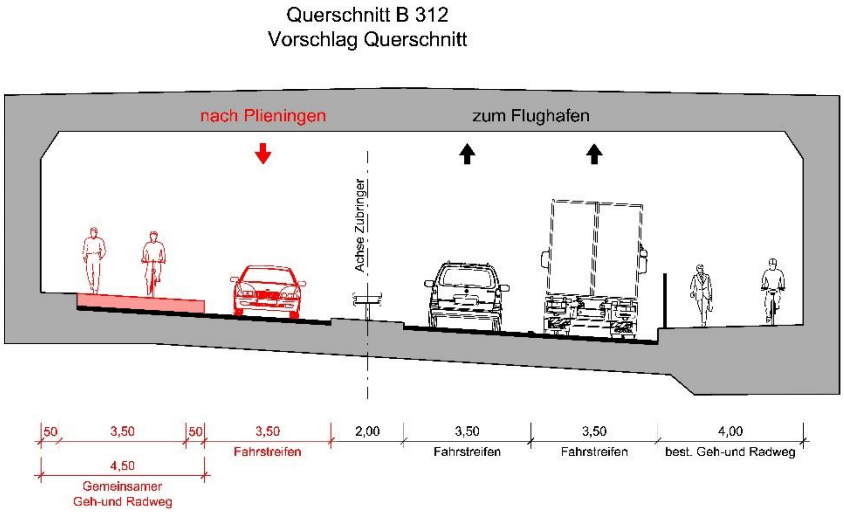


Abbildung 29: Schematische Darstellung Zielquerschnitt im Bereich der Unterführung B 312

Dieser Vorschlag ist in der weiteren Planung näher zu untersuchen und mit den zuständigen Behörden, insbesondere der Verkehrsbehörde, abzustimmen.

Hinweise, Empfehlungen

Grundsätzlich wird die Empfehlung gegeben, die zulässige Höchstgeschwindigkeit im gesamten Bereich zwischen der Zuführung auf der Flughafenstraße bis zum Knotenpunkt B 312/Mittlere Filderstraße/A 8 aus sicherheitstechnischen Erwägungen auf 50 km/h zu begrenzen. Dies ist mit der zuständigen Verkehrsbehörde in der weiteren Planung abzustimmen. Auch eine permanente Geschwindigkeitsüberwachung, zur Einhaltung der zulässigen Geschwindigkeit, sollte in diesem Zusammenhang diskutiert werden.

Weiterhin wird die Empfehlung gegeben, die Umsetzung der vorgeschlagen Querschnittsaufteilung auch in konstruktiver Hinsicht insbesondere im Hinblick auf die im Notgehweg befindlichen Kabelschächte samt Kabelführungen und der sich daraus ergebenden Bordhöhen am Übergang des Geh- und Radweges zur B 312 hin zu prüfen. Die Erfordernis einer Beleuchtung sowie weiterer für Tunnel bis 400 m Länge erforderlicher betriebstechnischer Ausstattungselemente gem. RE-ING und EABT-80/100 sind ebenfalls zu prüfen.

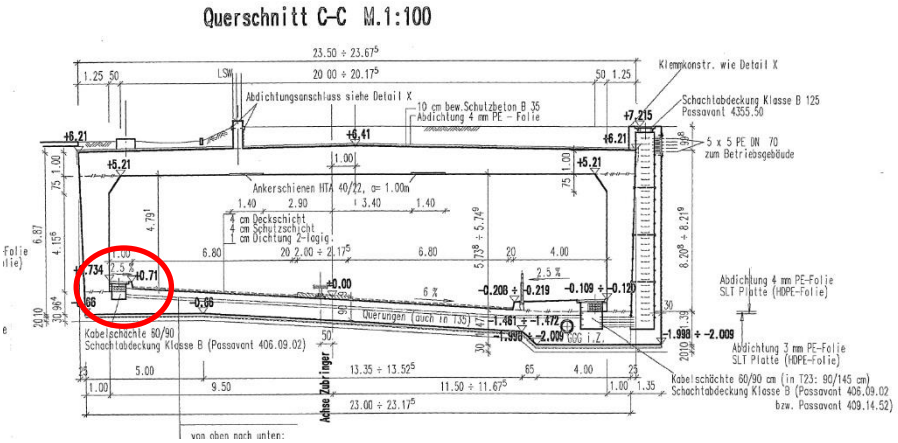


Abbildung 30: Querschnitt Unterführung B 312 Bestandsplan (Quelle. Autobahn GmbH)

8.8 Knotenpunkt Südportal

Der bestehende Geh- und Radweg führt bereits im heutigen Bestand in den B 312 Flughafentunnel. Die Ausbildung i.V.m. der geplanten Freigabe für Linienbusse von Süden (Filderstadt) nach Norden (Plieningen, Flughafen) ist in der weiteren Planung zu untersuchen. Insbesondere der bestehende Knotenpunkt der B 312 mit der Nord-West Umfahrung Filderstadt muss in diese Betrachtung einbezogen werden, um insbesondere Falschfahrten des MIV zu vermeiden und gleichzeitig die Zwischenzeiten für die Freigabe der Linienbusse von Süden nach Norden möglichst kurz zu halten.

9 Grobkostenschätzung

Für die Variante 1 werden die Baukosten auf ca. 1.615.000,00 € (netto) sowie für die Variante 2.1 auf ca. 1.910.000,00 € (netto) abgeschätzt. Bei beiden Varianten sind die Kosten für die Nachrüstung der Betriebstechnik nicht enthalten. Im Zuge der weiteren Planung ist zu überprüfen, ob z.B. die Tunnelbeleuchtung sowie auch die Tunnelbelüftung für den kombinierten Geh- und Radweg im Tunnel ausreichend bemessen sind. Bei der Variante 1 ist zusätzlich zu prüfen, ob z.B. die bestehenden Kabelziehschächte aufgrund der letzten Sanierung im Jahr 1990 weiter genutzt werden können oder diese ggf. ebenfalls saniert werden müssen. Zusätzliche Kosten für Sanierungsmaßnahmen des Bestandes sind in der Kostenschätzung nicht enthalten.

Variante 1	**Kosten [€]**
Tunnellänge ca. 510m	
Entwässerungsarbeiten	119.000,00 €
Betonarbeiten, Geländer	573.520,00 €
Abbrucharbeiten	174.900,00 €
Markierungsarbeiten, Beweissicherung, Messprogramm und sonstiges	19.280,00 €
Baukosten	886.700,00 €
Zuschlag Kleinleistungen 20%	177.340,00 €
Baukosten	1.064.040,00 €
Baustelleneinrichtung 20%	212.808,00 €
Tunnelreinigung	6.000,00 €
Technische Bearbeitung 30%	319.212,00 €
bauzeitl. Verkehrssicherung	10.000,00 €
Gesamtsumme netto	**1.612.060,00 €**
Gesamtsumme netto gerundet	**1.615.000,00 €**

Tabelle 10: Kostenschätzung Variante 1

Variante 2.1	**Kosten [€]**
Tunnellänge ca. 510m	
Entwässerungsarbeiten	110.200,00 €
Leerrohre, Kabelziehschächte, Betonarbeiten, Geländer, Betonleitwand	843.514,00 €
Markierungsarbeiten, Beweissicherung, Messprogramm und sonstiges	95.780,00 €
Baukosten	1.049.494,00 €
Zuschlag Kleinleistungen 20%	209.898,80 €
Baukosten	1.259.392,80 €
Baustelleneinrichtung 20%	251.878,56 €
Tunnelreinigung	6.000,00 €
Technische Bearbeitung 30%	377.817,84 €
bauzeitl. Verkehrssicherung	10.000,00 €
Gesamtsumme netto	**1.905.089,20 €**
Gesamtsumme netto gerundet	**1.910.000,00 €**

Tabelle 11: Kostenschätzung Variante 2.1

Die vorgeschlagene Konstruktion für die Radwegbrücke beinhaltet ca. 300 m² Brückenfläche. Einschließlich den damit verbundenen Wege- und Erdrampenbauten werden die Baukosten auf ca. 2,0 Mio. Euro (netto) abgeschätzt. Weitere Kostenpunkte, die sich aus Umplanung der bestehenden Verkehrsplanung (Schilderbrücken etc.) ergeben, sind hierbei nicht berücksichtigt worden.

Die Kosten für die neue Radwegführung sind maßgeblich von den erforderlichen Umbaumaßnahmen des bestehenden Unterführungsbauwerks abhängig und können aus diesem Grund erst im Zuge weiterer Detailplanungen belastbar abgeschätzt werden.

10 Bauzeit

Für die Variante 1 wird von einer Bauzeit von ca. 3-4 Monaten, für die Variante 2.1 von einer Bauzeit von 5-6 Monate, jeweils bei einer Vollsperrung des Tunnels ausgegangen.

Für die Radwegbrücke wird eine Bauzeit von 5-7 Monaten abgeschätzt.

Die erforderliche Bauzeit für die neue Radwegführung ist maßgeblich vom Bauablauf abhängig. Der Bauablauf kann wiederum erst dann entwickelt werden, wenn untersucht wurde, welche Sperrmöglichkeiten bestehen, die wiederum von den vorhandenen Umleitungsmöglichkeiten abhängen. Somit kann eine Abschätzung der Bauzeit erst im Zuge der weiteren Detailplanung erfolgen.

11 Bauablauf

Für die Umgestaltung des B 312 Flughafentunnels wird eine Vollsperrung des Tunnels als erforderlich angesehen.

Bei der Variante 1 sind zu Beginn die vorhandenen Straßenabläufe am östlichen Fahrbahnrand inkl. des Anschlusses an die Bestandsentwässerung rückzubauen. Anschließend erfolgt die Verbreiterung des Hochgehwegs mit Umverlegung der Schächte, Erneuerung der Schachtdeckel sowie Neubau des Geländers. Anschließend erfolgt der Anschluss der neuen Straßenabläufe an die Bestandsentwässerung, die Errichtung des Notgehwegs aus bewehrtem Kappenbeton sowie der Neubau der Straßenabläufe. Abschließend erfolgen die Markierungsarbeiten.

Bei der Variante 2.1 wird zu Beginn der Hochgehweg inklusive Leerrohre sowie Kabelziehschächte abgebrochen. Anschließend erfolgt der Neubau der Kabelziehschächte inkl. Leerrohrverlegung, die Verlängerung der bestehenden Schächte, der Neubau der Schachtdeckel sowie der Anschluss der neuen Straßenabläufe an die Bestandsentwässerung. Der neue Geh- und Radweg wird als bewehrter Kappenbeton errichtet sowie die Straßenabläufe westlich davon angeordnet. Im Anschluss erfolgt die brandschutztechnische F90 Einhausung der Leerrohre und die Installation der Leitschwellen sowie ggf. der Betonleitwand. Abschließend erfolgen die Markierungsarbeiten.

Das Rampenbauwerk der Radwegbrücke kann in Ortbetonbauweise oder mittels Fertigteiltröge hergestellt werden. Zeitgleich können die Ortbetonwiderlager und die Brückenpfeiler erstellt werden. Für die Herstellung des Brückenüberbaus ist es sinnvoll, das Bauwerk segmentweise vorzufertigen und in Endlage, beispielsweise durch Verschweißen, zu verbinden. Die stählernen Brückenpfeiler können ebenfalls vorgefertigt auf die Stahlbetongründung eingebaut werden. Die Hinterfüllung mit Entwässerung und Fahrbahnaufbau der Tröge und Widerlager kann zeitgleich mit dem Brückeneinbau erfolgen.

12 Variantenbeurteilung

Die vorliegende Machbarkeitsstudie umfasst für den Teilbereich Tunnel sowohl die verschiedenen Variantenuntersuchungen im Bereich des Flughafengeländes (vgl. Variante 1 bis 4) als auch die im Anschluss daran untersuchten Lückenschlussvarianten (vgl. Variante 5 und 6), welche bereits deutlich weiter nördlich im Bereich der Anschlussstelle Plieningen an das bestehende Radwegnetz anschließen. Wie bereits in Abschnitt 4.2.1.5.5 beschrieben, stellt sich für die bergmännischen Varianten 1 bis 4 der Anschluss des neuen Tunnels an das Bestandsradwegnetz aufgrund der erforderlichen Tiefenlage des Tunnels als schwierig dar. Die Anbindung des Tunnels mittels eines Spindelbauwerks bzw. mittels einer verlängerten Rampenausbildung lassen eine deutliche Reduzierung der Attraktivität für den späteren Tunnelnutzer erwarten, sodass diese Varianten im Rahmen der Machbarkeitsstudie nicht weiterverfolgt wurden.

Bei den Varianten des maschinellen Tunnelvortriebs stellt sich im Gegensatz zu der in Abschnitt 4.2.2.4.2 vorgestellten Variante 5 (Überdeckung ≥ $2xD_a$) die Variante 6 als kaum umsetzbar dar. Es wird angenommen, dass bei einer Überdeckung von ≥ $1xD_a$ zu den kritischen Zwangspunkten die geforderten Setzungsanforderungen nicht eingehalten werden können. Die Lückenschlussvarianten bietet grundsätzlich den Vorteil, dass für die Fußgänger und Radfahrenden eine sichere Umfahrungsmöglichkeit des bestehenden Nadelöhrs des B 312 Flughafentunnels geschaffen werden könnte, ohne den MIV in seiner bisherigen Nutzung einzuschränken. Nachteilig hierbei sind die hohen Baukosten, die sich bei den geprüften Varianten zwischen 103,34 Mio. € und 109,37 Mio. € belaufen sowie die lange Realisierungsdauer.

Basierend auf den ersten Zwischenergebnissen der Machbarkeitsstudie wurde der Untersuchungsbereich seitens des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg auf zusätzliche Trassierungen unter Einbeziehung des bestehenden B 312 Flughafentunnels ausgeweitet. Dies führte zu dem Ergebnis, dass sowohl die Variante 1 sowie auch die Variante 2.1 baulich umsetzbar sind.

Die Variante 1 bietet den Vorteil, dass die erforderlichen Anpassungsmaßnahmen aufgrund der Beibehaltung der Leerrohrführung etwas geringer als bei der Variante 2.1 ausfallen. Dies spiegelt sich sowohl in der kürzeren Bauzeit sowie auch den geringeren Kosten wider. Nachteilig bei dieser Variante ist die bauliche Einschränkung der nutzbaren Fahrstreifenbreite z.B. für Rettungsdienste. Bei einem Ereignis, wie z.B. einem Unfall im Tunnel, besteht keine Ausweichmöglichkeit für Fahrzeuge, sodass ein Stau im Tunnel entstehen würde und Rettungsdienste nur aus Süden kommend an den Ereignisort gelangen könnten. Variante 2.1 hätte hierbei den Vorteil, dass Rettungsdienste im Ereignisfall ebenfalls den baulich nur geringfügig erhöhten, kombinierten Geh- und Radweg mitnutzen könnten. Ebenfalls wäre eine Ausleitung der am Ereignis unbeteiligten Verkehrsteilnehmer möglich. Resultierend aus der Leerrohrführung bei der Variante 2.1 wird eine Bordhöhe von mindestens 7 cm erforderlich. Aufgrund des zusätzlichen Sicherheitsgewinns für die Fußgänger und Radfahrenden wird empfohlen, die aktuell im RABT-Ausschuss diskutierte Bordhöhe von 12 cm für Radwege innerhalb von Tunneln umzusetzen. Eine 12 cm hohes Hochbord stellt für einen LKW-Fahrer ein deutlich größeres Hindernis als ein 3 cm Bord dar. Zusätzlich dazu wirkt sich die Anordnung der optisch hervorgehobenen überfahrbaren Leitschwellen positiv auf die Sicherheit der Geh- und Radwegnutzer aus. Die Ausbildung eines 12 cm Bords hat jedoch den Nachteil, dass der geplante kombinierte Geh- und Radweg nicht die Belange mobilitätseingeschränkter Personen für Notgehwege in Tunneln berücksichtigt und somit eine Abweichung von der EABT-80/100 bzw. RE-ING darstellt.

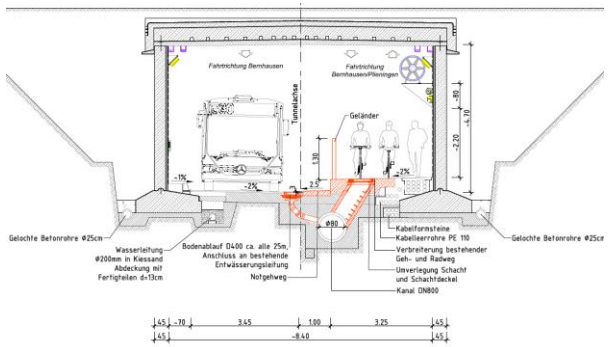
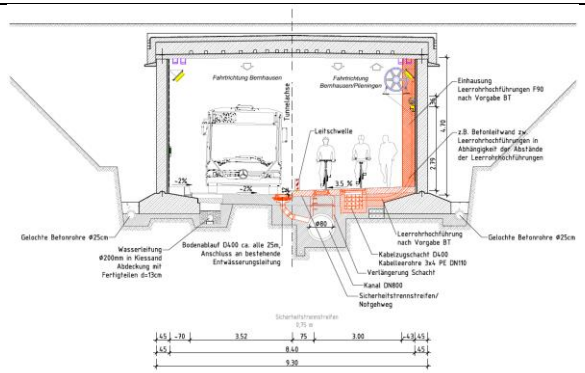
Die Variante 1 hat weiterhin den Nachteil, dass aufgrund der beidseitigen Begrenzung durch die Tunnelwand sowie des Geländers die nutzbare Breite deutlich eingeschränkt

wird, was den Fahrkomfort, vor allem aufgrund der vorgesehen Nutzung durch Radfahrende sowie Fußgänger, deutlich einschränkt. Neben der Einschränkung des Fahrkomforts wird auch der Angriffsweg der Rettungsdienste bei einem Ereignis im Bereich des kombinierten Geh- und Radwegs aufgrund des Geländers, welches nur in Teilbereichen geöffnet ist, erschwert.

Beide Tunnelvarianten unterschreiten die gem. den Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg vorgegebene Breite außerorts von ≥ 3,50 m bei ≤ 40 Fußgängern in der Spitzenstunde für den Radverkehr. Zusätzlich dazu sind gem. ERA zu festen Einbauten Sicherheitsabstände von 0,25 m beidseitig vorzusehen.

Nachfolgend werden die Variante 1 sowie die Variante 2.1 in einer Bewertungsmatrix gegenübergestellt.

Tabelle 12: Bewertungsmatrix Tunnelvarianten

	Variante 1 – Verbreiterung Hochgehweg	Variant 2.1 – Absenkung Hochgehweg
		
Rettungssituation	-	++
Ausleitungsmöglichkeiten im Ereignisfall	-	++
Flexiblere Nutzung für Befahrung	-	++
günstigere betriebliche Verhältnisse	-	++
Einhaltung der Regelwerke	+	+
Berücksichtigung Belange mobilitätseinge-schränkter Personen (Notgehweg)	+	-
Fahrkomfort der Fußgänger und Radfahren-den	o	+
Umfang der erforderlichen Umbaumaßnah-men	+	o
Bauzeit /Sperrzeit des Tunnels	+	o
Kosten	+	o
Summe	**1**	**9**

Die Planung der Radfahrbrücke wird durch verschiedene Randbedingungen maßgeblich beeinflusst. Das einzuhaltende Lichtraumprofil der überführten Autobahnauffahrt in Verbindung mit der Lichtraumhöhe unterhalb des Brückenbauwerks der L1204 sowie dem Bestreben die Brückenlänge aufgrund der steigenden Attraktivität für den Nutzer möglichst gering zu halten, führt dazu, dass eine Steigung von bis zu 6 % angesetzt wurde. Nachteilig ist hierbei jedoch, dass aufgrund der großen Steigung auch mit einer Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit zu rechnen ist, was wiederum eine Erhöhung der Unfallwahrscheinlichkeit erwarten lässt. Wie bereits in Kapitel 4.2.1.2.2. erwähnt, ist in Rampenbereichen nach mindestens 6,0 m ein 1,50 m langes ebenes Zwischenpodest als Aufenthaltsmöglichkeit für mobilitätseingeschränkte Personen vorzusehen, was jedoch eine maßgebliche Einschränkung des Fahrkomforts der Radfahrenden aufgrund der stark wechselnden Neigungen bedingen würde und deshalb nicht vorgesehen wurde.

Im Zuge der Verkehrsbetrachtung der Radfahrführung auf der B 312 unter der BAB 8 wurden fünf verschiedenen Varianten betrachtet. Basierend auf den gegebenen Radbedingungen sowie den geltenden Regelwerken wurden die Varianten 1 bis 4 abgeschichtet und nicht weiterverfolgt. Als weiter zu optimierende Variante verbleibt die Variante 5 Ausbildung nach ERA 2010 Tabelle 5 Zweirichtungsradweg. Diese Variante bietet gegenüber den verworfenen Varianten den Vorteil, dass eine Breite des kombinierten Geh- und Radwegs von 4,50 m, die den Qualitätsstandards für Radschnellwegverbindungen reduziert entspricht, umgesetzt werden kann. Die erhöhte Bordhöhe bietet, wie auch bei den untersuchten Tunnelvarianten, einen Sicherheitsgewinn für die Geh- und Radwegnutzer. Dieser Vorschlag ist in der weiteren Planung näher zu untersuchen und mit den zuständigen Behörden, insbesondere der Verkehrsbehörde, abzustimmen.

13 Fazit und Handlungsempfehlung

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie wurden verschiedenste Lösungsansätze untersucht, um das bestehende Nadelöhr des B 312 Flughafentunnels für Fußgänger und Radfahrende zu verbessern. Zu Beginn sollte der Bau eines neuen Fußgänger- und Radfahrertunnels als Unterquerung des Flughafengeländes untersucht werden. Bei den in diesem Zusammenhang untersuchten Varianten 1 bis 4 stellte sich sowohl der Anschluss des neuen Tunnels an das Bestandsradwegnetz sowie auch der Anschluss des neuen Rettungsstollens an den B 312 Flughafentunnels aufgrund der erforderlichen Tiefenlage als schwierig heraus. Seitens des Flughafenbetreibers wurde darüber hinaus ein setzungsfreier Vortrieb aufgrund des bestehenden Flughafenbetriebs gefordert. Trotz eines möglichst setzungsarmen Vortriebs kann ein minimales Setzungsrisiko beim bergmännischen Tunnelvortrieb nicht ausgeschlossen werden. Die Varianten 1 bis 4 wurden somit verworfen und nicht weiterverfolgt.

Von den im Anschluss untersuchten maschinellen Vortriebsvarianten 5 und 6 stellte sich die Variante 5 als baulich umsetzbar, die damit verbundenen hohen Kosten sowie die zu erwartende lange Bauzeit jedoch als nachteilig heraus. Die Variante 6 wird hingegen als kaum umsetzbar bewertet. Dies resultiert aus der geringen Überdeckung im Bereich der kritischen Zwangspunkte bei gleichzeitig hohen Setzungsanforderungen aufgrund des Flughafenbetriebs.

Basierend auf den ersten Zwischenergebnissen der Machbarkeitsstudie sollte gem. Vorgabe des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg neben dem neuen Radfahrertunnel zusätzlich die bauliche Umsetzbarkeit eines Umbaues des bestehenden B 312 Flughafentunnels untersucht werden. Vorgabe hierbei war, dass der Bestandstunnel in eine Fahrtrichtung für den MIV gesperrt wird dass Busse sowie Einsatzfahrzeuge den Bestandstunnel unter Sperrung und Räumung des Tunnels weiterhin in beiden Richtungen durchfahren können. Im Zuge der Untersuchung stellte sich die Variante 1 sowie die Variante 2.1 als baulich umsetzbar dar. Basierend auf den Ergebnissen der Bewertungsmatrix (vgl. Tabelle 12) kristallisierte sich hierbei die Variante 2.1 unter Absenkung des bestehenden Hochwegs als Vorzugsvariante heraus. Die Variante 2.1 ermöglicht aufgrund der Absenkung des Hochgehwegs eine deutlich flexiblere Nutzung des Geh- und Radwegs und verbessert somit die Rettungssituation sowie auch die Ausleitungsmöglichkeiten im Ereignisfall. Zusätzlich dazu lässt der Wegfall eines Geländers bei gleichzeitiger Ausbildung eines 12 cm hohen Bords einen verbesserten Fahrkomfort erwarten.

Neben der Tunnellösung wurde im Zuge der Machbarkeitsstudie die Errichtung eines Brückenbauwerks im Bereich nördlich der BAB 8 als kreuzungsfreier Anschluss an den bestehenden Radweg untersucht. Die Errichtung des Brückenbauwerks stellt sich grundsätzlich als baulich umsetzbar dar, dessen Trassierung bringt jedoch aufgrund der vorherrschenden Randbedingungen gewisse Schwierigkeiten mit sich. Unter Berücksichtigung der einzuhaltenden Lichtraumprofile und -höhen wird eine Steigung von bis zu 6 % erforderlich, sodass die Belange mobilitätseingeschränkter Personen nicht berücksichtigt werden können und eine Trennung der Fußgänger und Radfahrenden empfohlen wird. Die Fußgänger könnten den auf nördlicher Seite der Flughafenstraße verlaufenden, bereits bestehenden kombinierten Geh- und Radweg weiter nutzen. Aufgrund der längeren Weg- und Wartezeiten kann jedoch eine widerrechtliche Nutzung des neu zu errichtenden Radwegs nicht ausgeschlossen werden.

Aufgrund der großen Steigung von bis zu 6 % ist auch mit einer Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit zu rechnen, was wiederum eine Erhöhung der Unfallwahrscheinlichkeit erwarten lässt. Es wird empfohlen, im Zuge der weiteren Detailplanung zu überprüfen, ob

durch eine Optimierung der Brückenplanung ggf. eine Erhöhung des Sicherheitsniveaus möglich wäre.

Als Bindeglied zwischen dem geplanten kombinierten Geh- und Radweg im B 312 Flughafentunnel und dem geplanten Brückenbauwerk ist die Umgestaltung eines Fahrstreifens der B 312 in Richtung Plieningen in einen Radweg vorgesehen. Hierbei hat sich im Zuge der verkehrlichen Betrachtung die weiter zu optimierende Variante 5 als Vorzugsvariante herauskristallisiert. Maßgebend ist hierbei das Überführungsbauwerk der BAB 8. Im Zuge der weiteren Detailplanung ist die Umsetzung der vorgeschlagen Querschnittsaufteilung auch in konstruktiver Hinsicht insbesondere im Hinblick auf die im Notgehweg befindlichen Kabelziehschächte samt Kabelführungen und der sich daraus ergebenden Bordhöhen am Übergang des Geh- und Radweges zur B 312 zu prüfen. Grundsätzlich wird die Empfehlung gegeben, die zulässige Höchstgeschwindigkeit im gesamten Bereich zwischen der Zuführung auf der Flughafenstraße bis zum Knotenpunkt B 312/Mittlere Filderstraße/A 8 aus sicherheitstechnischen Erwägungen auf 50 km/h zu begrenzen. Auch eine permanente Geschwindigkeitsüberwachung, zur Einhaltung der zulässigen Geschwindigkeit, sollte in diesem Zusammenhang diskutiert werden.

Für die Umsetzbarkeit der vorgenannten Varianten ist nicht nur die Machbarkeit der einzelnen Teilvarianten, sondern das Zusammenspiel der Tunnel-, Brücken- und Verkehrsvariante als eine Gesamtlösung maßgebend. Die Leistungsfähigkeit der Gesamtlösung ist durch einen Leistungsnachweis nach HBS für den B 312 Flughafentunnel, die Flughafenstraße sowie die B 312 Richtung Plieningen unter Berücksichtigung der vorgegebenen Fahrtrichtungssperrung im Tunnel sowie des Fahrstreifenentfalls der B 312 in Richtung Plieningen nachzuweisen. In diesem Zusammenhang sind ebenfalls mögliche Umleitungsstrecken für den Endzustand sowie auch die Umbauphase zu prüfen und im Zuge der weiteren Planung zu berücksichtigen.

Resultierend aus der Fahrtrichtungssperrung für den MIV bei gleichzeitiger Freigabe des B 312 Flughafentunnels für Busse in beide Fahrtrichtungen, ist im Zuge der weiteren Planung ein besonderes Augenmerk auf die Vermeidung von Falschfahrten zu legen. Aufgrund des Zweirichtungsverkehrs für Busse sind sowohl im Bereich des Tunnelnordportals sowie auch im Bereich des südlich des Tunnelsüdportals gelegenen Knotenpunkts Busfahrstreifen auszuweisen. Zur Unterbindung von Falschfahrten ist eine entsprechende Beschilderung sowie eine eindeutige Kennzeichnung der Busfahrsteifen vorzusehen.

Abschließend wird empfohlen, ein Verkehrssicherheitsaudit durchführen zu lassen, um mögliche Defizite bzw. Optimierungsmöglichkeiten der komplexen Gesamtmaßnahme zu identifizieren und daraus resultierend die Verkehrssicherheit der Gesamtmaßnahme zu erhöhen.

Aufgestellt:

Heidelberg, 1. Dezember 2022/12. Oktober 2023 / 16. November 2023 / 21.12.2023







ppa. Werner Riepe | i. A. Greta Heller | i. A. Georg Haack

14 Plangrundlagen

[FHS 2008] Flughafen Stuttgart GmbH, Übersichtsplan Technik Maßstab 1:2500, Stuttgart, Stand 16.04.2008

[FHS 1995] Flughafen Stuttgart GmbH, Tunnelquerschnitt – Bereich Start-/Lande- bzw. Rollbahn H, Stuttgart, Stand 06. Februar 1995

[WF 1991] Wayss & Freytag, B 312 – Tunnelinstandsetzung Übersichtslageplan Portalansichten, Details, Querschnitt, Stuttgart, Stand 13.03.1991

[FHS 1992] Flughafen Stuttgart GmbH, Verlängerung B 312 Tunnel - Regelquerschnitte Schnitt 3-5 und 7, Stuttgart, Stand 30.04.1992

[S&P 2018] Smoltczyk & Partner (S&P), Geologischer Geländeschnitt zur Machbarkeitsstudie, Stuttgart, Stand 05.11.2018

[FHS1 1992] Flughafen Stuttgart GmbH, Historische Erkundung, Höhenlage (mNN) bestehendes Gelände mit Lage der Gebäude und den Bohrpunkten, Maßstab 1:5000, Anlage 1.3, Stuttgart, Stand 1992

[FHS2 1992] Flughafen Stuttgart GmbH, Historische Erkundung, Höhenlage (mNN) der Basis Verwitterungslehm, Maßstab 1:5000, Anlage 3.4.1, Stuttgart, Stand 1992

[FHS3 1992] Flughafen Stuttgart GmbH, Historische Erkundung, Höhenlage (mNN) der Basis Lias alpha 3, Maßstab 1:5000, Anlage 3.4.2, Stuttgart, Stand 1992

[FHS4 1992] Flughafen Stuttgart GmbH, Historische Erkundung, Hydrogeologische Karte GW-Gleichen, Maßstab 1:1000, Anlage 4.1, Stuttgart, Stand August 1991

[FHS 2022] Flughafen Stuttgart GmbH, DGM im Bereich Flughafentunnel B 312, Stuttgart, Stand 27.07.2022

[FHS1 2021] Flughafen Stuttgart GmbH, Übersichtsplan Grundwasser- und DB-Pegel, Stuttgart, Stand 04.08.2021

[DB Netze 2013] DB Netz AG, Lageplan Gleisplanung Anschlussstelle und Südumgehung Plieningen – Lageplan NBS km 13,668…14,556, Stuttgart, Stand 03.2013

[DB Netze 2021] DB Netz AG, B 312, Erweiterung Grundwasserwanne Nordost – Übersichtsplan – Grundriss, Schnitte und Details, Stuttgart, Stand 03.02.2021

[DB Netze 2017] DB Netz AG, AS Plieningen – Absteck- und Vermessungspläne – Übersichtslageplan mit Achsen, Stuttgart, Stand 03.2013

[Alber 2023] Vermessungsbüro Alber, Bestandsvermessung Machbarkeit Radkonzept Flughafentunnel B 312 Tunnelvorfelder Nord und Süd, Stuttgart, Stand Juni 2023

15 Literaturverzeichnis

[E&S 2011] Ernst&Sohn, Maschineller Tunnelbau im Schildvortrieb, 2. Auflage, Bernhard Maidl, Martin Herrenknecht, Ulrich Maidl, Gerhard Wehrmeyer, Berlin, 2011

[ZTV 2012] Bast, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten ZTV-Ing, Teil 5 Tunnelbau, Abschnitt 3 Maschinelle Schildvortriebsverfahren, Stand 12/2012

[EABT 2019] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe Verkehrsmanagement: Empfehlungen für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln mit einer Planungsgeschwindigkeit von 80 km/h oder 100 km/h, EABT-80/100, Ausgabe 2019

[RASt 2006] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe Straßenentwurf: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen, RASt, Ausgabe 2006

[ILF 2022] ILF CONSULTING ENGINEERS AUSTRIA GMBH (ILF), Inspektion und Bewertung der Sicherheitsanlagen – Flughafentunnel Stuttgart, Rum bei Innsbruck, Revision 2, 12.01.2022

[ILF 2 2022] ILF CONSULTING ENGINEERS AUSTRIA GMBH (ILF), Quantitative Risikoanalyse – Flughafentunnel Stuttgart, Rum bei Innsbruck, Revision 3, 18.05.2022

[RPS 2022] Regierungspräsidium Stuttgart, Machbarkeitsstudie Radwegekonzept Flughafentunnel B 312 – Leistungsverzeichnis, Stuttgart, 13.04.2022

[RPS 2 2022] Regierungspräsidium Stuttgart, Anlage Flughafen Übersicht, Stuttgart, 27.02.2020

[RPS 3 2022] Regierungspräsidium Stuttgart, Anlage Info B 312 Flughafentunnel, Stuttgart, 22.03.2020

[BG ZT 2020] BERNARD Gruppe ZT GmbH, Planungsbüro VIA eG, Machbarkeitsstudie für Radschnellverbindungen, Stuttgart und Köln, 29.06.2020

[RVK 2022] Planungsbüro RV-K, Projektgruppe Radwege Landkreis Esslingen - Fortschreibung Radverkehrskonzept/Radschnellweg Fildern, Frankfurt, 10. Februar 2022

[VM 2018] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg, Stuttgart, März 2018

[ERA 2010] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA), Köln, Ausgabe 2010,

[CDM 2018] Setzungsprognosen für den Gepäckförderanlagen-Tunnel (GFA-Tunnel) des Flughafens Frankfurt am Main durch Anwendung der Finiten-Elemente-Methode, CDM Smith, Fraport, GEC-Geotechnik - expo & congress, 24.10.2018

[DAUB 1998] DAUB, Projektdatenbank, S-Bahn Stuttgart, Untertunnelung Flughafen, Stuttgart 1998, https://www.daub-ita.de/projektdatenbank/deutschland/s-bahn-stuttgart-untertunnelung-flughafen/

[WIKI 2022] Wikipedia, Tunnel Flughafen (Stuttgart), https://de.wikipedia.org/wiki/Tunnel_Flughafen_(Stuttgart)

[DGGT 2022] DGGT, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Baugruben und Tunnelbau in offener Bauweise, Flughafentunnel – Hohlraumbau in vorbelasteten Tonsteinen des Lias α, Martin Wittke, Ernst & Sohn, 2022

[S21G 2015] Projekt Stuttgart 21, Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart-Augsburg, Bereich Stuttgart-Wendlingen mit Flughafenanbindung, PFA 1.3 Filderbereich mit Flughafenanbindung, Teilabschnitt 1.3a, Neubaustrecke mit Station NBS, Anlage 19.1 Ingenieurgeologie, Erd- und Ingenieurbauwerke, Erläuterungsbericht, ARGE Wasser, Umwelt und Geotechnik, Stuttgart, 2015

[S21H 2015] Projekt Stuttgart 21, Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart-Augsburg, Bereich Stuttgart-Wendlingen mit Flughafenanbindung, PFA 1.3 Filderbereich mit Flughafenanbindung, Teilabschnitt 1.3a, Neubaustrecke mit Station NBS, Anlage 20.1 Hydrogeologie und Wasserwirtschaft, Erläuterungsbericht, ARGE Wasser, Umwelt und Geotechnik, Stuttgart, 2015

[FLGH 2022] Flughafen Stuttgart GmbH, Abteilung Tiefbau RT, E-Mail vom 8. Juli 2022, Setzungsanforderungen im Bereich des Stuttgarter Flughafens, Frau Claudia Bier, 2022

[BAUP 2021] BauPortal Ausgabe 1/2021, Tiefbau/Tunnelbau, Bauprojekt Unterfahrung der BAB A8 mittels Lockergesteinsvortrieb, Implenia Construction GmbH, 2021

[FHS 1991] Flughafen Stuttgart GmbH, Auszug Historische Erkundung, Seite 27 bis 30, Stuttgart, 08.11.1991

[FHS2 2021] Flughafen Stuttgart GmbH, Grundwassermessung jährlich, Kopie Jahresmessung an Büro Henke, RE, RH, DG, FM 4 und FV 1-2, Stuttgart, 18.08.2021

[MC 2023] Modus Consult, B 312 Flughafentunnel Wechselwirkungen zur B 27Kurzdokumentation der Leistungsfähigkeitsergebnisse Stufe 1, Stand 21. Juli 2023

[RE-ING 2023] Bundesministerium für Digitales und Verkehr: Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten RE-ING, Stand 2023/03

[Baltzer 2023] Prof. Dr.-Ing. Baltzer, Wolfgang: Empfehlungen für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln im Stadtbereich: Querschnittsausbildung, Lüftung, Beleuchtung, bauliche und technische Sicherheitseinrichtungen, BUNG GmbH, Heidelberg

[MBS 2023] Landratsamt Esslingen: Machbarkeitsstudie Radschnellweg Fildern, Esslingen, Stand Januar 2023

16 Anhang

Anlage 1 Planunterlagen

1.1: Übersichtskarte

1.2: Übersichtslageplan Bestand

1.3: Übersichtslageplan Endvarianten

1.4: Übersichtslageplan ohne Radwegführung

1.5: Übersichtslageplan mit Radwegführung

1.6: Radwegbrücke

2.1: Regelquerschnitt 1 und Regelquerschnitt 2

2.2: Regelquerschnitt 3, Regelquerschnitt offene Bauweise und Trog

2.3: Rettungsstollen Variante 1

2.4: Rettungsstollen Variante 3

3.1: Lageplan – Variante 1 bis 4

3.2: Längsschnitt – Variante 1 und 2, km 0+045 – km 0+613

3.3: Längsschnitt – Variante 3 und 4, km 0+000 – km 0+587

4.1: Längsschnitt und Lageplan – Variante 5.1, km 0+003 bis km 1+279

4.2: Längsschnitt und Lageplan – Variante 5.2, km 0+003 bis km 1+279

4.3: Längsschnitt und Lageplan – Variante 6.1, km 0+003 bis km 1+267

4.4: Längsschnitt und Lageplan – Variante 6.2, km 0+003 bis km 1+180

5.1: Regelquerschnitt Bestand alter Teil

5.2: Regelquerschnitt Bestand alter Teil Detail Notrufnische

5.3: Regelquerschnitt Bestand neuer Teil

5.4: Regelquerschnitt Sanierung alter Teil V1

5.5.1: Regelquerschnitt Sanierung alter Teil V2.1_ohne Abbruch

5.5.2: Regelquerschnitt Sanierung alter Teil V2.1_mit Abbruch

5.6: Regelquerschnitt Sanierung alter Teil V2.2

5.7: Regelquerschnitt Sanierung neuer Teil V1

5.8: Regelquerschnitt Sanierung neuer Teil V2.1