

Vorwort zur Machbarkeitsstudie

Knoten Frankfurt, Fernbahntunnel inkl. Station unterhalb des Hbf. Frankfurt/Main

Zum Verständnis der Machbarkeitsstudie und zur Einordnung der Ergebnisse bitten wir folgende Hinweise zu beachten:

- Ziel der Machbarkeitsstudie ist die Untersuchung der **technischen** Umsetzbarkeit des Vorhabens.
- Die Studie stellt umsetzbare Lösungsvarianten vor, die im Ergebnis zu dem kommunizierten Suchraum (Variantenbereich Südkorridor) geführt haben.
- Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie entsprechen noch nicht notwendigerweise der später umzusetzenden Variante.
- Die vorgestellten Themenbereiche sind im Zuge der nachfolgenden Planungsstufen vertiefend zu untersuchen.
- Unter Beachtung aller Themenbereiche wird als Ergebnis der Vorplanung eine Vorzugsvariante gewählt.

In einem begleitenden Dialog wird die Öffentlichkeit regelmäßig über die weiteren Schritte und neuen Entwicklungen im Projekt informiert. Ein offener Austausch ist ausdrücklich erwünscht, weshalb Interessierten ein regelmäßiger Einblick ins Projekt als auch die Möglichkeit zum Vorbringen eigener Fragen und Belange ermöglicht wird.

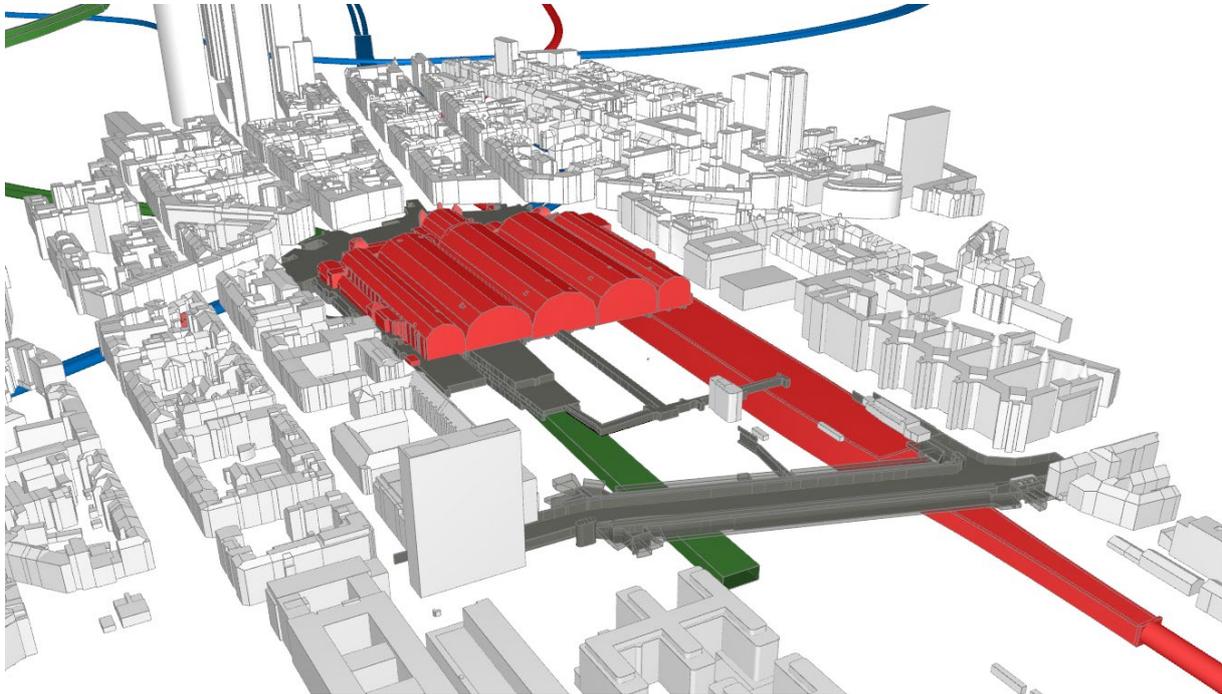
Mit freundlichen Grüßen

DB Netz AG

Unser Anliegen:



Knoten Frankfurt; Fernbahntunnel inkl. Station unterhalb des Hbf. Frankfurt/Main



Erläuterungsbericht zur Machbarkeitsstudie

Auftraggeber:



DB Netz AG
Regionalbereich Mitte
Großprojekte (I.NI-MI-F-F)
Hahnstraße 49
60528 Frankfurt am Main

Frankfurt am Main, den 22.02.2021

Auftragnehmer:



INGENIEURGEMEINSCHAFT
FERNBAHNTUNNEL
FRANKFURT AM MAIN
c/o Schüßler-Plan
Ingenieurgesellschaft mbH
Lindleystraße 11
60314 Frankfurt am Main

Bearbeiter:



INGENIEURGEMEINSCHAFT
FERNBAHNTUNNEL
FRANKFURT AM MAIN
c/o Schüßler-Plan
Ingenieurgesellschaft mbH
Lindleystraße 11
60314 Frankfurt am Main

Frankfurt am Main, den 22.02.2021

Frankfurt am Main, den 22.02.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Beschreibung des Projektes	14
1.1	Lage im Netz.....	14
1.2	Gegenwärtige betriebliche Situation im Knoten Frankfurt.....	14
1.3	Bestellung - Aufgabenstellung der Machbarkeitsstudie.....	15
1.4	Einordnung der Maßnahme in den Gesamtzusammenhang.....	16
1.5	Herangehensweise / Ablauf der Machbarkeitsstudie.....	18
2	Planungsgrundlagen	18
2.1	Bestandsunterlagen des AG.....	18
2.2	Zu beschaffende Planungsgrundlagen.....	19
2.3	Geotechnische und hydrogeologische Grundlagen.....	19
2.4	Betriebliche Anforderungen Strecke.....	21
2.5	Betriebliche Anforderungen an die Station.....	22
2.6	Regelwerke, Richtlinien und Normen.....	23
2.6.1.	Trassierung / Linienführung / oberirdische Streckenführung.....	23
2.6.2.	Tunnelplanung.....	23
2.6.3.	Unterirdische Station / Technische Ausrüstung.....	24
3	Variantenbeschreibung	24
3.1	Gleistopologie und Trassierung.....	24
3.1.1.	Anschluss an das Bestandsnetz.....	24
3.1.2.	Grundsätzliches zu 1-gleisigen und 2-gleisigen Tunneln.....	25
3.1.3.	Y-Varianten.....	27
3.1.4.	Varianten mit zwei 2-gleisigen bzw. vier 1-gleisigen Tunneln.....	28
3.1.5.	Grundsätzliche Überlegungen zur Gleistopologie im Bereich des neuen Tiefbahnhofs unterhalb des Frankfurter Hauptbahnhofs.....	30
3.1.6.	Vorgehen bei der Entwicklung von Trassierungsvarianten.....	31
3.1.7.	Beeinflussende Faktoren bei den Trassierungsvarianten.....	33
3.1.8.	Festlegung Variantenschar in der Planungsstufe 1 (31 Varianten).....	34
3.1.9.	Festlegung Variantenschar in der Planungsstufe 2 (14 Varianten).....	35
3.1.10.	Festlegung Variantenschar in der Planungsstufe 3 (6 Varianten).....	37
3.1.11.	Beschreibung der Trassierungsvarianten.....	39
3.2	Trog- und Tunnelbauwerke.....	44
3.2.1.	Allgemeines.....	44
3.2.2.	Innere Tragwerksbegrenzung Querschnitte.....	45
3.2.3.	Bauweisen der Bauwerke.....	48
3.2.4.	Konstruktion - Bauliche Auslegung.....	51
3.2.5.	Entwässerungskonzept.....	53
3.3	Unterirdische Station Frankfurt Hauptbahnhof.....	54
3.3.1.	Allgemeines, Auswahlverfahren.....	54
3.3.2.	Weitere Randbedingungen der Planung.....	62
3.3.3.	Baugrund, Grundwasser im Stationsbereich, Voraussetzung für Bauverfahren.....	65
3.4	Verzweigungsbauwerk unterirdische Station Frankfurt Hauptbahnhof.....	76
3.4.1.	Allgemeines.....	76
3.4.2.	Verzweigungsbauwerke Ost und West für Station Typ I, Streckenvariante 1, S1-O-T1-1_SK_NM.....	77

3.4.3.	Verzweigungsbauwerk Ost für Stationstyp B schmal, Streckenvariante 2, S2-O-T2-2_SK_SM.....	79
3.4.4.	Verzweigungsbauwerk Ost für Stationstyp C, Streckenvariante 3, S2-W-T2-1_SK_Y	81
3.4.5.	Verzweigungsbauwerk Ost für Stationstyp A, Streckenvariante 4, S1-O-T1-1_SK_Y	83
3.4.6.	Verzweigungsbauwerk Ost für Stationstyp B schmal, Streckenvariante 5, S2-O-T2-2_SK_Y.....	85
3.4.7.	Verzweigungsbauwerk Ost für Stationstyp A, Streckenvariante 6, S1-W-T2-2_SK_Y	85
4	Betriebliche Untersuchungen	87
4.1	Allgemeines	87
4.2	Zulaufstrecken.....	87
4.2.1.	Westlicher Zulauf (Strecke 3620).....	87
4.2.2.	Östlicher Zulauf nordmainisch (Strecke 3660).....	87
4.2.3.	Östlicher Zulauf südmainisch (Strecke 3600)	87
4.2.4.	Notwendigkeit der Y-Trasse.....	88
4.2.5.	Knoten Hanau.....	88
4.3	Spurplanvarianten der Station.....	88
4.4	Modellierung des Fernbahntunnels in RailSys (Fahrplanstudie).....	89
4.4.1.	Aufgabenstellung.....	89
4.4.2.	Basisdaten	90
4.4.3.	Begriffe	90
4.4.4.	Herangehensweise.....	91
4.4.5.	Annahmen	94
4.4.6.	Zusammenhang Knoten Hanau	94
4.4.7.	Ergebnisse.....	95
4.4.8.	Fahrzeitberechnung.....	98
4.4.9.	Grenzen / Einschränkungen des Modells:	98
4.4.10.	Anhänge	99
5	Rettungskonzept.....	100
5.1	Zweck des Rettungskonzeptes	100
5.2	Schutzobjekte und Schutzziele	100
5.3	Gefährdungen, betrachtete Risikoszenarien.....	100
5.3.1.	Risikoszenario „Brand Personenzug“ - Ereignisbaum	101
5.3.2.	Betriebliche Maßnahmen.....	101
5.4	Grundsätze des Rettungskonzeptes	101
5.4.1.	Selbstrettung.....	102
5.4.2.	Fremdrettung	102
5.5	Grundsätze zur Tunnelsystemwahl.....	102
5.6	Varianten und Rettungskonzepte Fernbahntunnel.....	103
5.6.1.	Allgemeine tunnelsicherheitstechnische Aspekte der Tunnelsystemwahl.....	103
5.6.2.	Variante 1: S1-O-T1-1_SK_NM.....	104
5.6.3.	Variante 2: S2-O-T2-2_SK_SM.....	105
5.6.4.	Variante 3: S2-W-T2-1_SK_Y.....	106
5.6.5.	Variante 4a): S1-O-T1-1_SK_Y.....	107
5.6.6.	Variante 4b): S1-O-T1-1_SK_Y.....	108
5.6.7.	Variante 5: S2-O-T2-2_SK_Y.....	109
5.6.8.	Variante 6: S1-W-T1-2_SK_Y.....	110

5.7	Tunnelstrecke.....	112
5.7.1.	Flucht- und Rettungswege.....	112
5.7.2.	Zufahrten und Rettungsplätze.....	112
5.7.3.	Baulicher Brandschutz.....	113
5.7.4.	Branddetektion.....	113
5.7.5.	Lüftungsanlage.....	113
5.7.6.	Orientierungsbeleuchtung.....	113
5.7.7.	Fluchtwegkennzeichnung.....	113
5.7.8.	Löschwasserversorgung.....	114
5.7.9.	Elektroanschlüsse.....	114
5.7.10.	Notruffernsprecher.....	114
5.7.11.	Funkeinrichtung (BOS-Funk).....	114
5.7.12.	Notbremsüberbrückung.....	115
5.7.13.	Abschaltung der Oberleitung und Erdung.....	115
5.7.14.	Transporthilfen.....	115
5.8	Unterirdische Station.....	115
5.8.1.	Flucht- und Rettungswege.....	115
5.8.2.	Zufahrt, Zugänglichkeit und Flächen für die Feuerwehr.....	121
5.8.3.	Baulicher Brandschutz.....	121
5.8.4.	Anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen.....	122
5.8.5.	Bahnsteiglautsprecher, Zugzielanzeige.....	122
5.8.6.	Maschinelle Entrauchungsanlage.....	122
5.8.7.	Gebäudefunktanlage (BOS-Funk).....	122
6	Lüftungskonzept.....	122
6.1	Aufgaben der Lüftungsanlage.....	122
6.2	Annahmen und Grundlagen für das Lüftungskonzept.....	123
6.2.1.	Vorgangsweise der Konzeptfindung.....	123
6.2.2.	Auslegung Axialventilatoren in Station und Lüftungs- / Schwallbauwerken.....	124
6.2.3.	Auslegung Strahlventilatoren in Tunnelröhren.....	124
6.2.4.	Lüftungskanäle.....	124
6.2.5.	Relevante Brandszenarien.....	126
6.3	Unterirdische Station.....	127
6.3.1.	Betrachtete Tunnelvarianten.....	127
6.3.2.	Varianten mit zwei eingleisigen Tunnelröhren.....	129
6.3.3.	Varianten mit einer zweigleisigen Tunnelröhre.....	133
6.4	Tunnelstrecke.....	138
6.4.1.	Entrauchungsmöglichkeiten.....	138
6.4.2.	Regelung der Lüftung.....	140
6.4.3.	Varianten als Gesamtes.....	140
6.5	Grobbewertung der Varianten.....	143
7	Ausrüstungstechnische Systeme.....	144
7.1	Leit- und Sicherungstechnik (LST).....	144
7.2	Oberleitung (OLA).....	145
7.3	Maschinenbau (MB).....	145
7.3.1.	Entrauchungsanlage Bahnsteige und Verzweigungsbereiche.....	145
7.3.2.	Frischluferversorgung Bahnsteig.....	145
7.3.3.	Lüftungsanlagen Technik Räume.....	145
7.3.4.	Belüftung Feuerwehraufzüge.....	145
7.3.5.	Löschwasserleitung & Sprinkleranlage.....	146

7.3.6.	Heizung.....	146
7.3.7.	Kälteanlage.....	146
7.3.8.	Wasserversorgung.....	146
7.3.9.	Entwässerung.....	147
7.4	Elektrotechnik (50 Hz).....	147
7.4.1.	Allgemeine Versorgungsstruktur.....	147
7.4.2.	Mittelspannungsschaltanlagen, Trafostation (Leistungsumfang DB Energie).....	147
7.4.3.	Netzersatzversorgungsanlagen.....	148
7.4.4.	Stromversorgung für die Sicherheitsbeleuchtungsanlage (SBL).....	148
7.4.5.	Niederspannungshauptverteilung DB S&S.....	148
7.4.6.	Niederspannungsinstallationsanlagen.....	148
7.4.7.	Beleuchtungsanlagen.....	149
7.4.8.	Erdungskonzept, Potentialausgleich.....	149
7.4.9.	Anlagen der Maschinen- und Fördertechnik.....	150
7.4.10.	Anlagen der Telekommunikation.....	150
7.4.11.	Anlagen der Gebäudeautomation (GA).....	151
7.4.12.	Brandmeldeanlage.....	151
7.4.13.	Bereiche Fahrtunnel.....	151
8	Genehmigungsrechtliche Aspekte.....	152
8.1	Betroffenheiten.....	152
8.2	Grunderwerb.....	153
8.3	Planrechtsverfahren.....	153
9	Umweltrechtliche Betrachtungen.....	153
9.1	Gewässer- und Naturschutz.....	153
9.2	Schall- und Erschütterung.....	155
9.2.1.	Schallschutz.....	155
9.2.2.	Erschütterungsschutz.....	157
10	Bauphasen- und Baulogistikkonzepte.....	160
10.1	Bauablauf und Bauphasen Tunnelbau.....	160
10.1.1.	Konzept TBM-Vortriebe.....	160
10.2	Bauablauf und Bauphasen der unterirdischen Station und Gesamtbauablauf.....	164
10.2.1.	Allgemeines.....	164
10.3	Baulogistik - Baustelleneinrichtungsflächen, verkehrliche Anbindung.....	168
11	Grobkostenschätzung.....	173
11.1	Allgemein.....	173
11.2	Übergeordnete Kostenanteile.....	173
11.3	Betriebserschwerniskosten.....	174
11.4	Preisstand und Risikozuschläge.....	174
11.5	Bautechnik.....	175
11.6	Leit- und Sicherungstechnik (LST).....	175
11.7	Oberleitung (OLA).....	175
11.8	Maschinenbau & Elektrotechnik (50 Hz).....	176
11.9	Ergebnisse.....	176
12	Risikobewertung.....	177

12.1	Allgemein.....	177
13	Variantenbewertung	180
14	Fazit.....	181

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Knoten Frankfurt am Main (Quelle: Eisenbahnatlas 2006)	14
Abbildung 2: Untersuchungsraum Knoten Frankfurt	15
Abbildung 3: mögliche Trassenvarianten mit nord- bzw. südmainischem Anschluss in Richtung Hanau sowie als Y-Trasse	25
Abbildung 4: Gleistopologie im Bereich der unterirdischen Station bei zwei 1-gleisigen Tunnelröhren	25
Abbildung 5 Gleistopologie im Bereich der unterirdischen Station bei einer 2-gleisigen Tunnelröhre	26
Abbildung 6: Schematische Darstellung Streckenverzweigung (höhengleich) bei einer 2-gleisigen Tunnelröhre	27
Abbildung 7: Schematische Darstellung Streckenverzweigung (höhenfrei) bei einer 2-gleisigen Tunnelröhre (im Abzweig zwei 1-gleisige Tunnelröhren)	27
Abbildung 8: 3D-Darstellung Streckenverzweigung (höhenfrei) bei einer 2-gleisigen Tunnelröhre (im Abzweig zwei 1-gleisige Tunnelröhren, Blickrichtung nach Westen)	28
Abbildung 9: Schematische Darstellung Streckenverzweigung (höhenfrei)/ Verschlingung bei zwei 1-gleisigen Tunnelröhren (Führung der durchgehenden Tunnelröhren in unterschiedlichen Höhen)	28
Abbildung 10: Schematische Darstellung Streckenverzweigung (höhenfrei)/ Verschlingung bei zwei 1-gleisigen Tunnelröhren (alternative Lösung mit Führung der durchgehenden Tunnelröhren in gleicher Höhe)	28
Abbildung 11: betrieblich ungünstige Streckenverknüpfung im Westkopf des Frankfurter Hauptbahnhofs	29
Abbildung 12: betrieblich ungünstige oder bautechnisch sehr aufwändige Streckenverknüpfung im Ostkopf des Frankfurter Hauptbahnhofs	29
Abbildung 13: höhenfreie Kreuzung/Verschlingung von 2 Tunnelröhren	30
Abbildung 14: Abschnittsteilung des Untersuchungsraums	32
Abbildung 15: Schema zur Benennung und Identifikation der Varianten	33
Abbildung 16: Stufen der Variantenentwicklung	34
Abbildung 17: Beispiel Entscheidungsbaum nördliche Stationslage	35
Abbildung 18: Ansicht Schnitt Hochhausriegel Stadtgebiet Frankfurt	36
Abbildung 19: untersuchte Varianten in der Planungsstufe 3	38
Abbildung 20: Systemskizze Variante 1	41
Abbildung 21: Systemskizze Variante 2	41
Abbildung 22: Systemskizze Variante 3	42
Abbildung 23: Systemskizze Variante 4	43
Abbildung 24: Systemskizze Variante 5	43
Abbildung 25: Systemskizze Variante 6	44
Abbildung 26: Mögliche Lage und Grundriss Y-Bauwerk, 2gleisige Tunnelröhre	52
Abbildung 27: Längsschnitt Y-Bauwerk, 2gleisige Tunnelröhre	52
Abbildung 28: Mögliche Lage der Station in Nord-Südrichtung	54
Abbildung 29: Mögliche Lage der Station in Ost (rot)-West-(grün)Richtung	55
Abbildung 30: Querschnitt Typ A (Blick in Richtung Osten)	55
Abbildung 31: Querschnitt Typ B (Blick in Richtung Osten)	56
Abbildung 32: Querschnitt Typ C (Blick in Richtung Osten)	56
Abbildung 33: Querschnitt Typ D	57

Abbildung 34: Querschnitt Typ E, Regelquerschnitt	58
Abbildung 35: Querschnitt Typ F, Regelquerschnitt	58
Abbildung 36: Querschnitt Typ G, Regelquerschnitt	59
Abbildung 37: Querschnitt Typ H; Regelquerschnitt	59
Abbildung 38: Querschnitt Typ I, Bereich Regelquerschnitt (Blick in Richtung Osten)	60
Abbildung 39: Querschnitt Typ I, Bereich mit Nukleus für Zugangstreppen (Blick in Richtung Osten)	60
Abbildung 40: Lage S-Bahntunnel im Bahnhof und Gleisfeld	62
Abbildung 41: Regelquerschnitt Hafentunnel	63
Abbildung 42: Lage Hafentunnel	63
Abbildung 43: Lage U-Bahnstation, Bahnhofplatz	64
Abbildung 44: Höhenplan U-Bahnstation	65
Abbildung 45: Lageplanausschnitt Typ I	67
Abbildung 46: Lageplanausschnitt Typ B	70
Abbildung 47: Lageplanausschnitt Typ C	72
Abbildung 48: Lageplanausschnitt Typ A	73
Abbildung 49: Bogenabfangung	74
Abbildung 50: Lageplanausschnitt Typ A, westliche Lage	75
Abbildung 51: Lageplanausschnitt und Längsschnitt Hafentunnel Typ B	77
Abbildung 52: Lageplan Verzweigungsbereich Station I, bergmännische Bauweise	78
Abbildung 53: Verzweigungsbereich Station I, Querschnitt mit drei Pfeilerstollen, bergmännische Bauweise	78
Abbildung 54: Verzweigungsbereich Station I, Querschnitt mit einem Pfeiler, bergmännische Bauweise	79
Abbildung 55: Lageplanausschnitt Verzweigungsbereich Typ B	80
Abbildung 56: Querschnitte Verzweigungsbereich Typ B	81
Abbildung 57: Querschnitte Verzweigungsbereich Typ C	81
Abbildung 58: Grundriss Verzweigungsbereich Typ A	83
Abbildung 59: Längsschnitt Verzweigungsbereich Typ A	84
Abbildung 60: Querschnitt Verzweigungsbereich Typ A, tangierender Rohrschirm Blickrichtung Osten	84
Abbildung 61: Querschnitt Verzweigungsbereich Typ A, Überschnittener Rohrschirm Blickrichtung Westen (Station)	84
Abbildung 62: Grundriß Verzweigungsbereich Typ A	86
Abbildung 63: Längsschnitt Verzweigungsbereich Typ A	86
Abbildung 64: Querschnitt Verzweigungsbereich Typ A mit Rohrschirm	86
Abbildung 65: Spurplanbeispiel mit außenliegenden Gleisverbindungen	88
Abbildung 66: Spurplanbeispiel mit innenliegenden Gleisverbindungen	89
Abbildung 67: Übersicht der Strecken und jeweiligen Kilometrierungen (Varianten mit Y-Varianten)	91
Abbildung 68: Ereignisbaum "Brand Personenzug"	101
Abbildung 69: Zwei eingleisige Fahrtunnel in Parallellage (Symboldarstellung)	102
Abbildung 70: Zweigleisiger Fahrtunnel mit Notausgang ins Freie (Symboldarstellung)	103
Abbildung 71: Variante 1 „S1-O-T1-1_SK_NM“ (Brandort im Ostabschnitt)	104
Abbildung 72: Variante S2-O-T2-2_SK_SM (Brandort im Ostabschnitt)	106
Abbildung 73: Variante S2-W-T2-1_SK_Y (Brandort im Ostabschnitt)	107

Abbildung 74: Variante 4(a) S1-O-T1-1_SK_Y (Brandort im Ostabschnitt)	108
Abbildung 75: Variante 4b) S1-O-T1-1_SK_Y (Brandort im Ostabschnitt)	109
Abbildung 76: Variante 5 „S2-O-T2-2_SK_Y“ (Brandort im Ostabschnitt)	110
Abbildung 77: Variante 6 „S1-W-T1-2_SK_Y“ (Brandort im Ostabschnitt)	111
Abbildung 78: Lageplan Bergmännischer Stationstyp I, Nottreppenhäuser mit Stauraum (gelb dargestellt), Feuerwehraufzüge	119
Abbildung 79: Längenschnitt Bergmännischer Stationstyp I, Nottreppenhäuser mit Stauraum (gelb dargestellt), Feuerwehraufzüge	119
Abbildung 80: Übersichtslageplan Stationsvariante in offener Bauweise, Entrauchung, Nottreppenhäuser	119
Abbildung 81: Lageplan Stationsvariante in offener Bauweise, Entrauchung, Nottreppenhäuser, Prinzipdetail Westseite	120
Abbildung 82: Lageplan Stationsvariante in offener Bauweise, Entrauchung, Nottreppenhäuser, Prinzipdetail Osteite Gleisebene	120
Abbildung 83: Zuordnung Lüftungskonzepte Station zu Tunnelsystemen und Trassierungsvarianten	123
Abbildung 84: Bergmännische Station Typ I, Querschnitt mit Führung Lüftungskanäle und -schächte (in grau)	125
Abbildung 85: Längsschnitt Lüftungsbauwerk mit Lüfterkaverne, Lüftungsstollen, Lüftungsschacht und Lüftungskamin	126
Abbildung 86: Brandszenarien	126
Abbildung 87: Schema Station mit zwei eingleisigen Tunnelröhren	127
Abbildung 88: Verzweigungsbereich mit zwei eingleisigen Tunnelröhren	127
Abbildung 89: Schema Station mit einer zweigleisigen Tunnelröhre	128
Abbildung 90: Verzweigungsbereich, eine zweigleisige Tunnelröhre	128
Abbildung 91: Legende für Lüftungsschemata, zwei eingleisige Tunnelröhren	129
Abbildung 92: Lüftungskonzept zwei eingleisige Tunnelröhren	130
Abbildung 93: Vorderansicht Lüftungsbauwerk OST/WEST, zwei eingleisige Tunnelröhren	131
Abbildung 94: Brandszenario 1, zwei eingleisige Tunnelröhren	131
Abbildung 95: Brandszenario 2, zwei eingleisige Tunnelröhren	132
Abbildung 96: Legende für Schemata, eine zweigleisige Tunnelröhre	133
Abbildung 97: Lüftungskonzept eine zweigleisige Tunnelröhre	134
Abbildung 98: Seitenansicht Lüftungsbauwerk OST/WEST, eine zweigleisige Tunnelröhre	135
Abbildung 99: Brandszenario 1, eine zweigleisige Tunnelröhre	136
Abbildung 100: Brandszenario 2, eine zweigleisige Tunnelröhre	137
Abbildung 101: Brand im Tunnel; Rauchabsaugung	138
Abbildung 102: Brand im Tunnel; Entrauchung über Portale	139
Abbildung 103: Systemskizze Lüftungssteuerung	140
Abbildung 104: S1-O-T1-1_SK_NM - Einröhrige Variante ohne Y-Anbindung Richtung Hanau	141
Abbildung 105: Zweiröhrige Variante ohne Y-Anbindung Richtung Hanau	141
Abbildung 106: S2-W-T2-1_SK_Y - Zweiröhrige Variante mit Y-Anbindung	141
Abbildung 107: S1-O-T1-1_SK_Y - Einröhrige Variante mit Y-Anbindung/zweiröhrig Richtung Hanau	142

Abbildung 108: S1-O-T1-1_SK_Y - Einröhrige Variante mit Y-Anbindung - zweiröhrig Richtung Hanau	142
Abbildung 109: S2-O-T2-2_SK_Y - Zweiröhrige Variante mit Y-Anbindung	143
Abbildung 110: S1-W-T1-2_SK_Y - Zweiröhrige Variante mit Y-Anbindung	143
Abbildung 111: Variante 1 Gleisschema mit TBM - Vortrieben	160
Abbildung 112: Variante 2 Gleisschema mit TBM - Vortrieben	161
Abbildung 113: Variante 3 Gleisschema mit TBM - Vortrieben	161
Abbildung 114: Variante 4 Gleisschema mit TBM - Vortrieben	162
Abbildung 115: Variante 5 Gleisschema mit TBM - Vortrieben	163
Abbildung 116: Variante 6 Gleisschema mit TBM - Vortrieben	163
Abbildung 117: Kreislauf des Risikomanagements	177

Abkürzungsverzeichnis

A

AbfG	Abfallgesetz
ABS	Ausbaustrecke
AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
AN-Bau	Auftragnehmer für Bauleistungen
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ASR	Technische Regeln für Arbeitsstätten
Az	Amtszeichen

B

BAst	Betriebliche Aufgabenstellung
BaustellV	Baustellenverordnung
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BE	Baustelleneinrichtung
Bf	Bahnhof
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnungen
BVB	Besondere Vertragsbedingungen
BZ	Bauzustand

D

DB AG	Deutsche Bahn Aktiengesellschaft
DB KT	Deutsche Bahn Kommunikationstechnik
DSV	Düsenstrahlverfahren
DSTW	Digitales Stellwerk

E

eANV	elektronischen Abfallnachweisverfahrens
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBWU	Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung
EN	Entsorgungsnachweis
ESTW	Elektronisches Stellwerk
ETCS	European Train Control System
EÜ	Eisenbahnüberführung

F

FAOH	neuer unterirdischer Abzweig Osthafen (Betriebsstellenbezeichnung)
FFMK	Frankfurt-Mainkur (Betriebsstellenbezeichnung)
FFO	Bahnhof Frankfurt Ost (Betriebsstellenbezeichnung)
FFTS	neuer Bf Frankfurt Hbf („Frankfurt Tief Süd“, Betriebsstellenbezeichnung)
FNI	Frankfurt-Niederrad (Betriebsstellenbezeichnung)
FO	Bahnhof Offenbach Hbf (Betriebsstellenbezeichnung)
FOW	neuer Abzweig Offenbach-West (Betriebsstellenbezeichnung)
FM-Kabel	Fernmeldekabel

G

GOK	Geländeoberkante
GUV-V	Unfallverhüttungsvorschrift

GWB	Gleiswechselbetrieb
H	
HeEx	HessenExpress
K	
KDB	Kunststoffdichtungsbahn
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
kV	Kilovolt
L	
L2	Level 2 des ETCS
LAGA	Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen
LFG	Leuchtturm Fliesen Gemünden (Projektbezeichnung)
Lph	Leistungsphase
LV	Leistungsverzeichnis
LST	Leit- und Sicherungstechnik
N	
NBS	Neubaustrecke
NS-Kabel	Niederspannungskabel
NU	Nachunternehmer
O	
OLA	Oberleitungsanlage
P	
PD	Produktionsdurchführung
PL	Projektleitung
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
Q	
QM	Qualitätsmanagement
R	
RB	Regionalbereich
Ril	Richtlinie
SiGeKo	Sicherheit- und Gesundheitskoordination
S	
SFS	Schnellfahrstrecke
SO	Schienenoberkante
SP	Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
T	
TBM	Tunnelbohrmaschine
T-Com	Telekom AG
TÜV	Technischer Überwachungsverein
TVP	Tunnelvortriebsportal
U	
UIG	Unternehmensinterne Genehmigung
oPVA	Oberirdische PersonenVerkehrsAnlage
uPVA	Unterirdische PersonenVerkehrsAnlage

UVV	Unfallverhüttungsvorschrift
V	
VAwS	Anlagenverordnung wassergefährdende Stoffe
VE	Verantwortliche Erklärung des Abfallerzeugers
VN	Verwertungsnachweis
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
VP	Vorplanung
VVBau	Verwaltungsvorschrift über die Bauaufsicht im Ingenieurbau, Oberbau und Hochbau
VwV	Verwaltungsvorschrift
W	
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WUBK	Wasserundurchlässige Betonkonstruktion
Z	
ZEB	Zeitweise eingleisiger Betrieb
ZiE	Zustimmung im Einzelfall
ZTV SA	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Sicherungsarbeiten an Arbeitsstellen an Straßen



Abbildung 2: Untersuchungsraum Knoten Frankfurt

Neben den vorgenannten Durchgangslinien des Fernverkehrs beginnen bzw. enden in Frankfurt Linien des nationalen und internationalen Fernverkehrs. Diese Züge nutzen den Laufweg über Frankfurt am Main Stadion.

Diese vielen Linien des SPFV kreuzen sich in den Zufahrtslinien auf den Bf Frankfurt (Main) Hbf (FF) und auch im Bahnhofsvorfeld. Es existiert keine höhenfreie Ausfädelung im Vorfeld des Frankfurter Hauptbahnhofs, die sämtliche Konflikte des SPFV beseitigen würde. Besonders der SPFV, der nicht in Frankfurt beginnt oder endet, hat durch die heutige Gestaltung der Weichenstraßen im Vorfeld des Hauptbahnhofs und der unterschiedlichen Längen der Bahnsteigkanten begrenzte Fahrtmöglichkeiten. Bereits bei geringen Verspätungen behindern sich die Züge gegenseitig, was vorrangig zu Verspätungen bei diesen Zügen und im Nachgang zu Folgeverspätungen bei den nachfolgenden Zügen führt (regionaler und überregionaler Dominoeffekt). Weiterhin werden die Zulaufstrecken des SPFV zum Hbf auch noch durch Züge des SPNV und des Güterverkehrs genutzt, wodurch zusätzliche Trassenkonflikte entstehen.

Durch die Anlage des Bf Frankfurt (Main) Hbf als Kopfbahnhof entstehen neben den beschriebenen Trassenkonflikte auch Fahrzeitverluste durch die hieraus resultierenden geringen Ein- und Ausfahrgeschwindigkeiten sowie durch Umwegfahrten.

1.3 Bestellung – Aufgabenstellung der Machbarkeitsstudie

Das Netz aus Schnellfahrstrecken, dessen Verkehre auf den Knoten Frankfurt zulaufen, wird sukzessive ausgebaut. Durch die bereits erfolgten bzw. folgenden Inbetriebnahmen im Schnellfahrnetz steigt die Attraktivität des SPFV weiter an, sodass mehr SPFV-Züge durch den Knoten Frankfurt bis zum Hauptbahnhof geführt werden müssen, um dem zu erwartenden starken Reisendenaufkommen gerecht zu werden. Eine vergleichbare Steigerung des Verkehrsaufkommens ist auch im SPNV zu erwarten. Für diesen Anstieg wurden in den letzten Jahren zusätzliche Nahverkehrsleistungen durch die zuständigen Aufgabenträger getätigt.

Die prognostizierte Steigerung des Verkehrsaufkommens ist in ausreichender Quantität und Qualität auf der vorhandenen Infrastruktur nicht umsetzbar.

Durch den Bau eines Fernbahntunnels mit unterirdischer Station unterhalb des Hbf sollen die aus der historisch gewachsenen Infrastruktur rührenden Engpässe beseitigt werden.

Ziel dieser Studie ist es, die Machbarkeit dieses Vorhabens zu untersuchen.

1.4 Einordnung der Maßnahme in den Gesamtzusammenhang

Im Großraum Frankfurt sind derzeit mehrere Maßnahmen zur Verbesserung der Schieneninfrastruktur im Bau oder in der Planung.

Es handelt sich hierbei um folgende Vorhaben

1. NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar

Die NBS beginnt im Bf Zeppelinheim und endet im Bf Mannheim Waldhof. Der Bf Darmstadt Hbf wird über eine Schleife an diese Strecke angebunden. Tagsüber verkehren auf der NBS überwiegend Züge des SPFV. Im Nachtzeitraum werden zur Entlastung der parallel verlaufenden Bestandsstrecken (insbesondere der Strecke 4010 „Riedbahn“) auch Züge des Güterverkehrs über die Strecke geführt. Dazu wird im Bereich Weiterstadt eine zusätzliche Anbindungskurve an die Strecke 3530 von Mainz nach Darmstadt errichtet.

2. Wallauer Spange

Derzeit ist der Bf Wiesbaden Hbf nur von der SFS Köln- Rhein/Main (Strecke Nr. 2690) von der nördlichen Richtung aus über die Strecke 3509 anfahrbar. Die Wallauer Spange soll die Strecke 3509 auch in südlicher Richtung an die SFS anschließen. Somit entsteht eine schnelle Verbindung Wiesbaden Hbf - Frankfurt (Main) Flughafen Fernbahnhof - Frankfurt am Main Stadion.

3. Frankfurt am Main Stadion, 2. Ausbaustufe (6-gleisiger Ausbau Frankfurt am Main Stadion – Frankfurt-Niederrad)

Durch das Projekt 6-gleisiger Ausbau Frankfurt am Main-Stadion – Frankfurt-Niederrad werden die Zufahrtmöglichkeiten aus der Richtung Riedbahn/Schnellfahrstrecke Köln-Rhein/Main (SFS KRM) über Frankfurt am Main - Stadion (FSP) durch die Entflechtung der Verkehre deutlich verbessert. Durch die hierbei geschaffenen zusätzlichen Gleise und Weichenverbindungen soll eine Entmischung der Verkehre bereits im Zulauf erzielt werden. Diese Maßnahme umfasst auch den Bau einer zusätzlichen Mainquerung (3. Niederräder Eisenbahnbrücke) für den SPFV.

4. Frankfurt am Main Stadion, 3. Ausbaustufe

Diese Maßnahme stellt die Ergänzung des 6-gleisigen Ausbaus Frankfurt am Main Stadion – Frankfurt-Niederrad in Richtung Zeppelinheim (und damit zur geplanten NBS Rhein/Main- Rhein /Neckar) dar.

5. Eisenbahnanbindung Terminal 3 des Frankfurter Flughafens

Das Terminal 3 des Frankfurter Flughafens soll durch eine Anbindungskurve an die

Strecke 4010 „Riedbahn“ angebunden werden. Die geplante Kurve zweigt südlich des Bahnhofs Zeppelinheim aus der Riedbahn ab und schließt nördlich des Bahnhofs Walldorf wieder an diese an. Der geplante Haltepunkt soll von der S-Bahn-Linie S7 und einer Regionalexpress-Linie bedient werden.

6. 4-gleisiger Ausbau der S6 zwischen Frankfurt (Main) West und Friedberg

Gegenwärtig wird die Strecke 3684, welche zurzeit im Bf Frankfurt (Main) West von der Strecke 3611 abzweigt und im selben Bf in die Strecke 3900 (Main-Weser-Bahn, Kassel Hbf – Frankfurt Hbf) einmündet, bis Bad Vilbel verlängert. Eine weitere Verlängerung dieser Strecke bis Friedberg ist in Planung.

7. 2-gleisiger Ausbau der Strecke 3613 im Abschnitt Frankfurt (Hbf) – Mainzer Landstraße (Homburger Damm)

Der derzeitige eingleisige Abschnitt des Homburger Dammes im Abschnitt Frankfurt (Hbf) – Mainzer Landstraße stellt einen Engpass dar, der durch den zweigleisigen Ausbau beseitigt werden soll. Dies ermöglicht unter anderem die Verlegung von Zügen des SPNV vom Südteil des Hbf in den Nordteil.

8. Nordmainische S-Bahn

Zur Verbesserung des SPNV soll zwischen der S-Bahn-Station Konstablerwache und Hanau Hbf die Nordmainische S-Bahn errichtet werden. Diese neue S-Bahn-Strecke verläuft außerhalb des Innenstadtbereiches von Frankfurt parallel zur Strecke 3660 (Frankfurt (Main) Süd – Aschaffenburg Hbf. Nach Fertigstellung dieser Maßnahme kann die Strecke 3660 von Zügen des SPNV entlastet werden.

9. ABS/NBS Hanau – Fulda

Der SPNV zwischen Frankfurt und Hamburg/Bremen bzw. Berlin und Leipzig/Dresden wird im Wesentlichen über diese Strecke abgewickelt. Aufgrund der Überlastung dieser Strecke soll die Relation Hanau - Fulda durchgängig viergleisig ausgebaut werden.

10. Regionaltangente West (RTW)

Die RTW ist als tangentielle Regionalstadtbahn-Strecke im Frankfurter Westen geplant. Sie wird aus zwei Linien bestehen, die im mittleren Abschnitt zwischen Eschbonr und Neu-Isenburg Bahnhof über Höchst und den Flughafen gemeinsam verlaufen. Die erste Linie verbindet Bad Homburg mit Neu-Isenburg Birkengewann, die zweite Linie verkehrt von Frankfurt-Praunheim/Gewerbegebiet und Bad Soden bis Dreieich-Buchsschlag.

11. Weitere Maßnahmen im Zuge des BVWP-Vorhabens „Knoten Frankfurt“

Zu den weiteren geplanten Maßnahmen gehören Spurplananpassungen im Hauptbahnhof inklusive des Vorfelds und im Abschnitt Hauptbahnhof - Südbahnhof sowie im Südbahnhof selbst, die Blockverdichtung auf der Strecke Zeppelinheim – Frankfurt Flughafen Fernbahnhof, eine neue eingleisige Weichenverbindung in Darmstadt Nord

und ein Neubau eines Gleises mit höhenfreien Einbindungen der 2-gleisigen Verbindungskurve Mainaschaff.

Alle diese Vorhaben dienen u.a. dazu, die Leistungsfähigkeit der Zulaufstrecken auf den Bf Frankfurt (Main) Hbf zu erhöhen. Durch die geplante Einführung des Deutschlandtaktes ist eine weitere Verkehrszunahme zu erwarten, die über die vorhandene Infrastruktur auch mit punktuellen Verbesserungen der bestehenden Infrastruktur nicht bewältigt werden kann.

1.5 Herangehensweise / Ablauf der Machbarkeitsstudie

Die Bearbeitung dieser Machbarkeitsstudie erfolgte interdisziplinär zwischen den Gewerken der Verkehrsanlage und des Ingenieurbaus unter der Einbeziehung von fachlichen Gutachtern für die Bereiche Umwelt, Schall und Erschütterung, Geotechnik und Fachexperten für betriebliche Untersuchungen.

Zu Beginn des Projektes wurden über das Gewerk der Verkehrsanlage alle übergebenen und beschafften Grundlagen zusammengeführt, um darauf basierend die ersten Untersuchungen zu möglichen Trassierungsvarianten zu erstellen. Zeitgleich hat das Gewerk des Ingenieurbaus erste Überlegungen zu möglichen Standorten für die neu zu errichtende unterirdische Station erarbeitet. Durch die zeitgleiche Bearbeitung beider Gewerke ist es regelmäßig zu Interaktionen zwischen beiden Gewerken gekommen. Dieser interaktive Prozess wurde kontinuierlich fortgeführt, bis sowohl für die Verkehrsanlage als auch für den Ingenieurbau konsistente Lösungen erreicht wurden.

Nach Abschluss und Vorliegen abgestimmten Lösungen für die Verkehrsanlage und den Ingenieurbau, bilden diese Unterlagen die Grundlage für die Bearbeitung der weiteren am Projekt beteiligten Gutachter und Fachexperten.

Nach Abschluss der Bearbeitung durch die Gutachter und Fachexperten wurden alle dann vorhandenen Unterlagen zusammengeführt und auf Konsistenz überprüft. Hierbei wurde es teilweise erforderlich, dass einzelne Bestandteile der Machbarkeitsstudie überarbeitet werden mussten.

Abschließend wurde der Erläuterungsbericht zur Machbarkeitsstudie erstellt. Der Abschluss des Berichts bildete dann auch gleichzeitig den Abschluss der Machbarkeitsstudie.

2 Planungsgrundlagen

2.1 Bestandsunterlagen des AG

Im Rahmen der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie wurden vom Auftraggeber insbesondere folgende Planungsgrundlagen zur Verfügung gestellt:

- Ivl-Pläne der DB-Strecken im Untersuchungsbereich, insbesondere im Bereich des Frankfurter Hauptbahnhofs und der in Richtung Westen anschließenden Strecken, der unterirdischen S-Bahn-Stammstrecke und der bestehenden Strecken 3600 (südmainisch über Offenbach) und 3660 (nordmainisch) in Richtung Hanau
- 3D-Modell und Vermessungspläne der oPV-Anlage durch DB Station&Service AG

- Gleisnetzdaten (Achs- und Gradientendaten der Gleise in o.g. Streckenabschnitten)

2.2 Zu beschaffende Planungsgrundlagen

Im Rahmen der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie wurden insbesondere folgende Planungsgrundlagen von Dritten beschafft:

- Digitale Stadtgrundkarte der Stadt Frankfurt (im Rahmen der Bearbeitung der Planung in den weiteren Leistungsphasen ist ein aktualisierter Stand der Stadtgrundkarte zu beschaffen)
- Digitales Geländemodell DGM 10
- Bestandsunterlagen der Stadtwerke Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main mbH (VGF) bezüglich der vorhandenen U-Bahn-Strecken im Bereich der Frankfurter Innenstadt. Seitens der VGF wurden Achs- und Gradientendaten der A-Strecke (Stadtbahnlinien U1, U2, U3 und U8) sowie der B-Strecke (Stadtbahnlinien U4 und U5) sowie einzelne Bestandspläne für die Streckenabschnitte zwischen den Stationen Willy-Brandt-Platz und Schweizer Platz (A-Strecke) und zwischen Willy-Brandt-Platz und Hauptbahnhof (B-Strecke) sowie für den Bereich der Station Ostbahnhof (C-Strecke) zur Verfügung gestellt. Im Zuge der Bearbeitung der Planung in den weiteren Leistungsphasen sind weitere Bestandsunterlagen von der VGF zu beschaffen
- Planung der nordmainischen S-Bahn: Seitens der DB Netz AG wurden Gleisnetzdaten der im Rahmen dieses Vorhabens geplanten Gleise zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden die im Internet veröffentlichten Unterlagen zur Planfeststellung für dieses Vorhaben ausgewertet
- Planung des Ausbauvorhabens „Umbau des Knotens Frankfurt (Main) Stadion, 2. Ausbaustufe“: Seitens der DB Netz AG wurden Gleisnetzdaten der im Rahmen dieses Vorhabens geplanten Gleise zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden die im Internet veröffentlichten Unterlagen zur Planfeststellung für dieses Vorhaben ausgewertet

2.3 Geotechnische und hydrogeologische Grundlagen

Die geotechnischen Standortspezifika sind in Frankfurt am Main durch tertiäre Boden- und Fels-Schichten geprägt, die unter den rd. 4-6 m, im Osten bis 10 m dicken quartären Sanden und Kiesen der Mainterrasse anstehen. Die mehr als 100 m dicken tertiären Boden- und Felsformationen fallen im Westen und im Zentrum des Untersuchungsraums – großräumig gesehen – flach, und zwar größenordnungsmäßig mit rd. 3-5° nach Nordwesten hinein. Im Osten des Untersuchungsraums ist ein steileres und anders orientiertes Einfallen zu verzeichnen (vgl. Anlage 11.3).

Die für den Fernbahntunnel maßgeblichen tertiären Schichten werden von oben nach unten, also vom Hangenden zum Liegenden, aufgrund ihrer in geotechnischer und tunnelbautechnischer Hinsicht vergleichbaren bautechnischen Gebirgseigenschaften in Frankfurt wie folgt bezeichnet:

- Frankfurter Ton

- Frankfurter Kalke
- Cyrenenmergel
- Offenbacher Ton

Die künftige Tunneltrasse wird dem Verlauf des Mains von West nach Ost folgend in den folgenden tertiären Schichten liegen:

- vom Hauptbahnhof bis Alte Brücke / Kurt-Schumacher-Straße im Frankfurter Ton
- zwischen Alte Brücke / Kurt-Schumacher-Straße und Deutschherrnbrücke in den Frankfurter Kalken
- zwischen Deutschherrnbrücke und Gerbermühle im Cyrenenmergel

Der östlich der Gerbermühle unter den quartären Sanden und Kiesen der Mainterrasse anstehende Offenbacher Ton wird von der Tunneltrasse voraussichtlich nicht erreicht.

Bei den tertiären Böden handelt es sich – mit Ausnahme des Offenbacher Tons – um sehr unterschiedlich ausgebildete Wechselfolgen aus Tonen, Schluffen, Sanden und felsigen Partien. Die felsigen Partien bestehen aus festem, aber auch aus sehr hartem Mergel-, Kalk- und Dolomitstein mit sehr unterschiedlicher Klüftung und mit einer dickbankigen bis massigen Schichtung.

Von den oben genannten Schichten ist der Frankfurter Ton die Schicht mit der geringsten Festigkeit und mit der geringsten Steifigkeit. Die allesamt flach im Frankfurter Ton gegründeten Hochhäuser der sogenannten ersten Frankfurter Hochhausgeneration haben sich eben wegen dieser vergleichsweise geringen Steifigkeit des Frankfurter Tons um 10-35 cm gesetzt (z.B. Doppeltürme der Deutschen Bank, Marriott-Hotel) und haben sich auch wegen ungleichmäßiger Setzungen nicht unerheblich schief gestellt.

In den unter dem Frankfurter Ton anstehenden Frankfurter Kalken treten wegen des im Wesentlichen felsigen Charakters dieser Schicht in Frankfurt die geringsten Setzungen beim Tunnel- und Hochhausbau auf.

Für die o.g. tertiären Schichten sind die charakteristischen geotechnischen Berechnungskennwerte im Sinne von Gebirgskennwerten als Grundlage für erste Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsuntersuchungen in Anlage 11.1 enthalten. Diese Berechnungskennwerte müssen im Zuge der vertiefenden Planungen durch projekt-, fall- und standortbezogene Baugrunduntersuchungen überprüft und dann im Detail boden- und felsmechanisch sowie tunnelbautechnisch bewertet werden.

Das Grundwasser zirkuliert ab etwa 4-6 m Tiefe unter der Geländeoberfläche in den quartären Sanden und Kiesen der Mainterrasse und in den z.T. sehr gut durchlässigen Partien des Frankfurter Tons, der Frankfurter Kalke und des Cyrenenmergels; der Wasserdruck nimmt in diesen Schichten von oben nach unten hydrostatisch mit der Tiefe zu. Bereichsweise ist das Grundwasser gespannt.

In den 1970er, 1980er und frühen 1990er Jahren wurden zahlreiche U- und S-Bahntunnel erfolgreich im Frankfurter Ton und in den Frankfurter Kalken in Spritzbetonbauweise (NÖT) aufgeföhren, was seinerzeit nur deshalb technisch möglich war, weil das Grundwasser bis 1 m tief unter die Tunnelsohle abgesenkt worden ist.

Die Grundwasserabsenkungen haben überall zu erheblichen Schäden, zu großen Schadensregulierungen und auch zu Nutzungseinschränkungen, z.B. beim 256 m hohen Messeturm, geführt. Auch die Gleishalle wurde seinerzeit durch die Absenkung des Grundwassers in Mitleidenschaft gezogen. Die Konstruktion ist vorgeschädigt, was den weiteren Umgang damit erschwert.

Derartige Eingriffe in das Grundwasserregime – und damit in den Wasserhaushalt – sind seit langem nicht mehr zulässig (vgl. European Water Framework Directive, WHG, HWG).

Im Untersuchungsraum gibt es mit dem Main nur ein einziges, für den Fernbahntunnel relevantes Fließgewässer. Die Mainsohle liegt im Tertiär bei etwa 88 mNN.

Der Main wird westlich der Untermainbrücke bei etwa Main-km 34,75 von 2 eingleisigen, bergmännisch in Spritzbetonbauweise (NÖT) aufgefahren U-Bahntunneln, die zum Schweizer Platz und zum Südbahnhof führen, unterquert. Eine weitere unterirdische Mainquerung befindet sich weiter östlich bei etwa Main-km 36,4 zwischen der Flößerbrücke und der Deutschherrnbrücke; dort unterquert die S-Bahn den Main in zwei Tunnelsegmenten, die im Trockendock hergestellt, in den Main eingeschwommen und dann in die rinnenartige Vertiefung der Mainsohle abgesenkt worden sind.

Der Untersuchungsraum liegt nach DIN EN 1998-1 in der Erdbebenzone 0 und weist die Untergrundklasse S auf.

Angesichts der nationalen und internationalen energie-, umwelt- und klimapolitischen Ziele sollte der Fernbahntunnel mittels Energietübbingen nicht nur als Fahrweg, sondern auch als Saisonaler Thermospeicher für das zukunftsichere, CO₂-freie Beheizen und für das CO₂-freie Kühlen der umliegenden Gebäude geothermisch als Wärmetauscher genutzt werden. Das wassergesättigte Frankfurter Tertiär ist für diese geothermische Nutzung aufgrund seiner thermischen Eigenschaften ideal geeignet.

2.4 Betriebliche Anforderungen Strecke

Folgende betriebliche Anforderungen sind bei der Konzeption der verschiedenen Stationsvarianten und der Zulaufstrecken zu berücksichtigen:

- Pro Stunde und Richtung sollen mindestens 12 Züge mit Verkehrshalt verkehren können
- Die Bahnsteige sind für die maximal zulässige Länge von Reisezügen auszulegen
- Es verkehren ausschließlich Reisezüge mit elektrischer Traktion (Ausnahme: Dieseltraktion in Notfällen und für Instandhaltung)
- Die westliche Zulaufstrecke von der geplanten 3. Niederräder Mainbrücke ist mindestens mit der auf der Mainbrücke zulässigen Geschwindigkeit (90 km/h) zu trassieren. Die Erreichbarkeit der oberirdischen Bahnsteige von der neuen Strecke 3620 (Projekt Stadion 2. Baustufe) ohne höhengleiche Kreuzungen muss erhalten bleiben
- Die östliche Zulaufstrecke soll mindestens 100 km/h zulassen. Das Geschwindigkeitsniveau der Zulaufstrecken 3600 bzw. 3660 ist soweit wie möglich in den Tunnel

zu verlängern. Für die Zulaufstrecken dürfen sich keine Geschwindigkeitseinbrüche ergeben. Die Einbindung in die Bestandsstrecken muss höhenfrei erfolgen

- Die maximal zulässige Längsneigung beträgt 25 Promille

2.5 Betriebliche Anforderungen an die Station

Folgende betriebliche Anforderungen sind bei der Konzeption der Station zu berücksichtigen:

1. Anzahl der Bahnsteigkanten.

Für einen Verkehrshalt in einem stark frequentierten Bahnhof sind im SPFV 3 bis 4 min. anzusetzen. Hierzu kommen noch Zeitzuschläge für den Fahrzeitverlust durch die für den Halt notwendigen Verzögerungs- und Beschleunigungsvorgänge. Als minimale Zugfolgezeit ergeben sich somit 5 bis 6 min für einen Bahnsteig. Nur bei einem absolut störungsfreien Betrieb und entsprechender Taktung der Züge wäre es somit möglich, 10 bis 12 Züge pro Stunde an einer Bahnsteigkante abzufertigen.

Aufgrund der Tatsache, dass in der geplanten Station auch Umsteigebeziehungen zwischen verschiedenen Fernverkehrslinien zu berücksichtigen sind, werden pro Fahrtrichtung zwei Bahnsteigkanten benötigt. Durch die für die Umsteigevorgänge notwendigen zusätzlichen Bahnsteigkanten kann die Zugfolgezeit im Idealfall auf ca. 3 min reduziert werden. Somit ergibt sich bei völlig gleichmäßiger Taktung eine Leistungsfähigkeit von bis zu 20 Zügen pro Stunde und Richtung.

Die vorgenannten Umsteigevorgänge zwischen zwei Zügen in benachbarter Trassenlage sind jedoch nur möglich, wenn der Halt des zuerst eingefahrenen Zuges sich ausreichend mit dem Halt des Folgezuges überlappt. Für einzelne Züge ergeben sich somit deutlich längere Haltezeiten (bis zu 7 min.).

Als Ergebnis der obigen Betrachtungen sind für die geplante Station daher 4 Bahnsteigkanten vorzusehen.

2. Richtungsbetrieb

Die überwiegende Mehrzahl der Umsteigevorgänge im SPFV im Frankfurter Hauptbahnhof erfolgt zwischen Zügen, welche den Fernbahntunnel in der gleichen Richtung befahren. Für die Abwicklung dieser Umsteigevorgänge ist es daher notwendig, dass sich jeweils zwei Bahnsteigkanten pro Fahrtrichtung an einem gemeinsamen Bahnsteig befinden. Es sind daher zwei Bahnsteige analog der bereits im Hbf vorhandenen S - Bahnstation vorzusehen.

Diese Konstellation bietet auch den Vorteil, bei Bedarf Gleisänderungen ohne lange Wege für die davon betroffenen Reisenden vorsehen zu können.

3. Ermöglichung gleichzeitiger Fahrten

Um das verkehrliche Potential der Bahnsteige vollständig nutzen zu können, müssen Züge einer Fahrtrichtung an einen Bahnsteig gleichzeitig ein- und ausfahren können. Zur Unterbringung der hierzu notwendigen Durchrutschwege sind die Verzweigungsweichen vor den jeweiligen Bahnsteigenden in einem entsprechenden Abstand anzuordnen. Die Länge der Durchrutschwege ist hierbei so zu bemessen, dass zumindest

für Fahrten im Regelbetrieb keine signifikanten Geschwindigkeitseinbrüche zu erwarten sind.

4. Anforderungen für den gestörten Betrieb

Der Spurplan ist so zu gestalten, dass von jedem Zufahrgleis mindestens drei Bahnsteiggleise anfahrbar sind.

5. Anforderungen an die Umsteigemöglichkeiten zwischen uPVA und oPVA

Die Lage der Station unter dem Hauptbahnhof beeinflusst die Umsteigezeiten zwischen den Anlagenteilen oberirdisch und der unterirdischen Station. Daher ist für eine optimale Umsteigebeziehung eine Stationslage zu berücksichtigen, die möglichst kurze Wegebeziehungen ermöglicht

2.6 Regelwerke, Richtlinien und Normen

2.6.1. Trassierung / Linienführung / oberirdische Streckenführung

- Ril 800.0110 Netzinfrastruktur entwerfen, Linienführung
- Ril 800.0120 Netzinfrastruktur entwerfen, Auswahl der Weichen, Kreuzungen und Hemmschuhauswurfvorrichtungen
- Ril 800.0130 Streckenquerschnitte auf Erdkörpern
- Ril 836 Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten

2.6.2. Tunnelplanung

- Verordnung (EU) Nr. 1303/2014 der Kommission vom 18. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich der „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im Eisenbahnsystem der Europäischen Union (TSI - SRT)
- Richtlinie 2004/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Eisenbahnsicherheit in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 95/18/EG des Rates über die Erteilung von Genehmigungen an Eisenbahnunternehmen und der Richtlinie 2001/14/EG über die Zuweisung von Fahrwegkapazität der Eisenbahn, die Erhebung von Entgelten für die Nutzung von Eisenbahninfrastruktur und die Sicherheitsbescheinigung („Richtlinie über die Eisenbahnsicherheit“)
- UIC - Kodex 779-9E, Sicherheit in Eisenbahntunneln, 1. Ausgabe August 2003
- EBA-Richtlinie Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb von Eisenbahntunneln, Stand: 1.07.2008
- RRL 123.3001 Grundsätze des Notfallmanagements in Eisenbahntunneln
- Konzernrichtlinie DB 123.0111- Notfallmanagement und Brandschutz in Eisenbahntunneln

- DB Richtlinie 853 – Eisenbahntunnel planen, bauen und instandhalten, 9. Aktualisierung

2.6.3. Unterirdische Station / Technische Ausrüstung

- Ril 813.01 Personenbahnhöfe planen, Planungsgrundlagen
- Ril 813.02 Personenbahnhöfe planen, Bahnsteige und ihre Zugänge
- Ril 813.03 Personenbahnhöfe planen, Wegeleit- und Informationssysteme
- Ril 813.04 Personenbahnhöfe planen, Anlagentechnik
- Ril 813.05 Personenbahnhöfe planen, Beleuchtungsanlagen
- Ril 813.06 Personenbahnhöfe planen, Maßnahmen gegen elektrischen Schlag verursacht durch Bahnstrom
- Ril 954.9103 „Elektrische Energieanlagen; Beleuchtungsanlagen im gleisnahen und/ oder sicherheitsrelevanten Bereich“
- Ril 954.9107 elektrische Energieanlagen Eisenbahntunnel
- Ril 997.02 „Oberleitungsanlagen, Rückstromführung, Bahnerdung und Potentialausgleich“
- DIN EN 81-20 – Elektrisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge
- DIN EN 81-70 – Zugänglichkeit von Aufzügen für Personen einschließlich Personen mit Behinderungen
- DIN EN 81-72 – Feuerwehraufzüge

3 Variantenbeschreibung

3.1 Gleistopologie und Trassierung

3.1.1. Anschluss an das Bestandsnetz

Aufgrund der Tatsache, dass sich fast der gesamte SPFV im Knoten Frankfurt auf die Achse Frankfurt (Main) Stadion – Frankfurt (Main) Hbf – Hanau konzentriert, ist der Anschluss einer zusätzlichen Station in Tieflage an das Bestandsnetz relativ einfach möglich:

Der Anschluss in Richtung Westen an die geplante neue Niederräder Eisenbahnbrücke kann direkt über eine zweigleisige Strecke erfolgen. In Richtung Osten besteht die Möglichkeit, nach der Unterquerung des Stadtgebietes einen Anschluss an die Strecke 3660 (nordmainische Anbindung) im Bereich des Bf Frankfurt (Main) Ost oder an die Strecke 3600 (südmainische Anbindung) westlich des Bf Offenbach Hbf herzustellen. Alternativ ist auch die gleichzeitige nord- und südmainische Anbindung in Form einer Y-Trasse denkbar.

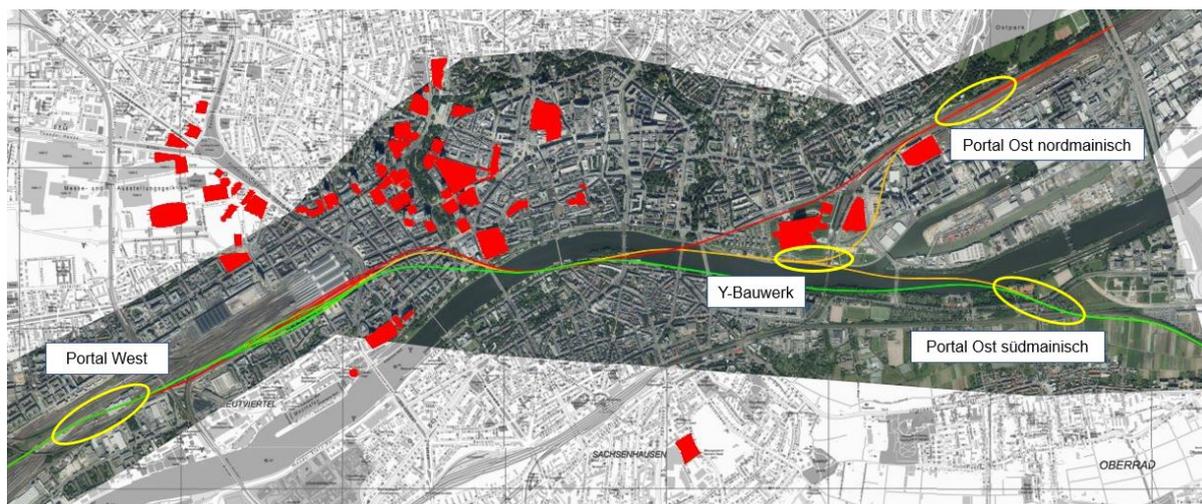


Abbildung 3: mögliche Trassenvarianten mit nord- bzw. südmainischem Anschluss in Richtung Hanau sowie als Y-Trasse

3.1.2. Grundsätzliches zu 1-gleisigen und 2-gleisigen Tunneln

Konzeptionell besteht die Möglichkeit, den Fernbahntunnel als Tunnel mit zwei eingleisigen oder mit einer zweigleisigen Tunnelröhre zu planen.

Grundsätzlich wird durch das Regelwerk vorgegeben, Tunnel der hier erforderlichen Länge mit zwei getrennten Tunnelröhren auszurüsten, wenn in Ihnen Mischbetrieb abgewickelt werden soll. Da im hier vorliegenden Fall kein Güterverkehr im Tunnel verkehren soll, ist prinzipiell auch die Ausführung eines Tunnels mit einer zweigleisigen Tunnelröhre zulässig.

Darüber hinaus zeichnen sich beide Varianten durch verschiedene weitere Vor- und Nachteile aus.

Vorteile von Lösungen mit zwei eingleisigen Tunnelröhren:

- Entfluchtung jeweils über die "andere" Tunnelröhre möglich => keine Notausstiege im innerstädtischen Bereich erforderlich
- Ausbildung der Verflechtungsbereiche als „Hosenträger" möglich => Richtungsbetrieb ohne Zugkreuzungen auch bei Ausfall/Sperrung eines kompletten Bahnsteigs aufrechtzuerhalten

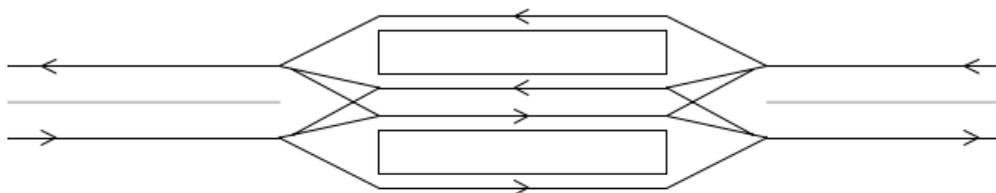


Abbildung 4: Gleistopologie im Bereich der unterirdischen Station bei zwei 1-gleisigen Tunnelröhren

Nachteile von Lösungen mit zwei eingleisigen Tunnelröhren:

- Notwendigkeit zur Vergrößerung des Gleisabstands vor Beginn des TBM-Vortriebs auf mindestens ca. 22,5 m (Abstand ca. $1 \cdot D$ zwischen den Tunnelröhren)
=> Anschluss an Bestandsstrecken mit aufgeweiteten bzw. getrennten Trögen und Tunnelabschnitten in offener Bauweise aufwändiger als bei zweigleisigem Tunnel
- Große Länge der Verflechtungsbereiche in den Bahnhofsköpfen mit erforderlichen Spezialtiefbaumaßnahmen
- Keine Erreichbarkeit aller 4 Bahnsteiggleise bei Verflechtungsbereich als "Hosenträger" (nur je 3 Bahnsteiggleise erreichbar)

Vorteile von Lösungen mit einer zweigleisigen Tunnelröhre:

- Unmittelbare Parallelführung der Streckengleise ermöglicht Gleisverbindungen in allen geraden und gering gekrümmten Tunnelabschnitten
- Keine Aufweitung des Gleisabstands in den Trogabschnitten beiderseits des Tunnels erforderlich
- Von den Streckengleisen aus sind jeweils alle 4 Bahnsteiggleise erreichbar aufgrund der Ausbildung der Verflechtungsbereiche in Verbindung mit Gleisverbindungen in den anschließenden Tunnelabschnitten
- Geringere Länge der bautechnisch aufwändigen Verflechtungsbereiche gegenüber eingleisigen Tunnelröhren

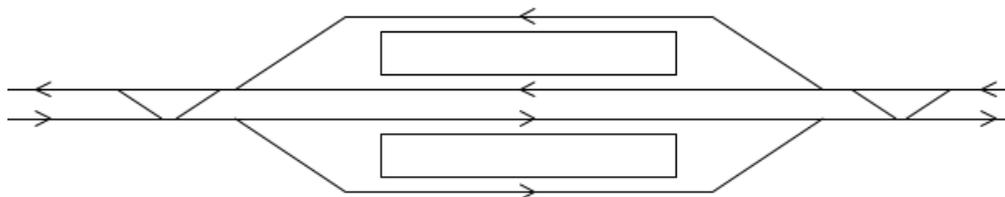


Abbildung 5 Gleistopologie im Bereich der unterirdischen Station bei einer 2-gleisigen Tunnelröhre

Nachteile von Lösungen mit einer zweigleisigen Tunnelröhre:

- Keine Entfluchtung über eine parallel verlaufende Tunnelröhre möglich => Notausstiege mit Rettungsplätzen im innerstädtischen Bereich erforderlich
- Bei Ausfall/Sperrung eines Bahnsteigs entstehen in beiden Bahnhofsköpfen eingleisige Streckenabschnitte
- Parallelführung der Gleise mit 4,0/4,5m Gleisabstand kann in den Verflechtungsbereichen nicht durchgängig aufrechterhalten werden (Stützen/Wandscheiben zwischen den Gleisen im Weichenbereich erforderlich)
- Aufgrund des größeren Tunneldurchmessers größere Tiefenlage zur Unterfahrung von Zwangspunkten erforderlich

3.1.3. Y-Varianten

Neben den Varianten mit Anschluss des Fernbahntunnels an seinem östlichen Ende an eine der bestehenden Strecken 3600 (südmainisch über Offenbach) und 3660 (nordmainisch über Maintal) nach Hanau sollten im Rahmen der Machbarkeitsstudie auch sog. Y-Varianten untersucht werden, die einen Anschluss an beide Bestandsstrecken erhalten.

Diese Varianten zeichnen sich durch folgende Vor- und Nachteile aus.

Vorteile von Y-Varianten:

- Der Fernverkehr von Frankfurt in Richtung Hanau kann bedarfsgerecht auf beide vorhandenen Strecken verteilt werden
=> erhebliche zusätzliche betriebliche Flexibilität und höhere Leistungsfähigkeit

Nachteile von Y-Varianten:

- Trennung der Strecken im Bereich des Y-Bauwerks bautechnisch sehr aufwändig (Verzweigungsbauwerke in großer Tiefe in unmittelbarer Nähe zum Main)
- Bei 2-gleisigem Tunnel: baulich relativ einfach, jedoch betrieblich sehr ungünstig wegen höhengleicher Kreuzung (Länge des nicht mit TBM herstellbaren Bereichs ca. 220 m)

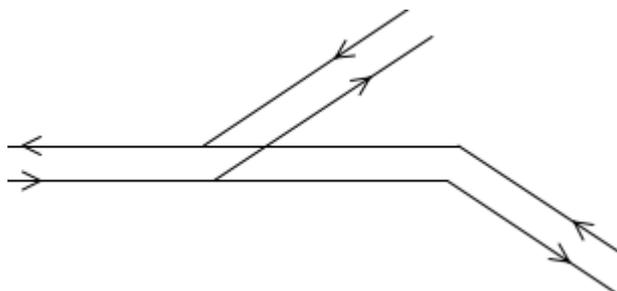


Abbildung 6: Schematische Darstellung Streckenverzweigung (höhengleich) bei einer 2-gleisigen Tunnelröhre

- Eine höhenfreie Ausschleifung erfordert die getrennte Führung der abzweigenden Gleise in zwei 1-gleisigen Tunneln

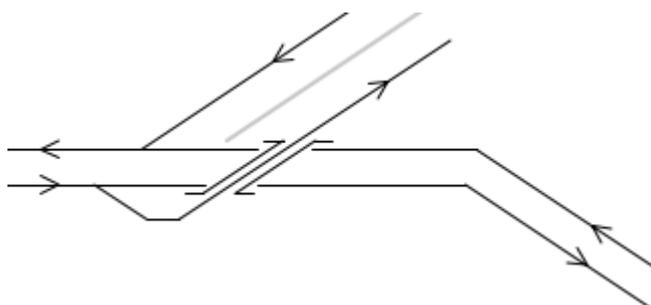


Abbildung 7: Schematische Darstellung Streckenverzweigung (höhenfrei) bei einer 2-gleisigen Tunnelröhre (im Abzweig zwei 1-gleisige Tunnelröhren)

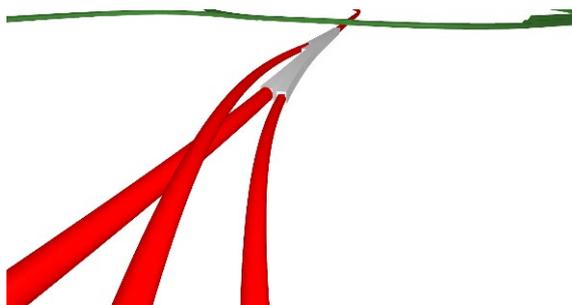


Abbildung 8: 3D-Darstellung Streckenverzweigung (höhenfrei) bei einer 2-gleisigen Tunnelröhre (im Abzweig zwei 1-gleisige Tunnelröhren, Blickrichtung nach Westen)

- Bei zwei 1-gleisigen Tunneln: "Verschlingung" von 2 Tunnelröhren erforderlich => weiter erhöhte Tieflage der "unteren" Tunnelröhre, da beide Tunnelröhren den Main und die querende S-Bahn unterqueren (Länge der nicht mit TBM herstellbaren Bereiche ca. 150 m)

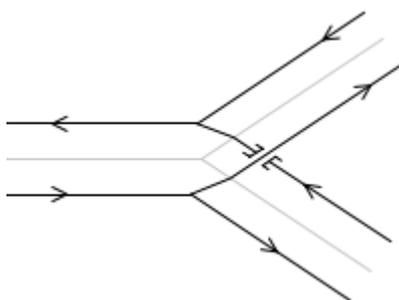


Abbildung 9: Schematische Darstellung Streckenverzweigung (höhenfrei)/ Verschlingung bei zwei 1-gleisigen Tunnelröhren (Führung der durchgehenden Tunnelröhren in unterschiedlichen Höhen)

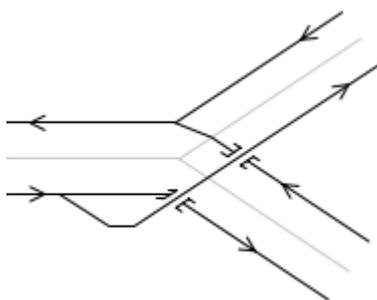


Abbildung 10: Schematische Darstellung Streckenverzweigung (höhenfrei)/ Verschlingung bei zwei 1-gleisigen Tunnelröhren (alternative Lösung mit Führung der durchgehenden Tunnelröhren in gleicher Höhe)

3.1.4. Varianten mit zwei 2-gleisigen bzw. vier 1-gleisigen Tunneln

Neben den im Abschnitt 3.1.3 beschriebenen Y-Varianten besteht außerdem die Möglichkeit, anstelle der Y-artigen Verzweigung im östlichen Teil des Streckenverlaufs bereits ab dem östlichen Bahnhofskopf der neuen unterirdischen Station eine Streckentrennung vorzunehmen. Dies würde den Verzicht auf das aufwändig herzustellende Verzweigungsbauwerk ermöglichen; im Gegenzug wäre allerdings die Führung von zwei getrennten zweigleisigen Tunnelröhren oder von vier eingleisigen Tunnelröhren bereits ab dem Frankfurter Hauptbahnhof bis zum Anschluss an die beiden Strecken in Richtung Hanau erforderlich.

Diese Varianten zeichnen sich durch die im Folgenden beschriebenen Vor- und Nachteile aus.

Vorteile von Varianten mit zwei 2-gleisigen Tunneln:

- Getrennte Führung der nord- bzw. südmainisch nach Hanau verlaufenden Strecken bereits ab dem Frankfurter Hbf => durchgängig 4 verfügbare Gleise
- Gleisverbindungen in allen geraden und gering gekrümmten Tunnelabschnitten möglich

Nachteile von Varianten mit zwei 2-gleisigen Tunneln:

- Die Anordnung der eigentlichen Streckenverknüpfung bzw. -verzweigung im Westkopf des unterirdischen Bahnhofs führt dort aufgrund der höhenfreien Kreuzung zu einem Fahrstraßenkonflikt zwischen Zügen, die von Westen kommend auf die nordmainische Strecke in Richtung Hanau geführt werden, und Zügen, die von Hanau über die südmainische Strecke in Richtung Westen verkehren und ist damit betrieblich sehr ungünstig.

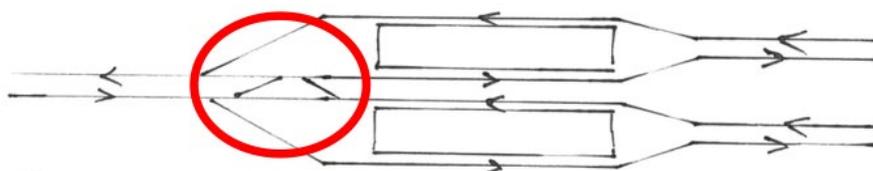


Abbildung 11: betrieblich ungünstige Streckenverknüpfung im Westkopf des Frankfurter Hauptbahnhofs

- Betrieblich ungünstig ist auch die Zuordnung aller vier Bahnsteigkanten im Regelbetrieb zu jeweils genau einem der Streckengleise in Richtung Hanau. Eine flexible Nutzung der Bahnsteigkanten ist nur im Gleiswechselbetrieb möglich.
- Durch die Verlegung der Streckenverknüpfung bzw. -verzweigung in den Ostkopf des Bahnhofs kann die Flexibilität bei der Nutzung der Bahnsteigkanten zwar verbessert werden, dies führt jedoch aufgrund der Lage der Verflechtungsbereiche mit Weichen östlich des Bahnsteigbereichs zu einem hohen baulichen Aufwand, da diese Bereiche ohne Tunnelbohrmaschine unterhalb vorhandener Bebauung hergestellt werden müssten.

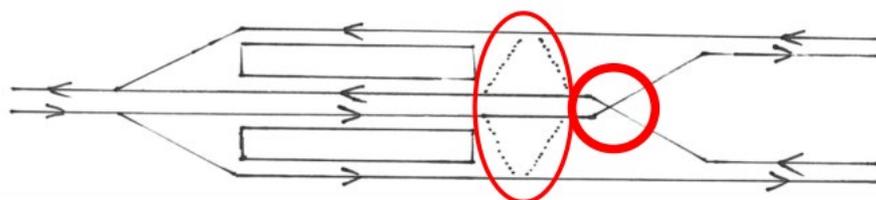


Abbildung 12: betrieblich ungünstige oder bautechnisch sehr aufwändige Streckenverknüpfung im Ostkopf des Frankfurter Hauptbahnhofs

- Der betrieblich sehr ungünstige Fahrstraßenkonflikt zwischen Zügen von Westen zur nordmainischen Strecke und von der südmainischen Strecke in Richtung Westen besteht auch bei dieser Variante.

- Eine Auflösung dieses Konflikts wäre nur durch eine höhenfreie Querung der beiden entsprechenden Gleise zu erreichen. Ein möglicher höhenfreier Kreuzungspunkt liegt aufgrund der erforderlichen Entwicklungslänge zur Trennung der Gradienten allerdings so weit östlich, dass die jeweiligen Streckengleise erst in einer Entfernung von deutlich mehr als 1 km vom unterirdischen Bahnhof die unmittelbare Parallellage erreichen können, so dass erst dort die 2-gleisigen Streckentunnel beginnen würden. Im Bereich zwischen dem Bahnhof und dem Beginn der 2-gleisigen Tunnel kann die Vortriebsmaschine für den 2-gleisigen Tunnel nicht zum Einsatz kommen, so dass hier andere Bauverfahren angewendet werden müssen.

Vorteile von Varianten mit vier 1-gleisigen Tunneln:

- Getrennte Führung der nord- bzw. südmainisch nach Hanau verlaufenden Strecken bereits ab dem Frankfurter Hbf => durchgängig 4 verfügbare Gleise
- Vorteil gegenüber zwei 2-gleisigen Tunneln: Kreuzung/ "Verschlingung" von 2 Tunneln im Streckenverlauf außerhalb des Bahnhofsbereichs möglich (=> Lagerichtiger Anschluss der Strecken an die Bahnsteiggleise)

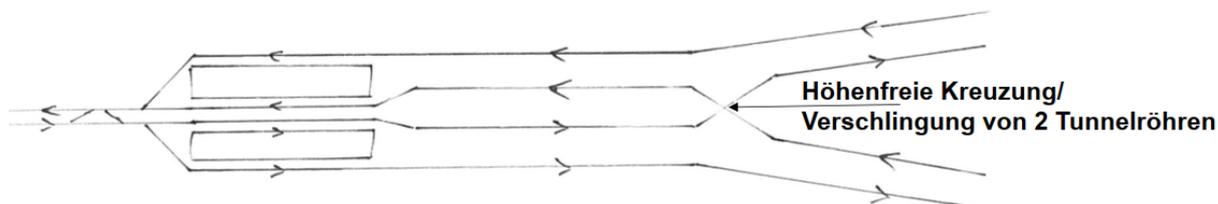


Abbildung 13: höhenfreie Kreuzung/Verschlingung von 2 Tunnelröhren

Nachteile von Varianten mit vier 1-gleisigen Tunneln:

- Sehr große Gesamtlänge für maschinell vorzutreibende Tunnel
- keine Gleisverbindungen im Tunnelverlauf möglich

Im Ergebnis der Überlegungen zu den Varianten mit zwei 2-gleisigen oder 4 eingleisigen Tunnelröhren wurden diese Varianten aufgrund der fehlenden betrieblichen Vorteile bei erheblichem zusätzlichem Aufwand gegenüber den Y-Varianten im Rahmen der Planungsstufe 3 nicht weiterverfolgt (s. Abschnitt 3.1.10).

3.1.5. Grundsätzliche Überlegungen zur Gleistopologie im Bereich des neuen Tiefbahnhofs unterhalb des Frankfurter Hauptbahnhofs

Im Rahmen der Konzeption der Gleistopologie für den neuen Tiefbahnhof wurde auf Basis der Anforderung zur Errichtung von insgesamt 4 Bahnsteigkanten festgelegt, nur Varianten mit 2 Mittelbahnsteigen mit je 2 Bahnsteigkanten zu betrachten, während denkbare Varianten mit einem Mittelbahnsteig mit 2 Bahnsteigkanten und 2 Außenbahnsteigen mit jeweils einer Bahnsteigkante nicht weiterverfolgt wurden.

Varianten mit 2 Mittelbahnsteigen ermöglichen es insbesondere im Regelbetrieb, alle Züge einer Fahrrichtung am selben Bahnsteig verkehren zu lassen. Bei verspäteter Abfahrt eines Zuges kann so ein ggf. planmäßig auf dem gleichen Gleis verkehrender Folgezug kurzfristig

auf das „andere“ Gleis am selben Bahnsteig geleitet werden. Ein weiterer wesentlicher Vorteil dieser Anordnung besteht in der Minimierung der Anzahl der insgesamt erforderlichen Zugänge. Außenbahnsteige sind außerdem aufgrund der relativ geringen Breite bei einer Länge von mehr als 400 m auch unter gestalterischen Aspekten ungünstig.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt bei der Gestaltung der Gleistopologie im Anschluss an die Bahnsteige ist der Gleisabstand zwischen den durchgehenden Streckengleisen im weiteren Verlauf der Strecke, der im Wesentlichen davon abhängt, ob die Streckengleise gemeinsam in einer zweigleisigen Tunnelröhre oder getrennt in 2 eingleisigen Tunnelröhren verlaufen.

Bei der Führung beider Streckengleise in einer zweigleisigen Tunnelröhre können Gleisverbindungen zwischen diesen Gleisen prinzipiell im gesamten Streckenverlauf angeordnet werden, wobei die Anordnung in gerade verlaufenden Streckenabschnitten im Sinne einer möglichst einfachen Weichengeometrie zu bevorzugen ist (die Anordnung in überhöhten Gleisbögen ist bis zu einer Überhöhung von 100 mm zulässig, erfordert jedoch die Führung der Streckengleise in unterschiedlichen Höhen).

Im Gegensatz dazu ist es bei Führung der Streckengleise in getrennten eingleisigen Tunnelröhren nicht möglich, Gleisverbindungen zwischen Richtungs- und Gegenrichtungsmaßnahmen im Streckenverlauf anzuordnen. Daher ist die Anordnung entsprechender Gleisverbindungen bei zwei eingleisigen Röhren in den Verflechtungsbereichen unmittelbar im Anschluss an den Bahnsteig erforderlich.

3.1.6. Vorgehen bei der Entwicklung von Trassierungsvarianten

Im Rahmen der Erstellung der Machbarkeitsstudie erfolgte zunächst innerhalb des vorgegebenen Untersuchungsraums und unter Berücksichtigung der Vorgaben zum Anschluss an das Bestandsnetz (siehe Abschnitt 3.1.1) eine Sammlung denkbarer Varianten für die Streckenführung des Fernbahntunnels unter der Frankfurter Innenstadt. Eine weitere Vorgabe war die Anordnung der neuen Bahnhofsgleise in Tieflage in unmittelbarer Nähe zum vorhandenen Frankfurter Hbf.

Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben lässt sich die Gesamttrasse in die folgenden vier wesentlichen Abschnitte unterteilen, in denen für die Streckenführung jeweils verschiedene Trassierungsvarianten zu untersuchen sind:

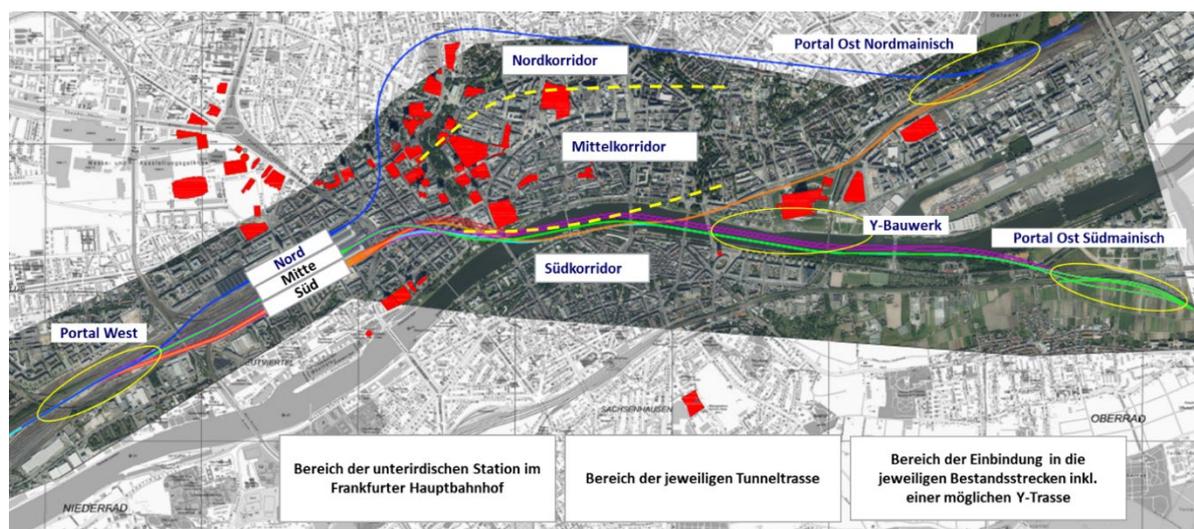


Abbildung 14: Abschnittsteilung des Untersuchungsraums

- **Abschnitt 1:** Streckenführung vom Anschluss an die 3. Niederräder Mainbrücke bis zur neuen unterirdischen Station im Frankfurter Hauptbahnhof: Dieser Abschnitt schließt am westlichen Ende unmittelbar an die Gleise nördlich der 3. Niederräder Mainbrücke an, verläuft dann Richtung Nordost-Ost in Parallellage zu den anderen in Richtung Frankfurt (M) Hbf verlaufenden Strecken und taucht im Bereich des heutigen (nicht genutzten) Bahnbetriebswerks BW 1 in die Tunnellage ab und verläuft anschließend auf direktem Weg in Richtung der neuen Station unterhalb des Frankfurter Hauptbahnhofs. Die genaue Linienführung hängt dabei von der vorgesehenen Lage der Station ab.
- **Abschnitt 2:** Bereich der unterirdischen Station im Frankfurter Hauptbahnhof: Hier kommen grundsätzlich Lagen der unterirdischen Station unterhalb des nördlichen Teils des vorhandenen Bahnhofs (nördlich der unterirdischen S-Bahn-Gleise und -Bahnsteige), Lagen etwa in der Mitte des vorhandenen Bahnhofs (jedoch bereits südlich der S-Bahn) und Lagen im südlichen Teil des Bahnhofs in Frage. Dabei wurde im Verlauf der Planung festgestellt, dass für die südlichen Lagen sowohl Lagen vollständig unterhalb des südlichen Teils des vorhandenen Bahnhofs als auch teilweise außerhalb des heutigen Bahnhofs und damit teilweise unterhalb der parallel zum Bahnhof verlaufenden Mannheimer Straße in Frage kommen. Die möglichen Lagen werden im Weiteren daher als „Nord“, „Mitte“, „Süd1“ und „Süd2“ bezeichnet. Außerdem wurden für die Lage der unterirdischen Station einerseits Varianten untersucht, bei denen die Lage der neuen Bahnsteige in Längsrichtung etwa der Lage der vorhandenen oberirdischen Bahnsteige entspricht, andererseits wurde teilweise eine nach Westen verschobene Lage berücksichtigt, um den östlichen Verzweigungsbereich des neuen Tiefbahnhofs unterhalb der vorhandenen Bahnhofshalle anordnen zu können. Daraus ergeben sich die Variantenbezeichnungen „Süd1-Ost“ und „Süd1-West“ usw.
- **Abschnitt 3:** Streckenführung im Bereich der Frankfurter Innenstadt: Die direkteste Linienführung vom Frankfurter Hauptbahnhof zu einem Anschluss insbesondere an die nordmainische Strecke in Richtung Hanau verläuft unmittelbar unterhalb der

Frankfurter Innenstadt mit den dort vorhandenen zahlreichen Hochhäusern und sonstigen Zwangspunkten. Daher wurden neben dieser Führung („Mittelkorridor“) auch Linienführungen untersucht, die den unmittelbaren Innenstadtbereich nördlich oder südlich umfahren (Nord- bzw. Südkorridor)

- Abschnitt 4: Bereich der östlichen Anbindung an die Bestandsstrecken in Richtung Hanau: In diesem Bereich erfolgt die Weiterführung der Strecke vom Innenstadtbereich bis zum Anschluss an die Bestandsstrecke 3600 über Offenbach nach Hanau (südmainische Strecke) oder über die Bestandsstrecke 3660 über Maintal nach Hanau (nordmainische Strecke). Im Fall einer sog. Y-Trasse erfolgt die Anordnung eines Verzweigungsbauwerks mit anschließender Anbindung an beide o.g. Strecken in Richtung Hanau.

3.1.7. Beeinflussende Faktoren bei den Trassierungsvarianten

Unabhängig von diesen 4 Streckenabschnitten existieren außerdem weitere Kriterien, nach denen es möglich ist, Varianten zu unterscheiden. Dazu gehören insbesondere folgende Themen:

- Führung der Strecke in einem Tunnel mit einer 2-gleisigen Tunnelröhre oder Führung der Streckengleise in zwei parallel verlaufenden eingleisigen Tunnelröhren
- Verschiedene Möglichkeiten bzgl. der Tiefenlage der Gleise insbesondere im Bereich des Frankfurter Hauptbahnhofs

Um eine eindeutige Benennung und Identifikation der Varianten zu ermöglichen, wurde im Rahmen des Projekts folgendes Schema für die Benennung bzw. Nummerierung festgelegt.

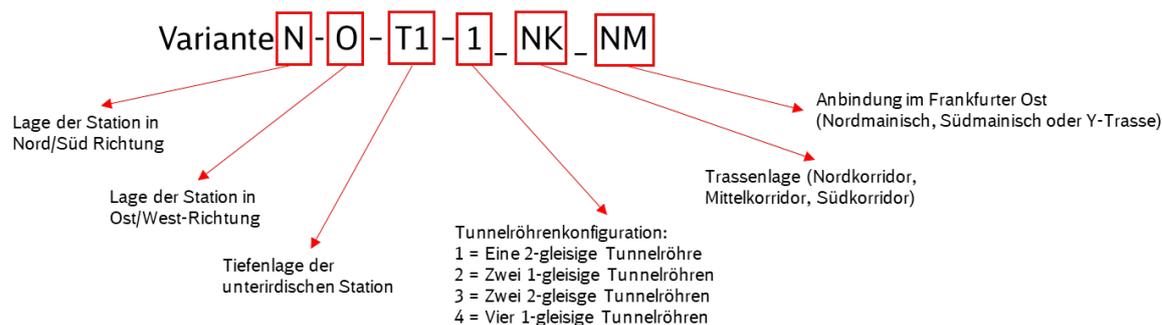


Abbildung 15: Schema zur Benennung und Identifikation der Varianten

Durch entsprechende Kombination möglicher Varianten in den beschriebenen 4 Streckenabschnitten sowie der weiteren genannten Kriterien kommen sehr viele grundsätzlich mögliche Variantenkombinationen in Frage; die Größenordnung liegt im fünfstelligen Bereich.

Einige der grundsätzlich möglichen Variantenkombinationen sind jedoch aus verschiedenen Gründen nicht sinnvoll:

- Kombinationen nördlicher Lagen der Station im Frankfurter Hauptbahnhof mit einer Führung im Bereich der Innenstadt im Mittel- oder Südkorridor wurden als nicht sinnvoll aus der Schar möglicher Varianten ausgeschlossen, da sie insgesamt eine wenig direkte Linienführung ermöglichen und aufgrund der erforderlichen zweifachen Querung des S-Bahn-Tunnels sehr aufwändige Zusatzmaßnahmen erwarten lässt

- Dies gilt analog auch für Kombinationen von mittleren und südlichen Lagen der Station im Frankfurter Hauptbahnhof mit einer Führung im Bereich der Innenstadt im Nordkorridor
- Kombinationen einer Führung im Bereich der Innenstadt im Nordkorridor mit einem Anschluss an die südmainische Strecke über Offenbach in Richtung Hanau wurden aufgrund der daraus resultierenden sehr langen Streckenführung ebenfalls ausgeschlossen. Auch die Kombination des Nordkorridors mit einer Y-Trasse führt zu sehr langen Streckenführungen und wurde daher ebenfalls nicht bei der Auswahl zu untersuchender Varianten berücksichtigt

3.1.8. Festlegung Variantenschar in der Planungsstufe 1 (31 Varianten)

Auf Basis der beschriebenen Kriterien wurden anhand von „Entscheidungsbäumen“ in der Planungsstufe 1 insgesamt 31 verschiedene Varianten ausgewählt, die in ihrer Gesamtheit ein möglichst großes Spektrum der insgesamt möglichen Varianten abbilden. Diese 31 Varianten wurden trassierungstechnisch untersucht und in Lagen- und Höhenplänen dargestellt.

Grundvarianten	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
<p>Strukturierte Darstellung der Grundvarianten.</p> <p>Diese setzen sich aus vier Elementen zusammen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Stationslage ▪ Trassenkorridor ▪ Anzahl der Tunnelröhren ▪ Anschluss an die Strecke(n) Richtung Hanau 	<p>Auswahl der Varianten, die in ihrer Gesamtheit ein möglichst großes Spektrum der insgesamt möglichen Varianten abbilden.</p>	<p>Rückstellung von Varianten aufgrund bekannter Risiken und Hindernisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>Nördliche Varianten</u> (S-Bahn Station und Tunnel, kreuzende U-Bahn, angrenzende Bebauung, Projekte DB S&S) ▪ <u>Mittlere Varianten</u> (Keine Trasse durch den Hochhausriegel möglich, mittlere Stationslage mit südlichem Korridor nicht zielführend) 	<p>Betrachtung der letzten 14 Varianten unter betrieblichen Gesichtspunkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 zweigleisige bzw. 4 eingleisige Tunnel nicht zielführend ▪ westliche Stationslage nicht im Fokus
<p>System. Darstellung der mögl. Varianten</p>	<p>Untersuchungen der Trassierungen in Lage- und Höhenplänen</p>	<p>Begründung für die Rückstellung</p>	<p>3D-Modellierung (Unterirdisches Kollisionsprüfung)</p>
<p>194 Varianten</p>	<p>31 Varianten</p>	<p>14 Varianten</p>	<p>6 Varianten</p>

Abbildung 16: Stufen der Variantenentwicklung

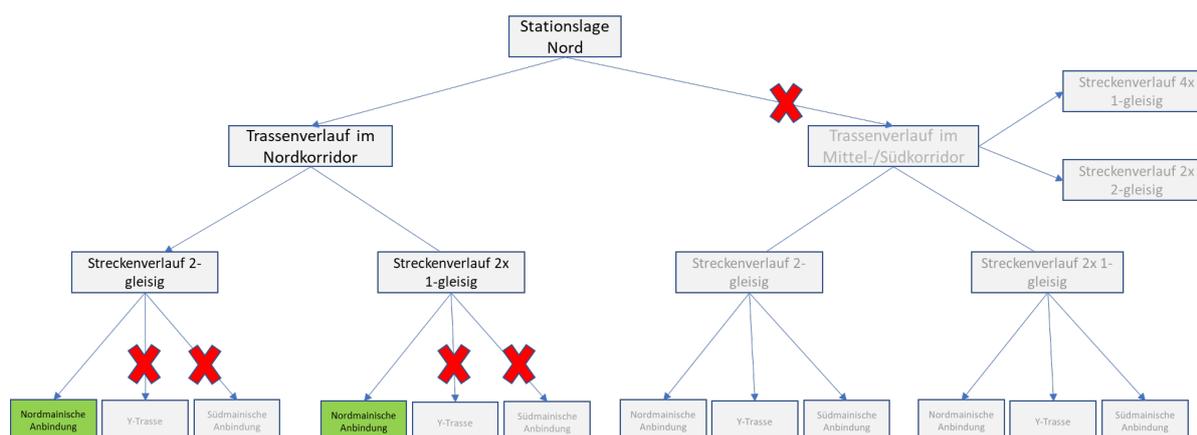


Abbildung 17: Beispiel Entscheidungsbaum nördliche Stationslage

Im Einzelnen wurden folgende Varianten untersucht und dargestellt:

N-O-T1-1_NK_NM	M-W-T1-2_SK_SM	S1-W-T2-2_SK_SM
N-O-T1-2_NK_NM	M-W-T1-2_SK_Y	S1-W-T2-2_SK_Y
M-O-T1-1_MK_NM	S1-O-T2-1_MK_NM	S1-W-T2-3_SK_NM/SM
M-O-T1-2_MK_NM	S1-O-T2-1_MK_SM	S2-O-T2-1_MK_NM
M-O-T1-1_MK_SM	S1-O-T2-2_SK_NM	S2-O-T2-1_SK_NM
M-O-T1-1_MK_Y	S1-O-T2-1_SK_SM	S2-O-T2-2_SK_SM
M-O-T1-2_SK_NM	S1-O-T2-1_SK_Y	S2-O-T2-2_SK_Y
M-O-T1-1_SK_SM	S1-O-T2-4_MK_NM/SM	S2-W-T2-2_MK_NM
M-O-T1-1_SK_Y	S1-W-T2-1_MK_NM	S2-W-T2-1_SK_SM
M-W-T1-1_MK_NM	S1-W-T2-1_SK_NM	S2-W-T2-2_SK_Y
M-W-T1-1_SK_NM		

Tabelle 1: untersuchte Varianten in der Planungsstufe 1

3.1.9. Festlegung Variantenschar in der Planungsstufe 2 (14 Varianten)

Im Rahmen der Planung und Darstellung der im Rahmen der Planungsstufe 1 untersuchten Varianten haben sich verschiedene Ausschluss- bzw. einschränkende Kriterien in Bezug auf die Variantenschar ergeben, aufgrund derer einige der Varianten als nicht zielführend erkannt wurden:

- Aufgrund der vorhandenen Zwangspunkte im Bereich der nördlichen Stationslage im Frankfurter Hauptbahnhof wurden alle Varianten in nördlicher Lage der Station nicht weiterverfolgt. Zu den ausschlaggebenden Zwangspunkten gehören insbesondere die Lage der vorhandenen S-Bahn-Station mit den Gleisen 101 bis 104 unterhalb des

Frankfurter Hauptbahnhofs sowie der S-Bahn-Tunnel im weiteren Verlauf und die vorhandenen Hochhäuser parallel zur Mainzer Landstraße mit Tiefgründungen (vgl. Anlage 11.2).

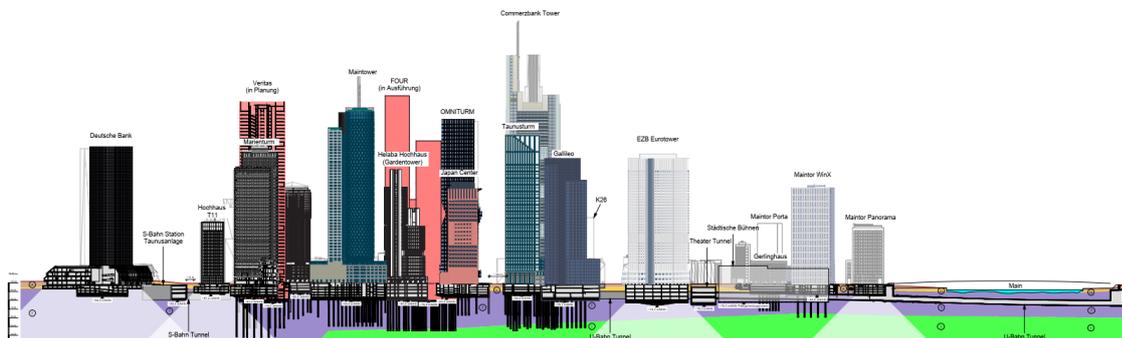


Abbildung 18: Ansicht Schnitt Hochhausriegel Stadtgebiet Frankfurt

Aufgrund dieser Zwangspunkte wäre es erforderlich, unmittelbar im östlichen Anschluss an den Bahnsteigbereich in einem sehr engen Radius nach Norden zu schwenken, um die o.g. Hochhausgründungen nördlich zu umfahren. Die dafür erforderlichen Gleisbogenradien von nur knapp über 400 m erfordern für eine Entwurfsgeschwindigkeit von 100 km/h bereits eine Überhöhung von 160 mm, so dass ein Einbau von Weichen in diesem Bereich nicht möglich ist bzw. nur im unmittelbaren Anschluss an die Bahnsteige im Bereich der Übergangsbögen erfolgen kann. Ein Verflechtungsbereich mit Gleisverbindungen zu den jeweiligen Gegenrichtungsgleisen lässt sich unter diesen Randbedingungen jedoch nicht realisieren. Dieser Ausschluss der nördlichen Stationslagen führt in der Konsequenz auch zum Ausschluss aller Varianten mit einer Führung im Bereich der Innenstadt im Nordkorridor

- Im Rahmen der Trassierung im Bereich der Frankfurter Innenstadt im Mittelkorridor wurde festgestellt, dass für eine technisch machbare Lösung kein ausreichend breiter Korridor zwischen den vorhandenen Tiefgründungen der zahlreichen Hochhäuser im Verlauf des westlichen Anlagenrings und dem Theatertunnel besteht (vgl. Anlage 11.5), bei der außerdem der Tunnel der A-Strecke der Frankfurter U-Bahn (Linien U1/2/3/8) in ausreichendem Abstand unterfahren werden kann (vgl. Stellungnahme der Ingenieursozietät Prof. Katzenbach, Anlage 11.6)
- Es wurde diskutiert, Stationslagen des neuen Tiefbahnhofs mit nach Westen ausgerückten Bahnsteigen nicht weiter zu verfolgen, da diese sehr lange Wege zwischen den neuen Bahnsteigen im Tiefbahnhof und den vorhandenen Bahnsteigen sowie zur S- und U-Bahn-Station verursachen, weil die Erschließung im Wesentlichen weiterhin über den vorhandenen Querbahnsteig am Bahnhofskopf erfolgen muss. Aufgrund der Möglichkeit, den östlichen Verflechtungsbereich größtenteils unterhalb der vorhandenen Bahnsteige (in offener Baugrube) herzustellen und damit den Umfang der erforderlichen Spezialtiefbauarbeiten unterhalb des Kopfbaus und der U-Bahn-Strecke unter dem Bahnhofsvorplatz zu minimieren, werden entsprechende Varianten jedoch weiterverfolgt. Diese Lösungen werden insbesondere interessant bei gleichzeitiger Realisierung einer neuen Personenunterführung mit entsprechendem barrierefreiem Anschluss an die oberirdischen Bahnsteige. Dies ist jedoch voraussichtlich nur bei einer umfassenden Neuordnung der oberirdischen Bahnsteige und der entsprechenden Gleisanlagen möglich

In der Konsequenz wurde die Variantenschar in der Planungsstufe 2 gegenüber der Planungsstufe 1 von 31 auf 14 Varianten reduziert.

Für diese 14 Varianten wurden auch jeweils entsprechende Bauweisen der unterirdischen Station im Bereich des Frankfurter Hauptbahnhofs entwickelt bzw. zugeordnet.

Im Einzelnen wurden folgende Varianten untersucht und dargestellt:

S2-O-T2-1_SK_NM	S1-W-T2-3_SK_NM/SM	S2-O-T2-2_SK_SM
S2-W-T2-1_SK_SM	M-O-T1-2_SK_NM	S1-O-T2-1_SK_Y
S1-O-T2-2_SK_NM	M-O-T1-1_SK_SM	S2-O-T2-2_SK_Y
S1-O-T2-1_SK_SM	M-O-T1-1_SK_Y	S1-W-T2-2_SK_Y
S1-O-T2-4_SK_NM/SM	M-W-T1-1_SK_NM	

Tabelle 2: untersuchte Varianten in der Planungsstufe 2

3.1.10. Festlegung Variantenschar in der Planungsstufe 3 (6 Varianten)

Im Rahmen der durchgeführten Abstimmungen und Untersuchungen während der Erarbeitung der Machbarkeitsstudie zeigte sich bereits, dass eine Anbindung des Fernbahntunnels ausschließlich an nur eine der beiden Bestandsstrecken in Richtung Hanau den verkehrlichen und betrieblichen Anforderungen voraussichtlich nicht gerecht werden kann. Für die vertiefte Untersuchung von Varianten in der Planungsstufe 3 wurde daher der Focus nochmals verstärkt auf die Betrachtung von Y-Varianten gelegt. Es wurden daher für die ausschließliche Anbindung an eine der Bestandsstrecken in Richtung Hanau lediglich zwei Varianten in die weitere Betrachtung aufgenommen, von denen jeweils eine an die südmainische Strecke 3600 und eine an die nordmainische Strecke 3660 angebunden wird.

Die weiteren vier vertieft zu betrachtenden Varianten sind jeweils Y-Varianten, wobei hier auch zwei Varianten aufgenommen wurden, die in dieser Kombination in den vorherigen Planungsstufen nicht betrachtet worden waren.

S1-O-T1-1_SK_NM	S2-W-T2-1_SK_Y	S2-O-T2-2_SK_Y
S2-O-T2-2_SK_SM	S1-O-T2-1_SK_Y	S1-W-T2-2_SK_Y

Tabelle 3: untersuchte Varianten in der Planungsstufe 3

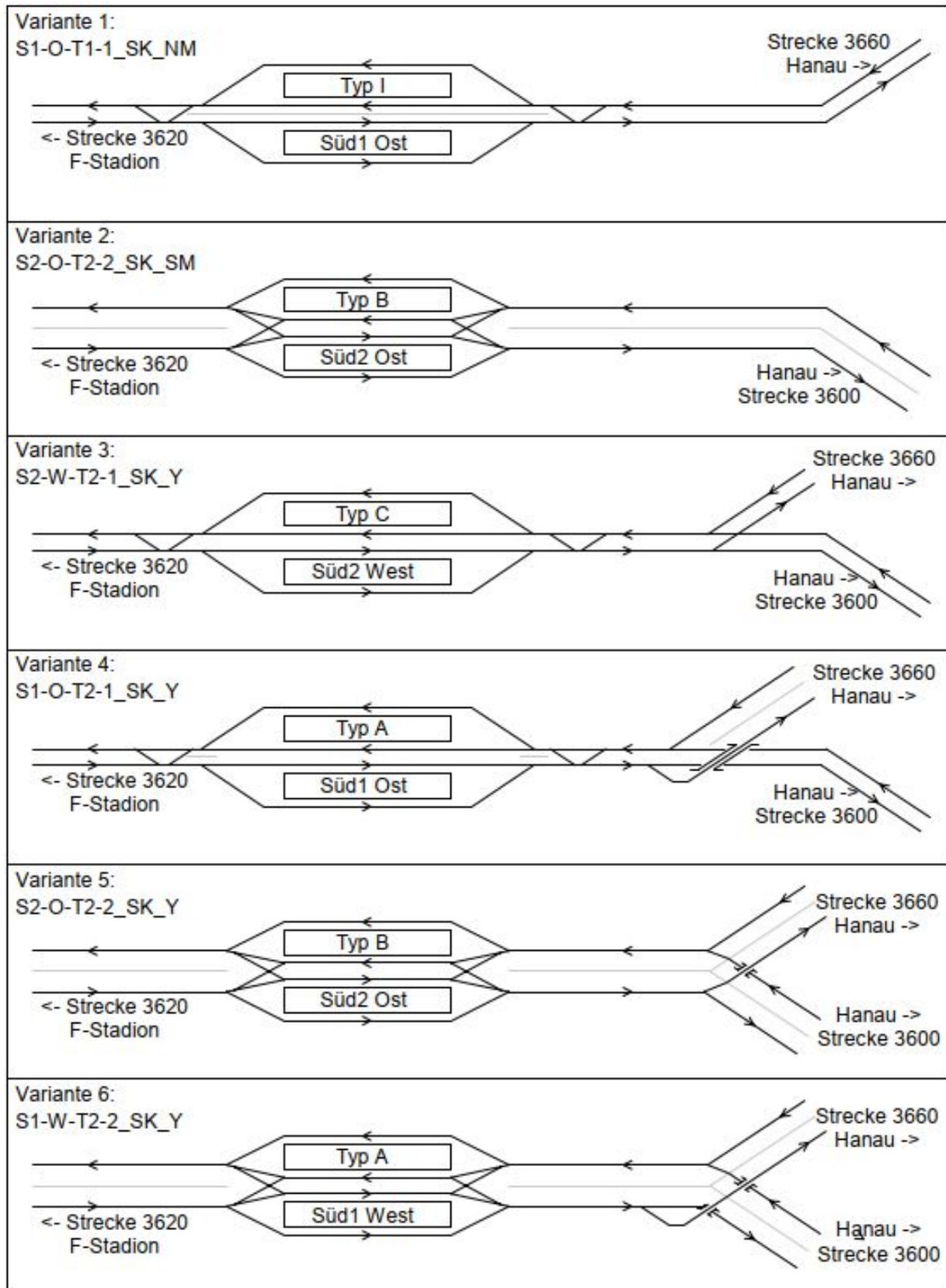


Abbildung 19: untersuchte Varianten in der Planungsstufe 3

3.1.11. Beschreibung der Trassierungsvarianten

Alle im Rahmen der Planungsstufe 3 betrachteten Varianten schließen unmittelbar nördlich des Mains an die im Rahmen des Vorhabens „Umbau des Knotens Frankfurt (Main) Stadion, 2. Ausbaustufe“ vorgesehene 3. Niederräder Mainbrücke an.

Die Planung für den Fernbahntunnel sieht vor, die zukünftig auf der 3. Niederräder Mainbrücke verlaufenden Gleise der Strecke 3620 direkt an den Fernbahntunnel anzuschließen. Im Bestand und auch nach Fertigstellung der 3. Niederräder Mainbrücke mündet die Strecke 3620 westlich des heutigen Betriebswerks BW 1 in die Strecke 3603, über die die ebenerdigen Bahnsteiggleise des Frankfurter Hauptbahnhofs erreicht werden können. Um die Strecke 3620 auch zukünftig an diese Gleise anzubinden, wird im Rahmen des Vorhabens zur Errichtung des Fernbahntunnels unmittelbar nördlich der 3. Niederräder Mainbrücke eine Streckenverzweigung vorgesehen. Im weiteren Verlauf werden die Streckengleise zum Fernbahntunnel zwischen dem in seiner Lage weitgehend unveränderten Gegenrichtungsgleis der Strecke 3620 auf der Nordseite und dem in veränderter Lage neu zu errichtenden Richtungsgleis dieser Strecke auf der Südseite verlaufen. Die erforderlichen Weichen wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie mit einem Zweiggleisradius von 760 m trassiert, so dass der zukünftige Abzweig zur Strecke 3620 mit 80 km/h befahren werden kann. Die Streckengleise zum Fernbahntunnel verlaufen jeweils über den geraden Strang dieser Weichen und können in diesem Bereich mit 90 km/h befahren werden. Eine höhere Geschwindigkeit lässt sich aufgrund der durch die vorhandenen Gleise vorgegebenen Zwangspunkte ohne eine vollständige Neuordnung zahlreicher weiterer Gleisanlagen in diesem Bereich nicht realisieren.

Die zukünftig zwischen den Gleisen der Strecke 3620 verlaufenden Gleise zum Fernbahntunnel werden zunächst über die Gutleutstraße und die nördlich dazu parallel verlaufenden Gleisanlagen (Abstellanlage für den Personenverkehr bzw. Zufahrtsgleise zum Bahnbetriebswerk Frankfurt-Griesheim bzw. zur ICE-Werkstatt Frankfurt-Griesheim II) geführt. In der Parallellage zum sog. Mainzer Becken erfolgt dann die Absenkung der Gradienten mit maximalem Gefälle von 25 ‰, so dass im weiteren Verlauf die Gleise der Strecke 3603 unterquert werden können.

Anschließend beginnt die Streckenführung im Tunnel, je nach Variante in einer zweigleisigen Tunnelröhre oder in zwei eingleisigen Tunnelröhren. Dabei wird die Strecke mit entsprechenden Gleisbögen unterhalb des heutigen Bahnbetriebswerks BW 1 und des Gleisvorfelds des Frankfurter Hauptbahnhofs in die Station unterhalb des Hauptbahnhofs gebracht.

Im weiteren Verlauf folgen alle 6 Varianten einer Linienführung südlich der Frankfurter Innenstadt. Daher folgen im Anschluss an die Station unterhalb des Frankfurter Hauptbahnhofs zunächst jeweils ein Rechtsbogen und ein Linksbogen, um die Strecke südlich der Zwangspunkte im Verlauf des westlichen Anlagenrings (vgl. Anlage 11.2 und Anlage 11.5) in eine annähernd parallel zum Main verlaufende Lage zu führen.

Die weitere Linienführung berücksichtigt dabei insbesondere bei den Varianten mit zwei Gleisen in einer gemeinsamen Tunnelröhre die Notwendigkeit der Anordnung von Rettungszugängen. Daher ist bei diesen Varianten ein uferferner Streckenverlauf unterhalb des Mains auf größeren Längen zu vermeiden.

Je nach Anschluss der Strecke in Richtung Hanau (nordmainisch an die Strecke 3660, südmainisch an die Strecke 3600 oder als Y-Variante an beide Strecken) folgt die Strecke dem Verlauf des Mains in unterschiedlich langen Streckenabschnitten.

Wesentliche Höhenzwangspunkte sind dabei neben den zahlreichen Hochhäusern und weiteren Gebäuden auf Pfahl- und sonstigen Tiefgründungen insbesondere die vorhandenen Stadt-/U-Bahn-Strecken sowie die S-Bahn-Stammstrecke.

Im Einzelnen werden folgende Tunnelstrecken unterfahren:

- B-Strecke der Stadtbahn (Linien U4 und U5) im südlichen Bereich der Station Hauptbahnhof
- B-Strecke der Stadtbahn (Linien U4 und U5) im Streckenabschnitt zwischen den Stationen Hauptbahnhof und Willy-Brandt-Platz
- A-Strecke der Stadtbahn (Linien U1, U2, U3 und U8) im Bereich des nördlichen Mainufers zwischen den Stationen Willy-Brandt-Platz und Schweizer Platz
- Stammstrecke der S-Bahn (Linien S1-S6, S8 und S9) im Bereich des nördlichen Mainufers bzw. bei der Variante 1 (mit ausschließlicher Anbindung an die nordmainische Strecke in Richtung Hanau) im Bereich der Sonnemannstraße zwischen den Stationen Ostendstraße und Lokalbahnhof bzw. Mühlberg
- C-Strecke der Stadtbahn (Linie U6) im Bereich der Station Ostbahnhof (nur bei der Variante 1 mit ausschließlicher Anbindung an die nordmainische Strecke in Richtung Hanau)

Die im Rahmen der Planungsstufe 3 vertieft untersuchten Varianten unterscheiden sich entsprechend der im Folgenden dargestellten Parameter.

3.1.11.1 Variante 1 (S1-O-T1-1_SK_NM)

Die Variante 1 zeichnet sich durch folgende grundsätzliche Parameter aus:

- Lage der Station im Frankfurter Hauptbahnhof unterhalb des südlichen Teils der vorhandenen Bahnsteige
- Anordnung der Bahnsteige in Längsrichtung analog zu den vorhandenen oberirdischen Bahnsteigen
- Tiefenlage der Gleise im Stationsbereich bei 66,5 mNN (ca. 33,5 m unter Gelände)
- Führung der Tunnelstrecke südlich der Frankfurter Innenstadt
- Führung der Gleise im Streckenverlauf in einer zweigleisigen Tunnelröhre
- Anschluss an die Bestandsstrecke 3660 in Richtung Hanau östlich des Bahnhofs Frankfurt (Main) Ost

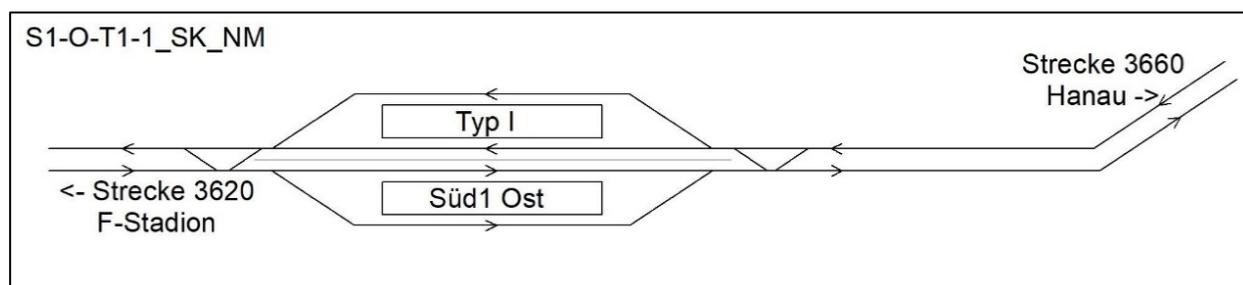


Abbildung 20: Systemskizze Variante 1

3.1.11.2 Variante 2 (S2-O-T2-2_SK_SM)

Die Variante 2 zeichnet sich durch folgende grundsätzliche Parameter aus:

- Lage der Station im Frankfurter Hauptbahnhof unterhalb des Südflügels und der südlich des Bahnhofs parallel verlaufenden Mannheimer Straße
- Anordnung der Bahnsteige in Längsrichtung analog zu den vorhandenen oberirdischen Bahnsteigen
- Tiefenlage der Gleise im Stationsbereich bei 72,4 mNN (ca. 27,5 m unter Gelände)
- Führung der Tunnelstrecke südlich der Frankfurter Innenstadt
- Führung der Gleise im Streckenverlauf in zwei eingleisigen Tunnelröhren
- Anschluss an die Bestandsstrecke 3600 über Offenbach in Richtung Hanau unmittelbar westlich der EÜ über die Autobahn A661 nordöstlich von Frankfurt-Oberrad

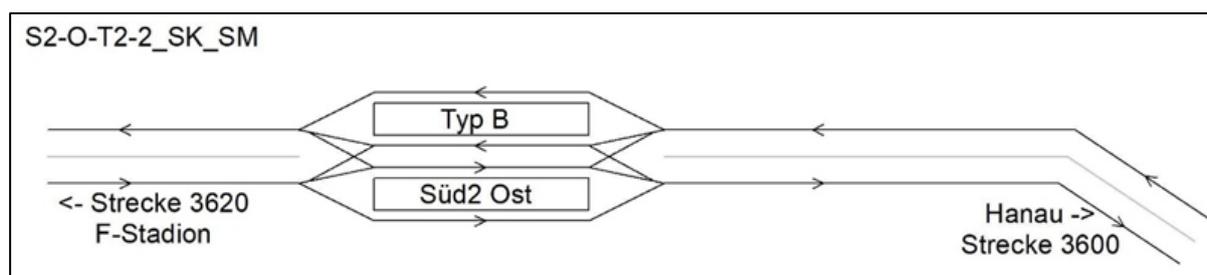


Abbildung 21: Systemskizze Variante 2

3.1.11.3 Variante 3 (S2-W-T2-1_SK_Y)

Die Variante 3 zeichnet sich durch folgende grundsätzliche Parameter aus:

- Lage der Station im Frankfurter Hauptbahnhof unterhalb des Südflügels und der südlich des Bahnhofs parallel verlaufenden Mannheimer Straße
- Anordnung der Bahnsteige in Längsrichtung nach Westen ausgerückt gegenüber den vorhandenen oberirdischen Bahnsteigen
- Tiefenlage der Gleise im Stationsbereich bei 72,4 mNN (ca. 27,5 m unter Gelände)
- Führung der Tunnelstrecke südlich der Frankfurter Innenstadt
- Führung der Gleise im Streckenverlauf in einer zweigleisigen Tunnelröhre

- Verzweigung der zweigleisigen Tunnelröhre in zwei zweigleisige Tunnelröhren (höhengleicher Abzweig) in einem Verzweigungsbauwerk südlich des EZB-Hochhauses
- Anschluss an die Bestandsstrecke 3600 in Richtung Hanau (über Offenbach) unmittelbar westlich der EÜ über die Autobahn A661 nordöstlich von Frankfurt-Oberrad und an die Strecke 3660 östlich des Bahnhofs Frankfurt (Main) Ost

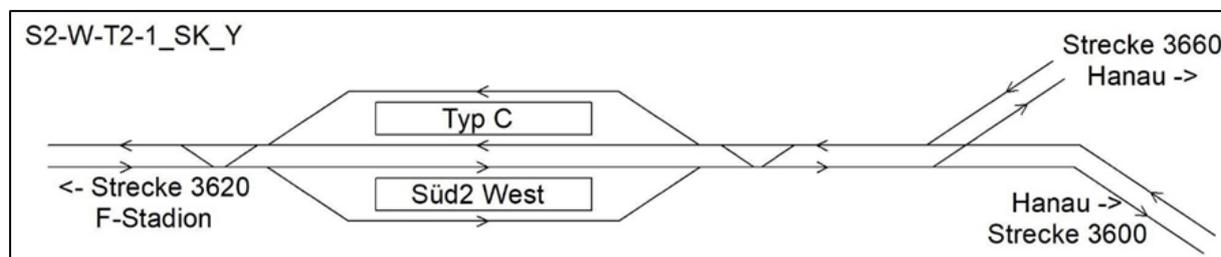


Abbildung 22: Systemskizze Variante 3

3.1.11.4 Variante 4 (S1-O-T2-1_SK_Y)

Die Variante 4 zeichnet sich durch folgende grundsätzliche Parameter aus:

- Lage der Station im Frankfurter Hauptbahnhof unterhalb des südlichen Teils der vorhandenen Bahnsteige
- Anordnung der Bahnsteige in Längsrichtung analog zu den vorhandenen oberirdischen Bahnsteigen
- Tiefenlage der Gleise im Stationsbereich bei 72,4 mNN (ca. 27,5 m unter Gelände)
- Führung der Tunnelstrecke südlich der Frankfurter Innenstadt
- Führung der Gleise im Streckenverlauf in einer zweigleisigen Tunnelröhre
- Abzweig zweier eingleisiger Tunnelröhren aus der zweigleisigen Tunnelröhre (höhenfreier Abzweig) in Verzweigungsbauwerken südlich des EZB-Hochhauses. Die eingleisigen Tunnel in Richtung zum nordmainischen Anschluss an die Strecke 3660 zweigen dabei jeweils „nach außen“ aus der zweigleisigen Tunnelstrecke ab. Das zunächst nach Süden abzweigende Richtungsgleis zum nordmainischen Anschluss wird anschließend über den zweigleisigen Tunnel hinweg in eine Parallellage zum Gegenrichtungsgleis dieses Anschlusses gebracht
- In einer Untervariante (Variante 4.1) wurde eine an das südliche Mainufer verschobene Lage der Verzweigungsbauwerke untersucht und dargestellt. Durch diese Untervariante kann die Errichtung von Baugruben im Bereich des Sicherheitsbereichs um die EZB herum sowie im Bereich des Osthafenparks vermieden werden. Stattdessen erfolgen entsprechende Eingriffe zwischen dem südlichen Mainufer und der südlich anschließenden Wohnbebauung im Deutschherrnviertel. Außerdem sind hierfür voraussichtlich eine bauzeitliche Verlegung der Bundesstraße B43 und eine Inanspruchnahme von Flächen der südlich der B43 gelegenen Sportanlage „Mainwasen“ erforderlich
- Anschluss an die Bestandsstrecke 3600 in Richtung Hanau (über Offenbach) unmittelbar westlich der EÜ über die Autobahn A661 nordöstlich von Frankfurt-Oberrad und an die Strecke 3660 östlich des Bahnhofs Frankfurt (Main) Ost

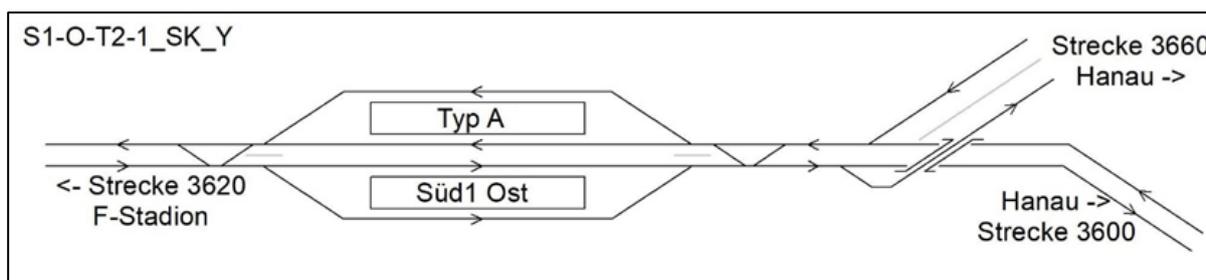


Abbildung 23: Systemskizze Variante 4

3.1.11.5 Variante 5 (S2-O-T2-2_SK_Y)

Die Variante 5 zeichnet sich durch folgende grundsätzliche Parameter aus:

- Lage der Station im Frankfurter Hauptbahnhof unterhalb des Südflügels und der südlich des Bahnhofs parallel verlaufenden Mannheimer Straße
- Anordnung der Bahnsteige in Längsrichtung analog zu den vorhandenen oberirdischen Bahnsteigen
- Tiefenlage der Gleise im Stationsbereich bei 72,4 mNN (ca. 27,5 m unter Gelände)
- Führung der Tunnelstrecke südlich der Frankfurter Innenstadt
- Führung der Gleise im Streckenverlauf in zwei eingleisigen Tunnelröhren
- Verzweigung der zwei eingleisigen Tunnelröhren in jeweils zwei eingleisige Tunnelröhren (höhenfreier Abzweig) in Verzweigungsbauwerken südlich des EZB-Hochhauses. Im Bereich des Abzweigs werden die beiden parallel verlaufenden Tunnelröhren in unterschiedlichen Tiefen geführt, so dass das Richtungsgleis zum nordmainischen Anschluss das Gegenrichtungsgleis vom südmainischen Anschluss unterfahren kann
- Anschluss an die Bestandsstrecke 3600 in Richtung Hanau (über Offenbach) unmittelbar westlich der EÜ über die Autobahn A661 nordöstlich von Frankfurt-Oberrad und an die Strecke 3660 östlich des Bahnhofs Frankfurt (Main) Ost

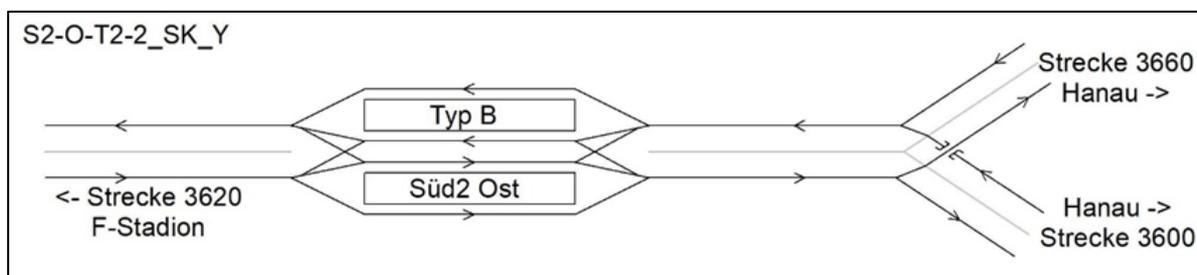


Abbildung 24: Systemskizze Variante 5

3.1.11.6 Variante 6 (S1-W-T2-2_SK_Y)

Die Variante 6 zeichnet sich durch folgende grundsätzliche Parameter aus:

- Lage der Station im Frankfurter Hauptbahnhof unterhalb des südlichen Teils der vorhandenen Bahnsteige
- Anordnung der Bahnsteige in Längsrichtung nach Westen ausgerückt gegenüber den vorhandenen oberirdischen Bahnsteigen

- Tiefenlage der Gleise im Stationsbereich bei 72,4 mNN (ca. 27,5 m unter Gelände)
- Führung der Tunnelstrecke südlich der Frankfurter Innenstadt
- Führung der Gleise im Streckenverlauf in zwei eingleisigen Tunnelröhren
- Verzweigung der zwei eingleisigen Tunnelröhren in jeweils zwei zweigleisige Tunnelröhren (höhengleicher Abzweig) in Verzweigungsbauwerken südlich des EZB-Hochhauses. Im Gegensatz zur Variante 5 werden die Tunnelröhren der „durchgehenden“ Strecke zum südmainischen Anschluss an die Strecke 3600 auch in der Tiefe geführt. Das Richtungsgleis zum nordmainischen Anschluss zweigt daher zunächst nach Süden aus der südlichen Tunnelröhre der „durchgehenden Strecke“ ab und überquert diese anschließend, um im weiteren Verlauf eine Parallellage zur Tunnelröhre des Gegenrichtungsgleises zu erreichen
- In einer Untervariante (Variante 6.1) wurde eine an das südliche Mainufer verschobene Lage des Verzweigungsbauwerks untersucht und dargestellt. Durch diese Untervariante kann die Errichtung von Baugruben im Bereich des Sicherheitsbereichs um die EZB herum sowie im Bereich des Osthafenparks vermieden werden. Stattdessen erfolgt ein entsprechender Eingriff südlich des Mains (östlich der Eisenbahnbrücke Deutschherrnbrücke über den Main) im Bereich der hierfür bauzeitlich zu verlegenden Bundesstraße B43 und der südlich der B43 gelegenen Sportanlage „Mainwasen“
- Anschluss an die Bestandsstrecke 3600 in Richtung Hanau (über Offenbach) unmittelbar westlich der EÜ über die Autobahn A661 nordöstlich von Frankfurt-Oberrad und an die Strecke 3660 östlich des Bahnhofs Frankfurt (Main) Ost

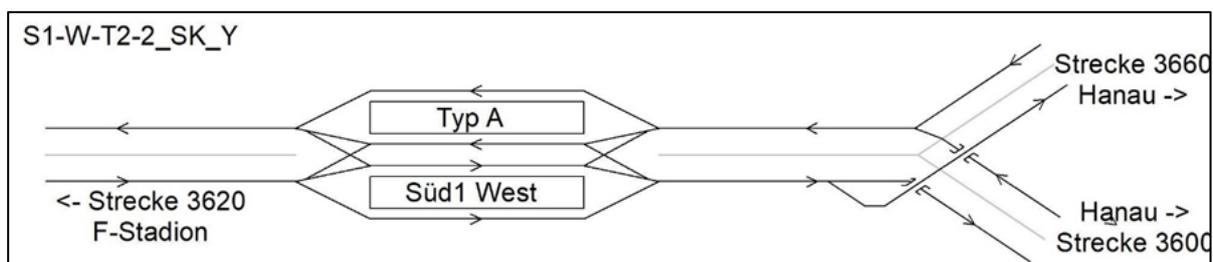


Abbildung 25: Systemskizze Variante 6

3.2 Trog- und Tunnelbauwerke

3.2.1. Allgemeines

Nachstehend werden die Trog- und Tunnelbauwerke der in der Planungsstufe 3 ausgewählten sechs Trassierungsvarianten (s. Beschreibung Pkt. 3.1.11) behandelt. Für die nachträglich trassierungstechnisch untersuchten Zusatzvarianten 4.1 und 6.1 gelten die nachfolgenden Ausführungen zu Variante 4 und 6 in analoger Weise, sofern nicht gesonderte Hinweise gegeben werden. Die Bauwerkslängen der Trogbauwerke, der Tunnelbauwerke in offener und geschlossener Bauweise sowie der Verzweigungsbauwerke und unterirdischen Stationen sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst.

Abschnittslängen [km]												
Variante	1		2		3		4		5		6	
Bezeichnung	S1-O-T1-1_SK_NM		S2-O-T2-2_SK_SM		S2-W-T2-1_SK_Y		S1-O-T1-1_SK_Y		S1-O-T2-2_SK_Y		S1-W-T1-2_SK_Y	
Stationstyp	I		B		C		A - OST		B		A - WEST	
Anbindung OST	NORD (Hanau; Strecke 3660)		SÜD (Offenbach; Strecke 3600)		NORD (Hanau; Strecke 3660) SÜD (Offenbach; Strecke 3600)							
Trogbauwerk WEST	0,40	0,40	0,40		0,40		0,40		0,40		0,40	
OBW WEST (inkl. Deckelbauweise)	0,25	0,25	0,25		0,25		0,25		0,25		0,25	
Anfang geschlossene Bauweise bis Anfang Verzweigungsbauwerk WEST	1,29	1,23	1,03		1,24		1,21		1,00		1,00	
Verzweigungsbauwerk WEST	0,22	0,23	0,25		0,21		0,23		0,23		0,23	
Station	0,44	0,42	0,42		0,42		0,42		0,42		0,42	
Verzweigungsbauwerk OST	0,21	0,23	0,38		0,22		0,24		0,23		0,23	
Ende Verzweigungsbauwerk OST bis Y-Bauwerk	3,73	4,48	2,56		2,46		2,59		2,56		2,56	
Y-Bauwerk bis Ende geschlossene Bauweise			1,49	1,95	1,67	2,06	1,50	1,90	1,75	2,13		
OBW OST	0,39	0,08	0,39	0,08	0,34	0,08	0,34	0,08	0,33	0,08		
Gesamtlänge Tunnel	6,51	6,92	6,77	6,92	6,80	6,93	6,78	6,92	6,77	6,89		
Trogbauwerk OST	0,43	0,53	4,40	0,44	0,41	0,43	0,43	0,32	0,41	0,40		

grün ... Nordmainisch (Hanau; Strecke 3660)

schwarz ... Südmainisch (Offenbach; Strecke 3600)

Tabelle 4: Zusammenstellung und Vergleich Bauwerkslängen PS3, Varianten 1 bis 6

3.2.2. Innere Tragwerksbegrenzung Querschnitte

Für neue Eisenbahntunnel sind die Querschnitte der Richtzeichnungen nach RiL - Modul 853.9001 zugrunde zu legen, soweit die dort jeweils angegebenen Querschnittsparameter zutreffen.

3.2.2.1 Kreisquerschnitte Tunnelröhren

Eingleisige Tunnelröhre:

Für die innere Tragwerksbegrenzung des eingleisigen Kreisquerschnittes wird die Richtzeichnung T-R-B-K-1-01 aus der RiL 853.9001 herangezogen für welche folgende Querschnittsparameter gelten:

Querschnittsparameter

- Entwurfsgeschwindigkeit: – $v_e \leq 160$ km/h
- Oberbauform: – Feste Fahrbahn (FF)
- Trassierungsparameter: – Überhöhung $u = 0$ bis 170 mm beidseitig
– Längsneigung $l = 12,5$ ‰ (bei größeren Neigungen ist bei Verwendung von Kettenwerksüberleitungen der Ausrundungsradius bei Neigungswechsel zu beachten)
- Sonstige Parameter: – Oberleitung Regelbauart nach Ril 997.01
– Kreisbogen $R = 4,40$ m
– Querschnittsfläche über SO $A \geq 52,7$ m² (je nach Überhöhung)

In den nächsten Planungsphasen ist zu prüfen, inwieweit der Raum für die Feste Fahrbahn auch bei Ausbildung von leichten oder schweren Masse – Federsystemen ausreichend ist.

Zweigleisige Tunnelröhre:

Für den Geschwindigkeitsbereich $v_e < 160$ km/h ist in der RiL 853.9001 kein zweigleisiger Kreisquerschnitt definiert. Es wird daher auf der sicheren Seite liegend die Richtzeichnung T-F-B-K-2-01 aus der RiL 853.9001 herangezogen für welche folgende Querschnittsparameter gelten:

Querschnittsparameter

- Entwurfsgeschwindigkeit: – 160 km/h $< v_e \leq 230$ km/h
- Oberbauform: – Schotteroberbau und Feste Fahrbahn (FF)
- Trassierungsparameter: – Gleisabstand $a = 4,00$ m
– Überhöhung $u = 0$ bis 160 mm²) bzw. 170 mm³) beidseitig
– Längsneigung $l = 12,5$ ‰ (bei größeren Neigungen ist bei Verwendung von Kettenwerksüberleitungen der Ausrundungsradius bei Neigungswechsel zu beachten)
- Sonstige Parameter: – Oberleitung Regelbauart nach Ril 997.01
– Kreisbogen $R = 6,10$ m
– Querschnittsfläche über SO $A = 79,2$ m²

Dem Lichtraumprofil liegt ein Gefahrenbereich von 3,00 m zu Grunde. Geht man davon aus, dass für Geschwindigkeiten < 160 km/h ein Gefahrenraum von 2,50 m ausreichend ist, besteht ein Optimierungspotential dieses Querschnittes. Andererseits kann beim gewählten Querschnitt die Reserve bei der beginnenden Spreizung der Gleisachsen genutzt werden und so die Länge der erforderlichen aufwendigen Querschnittsaufweitung verkürzt werden.

3.2.2.2 Reckeckquerschnitte Tunnelröhren

Eingleisige Tunnelröhre:

Für den eingleisigen Tunnelquerschnitt mit einer Entwurfsgeschwindigkeit $v_e \leq 160$ km/h ist in der RiL 853.9001 der Querschnitt mit der Richtzeichnung T-R-O-R-1-01 und nachfolgenden Parametern dargestellt:

Querschnittsparameter

- Entwurfsgeschwindigkeit: - $v \leq 160$ km/h
- Oberbauform: - Feste Fahrbahn (FF)
- Trassierungsparameter: - Überhöhung $u = 0$ bis 170 mm beidseitig
- Längsneigung $l = 12,5$ ‰ (bei größeren Neigungen ist bei Verwendung von Kettenwerksüberleitungen der Ausrundungsradius bei Neigungswechsel zu beachten)
- Sonstige Parameter: - Oberleitung Regelbauart nach Ril 997.01
- Rechteck 6,80 m / 6,95 m
- Querschnittsfläche über SO $A \geq 46,7$ m² (je nach Überhöhung)

Zweigleisige Tunnelröhre:

Der Querschnitt für eine Entwurfsgeschwindigkeit $v_e \leq 160$ km/h ist für den zweigleisigen Tunnelquerschnitt mit Fester Fahrbahn nach RiL 853.9001 definiert und wird mit der Typologie T-R-O-R-2_01 bezeichnet. Nachfolgende Querschnittsparameter werden in der Planung verwendet. Der Regelquerschnitt kann der Richtzeichnung entnommen werden.

Querschnittsparameter

- Entwurfsgeschwindigkeit: - $v \leq 160$ km/h
- Oberbauform: - Feste Fahrbahn (FF)
- Trassierungsparameter: - Überhöhung $u = 0$ bis 170 mm beidseitig
- Längsneigung $l = 12,5$ ‰ (bei größeren Neigungen ist bei Verwendung von Kettenwerksüberleitungen der Ausrundungsradius bei Neigungswechsel zu beachten)
- Sonstige Parameter: - Oberleitung Regelbauart nach Ril 997.01
- Rechteck 10,80 m / 6,95 m
- Querschnittsfläche über SO $A \geq 74,2$ m² (je nach Überhöhung)

3.2.2.3 Trogbauwerke:

Eingleisige Trogbauwerke:

Der eingleisige Trog wird in den Innenmaßen analog dem eingleisigen Rechteckquerschnitt Richtzeichnung T-R-O-R-1-01 ausgebildet. Damit ist die Durchgängigkeit von Fahrbahn, Rettungswegen und Lichträumen gewährleistet. Die lichte Weite zwischen den Wänden beträgt somit $b = 6,80$ m.

Zweigleisige Trogbauwerke:

Für die zweigleisigen Querschnitte gilt gemäß den vorherigen Randbedingungen der Rechteckquerschnitt analog der Richtzeichnung T-R-O-R-2_01. Die lichte Weite beträgt somit $b = 10,80$ m.

3.2.2.4 Querschnitte der Bauwerke des Rettungskonzepts

Rettungsschächte:

Der kreisrunde Regelquerschnitt der Rettungsschächte weist einen Innendurchmesser von 8,0 m auf. Der Schachtkern mit den inneren lichten Abmessungen von 1,9 m x 2,9 m dient bei Schachthöhen > 30 m als Aufzugsschacht (Mindestabmessung des Fahrkorbs von 1,1 x 2,1 m gem. EBA - Richtlinie "Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb von Eisenbahntunneln" Abschnitt 2.3). Um den Schachtkern ist ein Treppenhaus angeordnet. Den Abmessungen der Treppenläufe und Zwischenpodeste ist ein Begegnungsverkehr mit Krankentransport auf einer belegten Krankentrage (2,30 x 0,65 m) (DIN 13 024) zugrunde gelegt.

Begehbare Verbindungsstollen / Querschläge:

Der Lichtraum der begehbaren Verbindungsstollen zwischen Schachtfuß und Tunnelröhre bzw. der Verbindungsstollen (Querschläge) zwischen zwei eingleisigen Tunnelröhren weist gem. der EBA - Richtlinie "Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb von Eisenbahntunneln" Pkt. 2.3 die Abmessungen von $B \times H = 2,25$ m x 2,25 m auf.

3.2.3. Bauweisen der Bauwerke

Bezüglich der maßgebenden Schlussfolgerungen aus den gegebenen geotechnischen und hydrogeologischen Verhältnissen sowie aus den Bedingungen der städtischen Bebauung wird auf Pkt. 3.3.3 verwiesen.

Tunnelröhre Geschlossene Bauweise - Vortriebsmethode:

Aufgrund der überwiegenden Lage der Tunnelbauwerke im bautechnisch ungünstigen Frankfurter Ton (geringe Scherparameter und niedriger Steifigkeitsmodul) und der Erfordernis, gegen den Grundwasserdruck vorzutreiben (Vorausentwässerung bzw. Grundwasserabsenkung nicht möglich), würde ein zyklischer Vortrieb eine massive Vorausvergütung und Vorausabdichtung erfordern und wird daher ausgeschlossen. Es ist daher ein kontinuierlicher Vortrieb mit aktiver Ortsbruststützung und druckwasserdichter Schildausbildung zu wählen. Dieser kann mittels eines Erddruckschildes (EPB-Schild) und einer wasserdruckdichten Tübbingauskleidung durchgeführt werden.

Tunnelröhre Offene Bauweise:

Rechteckttunnel in offener Bauweise werden in Abhängigkeit von Grundwasserständen und Umfeld mit Baugrubenumschließungen aus Bohrpfehlwänden oder Schlitzwänden hergestellt. Dabei ist ein Arbeitsraum von 1 m vorgesehen. Bei anstehendem Grundwasser wird eine Grundwasserentspannung mit Grundwasserentnahme innerhalb der Baugrube ausgeführt. Gegebenenfalls wird auch der Einbau einer Unterwasserbetonsohle geplant, die ab ei-

ner Dicke von 2,50 m nicht mehr als Schwergewichtssohle, sondern rückverankert ausgeführt wird. Das Bauwerk wird als Rahmen als wasserundurchlässige Betonkonstruktion (WuBKo) blockweise mit Regelblöcken von 10 m Länge mit Fugenbändern hergestellt.

Tunnelröhre Deckelbauweise

Für Tunnel in Deckelbauweise werden für die Umschließung überschnittene Bohrpfahlwände oder Schlitzwände eingesetzt. Die Auskleidung erfolgt mit einer Innenschale blockweise als WuBKo, die auf den Wasserdruck bemessen wird. Beide Schalen nehmen anteilig der Steifigkeit die gesamte Erddruckbelastung auf.

Trogbauwerke:

Für Trogbauwerke gilt das vorgenannte der Tunnel in offener Bauweise sinngemäß. Das Bauwerk wird als WuBKo hergestellt.

Y-Bauwerk

Die Y-Bauwerke werden in offenen Baugruben mit Grundwasserentspannung hergestellt. Wegen des stark variierenden Querschnittes in Breite und Höhe sind diese als Rahmenbauwerke vorgesehen. Auf eine Ausbildung als statisch günstigerer Gewölbequerschnittes wurde auf Grund der Verschneidungen verzichtet.

Schachtbauwerke:

Da die Schachtbauwerke durchweg im Grundwasser liegen, ist vorab eine abdichtende Sicherung der Schachtlaibung in Form einer überschnittenen Bohrpfahlwand oder einer polygonalen Schlitzwand erforderlich.

Zur Sicherung der Sohle gegen Auftrieb und gegen hydraulischen Grundbruch wird entweder eine bauzeitliche lokale Grundwasserentspannung im Sohlbereich durchgeführt oder nach Möglichkeit eine rückverankerte Unterwasserbetonsohle, welche in die Leibungssicherung eingebunden wird, vorgesehen. Grundsätzlich ist auch eine temporäre Vereisung des Baugrundes entlang der Laibung und in der Sohle für eine Abdichtung und Sicherung vor dem Aushub geeignet.

Alternativ können die Schachtbauwerke auch durch eine Schachtabsenkanlage (VSM - Vertical Shaft Sinking Machine), aufgeföhren werden. Diese weist als Hauptkomponenten eine Schachtbohrmaschine und mehrere Absenkeinheiten auf. Die Schachtbohrmaschine wird im als Betonring ausgeführten Startrohr des Schachtes fixiert. An einem teleskopier-, schwenk- und rotierbaren Schrämausleger ist eine drehende Fräswalze befestigt, welche den anstehenden Boden an der Schachtsohle löst. Der Abtransport des Abraums erfolgt hydraulisch über eine Tauchmotorpumpe zur Separationsanlage an der Oberfläche. Das Startrohr, welches an der Unterkante eine Schneide aufweist und auch als Schachtauskleidung dient, wird kontinuierlich mit dem Fortschritt des Aushubes mit Hilfe der Absenkeinheiten abgelassen. Dazu findet zeitgleich an der Oberfläche die laufende Verlängerung des Startrohres entweder mit vorgefertigten Betonsegmenten oder in Ortbeton statt (s. Anlagen 10.07.01 und 10.07.02).

Verbindungsstollen Schachtbauwerk - Tunnelröhre:

Die Verbindungsstollen befinden sich durchweg unterhalb des Grundwasserspiegels. Für den Vortrieb ist daher für den zyklischen Vortrieb vorab eine Bodenvergütung und Abdichtung rund um den Stollenquerschnitt erforderlich, oder es ist ein Vortriebsverfahren mit aktiver Ortbruststützung anzuwenden.

Falls von Obertage eine Zugänglichkeit besteht, was bei den an die Oberfläche führenden Schachtbauwerken der Fall ist, wird für den zyklischen Vortrieb der Verbindungsstollen vorab von Obertage der Baugrund durch das Düsenstrahlverfahren (DSV) oder durch einen Bodenaustausch mittels Schlitzwandbauweise vergütet und abgedichtet. Mit einem dieser Verfahren kann zugleich auch eine Bodenverbesserung für einen Wartungsbahnhof der TBM im und um den Haupttunnelquerschnitt hergestellt werden. Weiters ist auch eine Vergütung und Abdichtung durch eine Bodenvereisung, welche vom Schachtfuß aus oder von der aufgefahrenen Tunnelröhre aus ausgeführt wird, möglich. Nach der Durchfahrt des Tunnelvortriebes wird die Schachtleitung durchbrochen, und es erfolgt der Vortrieb des Verbindungsstollens in zyklischer Bauweise im Schutze der Bodenvergütung. Der Vortrieb wird unter Druckluft ausgeführt. Für den Durchbruch des Verbindungsstollens in den Haupttunnel werden vorab entsprechende Maßnahmen an der Tübbingauskleidung vorgenommen (s. Anlage 10.07.01).

Falls der Verbindungsstollen eine größere Länge aufweist und von Obertage keine oder nur erschwert eine durchgehende Zugänglichkeit gegeben ist, kann der Verbindungsstollen durch einen Rohrvortrieb vom Fuß des Rettungsschachts aus ausgeführt werden. Dazu ist beim Schachtfuß und bei der Einmündung in die Tübbingröhre des Fahrtunnels vorab ein Dichtblock mittels DSV (von Obertage beim Schacht) oder Vereisung (von der Tübbingröhre aus) herzustellen (s. Anlage 10.07.02).

Nach dem Ausbruch erfolgt der Einbau der Innenschale in Stollen und Schacht sowie die Herstellung des Schachtkopfgebäudes.

Querschläge Tunnelröhre - Tunnelröhre:

Die Querschläge befinden sich ebenfalls durchweg unterhalb des Grundwasserspiegels. Für den Vortrieb ist daher für den zyklischen Vortrieb vorab eine Bodenvergütung und Abdichtung rund um den Stollenquerschnitt erforderlich. Da die Querschläge Großteils in Bereichen angeordnet sind, welche von Obertage schwer zu erreichen sind (z.B. unterhalb des Mains), wird für die erforderliche Bodenvergütung und -abdichtung eine Bodenvereisung vorgesehen, welche von den aufgefahrenen Tunnelröhren aus ausgeführt werden kann. Alle Vereisungsmaßnahmen werden, wie bei der Mainquerung der U-Bahn, durch zuvor durchgeführte Injektionen unterstützt, um den Wärmetransport durch das in den felsigen Bereichen zirkulierende Grundwasser zu minimieren. Der Vortrieb des Verbindungsstollens erfolgt in zyklischer Bauweise im Schutze der Bodenvergütung. Für den Anschlag und Durchbruch des Querstollens werden vorab entsprechende Maßnahmen an der Tübbingauskleidung vorgenommen (s. Anlage 10.08.01).

Querschläge Tunnelröhre - Tunnelröhre mit großem Höhenunterschied:

Im Bereich des Y-Bauwerkes bei der Verzweigung der beiden eingleisigen Tunnelröhren treten Höhenunterschiede von mehr als 10 m zwischen den beiden Röhren auf, welche durch einen geneigten Querschlag nicht bewältigbar sind. Weiters liegen auch diese Querschläge im Grundwasser.

Es wird daher eine Lösung mit einem Blindschacht mit Treppenhaus zwischen den beiden Röhren vorgesehen, in welchen die beiden Querschläge einmünden. Der Blindschacht wird analog der oben beschriebenen Bauweise hergestellt, jedoch über der oberen Querschlageinmündung abgedeckelt und wiederverfüllt (s. Anlage 10.08.02). Um die Sicherheit im Bereich des Y-Bauwerkes zu erhöhen könnte der Schacht auch belassen und mit einem Schachtkopfgebäude versehen werden, sodass ein Ausstieg ins Freie für die Flüchtenden und ein Zwischenangriff für die Einsatzkräfte ermöglicht wird (s. Anlage 10.08.03).

3.2.4. Konstruktion – Bauliche Auslegung

Tunnelröhre Geschlossene Bauweise:

Die Auskleidung der Tunnelröhren besteht aus einem einschaligen, druckwasserhaltenden Tübbingausbau. Dieser hat auch den Anforderungen des baulichen Brandschutzes zu genügen. Falls ein entsprechender Nachweis nicht gelingt, ist der Einbau einer Brandschutzinnenschale in Ort beton möglich. Die einzelnen Tübbingsteine sollten zur Gewährleistung der Robustheit der Konstruktion dauerhaft in Längs- und Querrichtung miteinander verschraubt bleiben.

Tunnelröhre Offene Bauweise:

Neben der Herstellung der Tunnelröhren als Rahmenkonstruktionen in WuBKo ist neben äußeren Lasten auch die Bemessung im Lastfall Brand erforderlich. Die Lasten sind nach Ril 853 anzusetzen. Neben der thermischen Gesamtwirkung wird der Schutz der Schale gegen Abplatzungen über PPP Fasern hergestellt.

Trogbauwerke:

Trogbauwerke sind als einschalige Bauwerke als WuBKo ausgebildet. Die Bemessung erfolgt als Rahmen nach RiL 804 und 853. Sollte das Eigengewicht der Konstruktion nicht ausreichen, um die Sicherheit gegen Aufschwimmen herzustellen werden verbleibende Teile der Verbaukonstruktion mit herangezogen.

Y-Bauwerk:

Die Y-Bauwerke werden in allen Trassierungsvarianten erforderlich, die eine nord- und eine südmainische Anbindung erhalten. Es gibt sie hierbei als eingleisige Abzweige aus einem zweigleisigen Tunnel und als Abzweige aus zwei eingleisigen Tunnelröhren. Die Lage ergibt sich aus der Trassierung und der zur Verfügung stehenden Fläche zur Herstellung der Bauwerke. Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie wurde das Herstellungsverfahren einheitlich nach dem gleichen Prinzip gewählt.

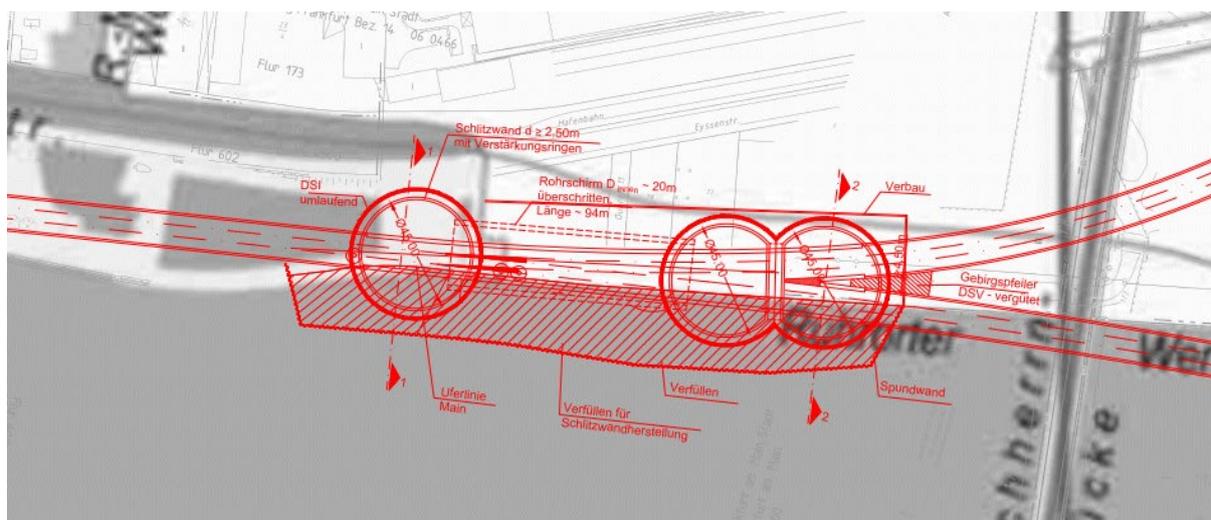


Abbildung 26: Mögliche Lage und Grundriss Y-Bauwerk, 2gleisige Tunnelröhre

Mehrere über die Länge des Y-Bauwerkes angeordnete runde Vertikalschächte werden von der Geländeoberkante bis unter die Sohle des späteren Y-Bauwerkes nach der Durchfahrung mit der Tunnelbohrmaschine (TBM) aufgefahren. Die Herstellung der Schachtschließung erfolgt mit polygonal angeordneten Schlitzwänden, die bis ca. 17 m unter die spätere Schachtsohle reichen. Die Schachtdurchmesser betragen bis zu 45 m, die Dicke des Schlitzes in Abhängigkeit der Tiefe bis zu 2,50 m. Wegen möglicher Lotabweichung sollte ggfs. ein zusätzlicher Dichtring mit Düsenstahlverfahren (DSV) hergestellt werden. Alternativ wäre auch eine Herstellung mittels überschnittenen Bohrpfehlen denkbar, die aber auf Grund höher Lageabweichung bei der großen Tiefe verworfen wurden. Das Aufschließen der Baugruben erfolgt, nach Durchfahren der durchgehenden Hauptstrecke mittels TBM, unter Grundwasserentspannung im Schacht mit Brunnen. Hierbei können Verstärkungsringe innerhalb der Schächte angeordnet werden, z.B. um Lageabweichungen oder um fehlende Querschnittsfläche im Bereich der Durchfahrung zu kompensieren. Der Rückbau der Tunnelchale erfolgt in offener Bauweise. Zur Stützung der Schale sind Kompensationsmaßnahmen, wie z. B. Verfüllen der Röhre etc., erforderlich. Die für den Abzweig erforderliche 2. Röhre wird hergestellt, indem nach Errichten eines Brems- und Dichtblockes die TBM in diesen Block hineingefahren wird. Nach dem Bergen der Maschine ist die Herstellung des Bauwerkes als geschalter Gewölbe- oder Rechteckquerschnitt in offener Bauweise möglich.

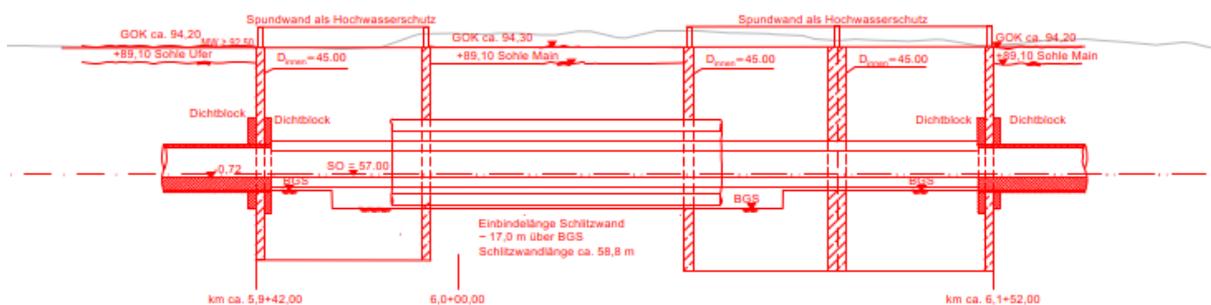


Abbildung 27: Längsschnitt Y-Bauwerk, 2gleisige Tunnelröhre

In Abhängigkeit von der Trassierung und der ausgewählten Anbindungs-/Tunnelvariante liegen die Y-Verzweigungsbauwerke im Umfeld der Europäischen Zentralbank (EZB) und der

Deutschherrnbrücke am nördlichen Ufer des Mains oder auf dem Südufer. Teilweise ragen die Baugruben bis in den Main hinein. Zur Herstellung der Schächte sind daher vorbereitende, flankierende und weitere Hilfsmaßnahmen erforderlich. So ist z.B. das Gelände im Bereich der Hochufer mit stützenden Kaimauern soweit abzutragen, dass die Schlitzwandherstellung zur Realisierung der Tragwirkung in Ringrichtung auf einem einheitlichen Geländeneiveau erfolgen kann. Die rückzubauenden Hochufer sind bis zu 9,0 m hoch.

Bei Lagen der Baugrubenschächte, teilweise im Main, sind Spundwände im Main mit Hinterfüllung erforderlich, um ein Startniveau für die Schlitzwandherstellung zu erzeugen. Gleichzeitig ist bei allen Schacht- und Y-Bauwerken in Nähe des Main an den Hochwasserschutz zu denken. Hierfür können eingestellte Spundwände mit innerem Gurt für Ringtragwirkung verwendet werden.

Lüftungs- und Rettungsschächte:

Die Außenschale der Schachtbauwerke bildet eine vorab eingebrachte überschnittene Bohrpfehlwand oder polygonale Schlitzwand, welche den Erd- und Wasserdruck aufnehmen kann. Bei Ausführung mittels einer Schachtabsenkanlage wird die Außenschale als Tübbingring oder als Ortbetonring ausgeführt.

Die bewehrte Innenschale aus WUBKO – Ortbeton nimmt den Wasserdruck dauerhaft auf. Zwischen Außenschale und Innenschale wird zum Ausgleich eine Spritzbetonschicht vorgesehen. Bei Wasserdruckhöhen > 30 m wird zusätzlich eine Kunststoffdichtungsbahn vorgesehen.

Verbindungsstollen / Querschläge:

Bei den Verbindungsstollen wird die Außenschale aus Spritzbeton und Bögen im Schutze einer Bodenvergütung und Abdichtung wie z. B. einer Vereisung ausgeführt. Die Ortbetoninnenschale wird als WUBKO – Konstruktion ggf. in Kombination mit einer Kunststoffdichtungsbahn ausgeführt (KDB-Abdichtungssystem). Bei Ausführung mittels eines Rohrvortriebs besteht der einschalige Ausbau aus wasserdruckhaltenden Stahlbetonfertigteiltröhen.

3.2.5. Entwässerungskonzept

Für die oberirdischen Streckenabschnitte im Bereich der Zulaufstrecken zum Tunnel sind in den weiteren Planungen entsprechende Entwässerungsanlagen gemäß DB-Richtlinie 836 zu konzipieren und zu planen. Dies erfolgt auf Basis noch zu erstellender Baugrundbegutachtungen insbesondere im Hinblick auf die Versickerungsfähigkeit des anstehenden Bodens. Im westlichen Zulaufbereich zum Tunnel quert die zukünftige Strecke ein vorhandenes Regenrückhaltebecken der DB, für das im Rahmen des Vorhabens entsprechend Ersatz zu schaffen ist.

Sämtliche Untertagebauwerke (Tunnelröhren in geschlossener und offener Bauweise, Schachtbauwerke, Querschläge, unterirdische Station) werden druckwasserhaltend ausgeführt, sodass nur Leckagewässer in sehr geringer Menge anfallen. Diese werden im Stationsbereich sowie im Tunneltiefpunkt gefasst und mittels Pumpen und entsprechenden Druckleitungen an die Oberfläche befördert.

3.3 Unterirdische Station Frankfurt Hauptbahnhof

3.3.1. Allgemeines, Auswahlverfahren

Im Zuge der Erarbeitung der Machbarkeitsstudie wurde für die unterirdische Station ein 3-stufiges Verfahren benutzt. Dabei wurden auf Basis der vorhandenen Planunterlagen von Hauptbahnhof, S-Bahn-Station (in/unter der 4. Haupthalle des Bahnhofes) und der U-Bahn im Vorplatz östlich des Hauptgebäudes mögliche Standorte und Tiefenlagen sowie die benötigten Bahnsteigbreiten vorgegeben. Eine Koordinierung mit den Streckenvarianten und den Aufweitungen vom Tunnel zur Station wurde ergänzend durchgeführt. Folgende Stationsparameter wurden festgelegt:

1. Stationslage in Nord-Südrichtung
2. Stationslage in Ost-Westrichtung
3. Tiefenlage in 2 Tiefen
4. Herstellungstypen offen / geschlossen und Mischbauweisen

Als mögliche Stationslagen in Nord-Südrichtung bieten sich an:

1. Nördlich in der Poststraße bzw. in der 5. Haupthalle des Hauptbahnhofes (Nord)
2. In der 2. bzw. 3. Haupthalle des Hauptbahnhofes (Mitte)
3. In der 1. Haupthalle (Süd 1)
4. Südlich der 1. Haupthalle (Süd 2)

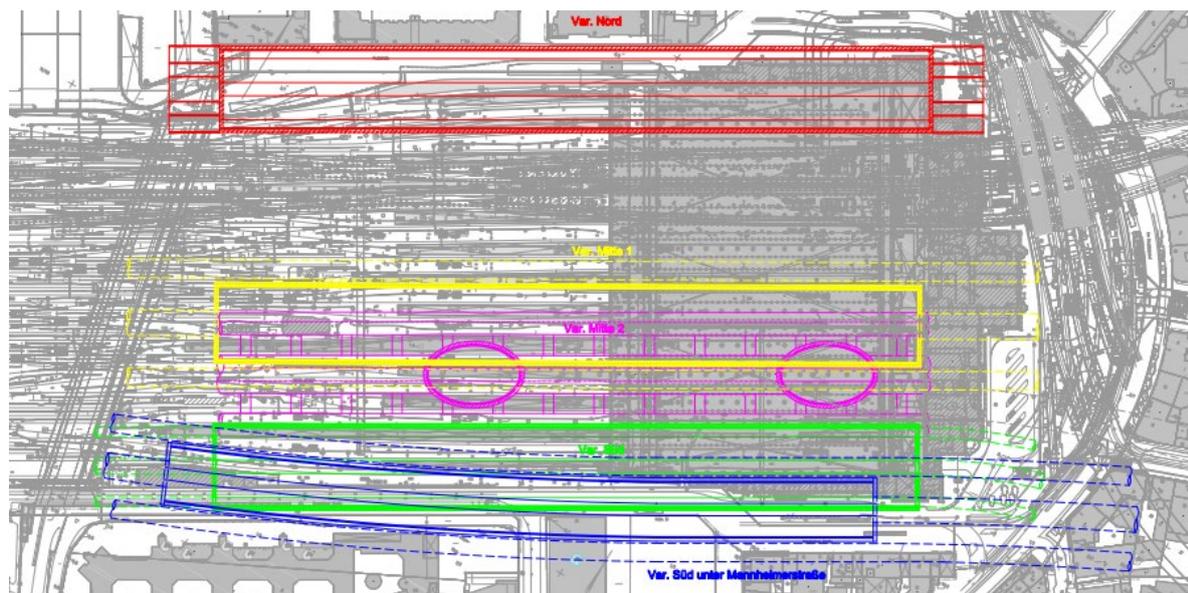


Abbildung 28: Mögliche Lage der Station in Nord-Südrichtung

Als mögliche Stationslagen in Ost-Westrichtung wurden variiert:

1. Östliche Lage d. h. Lage/Beginn der Bahnsteige des Tiefbahnhofes und der Haupthalle vertikal übereinander

2. Westliche Lage d.h. das östliche Bahnsteigende des Tiefbahnhofes liegt westlich vor dem Beginn der Haupthalle, offene Bauweise möglich



Abbildung 29: Mögliche Lage der Station in Ost (rot)-West-(grün)Richtung

In der Tiefenlage wurden variiert:

1. SO $\approx 72,40$ mNN, entspricht der höchstmöglichen Lage zur Querung der U-Bahn mit einem 1-gleisigen Tunnelquerschnitt ($\varnothing 10,50$ m)
2. SO $\approx 65,50$ mNN, entspricht der tiefsten Lage eines 2-gleisigen Tunnelquerschnittes ($\varnothing 14,50$ m) bei Einhaltung von ca. 3,9 bar im Druckluftbetrieb zur Begrenzung von Schleusungs- und Dekompressionszeiten (gem. Druckluftverordnung) bei einem Grundwasserstand von ca. 95,0 mNN

Als mögliche unter den drei vorgenannten Randbedingungen ausgewählten Bauarten der Station ergaben sich in der ersten Stufe neun Typen A - I:

1. Typ A: offene Bauweise/Deckelbauweise, Breite der Baugrube der Station $b = 54,0$ m

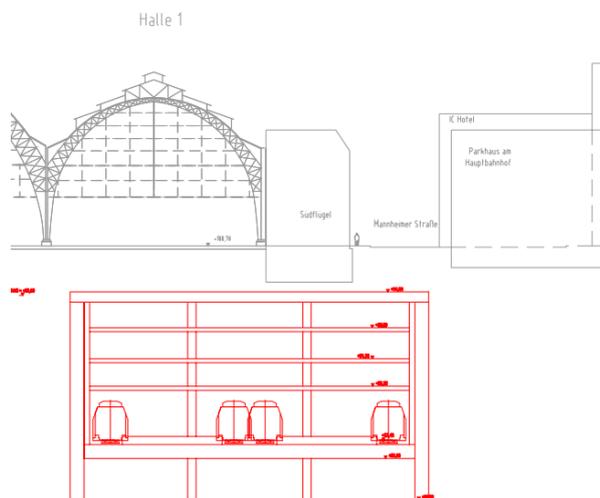


Abbildung 30: Querschnitt Typ A (Blick in Richtung Osten)

2. Typ B: offene Bauweise kombiniert mit bergmännischer Bauweise der Röhren, Stationskasten geöffnet und an die Röhren durchgängig angeschlossen

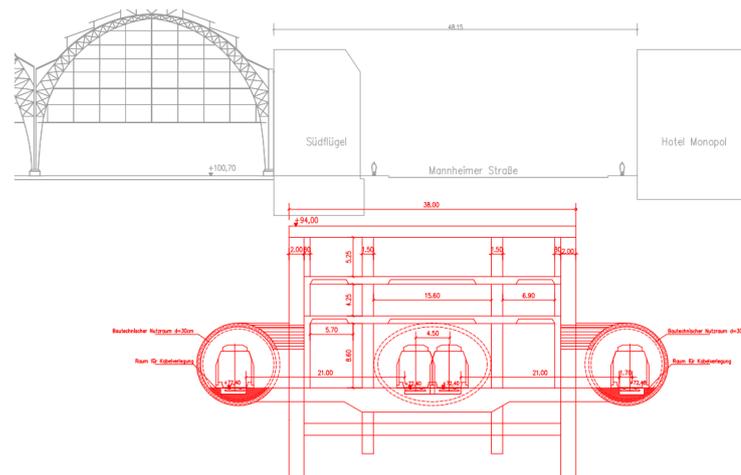


Abbildung 31: Querschnitt Typ B (Blick in Richtung Osten)

3. Typ C: offene Bauweise kombiniert mit bergmännischer Bauweise der Röhren, Stationskasten mittels Microvortrieben an die Röhren punktuell angeschlossen

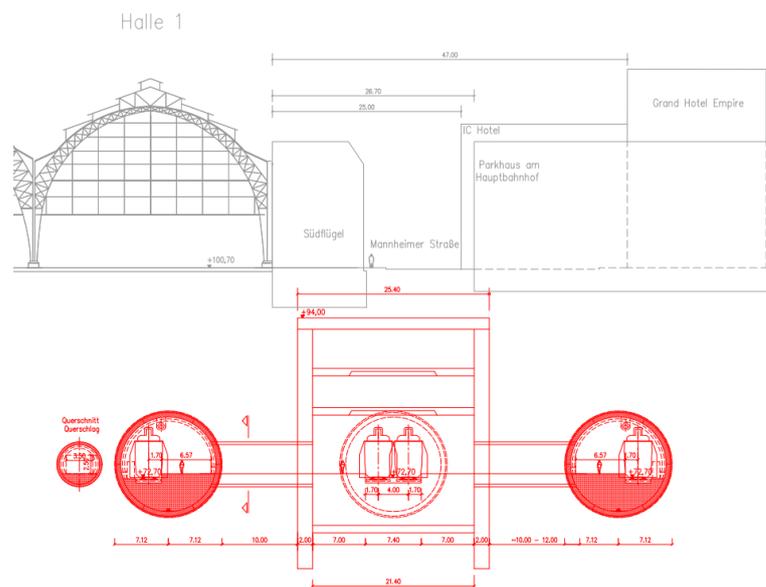


Abbildung 32: Querschnitt Typ C (Blick in Richtung Osten)

4. Typ D: bergmännische Bauweise, Auffahren mit TBM, Aufweitung der Röhre, Anschluss der Seitenröhren mit Microvortrieben Zugang über 2 vertikale Schachtbauwerke (Nukleus)

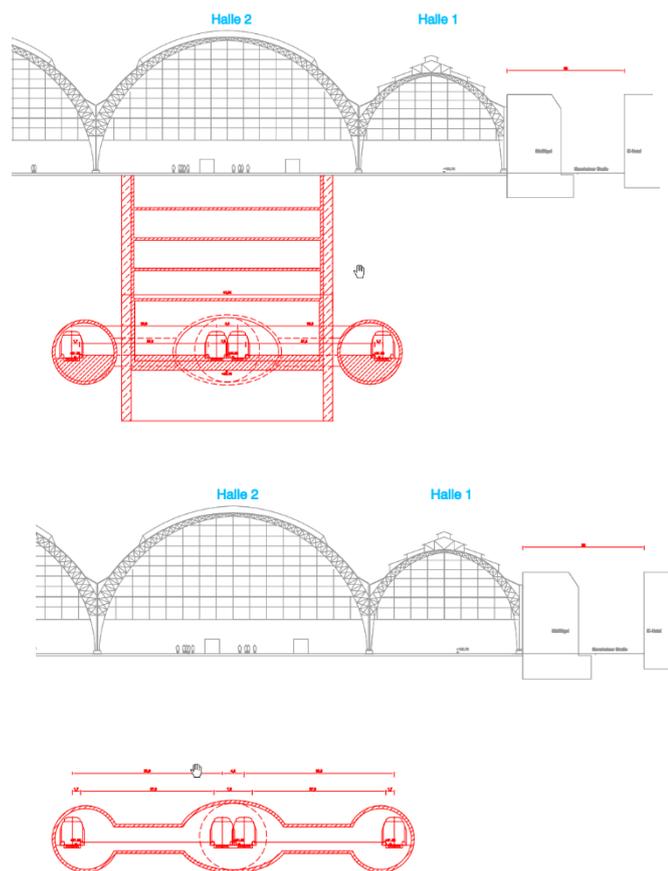


Abbildung 33: Querschnitt Typ D

5. Typ E: bergmännisch Bauweise mit Teilvortrieben und Teilausbrüchen der Querschnittsteile in Spritzbetonbauweise (s. Anlage 06.02.14 Blatt 1 und 2)

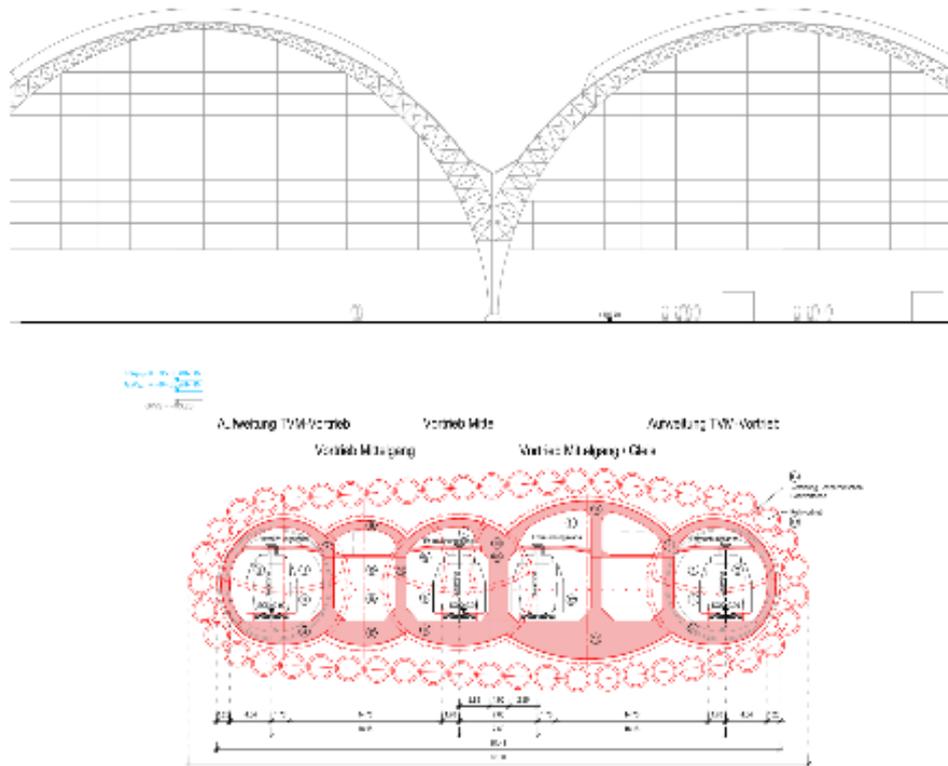


Abbildung 34: Querschnitt Typ E, Regelquerschnitt

6. Typ F: bergmännische Bauweise mit 4 Röhren mit je 1 Gleis als TBM Vortriebe und Querschlägen, Bahnsteige in den Tunnelröhren, Zugang über 2 vertikale Schachtbauwerke (Nukleus) (s. Anlage 06.02.14 Blatt 3 und 4)

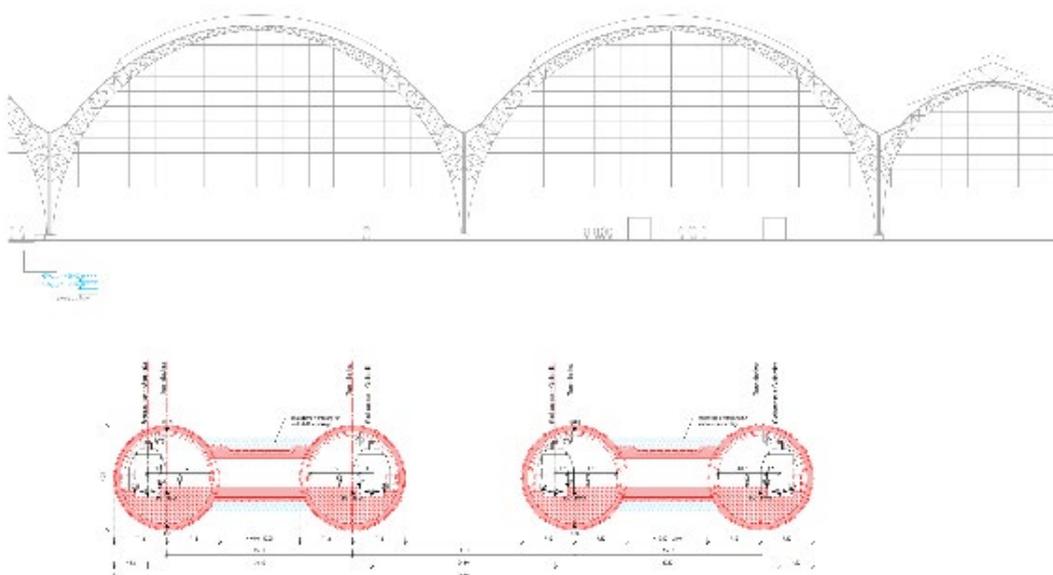


Abbildung 35: Querschnitt Typ F, Regelquerschnitt

7. Typ G: bergmännische Bauweise mit je 2 Gleisen in 2 bergmännischen Stationsvortrieben und Querschlägen, Bahnsteige in den Tunnelröhren, Zugang über 2 vertikale Schachtbauwerke (Nukleus) bzw. Aufgangsstollen (s. Anlage 06.02.14 Blatt 5)

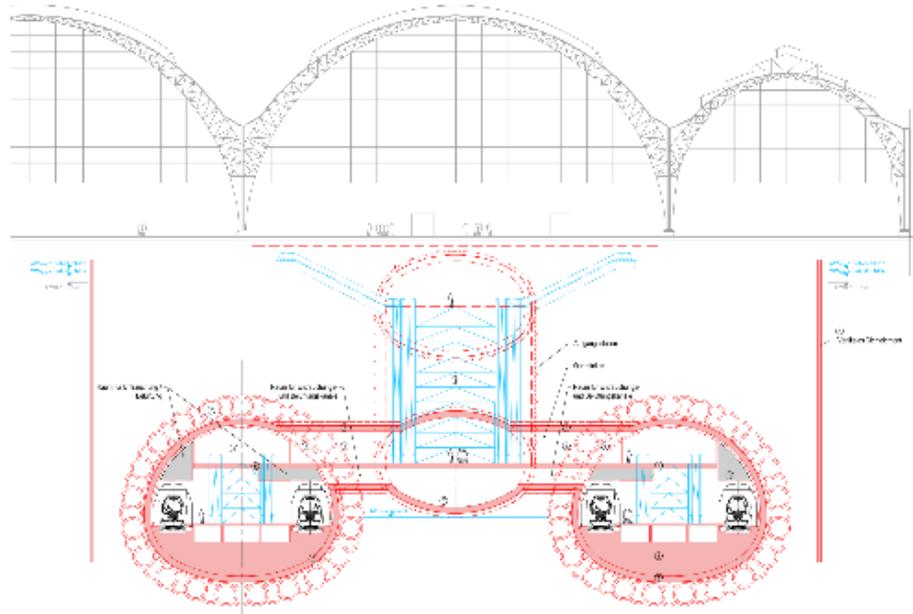


Abbildung 36: Querschnitt Typ G, Regelquerschnitt

8. Typ H: bergmännisch im Schutze von Dichtwänden zyklisch aufgefahrene Station in 2 Brillenröhren mit Pfeilerstollen, (s. Anlage 06.02.14 Blatt 6)

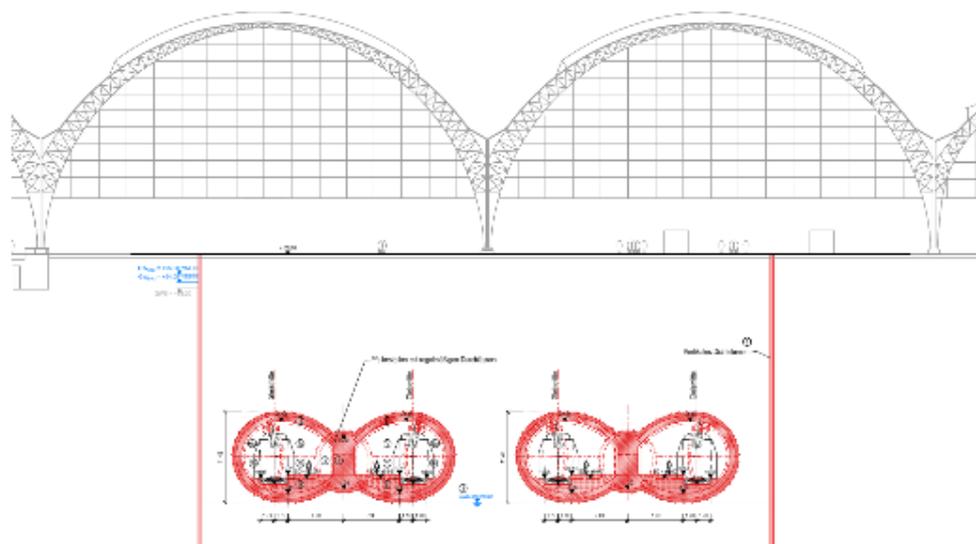


Abbildung 37: Querschnitt Typ H; Regelquerschnitt

9. Typ I: bergmännisch im Schutze von Rohrschirmen aufgefahrene Station in 2 Kavernen, Pfeilerstollen in TBM-Tunnelröhre, je 2 Kavernen mit 2 Gleisen (s. Anlage 06.03.01 Blatt 1 bis 7)

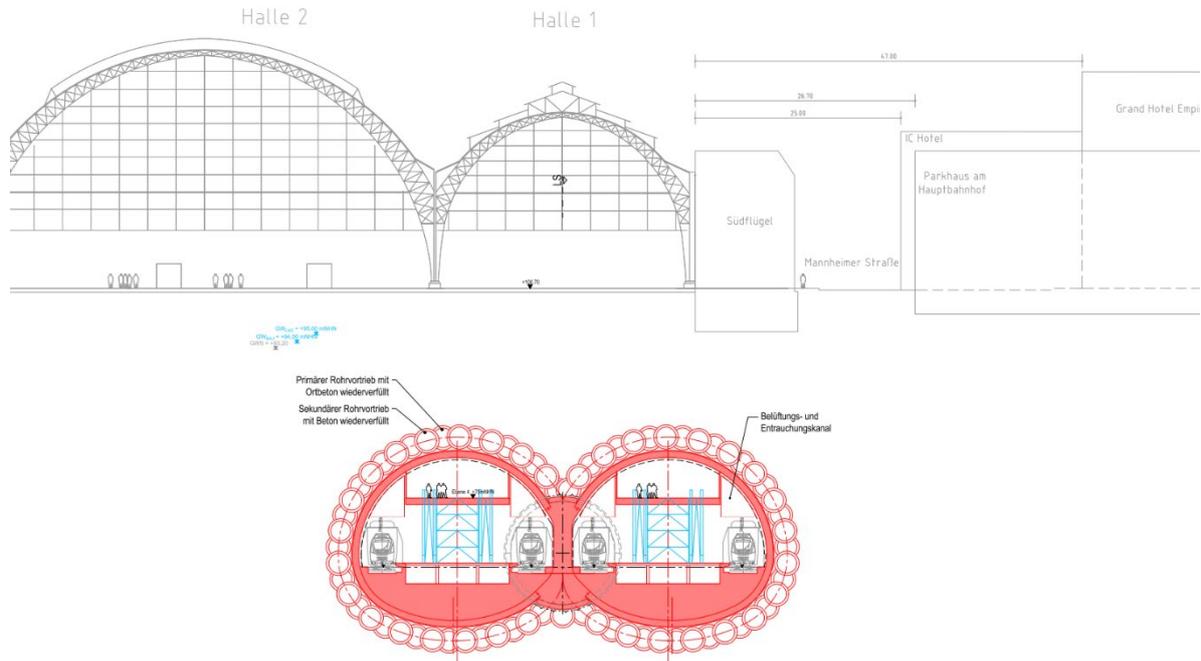


Abbildung 38: Querschnitt Typ I, Bereich Regelquerschnitt (Blick in Richtung Osten)

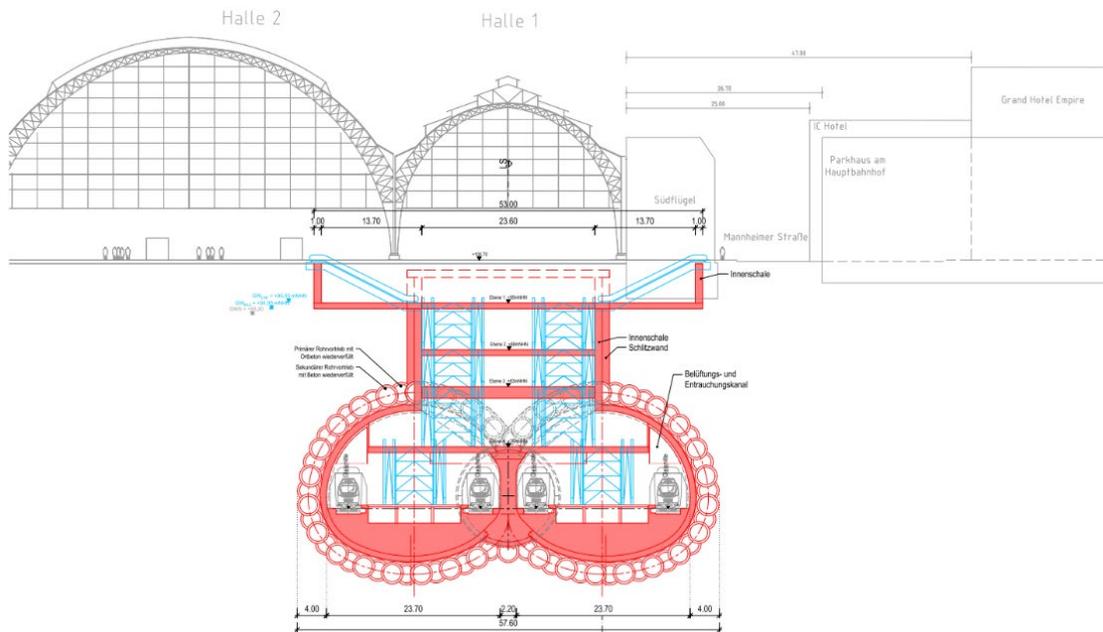


Abbildung 39: Querschnitt Typ I, Bereich mit Nukleus für Zugangstreppen (Blick in Richtung Osten)

In einer Grob beurteilung wurde festgelegt, die Stationstypen A, B, C und I der weiteren Variantenuntersuchung zu Grunde zu legen. Die Stationstypen D, E, F, G und H wurden aus den folgenden Gründen nicht weiterverfolgt:

- Die Stationstypen **F**, **G** und **H** weisen mit 19,4 (Typ F und H) sowie 35,7 (Typ G) sehr große Abstände der beiden mittleren Stationsgleise auf, was sich sehr ungünstig auf die erforderliche Länge der bautechnisch sehr anspruchsvollen Verzweigungsbauwerke auswirkt. Außerdem erschwert der große Gleisabstand auch die Querverbindungen zwischen den beiden Mittelbahnsteigen
- Durch den großen Gleisabstand der mittleren Stationsgleise bei den Stationstypen **F**, **G** und **H** ergibt sich auch eine deutlich größere Gesamtbreite der Station, was sich trotz bergmännischer Herstellung im Bereich der erforderlichen Nuklei für die Aus- und Abgänge zu den Bahnsteigebenen negativ auf die Anzahl der betroffenen Gleise und Bestands Pfeiler Bahnhofhalle auswirkt
- Bei den Stationstypen **G** und **H** wären für die Ermöglichung des zyklischen Vortriebs auch außerhalb der Nuklei Abschottungsmaßnahmen für eine lokale Grundwasserentspannung erforderlich. Dies müssten von Obertage eingebrachte vertikale Dichtelemente oder eine von Untertage vorab eingebrachte Rundumabschottung mittels Rohrvortrieben mit Bodenvereisung sein
- Beim Stationstyp **F** wären im Stationsbereich vier zweigleisige Tunnelröhren erforderlich. Dies bedeutet, dass die TBM zusätzlich dreimal die Station durchfahren muss. Dazu würde sie infolge des TBM-Durchmessers von über 14 m sehr große oder mehrkammerige Start- und Zielschächte vor und nach der Station benötigen, in welchen die TBM installiert bzw. wieder geborgen werden kann. Das Platzangebot für solche Schächte ist im Osten und Westen der Station sehr begrenzt
- Der bergmännische Stationstyp **E** weist zwar eine deutlich kompaktere Bauweise wie die Typen F, G und H auf, bietet aber wie auch der Typ **H** ein relativ begrenztes Raumangebot für Lüftungskanäle, Liftanlagen, Treppen und Fahrtreppen für eine rasche Entfluchtung im Brandfall sowie für Nottreppenhäuser und Technikräume. Weiters entwickelt dieser Typ aufgrund der zahlreichen Säulen eine sehr begrenzte räumliche Wirkung auf den Benutzer
- Für den Stationstyp **D** wäre ein zweiter TBM - Vortrieb im Bereich der Station mit entsprechenden Start- und Zielschächten erforderlich. Die zwischen den Tunnelröhren angeordneten ovalen Schächte für die Aus- und Abgänge bieten zu wenig Raum für Treppen und Fahrtreppenanlagen. Sie erweisen sich auch als ungünstig für Start und Ziel der Rohrvortriebe, welche vorab zum zyklischen Vortrieb der mittleren Röhre (zwei Gleise mit Bahnsteigen) für die erforderliche grundwasserhaltende Vorabum-schließung vorzutreiben wären. Die vier Einzelbahnsteige mit den Querschlägen ergeben für den Benutzer ein eher begrenztes und unübersichtliches Raumgefühl

Aus dem Ausschluss einzelner Lagen der Station und der Kombination mit möglichen Stationsvarianten ergaben sich in der 2. Stufe 9 Varianten, die in Kombination mit den entsprechend angepassten Trassierungen weiter untersucht wurden. Diese wurden in der nächsten Stufe auf 6 verbleibende Varianten reduziert.

Die ersten Abschichtungen der Varianten wurden auf Grund der Lage der Station in Nord-Südrichtung vorgenommen. Die S-Bahn-Station in der 4. Halle liegt so tief, dass diese von einer neuen Fernbahnstation nicht unterfahren werden kann. Gleichzeitig ist der vorhandene Platz im Auftauchbereich der S-Bahn und der nördlichen Bebauung nicht ausreichend, den

westlichen Verzweigungsbereich des Fernbahntunnels aufzunehmen. Die auf der Ostseite liegende Station der U4/U5 sowie die Geometrie der S-Bahn-Station zwingen die östlichen Verzweigungsbereiche in einen tiefen, nordwärts gerichteten Bogen, so dass ein Erreichen der Mainzer Landstraße mit dem Tunnel nicht möglich erscheint, ohne mit Hochhausgründungen zu kollidieren. Es werden daher alle nördlichen Lagen ausgeschlossen.



Abbildung 40: Lage S-Bahntunnel im Bahnhof und Gleisfeld

Die in den mittleren Hallen liegenden Varianten werden auf Grund der erforderlichen Tiefenlage der Station ebenfalls ausgeschlossen. Die unter dem Bahnhofsvorplatz liegende Station der U-Bahnen U4 und U5 besitzt in Verlängerung der 2. und 3. Halle 4 Untergeschosse. Eine Unterfahrung in diesem Bereich erfordert eine bei großen Querschnitten erforderliche Tiefenlage, die ggfs. unter Druckluft nur sehr aufwändig als Verzweigungsbereich herstellbar wäre.

3.3.2. Weitere Randbedingungen der Planung

Die Bögen der Bahnhofshalle sind bereits durch die früheren Bautätigkeiten (S-Bahn, 70er Jahre) vorgeschädigt. Die Stationsvarianten, die teilweise innerhalb der Haupthalle des Hauptbahnhofes liegen, erfordern daher, sofern sie nicht komplett bergmännisch hergestellt werden, eine Abfangung der Fundamente der Hallenbögen im Baugrubenbereich. Daher werden alle Bogenfüße während des Bauens mit einer regulierbaren Pressenanlage auf einer Pfahlgründung abgefangen, um die Setzungen der Hallenfundamente durch die Herstellung der Station auszugleichen. Die Bogenfundamente werden nach Herstellung der Pfähle mit einem Spannbetonrahmen gesichert und auf den Pressen abgelastet.

Der Bahnhof steht unter Denkmalschutz. Dies gilt für das gesamte Gebäude einschließlich der Hallen. Es ist daher mit dem Denkmalschutz zu klären, ob Teile, wie z.B. der Südflügel, rückgebaut, ggfs. zwischengelagert (Fassade) und wieder aufgebaut werden kann. Dasselbe

Verfahren war z.B. beim Thurn und Taxis Palais auf der Zeil im Jahre 2005 angewendet worden. Alternativ wäre auch dieser Flügel mit einem Rohrschirm abzufangen und auf dem Verbau aufzulagern.

Auf der Westseite des Gleisgeländes quert am Kopf der Bahnsteige der im Jahre 1999/2000 errichtete Hafentunnel den Untersuchungsraum. Dieser besteht aus einer dem Gleisverlauf angepassten Anzahl von Überbauten, die auf einer Grundwasserwanne mit kastenförmigen Widerlagern gelagert sind (Abbildung 41). Alle Trassierungs- und Stationsvarianten müssen dieses Bauwerk unterfahren. Das Bauwerk wurde als Weiße Wanne innerhalb von im Boden verbliebenen, mit Spundwänden gesicherten, Baugruben hergestellt. Es wird davon ausgegangen, dass der Hafentunnel als eine der wesentlichen Nord-Süd-Verbindungen während der Bauzeit des Fernbahntunnels aufrechterhalten werden muss (Abbildung 42).

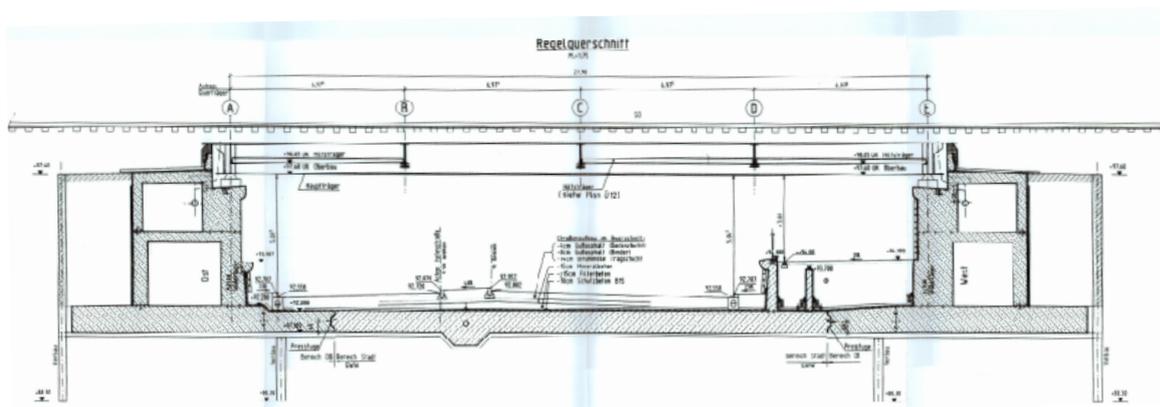


Abbildung 41: Regelquerschnitt Hafentunnel



Abbildung 42: Lage Hafentunnel

Auf der Ostseite liegt unter dem Bahnhofsvorplatz die Station der U-Bahnen U4 und U5 (s. o.). Diese ist mit der Erschließungsebene (B-Ebene) direkt an die mittlere Haupthalle des Hauptbahnhofes sowie an die Verteilerebenen der S-Bahn-Station unter der 4. Halle angeschlossen. Die Bahnsteige und Nebenräume sind in der C- und C1- Ebene der U-Bahn-Station untergebracht. In Teilbereichen ist noch ein Kabelkeller in der D-Ebene vorhanden. Die U-Bahn-Station enthält am südlichen Ende nicht nur die beiden Tunnelröhren Richtung Willy-Brandt-Platz (früher Theaterplatz), sondern auch die „Tunnelstümpfe“ für einen möglichen Weiterbau unter dem Main östlich und westlich der beiden vorhandenen Röhren.

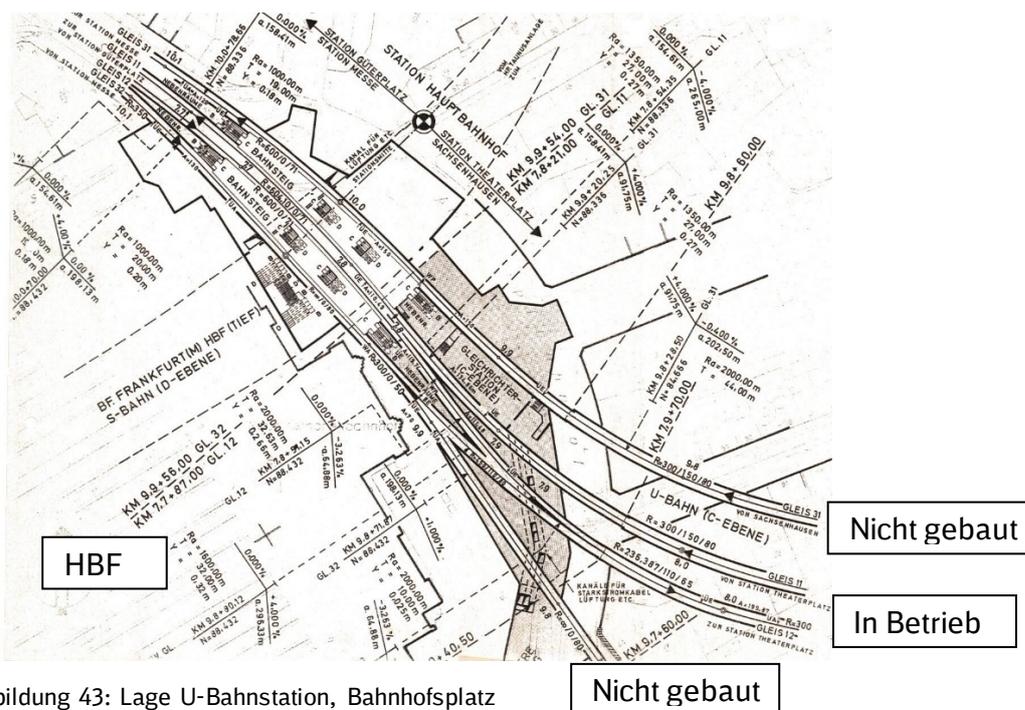


Abbildung 43: Lage U-Bahnstation, Bahnhofplatz

Die U-Bahn-Station wurde in einer Baugrube im Schutze einer Grundwasserabsenkung als Schwarze Wanne hergestellt. Die untersten Geschosse liegen mit RFB auf + 80,72 mNN., die Kabelkeller im südlichen Bereich auf + 82,10 mNN.

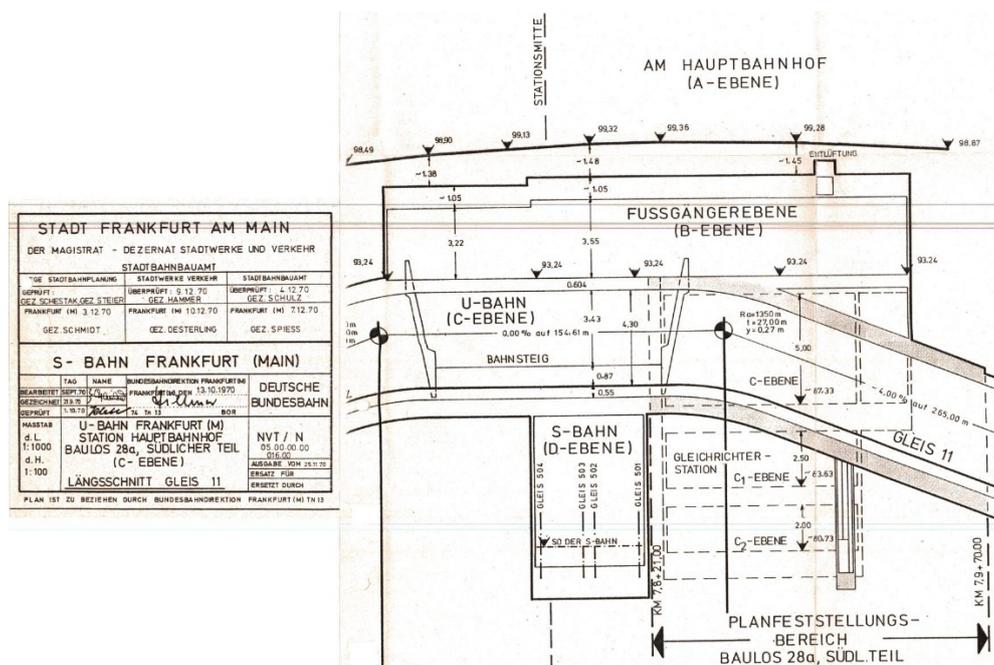


Abbildung 44: Höhenplan U-Bahnstation

3.3.3. Baugrund, Grundwasser im Stationsbereich, Voraussetzung für Bauverfahren

Gemäß geotechnischem Bericht der Anlage 11.01 sowie dem Querschnitt QS1 (Anlage 11.4.1) sind im Bereich des Hauptbahnhofs bis zu einer Tiefe von ca. + 90 mNN. Auffüllungen und quartäre Schichten vorhanden. Darunter sind bis in eine Tiefe +40-50 mNN. die Schichten des Frankfurter Tons anzutreffen, die von den Frankfurter Kalken unterlagert werden.

Das Grundwasser liegt für die Bemessung des Endzustandes bei +95,0 mNN und kann bauzeitlich einen Meter tiefer angenommen werden. Die Geländeoberkante liegt in diesem Bereich bei +99,0 bis 100 mNN.

Die Wasserstände korrespondieren gut mit den Gründungssohlen der Gründerzeitlichen Bebauung und den Kellergeschossen des Hauptbahnhofs, die alle etwa bei + 96,0 bis + 95,0 m NN liegen.

Für den Bau des Tiefbahnhofs bedeutet dies, dass bei angenommenen Höhenlagen von $SO \approx 72,30$ mNN bzw. $SO \approx 65,40$ mNN die Station vollständig im Frankfurter Ton liegt. Bei den offenen oder Deckelbauweisen wurde die Oberkante der Schlitzwände daher auf den bauzeitlichen Wasserstand von + 94 mNN. gelegt und bis GOK mit einem Staffilverbau gearbeitet. Dies ist erforderlich, um bei Stationslagen innerhalb der Bahnhofshalle möglichst nahe mit Gerät an die Stahlfachwerkbögen heranzukommen, ohne mit diesen z.B. bei Verbaubarbeiten zu kollidieren.

Bei der gewählten Schlitzwandkonstruktion in Verbindung mit der Grundwasserentspannung ist eine große Einbindetiefe der Schlitzwand von bis zu 17 m unter die Baugrubensohle erforderlich. Die Füße der Verbauwände können damit bis in die Frankfurter Kalke reichen.

Die Tiefe der SO von 65,30 mNN ergibt sich aus der Geometrie der 2-gleisigen Tunnelröhre und dem bauzeitlichen Grundwasserstand. Bei einer Tiefe des Sohlgewölbes von ca. 5 m

und 1,0 m Reserve wird bei einem bauzeitlichen Wasserstand von +94 mNN ein Druck von fast 3,6 bar (Grenzwert der Druckluftverordnung) benötigt, um das Grundwasser vom Vortrieb fernzuhalten. Dies ist überall dort erforderlich, wo eine Grundwasserentspannung innerhalb der Baugrube nicht möglich ist, oder wo z.B. bei tangierenden Rohrschirmen mit Vereisung die Druckluft als Rückfallebene gegen Leckagen verwendet werden soll.

3.3.4. Stationsvarianten, Allgemeines

Die nachfolgenden Stationsvarianten sind mit den zugehörigen Streckenvarianten gekoppelt. Der Bau der Station ist davon abhängig, welche Tunnelröhre gebaut wird, zwei Röhren ein- gleisig oder eine Röhre zweigleisig. Allen Stationstypen ist gemein, dass die Tunnelbohrma- schine den zugehörigen Schlitzwandkasten erst einmal durchfährt oder knapp daran vorbei- fährt. Der Stationstyp I wird davon abweichend in bergmännischer Bauweise hergestellt, weil hier nach Durchfahren der späteren Stationslage als erstes ein Stahlbetonpfeiler eingebaut wird.

Weiterhin ist jeder Stationstyp mit einer speziellen Konfiguration des anschließenden Aufwei- tungs- bzw Verzweigungsbereiches gekoppelt.

Für die Bahnsteige wird eine Länge von 420 m vorgesehen. Teilweise können die Kopfberei- che der Verzweigungsbauwerke in der Verlängerung der Bahnsteige für die Aufnahme der Erschließung z.B. mit Aufzügen sowie für Technikräume genutzt werden.

3.3.5. Stationstyp I, Streckenvariante 1, S1-O-T1-1_SK_NM

Lage:

Die Lage der Station ist zentrisch im südlichsten Schiff der Haupthalle derart situiert, dass einerseits der Südflügel des Bestandsbahnhofes nicht abgerissen werden muss und andererseits auch die Stützen der Haupthalle außerhalb der Station liegen. Der östliche Bahnsteigbeginn der unterirdischen Station liegt unterhalb des Hauptgebäudes und weist somit die östlichste Lage aller Varianten auf.

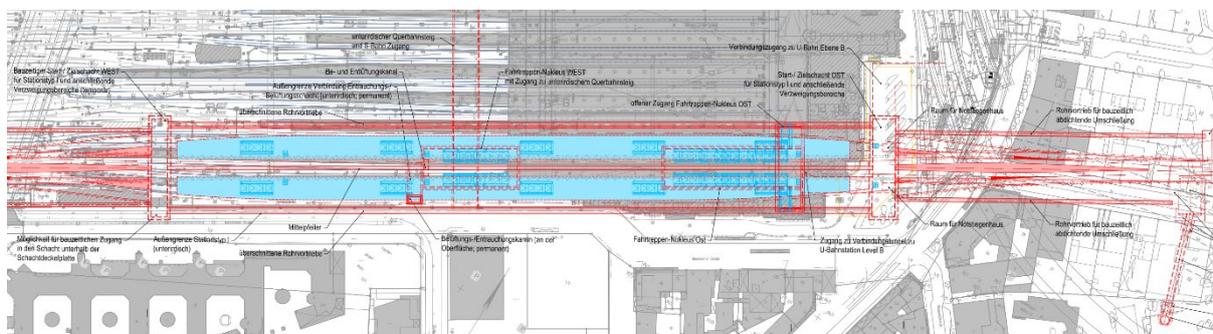


Abbildung 45: Lageplanausschnitt Typ I

Die Höhenlage in der Station beträgt ca. 66,5 mNN SO am Bahnsteig. Die beiden Bahnsteige der Station liegen jeweils in einem Gewölbequerschnitt, welcher eine innere lichte Weite von je 23,7 m und eine lichte Höhe von 20,0 m aufweist. Die Gesamtbreite der Station von Außenkante zu Außenkante beträgt im bergmännischen Bereich 57,6 m und im Bereich der Nuklei für die Zu- und Ausgänge rd. 28,5 m.

Die an die Station anschließenden Verzweigungsbereiche haben eine Länge von ca. 220 m.

Typbeschreibung:

Der Stationstyp I wird in bergmännischer Bauweise errichtet. Die Grundidee besteht darin, dass je ein Mittelbahnsteig mit den beiden zugehörigen Gleisen in einem großen Kavernenquerschnitt untergebracht wird. Um den Abstand der beiden Kavernen zu minimieren, wird der zweigleisige TBM - Tunnel (Bohrdurchmesser rd. 14,2 m) zentrisch zwischen den beiden Kavernen angeordnet und als Pfeilerstollen für die Außen- und Innenschale der beiden Kavernen genutzt. Bei einer Pfeilerstärke von rd. 2,2 m kann damit der Gleisabstand der beiden mittleren Gleise mit lediglich 7,6 m festgelegt werden. Damit ergeben sich geringe Auswirkungen auf die Länge der an die Station beidseitig anschließenden Verzweigungsbereiche. Innerhalb der Kavernen kann oberhalb der Mittelbahnsteige über die gesamte Bahnsteiglänge eine Verteilebene (4. Ebene) angeordnet werden, von welcher über fünf Fahrtreppen / Treppenkombinationen die Bahnsteigebene erreicht werden kann.

Da die großen Kavernenquerschnitte infolge der geotechnischen / hydrogeologischen Verhältnisse nicht mehr mit den üblichen Querschnittunterteilungen (Ulmenstollenvortriebe, Firststollen) setzungsarm aufgefahren werden können und dazu außerdem tiefreichende Grundwasserabschottungen für eine lokale Grundwasserabsenkung erforderlich wären wird die tragende und abdichtende Außenschale vorab über die gesamte Kavernenlänge hergestellt. Dies erfolgt durch überschrittene Rohrvortriebe mit einem Außendurchmesser von rd. 3,0 m (Primärvortriebe mit Faserbetonrohren und überschneidende Sekundärvortriebe), welche nach dem Verpressen des Ringspaltes mit Mörtel mit Ortbeton wiederverfüllt werden.

Die Rohrvortriebe werden von einem Startschacht am Beginn der Station aus bis zum Zielschacht am Ende der Station über eine Länge von rd. 420 m vorgepresst. Dadurch entsteht ein rd. 2,0 m dicker, steifer Betontraging um die Kaverne, welcher Umlagerungskräfte während des dadurch stark zu vereinfachenden Ausbruchs der Kaverne sofort und setzungsarm aufnehmen kann. Aus Sicherheitsgründen (eventuelle Undichtigkeiten) wird ein Druckluftvortrieb mit 0,9 bar eingerichtet, welcher jedoch für den Notfall auf den max. anstehenden Wasserdruck von rd. 3,5 bar erhöht werden kann.

Da gemäß der durchgeführten Recherche weltweit kein Referenzprojekt für überschnittene Rohrvortriebe gefunden werden konnte, wurde deren Machbarkeit einer besonderen Prüfung unterworfen. Nach einer detaillierten Untersuchung und Abstimmung mit Experten aus der Bauindustrie konnte die Machbarkeit bestätigt werden. Bohrabweichungen, auch bei in harten und weichen Untergrund geteilter Ortsbrust, sind beherrschbar. Die Überschubringe an den Rohrenden sind in GFK auszuführen. Eine überbohrbare Zwischenpressstation ist gesondert zu entwerfen aber ebenso machbar. Besonderes Augenmerk ist auch auf eine sorgfältige und lückenlose Verpressung des Ringspaltes in der Fuge zwischen den überschnittenen Rohren zu legen (Ersatz Bentonitsuspension durch Zementmörtel).

Da die Kavernen außergewöhnliche Dimensionen aufweisen und in sehr ungünstigem Untergrund angeordnet sind, wurde zur Bestätigung der Machbarkeit in statischer Hinsicht eine Vorstatik für die Außen- und Innenschale des Regelquerschnittes durchgeführt (s. Anlage 07.02). Die Rechenergebnisse bestätigen die Machbarkeit des Querschnittes sowohl in der Bauphase (Außenschale) als auch im Endzustand (Innenschale Lasten aus "verrotteter" Außenschale). Es wurden maximale Verschiebungswerte an der Geländeoberkante von rd. 2 cm ermittelt (excl. herstellungsbedingte Verschiebungen infolge der Rohrvortriebe).

Eine Querverbindung zwischen den beiden Kavernen sowie die Wegeverbindungen nach oben werden in zwei Nuklei untergebracht, welche zentralsymmetrisch auf die Kavernen gesetzt werden. Ein Nukleus im Osten der Station schafft die Verbindung zum bestehenden Kopfbahnsteig des Hauptbahnhofes, und der zweite Nukleus ca. in der Mitte der Station sorgt für die Anbindung an die neu zu errichtende Querverbindung. Die Bauweise der Nuklei erfolgt von oben mit Schlitzwänden mit einem Stafferverbau nach einem Voraushub bis ca. 95,0 mNN. Die mit der Deckelbauweise mitzuziehenden Decken übernehmen die Aussteifungsfunktion zur horizontalen Durchleitung der Erd- und Wasserdruckkräfte und sind bereichsweise mit Einbringöffnungen versehen. Wesentlich ist die Decke auf Firsthöhe der Kavernenaußenschale, welche die Ringkräfte der aufgeschnittenen Kavernenaußenschalen und die Auftriebskräfte des Mittelpfeilers über Stützen aufnimmt.

Anbindung und Zuwegung:

Innerhalb der Nuklei und der Kavernen sind alle vertikalen Erschließungen untergebracht. Die Anzahl der notwendigen Treppen und Fahrtreppen wurde anhand des Reisendenaufkommens dimensioniert und ergaben für den Bereich von der Bahnsteigebene zur oberen Ebene 10 Fahrtreppen und 5 Treppen mit je 5 m Breite. Dies ist in Übereinstimmung mit der notwendigen Anzahl von Treppen und Fahrtreppen, die im Notfall zur Erreichung einer Räumzeit von 2,5 min benötigt werden (s. Pkt. 5.8.1.1.2). Dadurch dass die Station zwischen dem Hafentunnel und dem Querbahnsteig des Bahnhofs angeordnet ist, ergeben sich alle sinnvollen und notwendigen Wegebeziehungen in der östlichen Hälfte der Station:

- Vom mittleren Nukleus zur bestehenden Personenunterführung knapp vor dem westlichen Ende der Halle sowie zu der neu zu errichtenden unterirdischen Querverbindung westlich vor der Halle liegend und alle Bahnsteige erschließend
- Nach Süden über ein separates Zugangsgebäude Ecke Mannheimer Straße und Stuttgarter Straße
- Am östlichen Ende mit Zugang zum Querbahnsteig, Südausgang des Bahnhofes und an die Bus- und Straßenbahn-Haltestellen in der Mannheimer Straße durch den Südflügel
- Am östlichen Ende vor Kopf mit Anschluss an die Bushaltestellen des Busparkplatzes und der B-Ebene der U-Bahnstation im Bereich des ehemaligen Luftschutzbunkers
- Durchgehende Aufzüge vom Bahnsteig bis zum Erdgeschoss des Hbfs sind im östlichen Nukleus zum Kopfquerbahnsteig möglich; der ostseitige Bauhilfsschacht kann im Endzustand für die Aufnahme von Aufzügen (und Nottreppenhäusern) direkt in den Verbindungsgang zwischen ostseitigen Nukleus und B-Ebene der U-Bahnstation genutzt werden

Damit entsprechen die Erschließung und Zugänglichkeit der in der 4. Halle befindlichen S-Bahnstation. Die Verkehre sind jedoch in den unteren Ebenen durch die Treppenanordnungen so zu richten, dass die Ströme zum östlichen Ende der Station gelenkt werden.

Randbedingungen, Voraussetzungen:

Voraussetzungen für Station Typ I ist das Tunnelsystem mit einer zweigleisigen Röhre, da diese für den mittig liegende Pfeilerstollen benötigt wird.

Es wird davon ausgegangen, dass folgende Gebäude mit Beginn der Maßnahmen rückgebaut werden.:

Nebengebäude DB südlich Gleis1 östlich und westlich des Hafentunnels, Luftschutzbunker zwischen Südwestecke Bahnhofsgebäude und B/C Ebene U-Bahnstation

Für die Erstellung der Schlitzwände und der Deckelplatte der Nuklei sind die südlichsten 4 Gleise des Bahnhofes zeitweilig und versetzt außer Betrieb zu nehmen (Zeitraum rd. 2 Jahre). Für die Herstellung der Schlitzwände und der Deckelplatte des westlichen Bauhilfsschachtes sind die südlichsten 5 Gleise zeitweilig und versetzt außer Betrieb zu setzen (Zeitraum rd. 2 Jahre).

Für die Erstellung der Bauhilfsschächte am Beginn und am Ende der neuen Station mit Hilfe eines Schlitzwandkastens ist eine Grundwasserentspannung mit Wasserentnahme innerhalb der Bauhilfsschächte erforderlich. Die Schlitzwände sind daher so tief unter die Schachtsohle zu führen, dass dies möglich ist. Ein Verfahren nach diesem Prinzip ist in der Vergangenheit von den Wasserbehörden genehmigt worden.

Die Bogenbinder der Haupthalle des Bahnhofes sind so abzufangen, dass sie bei Setzungen infolge der Herstellung / Aushub der Nuklei und des Kavernenausbruches nachgeregelt werden können.

Für alle Baumaßnahmen auf den Baustelleneinrichtungsfläche werden eine Leitungsfreiheit vor Beginn der Arbeiten bzw. entsprechende Umverlegungen während der Maßnahmen erforderlich.

(Planunterlagen Station Typ I, PS3 s. Anlage 6.3.01 Blatt 1 bis 5)

3.3.6. Stationstyp B schmal, Streckenvariante 2, S2-O-T2-2_SK_SM

Lage:

Die Lage der Station ist in der Mannheimer Straße gewählt worden, der östliche Bahnsteigbeginn der unterirdischen Station ist etwa in Höhe der Bahnsteigenden in der Halle des Hauptbahnhofes.

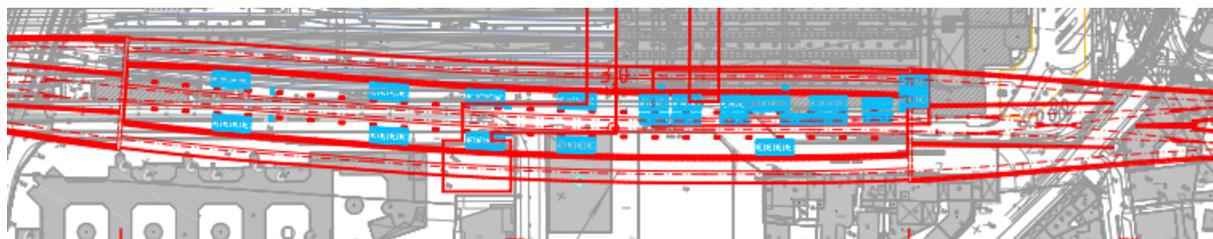


Abbildung 46: Lageplanausschnitt Typ B

Die Höhenlage in der Station beträgt ca. 72,40 mNN SO am Bahnsteig. Die Breite des Schlitzwandkastens beträgt ca. 38,60 m, die Gesamtbreite ca. 64,0 m.

Die an die Station anschließenden Verzweigungsbereiche haben eine Länge von ca. 220 m.

Typbeschreibung:

Beim Stationstyp B werden bergmännische Bauweise und offene/Deckelbauweise zu einem gemeinsamen Stationstyp kombiniert. Der innere Teil der Station wird dabei in offener/Deckelbauweise hergestellt. Er nimmt neben den Bahnsteigen die Zugangszone mit Treppen und Fahrtreppen auf. Die Bauweise erfolgt von oben mit Schlitzwänden mit einem Staffelpverbau nach einem Voraushub bis ca. 95,0 mNN. Die mit der Deckelbauweise mitzuziehenden Decken übernehmen die Aussteifungsfunktion zur horizontalen Durchleitung der Erd- und Wasserdruckkräfte und sind bereichsweise mit Einbringöffnungen versehen.

Die außenliegenden Tunnelröhren nehmen die dort befindlichen Bahnsteige auf. Hierzu ist eine Aufweitung des mit der TBM aufgefahrenen Querschnittes erforderlich. Diese wird bergmännisch im Schutze eines von den Baugruben am Stationsende eingebrachten Rohrschirmes mit Vereisung hergestellt. Hierzu sind die Röhren wieder zu verfüllen und abschnittsweise in Teilquerschnitten wieder mit Rückbau der Tübbinge in Spritzbetonbauweise aufzufahren. Nach Herstellung der Spritzbetonschale, die kraftschlüssig an die Schlitzwand des Stationskastens anschließen muss, kann dieser teilgeöffnet werden und die Innenschale eingebaut werden. Die Größe der Öffnungen richten sich nach statischen Erfordernissen unter zu Hilfenahme von vorher in den Bewehrungskorb der Schlitzwände eingebauter verstärkender Tragteile, z.B. Profilstahl.

Anbindung und Zuwegung:

Innerhalb des Schlitzwandkastens sind alle vertikalen Erschließungen untergebracht. Die Anzahl der notwendigen Treppen und Fahrtreppen wurde anhand des Reisendenaufkommens dimensioniert und ergaben 5x2 Fahrtreppen mit 1,0 m Breite und 5 Treppen mit je 5,0 m Breite für die unterste Ebene (Bahnsteigbereich). Für die Ebenen darüber werden bei einer Treppenbreite von 5,0 m 3 Treppen und 3x2 Fahrtreppen mit 1,0m Breite erforderlich. Dies ist in Übereinstimmung mit der notwendigen Anzahl von Treppen und Fahrtreppen, die im

Notfall zu Erreichung einer Räumzeit von 2,5 min benötigt werden. Die vorgenannten Angaben gelten für alle Stationstypen.

Dadurch dass die Station zwischen dem Hafentunnel und dem Querbahnsteig des Bahnhofs angeordnet ist, ergeben sich alle sinnvollen und notwendigen Wegebeziehungen in der östlichen Hälfte der Station. Da nur die -1 Ebene bis GOK führt, sind hier folgende Zugänge realisierbar:

- Querverbindung westlich vor der bestehenden Bahnhofshalle liegend und alle Bahnsteige erschließend
- Nach Süden über ein separates Zugangsgebäude Ecke Mannheimer Straße und Stuttgarter Straße evtl. mit Anschluss an das wiederherzustellende Parkhaus
- Am östlichen Ende mit Zugang zum Querbahnsteig, Südausgang des Bahnhofes und an die Bus- und Straßenbahn-Haltestellen in der Mannheimer Straße im wiederherzustellenden Südflügel
- Am östlichen Ende vor Kopf mit Anschluss an die Bushaltestellen des Busparkplatzes und der B-Ebene der U-Bahnstation im Bereich des ehemaligen Luftschutzbunkers
- Durchgehende Aufzüge vom Bahnsteig bis zu EG des Hbfs sind nur im Südflügel oder im Kopfgebäude möglich und enden im Verzweigungsbereich, beim anderen Bahnsteig ist ein Umsteigen erforderlich

Damit entsprechen die Erschließung und Zugänglichkeit der in der 4. Halle befindlichen S-Bahnstation. Die Verkehre sind jedoch in den unteren Ebenen durch die Treppenanordnungen so zu richten, dass die Ströme zum östlichen Ende der Station gelenkt werden.

Randbedingungen, Voraussetzungen:

Bei dieser Variante ist es erforderlich, die auf dem Bahngelände befindlichen Bauwerke, wie die Betriebs- und Nebengebäude rückzubauen. Gebäude in der Mannheimer Straße, die aus der Gebäudeflucht herauspringen, können ggf. abgefangen werden, die Kontur des Schlitzwandkastens ist entsprechend anzupassen. Dies gilt auch für den Südflügel des Bahnhofsgebäudes, der mit Hilfe einer Rohrschirmdecke abgefangen werden kann. Da ein Durchdringen derselben und Umlasten des Gebäudes aufwändig ist, sollte dann der Zugang in die Halle verlegt werden. Der Rückbau des Bunkers im Bahnhofsvorplatz sollte geprüft werden und ist für eine Baugrube vor dem Bahnhofsgebäude erforderlich, um die Vortriebe nach Osten und Westen zu bedienen. Die Bestandsgebäude im Bereich der Mannheimer Straße sind im Zuge des weiteren Planungsprozesses hinsichtlich ggf. notwendiger Sicherheits- und Sondermaßnahmen zu untersuchen.

Es muss damit gerechnet werden, dass die Straßenbahn in der Mannheimer Straße von der Stuttgarter Straße bis zur Basler Straße verlegt werden muss. Bei einer Führung über die Stuttgarter Straße kann diese an die Basler Straße südlich der Gutleutstraße angebunden werden. Im verbleibenden Teil der Mannheimer Straße muss die Straßenbahn abschnittsweise auf den Deckel des Schlitzwandkastens gelegt werden.

Für die Erstellung der Baugrube innerhalb des Schlitzwandkastens ist eine Grundwasserentspannung mit Wasserentnahme innerhalb der Baugrube erforderlich. Die Schlitzwände sind

daher so tief unter die Baugrubensohle zu führen, dass dies möglich ist. Ein Verfahren nach diesem Prinzip ist in der Vergangenheit von den Wasserbehörden genehmigt worden.

Die Bogenbinder der Haupthalle des Bahnhofes sind z.B. so abzufangen, dass sie bei Setzungen infolge der Herstellung und des Aushubs des Schlitzwandkastens nachgeregelt werden können. Weiterhin sind sie gegen seitliches Ausweichen bei den Sicherungsmaßnahmen zum Südflügel zu sichern.

Für alle Baumaßnahmen auf den Baustelleneinrichtungsfläche wird eine Leitungsfreiheit vor Beginn der Arbeiten bzw. die Umverlegungen während der Maßnahmen erforderlich.

(Planunterlagen Station Typ B schmal, PS3 s. Anlage 6.3.02 Blatt 1 bis 3)

3.3.7. Stationstyp C, Streckenvariante 3, S2-W-T2-1_SK_Y

Dieser Stationstyp liegt in der Mannheimer Straße und ist im Gleisfeld des Hauptbahnhofes so nach Westen verschoben, dass die Baugrube für den mittigen Stationskern außerhalb der Halle des Hauptbahnhofes liegt. Damit entfällt das Abfangen der Hallenbinder. Ebenso müssen keine Großgeräte in die Haupthalle gefahren werden, um von dort eine Baugrube aufzuschließen.



Abbildung 47: Lageplanausschnitt Typ C

Die Höhenlage in der Station beträgt ca. 72,40 mNN SO am Bahnsteig. Die Breite des Schlitzwandkastens beträgt zwischen ca. 43,10 m bis 25,60, die Gesamtbreite ca. 75,40 m.

Die an die Station anschließenden Verzweigungsbereiche haben eine Länge von ca. 406 m.

Typbeschreibung:

Beim Stationstyp B werden bergmännische Bauweise und offene/Deckelbauweise zu einem gemeinsamen Stationstyp kombiniert. Im Unterschied zur Variante B wird hier jedoch der Tunnelvortrieb mit einem zweigleisigen Querschnitt vorgenommen, was dazu führt, dass die Bahnsteige in den außen liegenden Röhren untergebracht werden können und auf ein bergmännisches Aufweiten der mit der TBM erzeugten Querschnitte verzichtet werden kann. Dazu muss ein zweiter TBM Vortrieb im Verzweigungsbereich gestartet werden und auf der anderen Seite der Station im Verzweigungsbereich enden.

Der Anschluss der Seitenröhren an den Spundwandkasten erfolgt mit Microtunneling oder im Schutze eines Gefrierschirmes.

Der Schlitzwandkasten hat eine variable Breite, dessen Minimalmaß aus der Bahnsteigbreiten und den beiden mittigen Gleisen herrührt. Er weitet sich an den Stellen der Treppenanlagen auf das zu Aufnahme der Treppen und Fahrtreppen erforderliche Maß auf.

Anbindung und Zuwegung:

Die Erschließungsebenen sind auf Grund der nach Westen verschobenen Lage alle in der östlichen Stationshälfte untergebracht. Die Zuwegung zu den anderen Gleisen erfolgt durch

einen vor der Halle liegenden Personenunterführung. Der Weg zum Kopfbahnsteig und den vor der Halle befindlichen neuen Straßenbahnen und U-Bahnen erfolgt über den Bahnsteig Gleis 1. Stations-betrieblich handelt es sich hier um die ungünstigste Variante, da die Umsteigebeziehungen uPVA/oPVA erheblich schwieriger sind, als es in einer Ost-Lage der Fall wäre. Darüber hinaus kommt dem zusätzlichen Eingangsgebäude auf der Westseite eine erhebliche Bedeutung zu. Hier muss ein Gebäudeantritt geschaffen werden, der einem Zugang zu einem Hauptbahnhof gerecht wird.

Randbedingungen, Voraussetzungen:

Entsprechend der vorher beschriebenen Variante sind ausschließlich Sicherungsmaßnahmen für den Südflügel des Bahnhofs erforderlich. Für den Verzeigungsbereich ist eine Baugrube in der Bahnhofshalle einzurichten, die gedeckelt werden kann. Damit fallen die Gleise 1-4 nicht über die komplette Bauzeit aus. Die Straßensperrung der Mannheimer Straße und Verlegung der Straßenbahn erfolgt in gleicher Weise wie bei Variante B.

(Planunterlagen Station Typ C schmal, PS3 s. Anlage 6.3.03 Blatt 1 bis 3)

3.3.8. Stationstyp A, Streckenvariante 4, S1-O-T2-1_SK_Y

Dieser Stationstyp geht von einer kompletten offenen-/Deckelbauweise innerhalb eines Schlitzwandkastens aus. Die Gesamtbreite des Kastens beträgt 52,40 m. Dieser reicht somit von der Stützenfußreihe zwischen Halle 1 und 2 bis auf die südliche Seite der Mannheimer Straße. Die Bahnsteige des Fernbahntunnels beginnen im Osten an der Stelle, wo diese in der Haupthalle enden.



Abbildung 48: Lageplanausschnitt Typ A

Typbeschreibung:

Der Schlitzwandkasten wird soweit wie möglich in offener Bauweise erstellt. Im Zuge der weiteren Planungsphasen ist zu ermitteln, in wiefern der Schlitzwandkasten Sicherungsmaßnahmen am Südflügel des Hauptbahnhofs, am westlich von Gleis 1 sich befindlichen Betriebsgebäude sowie am Bunker notwendig machen

Die Höhenlage in der Station beträgt ca. 72,40 mNN SO am Bahnsteig. Die an die Station anschließenden Verzweigungsbereiche haben eine Länge von ca. 220 m. Die Mannheimer Straße wird gesperrt und der Betrieb der Straßenbahn bis zur Stuttgarter Straße auf einem Deckel eingerichtet. Der Schlitzwandkasten nimmt alle Bahnsteige, Gleise, Treppen und Fahrtreppen auf. Die Bauweise erfolgt auch hier mit einem Stafferverbau von einem Voraushubniveau. Dazu sind z.B. die Fundamentfüße der Hallenbögen abzufangen, vertikal nachjustierbar auf einer Pfahlgründung mit Pressen zu lagern und nach Herstellung des Deckels auf diese abzulasten. Wegen der Setzungen beim weiteren Aushub und Ausbau muss die Konstruktion bis zum Bauende nachjustierbar sein.

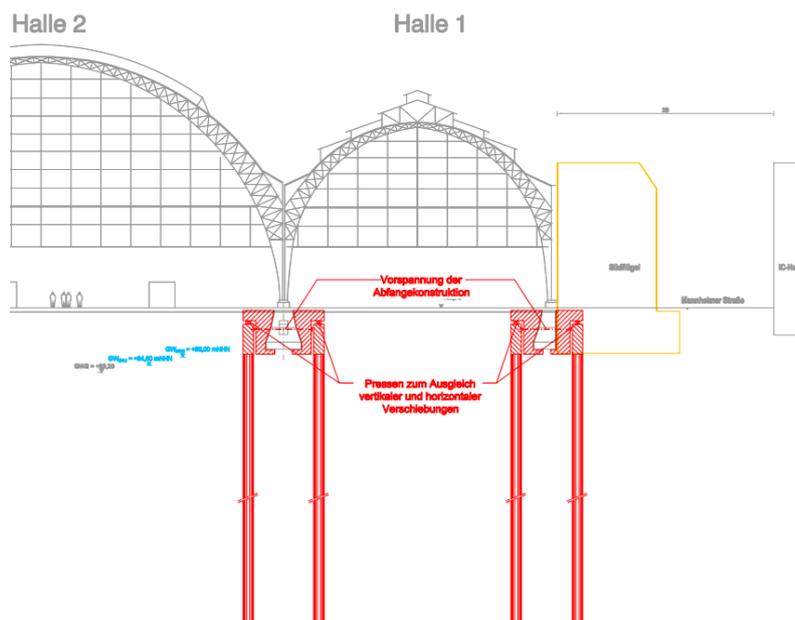


Abbildung 49: Bogenabfangung

Anbindung und Zuwegung:

Die Anbindung erfolgt in der 3./4. Ebene an die anderen Bahnsteige mit einer neuen Personenunterführung (PU/Querverbindung). Diese kann in oder vor der Halle liegen. Im Hinblick auf die spätere Erschließung, kann ggfs. ein zusätzlicher Zugang Stuttgarter Straße/Mannheimer Straße mit Anbindung an das Parkhaus und die Busstation der Regionallinien Sinn ergeben.

Der Zugang zum Querbahnsteig und die Zuwegung zu den Bussen und Straßenbahnen erfolgt über die Treppen und Fahrtreppenanlagen, die sowohl im Querbahnsteig wie auch im Kopfbau des Südflügels enden. Hier können auch Aufzüge untergebracht werden, die bis auf die Bahnsteigebene reichen. Dies enden in den Nebenräumen des Verzweigungsbauwerkes im unmittelbaren Anschluss vor Kopf der Bahnsteige. Aus dieser 4. Ebene kann auch die B-Ebene der U-Bahnstation erreicht werden.

Wesentlicher Aspekt bei den Anbindungsmöglichkeiten bei diesem Stationstyp / bei dieser Stationslage ist die Vermeidung von alternativlosen Schwerpunktverbindungen (vergleichbar mit dem heutigen Querbahnsteig). Verkehre aus der unterirdischen Anlage können sich in dieser Variante auf zwei Verbindungen verteilen (Verbindung Fern-, Regional- und S-Bahn). Bei einer Westlage erreicht nur eine dieser Verbindungen im direkten Bahnsteigbereich der übrigen Gleise, die weiteren Verbindungen sind nur über den Ostkopf der Station möglich. Damit werden lange Wege erforderlich, um ein Umsteigen, auch zu anderen Verkehrsmitteln im Bereich des Bahnhofsvorplatzes, zu ermöglichen.

Randbedingungen, Voraussetzungen:

Wie bereits oben erwähnt sind folgende Bauwerke (-teile) rückzubauen:

Nebengebäude DB südlich Gleis 1 östlich des Hafentunnels, Teile des Hafentunnels, Südflügel des Hauptbahnhofs mit Ausnahme vom Südkopf, Luftschutzbunker zwischen Südwestecke Bahnhofsgebäude und B/C Ebene U-Bahnstation.

Es ist davon auszugehen, dass die Gleise 1a-3 des Bahnhofes über einen Zeitraum von ca. 2 -3 Jahren gesperrt bleiben, bis der Deckel einschließlich Baugrubenumschließung errichtet ist.

Ansonsten gilt das unter 3.3.6 gesagt zu Straßenbahn, Grundwasserentspannung und Leitungsverlegungen sinngemäß.

(Planunterlagen Station Typ A schmal, PS3 s. Anlage 6.3.04 Blatt 1 bis 3)

3.3.9. Stationstyp B schmal, Streckenvariante 5, S2-O-T2-2_SK_Y

Der Stationstyp der Streckenvariante 5 unterscheidet sich nicht vom Stationstyp B schmal der Streckenvariante 2. Lediglich in der Ostanbindung sind Unterschiede in Trassierung und Y-Bauwerk.

Die Informationen zum Stationstyp können daher voll umfänglich vom Punkt 3.3.6 übernommen werden.

(Planunterlagen Station Typ B schmal, PS3 s. Anlage 6.3.05 Blatt 1 bis 3)

3.3.10. Stationstyp A, Streckenvariante 6, S1-W-T2-2_SK_Y

Dieser Stationstyp liegt in der Mannheimer Straße und im Gleisfeld des Hauptbahnhofes so nach Westen verschoben, dass die Baugrube des Fernbahntunnels außerhalb der Halle des Bahnhofes liegt. In diesem Fall können beide Verzweigungsbereiche in offener Bauweise hergestellt werden. Allerdings sind hierbei Eingriffe in die Halle und in das Gleisfeld erforderlich.



Abbildung 50: Lageplanausschnitt Typ A, westliche Lage

Die Höhenlage in der Station beträgt ca. 72,40 mNN SO am Bahnsteig. Die Breite des Schlitzwandkastens beträgt ca. 52,40 m. Die Verzweigungsbereiche haben eine Länge von ca. 230 m.

Typbeschreibung:

Bei diesem Stationstyp ist eine Herstellung mit Staffilverbau in offener/Deckelbauweise möglich. Die Wasserhaltung erfolgt als Grundwasserentspannung innerhalb der Baugrubenumschließung.

Dabei bildet jedoch der Hafentunnel eine Ausnahme, es sei denn er würde für die Herstellung der Baugrube zurückgebaut werden. Ein mögliches Verfahren mit Erhalt des Hafentunnels wäre, von beiden Seiten den Verbau bis an die alte Baugrube des Hafentunnels heranzubauen und dann diesen auf einem von der Baugrube aus einzubringenden Rohrschirm abzulasten. Die seitliche Dichtung der Baugrube unter diesem Rohrschirm kann auf der Südseite mittels Schlitzwand erfolgen. Hierzu wäre die Stahl-Aluminiumverkleidungen der Rohrüberführungen zurückzubauen. Innerhalb des Tunnels kann die nordseitige Dichtung der Baugrube nur mit DSV- Verfahren durch die Tunnelsohle erfolgen. Danach könnte die Baugrube unter dem Hafentunnel von beiden seitlichen Baugruben unter dem Rohrschirm ausgehoben werden.

Anbindung und Zuwegung:

Für die Anbindung und Zuwegung kann auf den Typ C Pkt. 3.3.7 verwiesen werden, der auch eine nach Westen versetzte Darstellung enthält. Die Verbindung zum oberirdischen Bestandsbahnhof erfolgt über eine vor der Halle liegende PU. Die Verbindung zu U- und S-Bahn erfolgt über den Bahnsteig Gleis 1 zum Querbahnsteig.

Randbedingungen, Voraussetzungen:

Es wird davon ausgegangen, dass folgende Gebäude in der Mannheimer Straße mit Beginn der Maßnahmen rückgebaut werden. Sie können nach Errichtung der Station wieder erstellt werden:

Nebengebäude DB südlich Gleis1 östlich und westlich des Hafentunnels, sowie Teile des Hafentunnels. Eine Abfangung und Sicherung des Südflügels des Hauptbahnhofs mit Säulenportikus auf der Süd-Ost-Ecke bei ist Herstellung des Verzweigungsbereichs in offener Bauweise zu prüfen.

Als betriebliche Einschränkung ist der Ausfall des kompletten Gleisbereichs DB südlich und westlich von Gleis 1 bis 3 fast über die gesamte Bauzeit zu nennen.

Darüber hinaus ist die Straßenbahn in der Mannheimer Straße solange gesperrt, bis ein Deckel auf der Baugrube entstanden ist.

(Planunterlagen Station Typ A, PS3 s. Anlage 6.3.06 Blatt 1 bis 3)

3.4 Verzweigungsbauwerk unterirdische Station Frankfurt Hauptbahnhof

3.4.1. Allgemeines

Zu jeder der im vorigen Abschnitt dargestellten Stationsvarianten gehört eine diesbezüglich angepasste Variante des Verzweigungsbereiches.

Grundsätzlich gilt für alle Varianten, dass der Hafentunnel unterfahren werden muss. Das Unterfahren erfolgt für alle Stationslagen in ähnlicher Weise. Es wird davon ausgegangen, dass weder der Bahnverkehrsweg oben noch der Straßenverkehr unten gesperrt werden

kann. Es wird daher vorgeschlagen, im südlichen Aufweitungsbereich die Grundwasserwanne des Hafentunnels im Schutze eine HDI-Dichtung zu öffnen und zwei Rohrvortriebe zum Abfangen der Widerlager vorzutreiben.

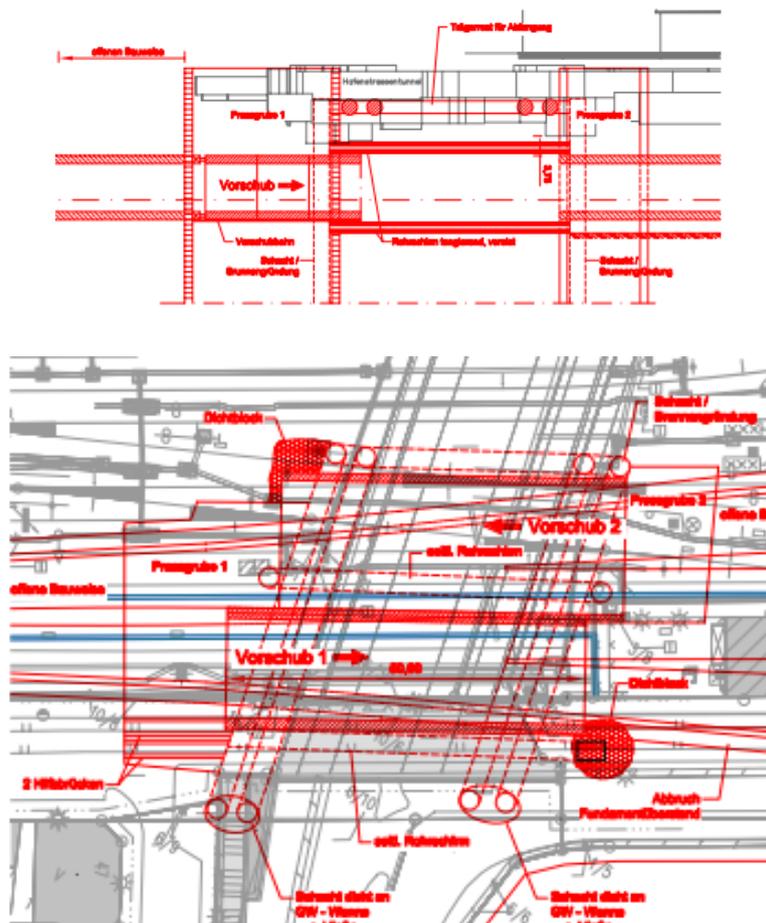


Abbildung 51: Lageplanausschnitt und Längsschnitt Hafentunnel Typ B

Nach dem Ablasten auf seitlich liegenden Brunnengründungen können von den Baugruben aus tangierende Rohrschirme mit Vereisung eingebracht werden, die zwischen den Baugruben einen wasserdichten Kasten erzeugen, in dem dann der Ausbruch und das anschließende Nachschieben und Pressen der Rahmenblöcke erfolgt.

3.4.2. Verzweigungsbauwerke Ost und West für Station Typ I, Streckenvariante 1, S1-O-T1-1_SK_NM

Der Verflechtungsbereich ist geprägt durch das Tunnelsystem der zweigleisigen Röhre und den erhöhten Gleisabstand der beiden mittleren Stationsgleise infolge des dazwischen liegenden Mittelpfeilers. Dies bedingt eine Länge des Verzweigungsbereiches von rd. 220 m, wobei rd. 15 m bereits durch die beiden Bauhilfsschächte am Beginn und am Ende der Station aufgefahen sind. Der westseitige Verzweigungsbereich ist symmetrisch ausgebildet. Beim östlichen Verzweigungsbereich ergibt sich infolge des beginnenden Kurvenradius in Richtung Süden eine asymmetrische Lage der Gleisachsen.

Für beide Verzweigungsbauwerke wurde eine analoge bergmännische Bauweise gewählt. Das Prinzip besteht darin, dass vorab von Untertage eine gegen das Grundwasser abdichtende Umschließung rund um den Verzweigungsbereich hergestellt wird. Innerhalb dieser kann der Grundwasserdruck entspannt und abgesenkt werden, sodass der Vortrieb unter drainierten Verhältnissen erfolgen kann.

Ausgangspunkt für die Herstellung der Umschließung sind die beiden für die Station Typ I erforderlichen Bauhilfsschächte am Beginn und Ende der Station, von welchen aus nebeneinander liegende Rohrvortriebe (Außendurchmesser rd. 2,5 m) rund um den maximalen Querschnitt des Verzweigungsbereiches vorgetrieben werden. Die Rohrvortriebe werden über rd. 205 m bis zum tunnelseitigen Ende des Verzweigungsbereiches gepresst. Dort enden sie blind in einem mittels DSV von Obertage aus hergestellten Dichtkörper, welcher die Umschließung stirnseitig gegen das Grundwasser abdichtet.

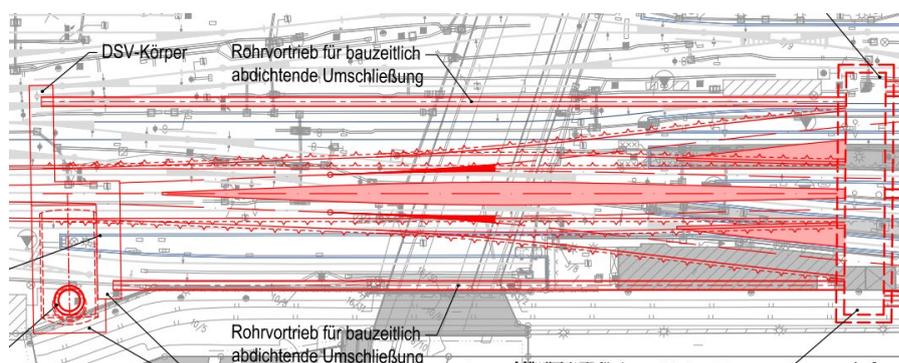


Abbildung 52: Lageplan Verzweigungsbereich Station I, bergmännische Bauweise

Dieser DSV-Dichtkörper sowie die Rohrvortriebe im Nahbereich des TBM-Vortriebes sind vor Durchfahrt desselbigen fertigzustellen und mit Beton wieder zu verfüllen, um eine Überbeanspruchung der Vortriebsrohre infolge der Spannungsumlagerungen beim TBM-Vortrieb zu verhindern. Der Bodenkörper zwischen den Rohrvortrieben wird mittels Bodenvereisung abdichtet. Die Gefrierrohre werden bereits bei der Rohrproduktion die Betonrohre eingebaut und im Zuge des Pressvortriebes miteinander verbunden.

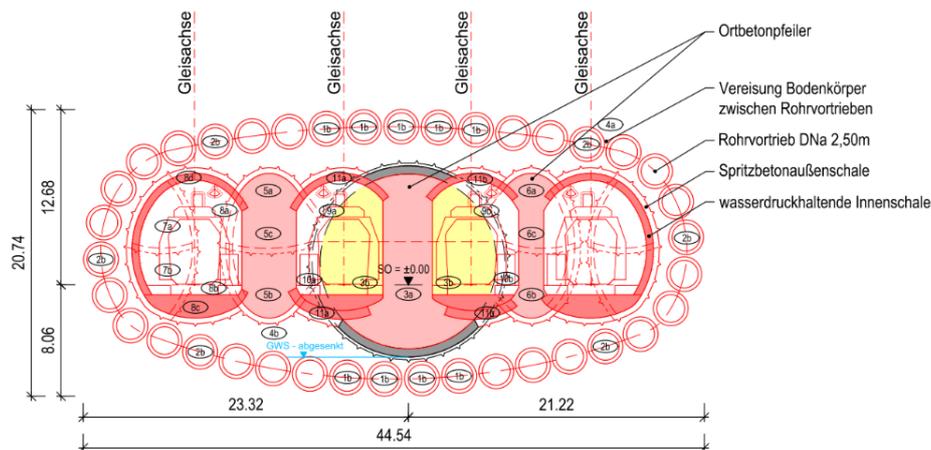


Abbildung 53: Verzweigungsbereich Station I, Querschnitt mit drei Pfeilerstollen, bergmännische Bauweise

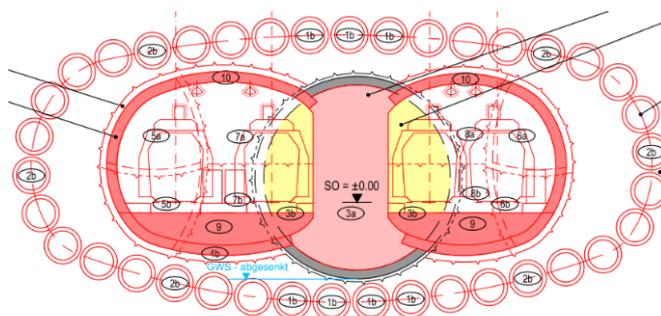


Abbildung 54: Verzweigungsbereich Station I, Querschnitt mit einem Pfeiler, bergmännische Bauweise

Der Vortrieb des Verzweigungsbereiches erfolgt in Teil- und Ulmenvortrieben im zyklischen Vortrieb unter Zuhilfenahme des TBM-Tunnels als Pfeilerstollen bzw. auch eigens vorgetriebenen Pfeilerstollen. Es ergeben sich drei Vortriebsabschnitte. Der erste ab der Station weist drei Pfeilerstollen auf, der zweite weist einen Pfeiler auf, der letzte Abschnitt besteht lediglich in einer Aufweitung des TBM-Querschnittes. Der Vortrieb erfolgt unter 0,9 bar Luftdruck, welcher jedoch für den Notfall auf den max. anstehenden Wasserdruck von rd. 3,4 bar erhöht werden kann.

Der genaue Bauablauf für die drei Querschnittstypen ist Anlage 6.3.01 Blatt 6 zu entnehmen.

3.4.3. Verzweigungsbauwerk Ost für Stationstyp B schmal, Streckenvariante 2, S2-O-T2-2_SK_SM

Der Verflechtungsbereich der Gleise erfordert, da diese Variante mit zwei eingleisigen Tunnelröhren gekoppelt ist, eine große Länge sowie im Zulauf eine große Breite, da die Röhren so weit auseinander liegen, dass ein tragfähiger Gebirgspfeiler entsteht. Die Länge beträgt ca. 216 m und reicht vom Querbahnsteig des Hauptbahnhofs beginnend bis unter die südöstliche Bebauung der Münchener Straße.

Da die Station aus dem Schlitzwandkasten mit den außenliegenden Röhren besteht, fährt auch hier die Tunnelbohrmaschine auf den Außenkanten des Verzweigungsbereiches entlang der äußeren Gleise durch. Der Umbau zum Verzweigungsbereich mit den entsprechenden Gleisverflechtungen erfolgt im Nachgang.

Der Verzweigungsbereich Ost dieser Strecken-/Bahnhofvariante liegt somit am südöstlichen Rand des Bahnhofsvorplatzes unter den Straßen Am Hauptbahnhof, Münchener Straße, Wiesenhüttenstraße und Mannheimer Straße. Die Herstellung erfolgt in einer Kombination von offener-/Deckelbauweise und bergmännischer Bauweise und als Kombination von Rahmen- und Gewölbequerschnitten. Die erforderlichen offenen Baugruben sind im Bereich des Busparkplatzes und in der Mannheimer Straße/Am Hauptbahnhof vorgesehen. Da die Straße Am Hauptbahnhof auf Dauer nicht gesperrt werden kann, ist hier die Baugrube mit Deckel geplant, um den Verkehr nach phasenweiser Verschwenkung wieder zurück zu verlegen. Die Baugrubenumschließung erfolgt analog zum Bahnhofskasten in Schlitzwandbauweise. Die große Tiefe erfordert Innenabsteifungen mit entsprechenden Einbringöffnungen. Die Baugrube erhält innenseitig eine Grundwasserentspannung. Daraus resultiert eine große Einbindetiefe der Schlitzwände unter die Baugrubensohle zum Abbau des hydraulischen Druckgefälles. Das Erdwiderlager wird daher auch hier mit Sohlsteifen hergestellt.

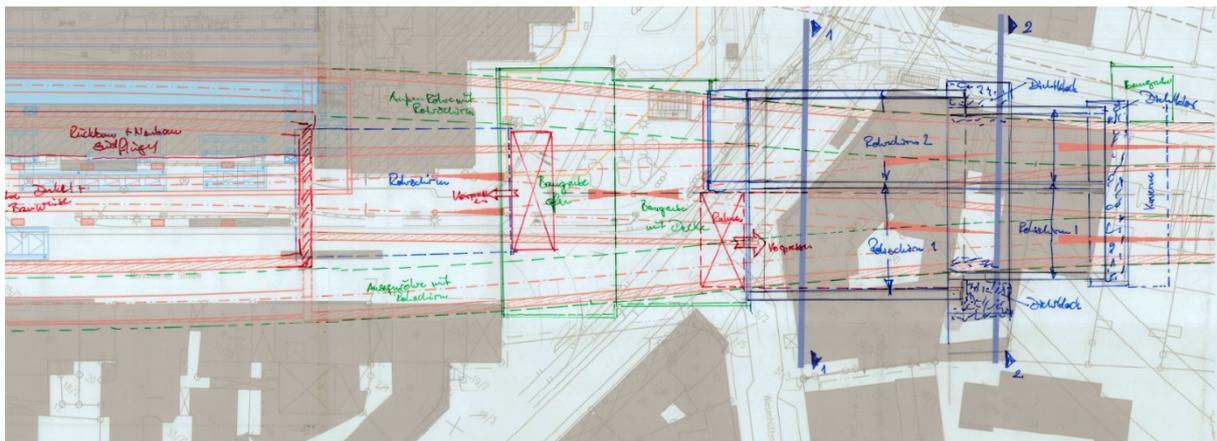


Abbildung 55: Lageplanausschnitt Verzweigungsbereich Typ B

Die Baugruben der offenen Bauweise folgen dabei zum einen der Kontur der B-Ebene der U-Bahnstation mit Rückbau der ins Freie führenden Treppen am südlichen Stationsende. Zum anderen wird der an der Süd-Ost-Ecke des Bahnhofsgebäudes befindliche Luftschutzbunker zurückgebaut. Ein Rückbau der gründerzeitlichen Bebauung in der Münchener Straße und Nachkriegsbebauung an der Ostseite des Bahnhofsvorplatzes ist nicht vorgesehen, da unter diesen Gebäuden die beiden Tunnelröhren der U-Bahn U4/U5 liegen. Wegen des geringen Abstandes zwischen der Fernbahn-Tunneloberkante und der Unterkante der U-Bahn-Röhren von ca. 4,50 bis 3,50 m lässt sich hier ein überschnittener Rohrschirm mit Tragwirkung in Ringrichtung, hergestellt im Microtunneling-Verfahren, nicht herstellen. Der Rohrschirm wird daher als flacher, tangierender Rohrschirm mit Vereisung der Zwickelbereiche zwischen den Röhren hergestellt, der umlaufend um das geplante Rahmenprofil angeordnet wird. Dieser endet stumpf in einem DSV-O, der vom Anwesen Münchener Straße 57 aus dem Keller bzw. Hofflächen eingebracht wird. Im Schutze dieses Rohrschirmes ist es möglich, unter Restwasserhaltung die Baugruben auszuheben. Da der Baugrund an der Ortsbrust nur geringe Tragwirkung für den Abtrag des Rohrschirmes besitzt und die Tragwirkung desselben wegen des geringen Rohrdurchmessers von ca. 2,5 m keine große Abschlagslänge zulässt, ist geplant, im Schutze des Rohrschirmes die Rahmenprofile nachzupressen. Wegen der hohen Auflast sind hierfür entsprechend große Reibungskräfte zu erwarten, die durch zusätzliche Maßnahmen begrenzt werden müssen. Aus diesem Grunde wurde auch der Rechteckquerschnitt an der Mittelwand geteilt, um die Reibungsfläche gering zu halten. Bei Bedarf können auch die zu schiebenden Blocklängen begrenzt und eine Zwischenpressstation eingerichtet werden.

Als Rückfallebene zum vorgenannten Verfahren wäre auch eine kleinteilige Herstellung unter Tage vor Ort denkbar. Hierzu wäre aber der Rohrschirm sowie die Sicherung der Ortsbrust für den höheren Lasteintrag zu dimensionieren. Gleichzeitig muss auch die Setzungskompensation durch zusätzliche Maßnahmen (z.B. Hebungsinjektionen) intensiviert werden.

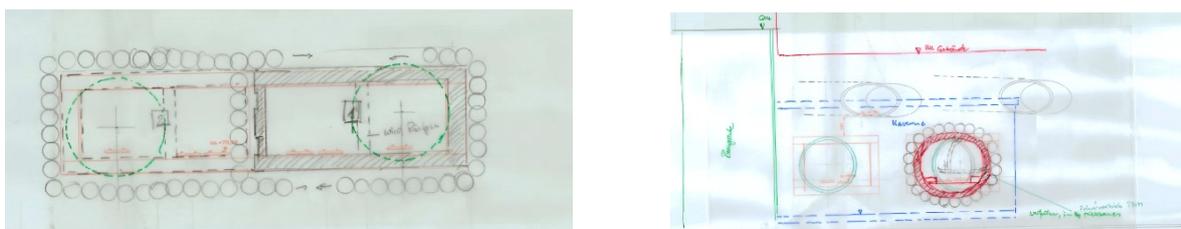


Abbildung 56: Querschnitte Verzweigungsbereich Typ B

Im östlichen Verzweigungsbereich der Einzelröhren zwischen dem Rahmenquerschnitt und dem TBM-Querschnitt könnte im Schutze eines überschnittenen Rohrschirms die Tunnelausweitung bergmännisch hergestellt werden. Der Rohrschirm, im Microtunneling-Verfahren hergestellt, müsste hierzu von einer Kaverne, die aus der Münchener Straße unter die Gebäude der Anwesen Nr. 51 vorgetrieben wird, erfolgen.

Analog zum vorherigen Verfahren wird auch der Vortrieb vom Bunker in Richtung der Station vorgenommen. Hier kann jedoch der Rohrschirm entweder von der Station aus oder von der Baugrube aus Richtung Station als überschnittener Rohrschirm mit Microtunneling hergestellt werden. Wegen der großen Höhe bis zur Fundamentunterkante kann hier die Gewölbetragswirkung in Ringrichtung genutzt werden.

3.4.4. Verzweigungsbauwerk Ost für Stationstyp C, Streckenvariante 3, S2-W-T2-1_SK_Y

Der Verzweigungsbereich Ost für diesen Stationstyp liegt im Osten beginnend in der Münchener Straße unter den Anwesen Nr. 57 und reicht bis westlich des Querbahnsteigs des Hauptbahnhofes. Es werden 2 offene Baugruben benötigt, die erste an der Stelle des rückzubauenden Bunkers vor der Süd-Ost-Ecke des Kopfgebäudes des Bahnhofes, die andere im Bahnhof westlich des Querbahnsteigs. Zwischen beiden können im Schutze eines überschnittenen Rohrschirms Teile des Verzweigungsbereiches aufgefahren werden, hierbei wird die Gewölbewirkung genutzt. Nach Osten hin wird ein tangierender Rohrschirm mit Vereisung aufgefahren, in dessen Schutz ein Rahmen vorgepresst wird. Dies ist erforderlich, da die Höhe zwischen den Tunnelröhren der U4 und U5 zum Fernbahntunnel nicht ausreicht, um einen Rohrschirm mit Gewölbetragswirkung herzustellen.

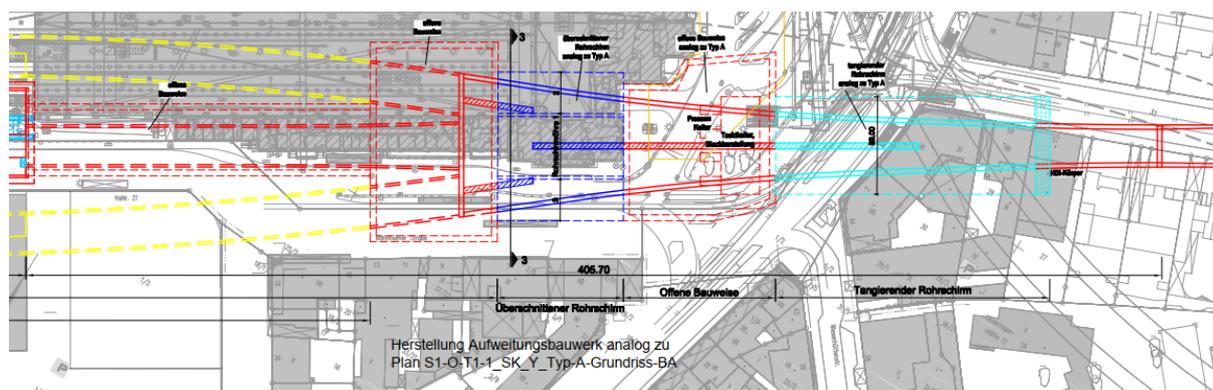


Abbildung 57: Querschnitte Verzweigungsbereich Typ C

Bei Anwendung des Verfahrens mit überschnittenem Rohschirm zwischen Baugrube in der Halle und der Stationsbaugrube westlich vor der Halle kann auf einen Abriss des Südflügels verzichtet werden. Dazu muss weiterhin die Baugrube in der Halle 3 geteilt werden und der Teil in der Halle und der Teil in der Mannheimer Straße mit Schlitzwänden hergestellt werden. Darauf könnte dann mittels Rohrschirm der Teil des Südflügel zwischen beiden Baugruben abgefangen werden. Die verbleibenden stirnseitigen Verbauten müssen dann mit Düsenstrahlverfahren geschlossen und beim Aushub durchgesteift werden.

3.4.5. Verzweigungsbauwerk Ost für Stationstyp A, Streckenvariante 4, S1-O-T1-1_SK_Y

Das Verzweigungsbauwerk Ost zum Stationstyp A ist gekoppelt mit der Herstellung einer 2-gleisigen Röhre mit TBM. Bedingt durch die Lage der Station in der südlichen Haupthalle des Hauptbahnhofes liegt dieser Verflechtungsbereich mit einigen Teilen in der Münchener Straße. Durch diese Lage liegen auf der Hälfte dieses Verflechtungsbereichs Teile der U-Bahnstation. Die Baugrube in offener Bauweise auf dem Platz vor dem Bahnhof beginnt daher erst an der Stelle des westlichen Tunnelstumpfes der U-Bahn zum Bau einer weiteren Mainquerung. Die offene, mit Schlitzwänden geplante Baugrube für den Fernbahntunnel reicht im Westen bis an den Kopfbau des Hauptbahnhofes. Deshalb ist der hier liegende Luftschutzbunker zurückzubauen.

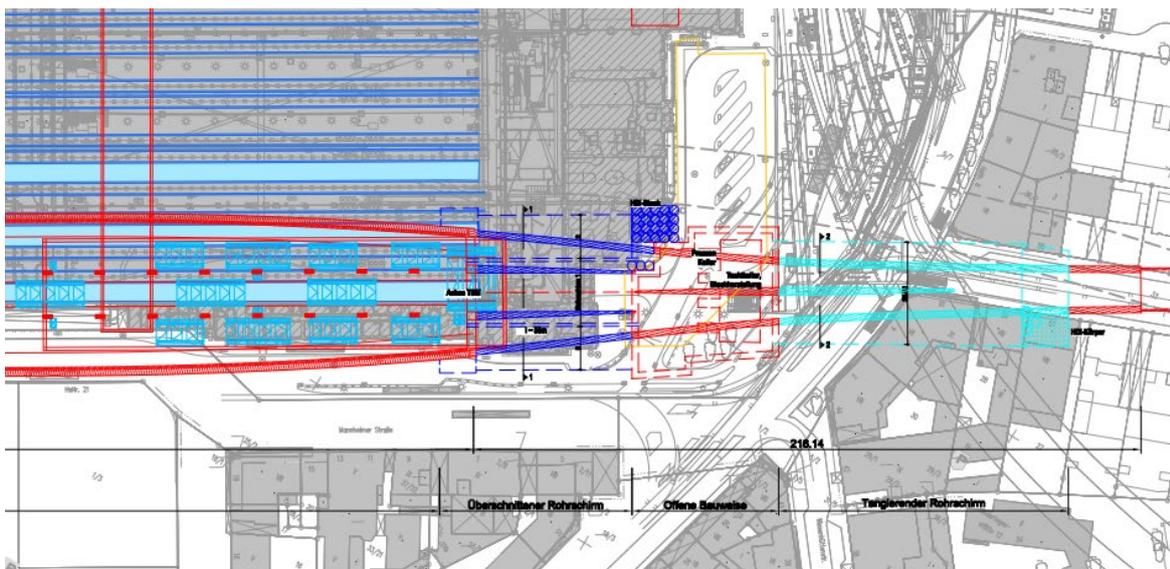


Abbildung 58: Grundriss Verzweigungsbereich Typ A

In östlicher Richtung wird die U-Bahn und die Eckbebauung der Münchener Straße/ Am Hauptbahnhof mittels flach liegendem Rohrschirm unterfahren. Der Rohrschirm aus tangierenden Rohren mit dazwischen liegender Vereisung umschließt das Rahmenprofil, das von West nach Ost in Richtung der Zielbaugrube in der Münchener Straße vorgepresst wird, als dichte Baugrube. Im Zuge des Vortriebs innerhalb des Rohrschirmes wird der Tübbingtunnel zurückgebaut und durch das Rechteckprofil ersetzt. Alle unter 0. genannten Randbedingungen für das Schieben innerhalb eines Rohrschirmes gelten auch hier.

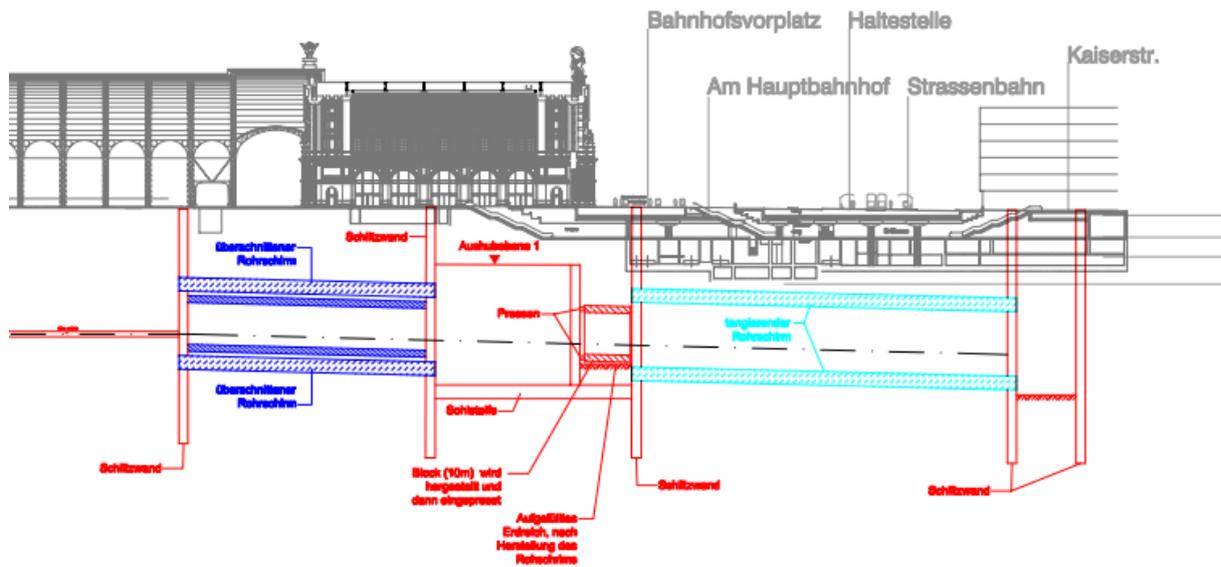


Abbildung 59: Längsschnitt Verzweigungsbereich Typ A

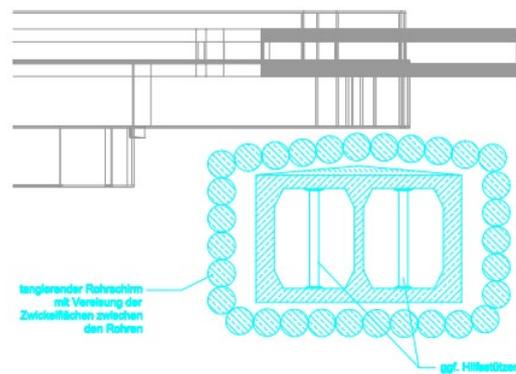


Abbildung 60: Querschnitt Verzweigungsbereich Typ A, tangentialer Rohrschirm Blickrichtung Osten

In der Richtung nach Westen ist angedacht, den benötigten Querschnitt mit Hilfe eines überschnittenen Rohrschirmes herzustellen.

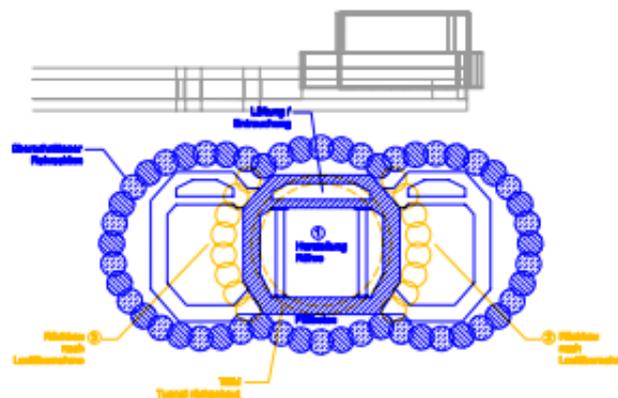


Abbildung 61: Querschnitt Verzweigungsbereich Typ A, Überschnittener Rohrschirm Blickrichtung Westen (Station)

Dazu wird der Tübbingquerschnitt im Schutze eines überschrittenen Rohrschirmes durch ein polygonales Achteckprofil ersetzt. Zwei außenliegende Rohrschirme ermöglichen das Aufahren und das Ergänzen des Rechteckprofils zu einem vollständigen Querschnitt / Rechteckquerschnitt. Der Bewehrungsanschluss an das 8-Eckprofil kann mit Schraubanschlüssen hergestellt werden.

Beim Aufschließen der Seitenröhren ist zu beachten, dass der später rückzubauende Teil des Rohrschirmes lastfrei wird. Dies kann mit Pressen im Stahlbetonrahmen erfolgen. Die Rohre des primären Rohrschirms sind im Rückbauzustand zu sichern. Hierfür können Stahlanker verwendet werden, die im Zuge der Innenschale des 8-Eckquerschnittes mit eingebaut werden und ein Herabrollen der Vortriebsrohre im 2. Bauabschnitt verhindern.

Für die Variante 4 wurde alternativ auch eine rein bergmännische Variante in Analogie zur bergmännischen Bauweise der Verzweigungsbauwerke bei Variante 1 untersucht. Die vorgesehenen drei Querschnittstypen (Querschnitt mit zwei Pfeilerstollen, Querschnitt mit einem Pfeilerstollen und Querschnitt mit Aufweitung TBM-Röhre) sind mit einer detaillierten Beschreibung des Bauablaufes auf Anlage 6.3.04 Blatt 4 dargestellt.

3.4.6. Verzweigungsbauwerk Ost für Stationstyp B schmal, Streckenvariante 5, S2-O-T2-2_SK_Y

Das Verzweigungsbauwerk der Streckenvariante 5 unterscheidet sich nicht vom Verzweigungsbauwerk der Streckenvariante 2. Lediglich in der Ostanbindung sind Unterschiede in Trassierung und Y-Bauwerk.

Die Informationen zum Verzweigungsbauwerk können daher voll umfänglich vom Punkt 3.4.3 übernommen werden.

3.4.7. Verzweigungsbauwerk Ost für Stationstyp A, Streckenvariante 6, S1-W-T2-2_SK_Y

Das Verzweigungsbauwerk liegt in der Bahnhofshalle, beginnend vor dem Querbahnsteig. Es könne daher komplett offen im Schutze einer Schlitzwandbaugrube mit Grundwasserentspannung gebaut werden. Die Halle und der Südflügel könnten dabei von einem Rohrschirm abgefangen werden, der von einer Baugrube in der Mannheimer Straße eingebracht wird und auf den Schlitzwänden aufliegt. Die südliche Schlitzwand wird dabei unmittelbar vor dem Südflügel des Bahnhofes in der Mannheimer Straße eingebracht. die zweite Schlitzwand in Halle 1 des Bahnhofes.



Abbildung 62: Grundriß Verzweigungsbereich Typ A

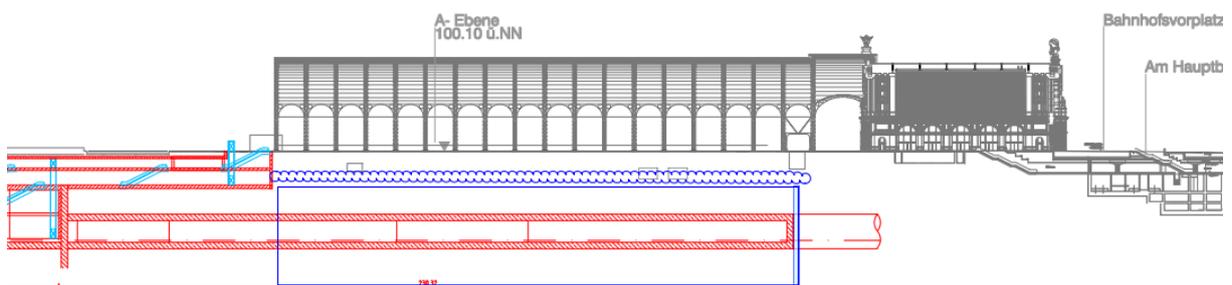


Abbildung 63: Längsschnitt Verzweigungsbereich Typ A

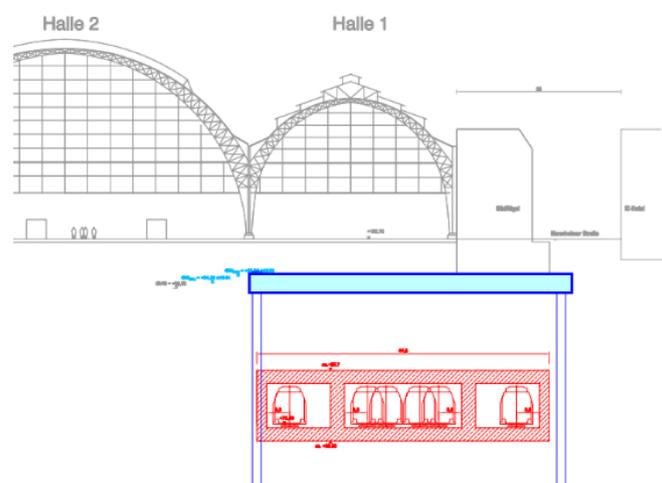


Abbildung 64: Querschnitt Verzweigungsbereich Typ A mit Rohrschirm

4 Betriebliche Untersuchungen

4.1 Allgemeines

Durch die Konzeption des Fernbahntunnels als Strecke mit artreinem Personenverkehr mit elektrischer Traktion und einer mit zwei Bahnsteigkanten pro Richtung leistungsfähigen Station ist aufgrund der fahrdynamischen Eigenschaften der Züge und des einheitlichen Geschwindigkeitsniveaus mit einer hohen Leistungsfähigkeit der Anlage zu rechnen. Maßgeblich für die tatsächliche Leistungsfähigkeit sind jedoch nicht nur der Fernbahntunnel selbst, sondern auch die Zulaufstrecken.

4.2 Zulaufstrecken

Aufgabenstellung dieser Machbarkeitsstudie ist die Untersuchung der Realisierungsmöglichkeit eines Fernbahntunnels für Frankfurt inkl. einer neuen Station unterhalb des Hbf Frankfurt/Main. Gegebenenfalls notwendige Maßnahmen in den Zulaufstrecken werden seitens der DB AG außerhalb dieser Machbarkeitsstudie im Zuge weiterer Eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Untersuchung (EBWU) im Rahmen der Lph 1 untersucht.

Im Folgenden soll daher nur der gegenwärtige Planungsstand zu den Zulaufstrecken zur Information nachrichtlich kurz dargestellt werden.

4.2.1. Westlicher Zulauf (Strecke 3620)

Durch die Maßnahmen „Frankfurt-Stadion 2. Ausbaustufe“ und „Frankfurt-Stadion, 3. Ausbaustufe“ wird der westliche Zulauf zum Fernbahntunnel ausgebaut. Es werden hierbei innerhalb des Bf Frankfurt (Main) Niederrad eigene Fernbahngleise geschaffen. Die derzeit vorhandenen Konflikte mit dem Güterverkehr und dem SPNV werden hierbei beseitigt.

Im Bf Frankfurt (Main) Stadion erfolgt mit diesen Maßnahmen die Entflechtung der aus den Richtungen Zeppelinheim und Flughafen zulaufenden Züge des SPNV und des SPNV.

4.2.2. Östlicher Zulauf nordmainisch (Strecke 3660)

Durch den Bau der nordmainischen S-Bahn wird die Strecke 3660 von den Zügen des SPNV entlastet. An dieser Strecke befindet sich in Frankfurt Main (Ost) ein Bf für den Containerumschlag. Die Strecke wird neben den zur Andienung dieser Anlage notwendigen Zügen weiterhin auch noch vom Güterdurchgangsverkehr befahren. Nach derzeitigem Kenntnisstand kann die Strecke 3660 nicht alle Züge, die durch den Fernbahntunnel verkehren, aufnehmen.

4.2.3. Östlicher Zulauf südmainisch (Strecke 3600)

Gegenwärtig wird die Strecke 3600 hauptsächlich von Zügen des SPNV und SPNV sowie von einzelnen Güterzügen befahren. Da die Strecke 3600 durch die Großstadt Offenbach am Main verläuft, ist eine Verlegung von Zügen des SPNV zur Schaffung zusätzlicher Kapazitäten für den SPNV von dieser Strecke auf die Strecke 3660 aus verkehrlichen Gründen nicht möglich.

4.2.4. Notwendigkeit der Y-Trasse

Da nach gegenwärtigem Kenntnisstand weder die Strecke 3600 noch die Strecke 3660 alle durch den Fernbahntunnel verkehrenden Züge aufnehmen können, wird im Zuge der Machbarkeitsstudie auch die gleichzeitige Anbindung des Fernbahntunnels an die Strecken 3600 und 3660 untersucht. Die Kombination dieser Strecken als gemeinsamer Zulauf zum Tunnel stellt die benötigten Kapazitäten gem. der Zugzahlenprognose 2030 des BMVI zur Verfügung.

4.2.5. Knoten Hanau

Die einseitige Anbindung des Fernbahntunnels an die Strecke 3600 oder 3660 bedingt, dass im vorgelagerten Knoten Hanau eine geeignete, leistungsfähige Verknüpfung der Strecken 3600 und 3660 benötigt wird. Die hierfür benötigten Maßnahmen werden außerhalb dieser Machbarkeitsstudie untersucht.

4.3 Spurplanvarianten der Station

Im Zuge der Variantenuntersuchung zur baulichen Ausgestaltung des geplanten Vorhabens haben sich im Hinblick auf die Realisierbarkeit unter Berücksichtigung der betrieblichen Vorgaben zwei grundsätzliche Spurplanvarianten herausgebildet. Beide Varianten sind für den Regelbetrieb gleichwertig, weisen jedoch im Hinblick auf die Betriebsführung im Störfall verschiedene Eigenschaften auf. Die Unterschiede zwischen den Spurplänen werden anhand zweier Varianten dargestellt:

1. Spurplan mit außenliegenden doppelten Gleisverbindungen (bei Varianten mit zweigleisigem Tunnel)

S1-O-T1-1_SK_NM

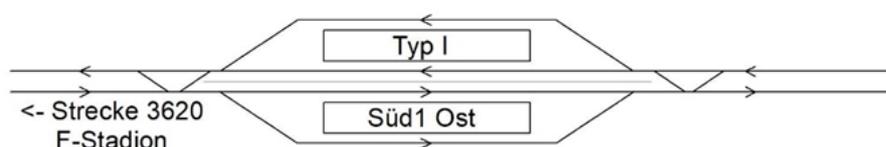


Abbildung 65: Spurplanbeispiel mit außenliegenden Gleisverbindungen

Dieser Spurplan ermöglicht es, von jedem Zufahrgleis alle Bahnsteiggleise anzufahren. Die doppelten Gleisverbindungen lassen sich auch problemlos für höhere Geschwindigkeiten ausführen. Nachteilig ist, dass bei einem Ausfall eines Bahnsteiges (Übergang von Richtungs- auf Linienbetrieb) der verbleibende Bahnsteig nur mit Fahrstraßenausschlüssen angefahren werden kann.

2. Spurplan mit innenliegenden doppelten Gleisverbindungen (bei Varianten mit zwei eingleisigen Tunnelröhren)

S2-O-T2-2_SK_SM

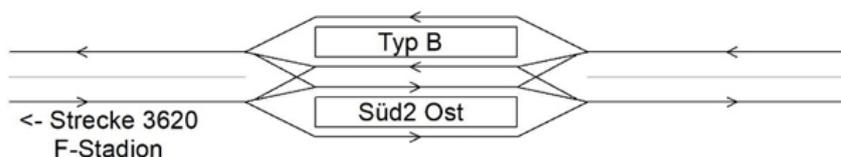


Abbildung 66: Spurplanbeispiel mit innenliegenden Gleisverbindungen

Dieser Spurplan ermöglicht es, von jedem Zufahrtgleis jeweils drei Bahnsteiggleise anzufahren. Die innenliegenden Gleisverbindungen lassen sich aufgrund der zur Verfügung stehenden Entwicklungslänge nicht für höhere Geschwindigkeiten ausführen. Vorteilhaft ist, dass bei einem Ausfall eines Bahnsteiges (Übergang von Richtungs- auf Linienbetrieb) der verbleibende Bahnsteig ohne Fahrstraßenausschlüsse angefahren werden kann.

Im Vergleich der beiden Spurplanvarianten zeigt die Variante mit außenliegenden Gleisverbindungen betrieblich Vorteile bei Störungen auf den Zulaufstrecken (eingleisige Betriebsführung), während die Variante mit innenliegenden Gleisverbindungen bei Störungen im Bereich der Bahnsteige vorteilhafter ist.

4.4 Modellierung des Fernbahntunnels in RailSys (Fahrplanstudie)

4.4.1. Aufgabenstellung

Gem. der Leistungsbeschreibung war folgender Umfang betrieblich-kapazitiv zu untersuchen:

„Ermittlung der maximalen Leistungsfähigkeit des Tunnels und der Station für die abgestimmten Varianten. Die Leistungsfähigkeit ist mittels Simulationsergebnissen darzustellen. Daraus sich ergebende Engpässe sind zu benennen und geeignete Lösungsvorschläge zu erarbeiten.“

Im Gegensatz zur Eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Untersuchung, welche die DB Netz AG im Zuge der Lph 1 erstellen wird, war in der hier vorliegenden Betrachtung eine erste Einschätzung hinsichtlich der zu erwartenden Leistungsfähigkeit des Fernbahntunnels zu treffen. Diese bezieht sich rein auf die Infrastruktur des Fernbahntunnels.

1. **Für die Varianten 1-6** werden lediglich die Fahrzeiten (unter Berücksichtigung eines 4min-Halts in Frankfurt Hbf) ermittelt.
2. Es werden ansonsten nurmehr die **Varianten 2, 3 und 4 vertieft betrachtet**, da sich diese am stärksten unterscheiden:
 - **V2:** keine Y-Trasse
 - **V3:** höhengleiche Ausfädelung im Bereich Osthafen
 - **V4:** höhenfreie Ausfädelung im Bereich Osthafen

3. Für diese Varianten bleibt die Unterstellung des D-Taktes (d.h. durchschnittlich 8,5 Züge pro Stunde und Richtung) bestehen, jedoch werden die hinzukommenden Nahverkehre / Güterverkehre im Verknüpfungsbereich zu Bestandsstrecken (d.h. in Offenbach / Niederrad / F-Ost) nicht weiter betrachtet.
4. Weiterhin wird für diese Varianten die Anzahl der Züge pro Stunde und Richtung von 8,5 (gem. D-Takt) auf 12 erhöht und diese konfliktfrei auskonstruiert. Die Fernverkehrszüge gem. Deutschlandtakt werden im Modell in roter Trassenfarbe dargestellt, die zusätzlich aufgefüllten Züge in blauer Farbe. Der HeEx – als einziger planmäßig durch den Tunnel verkehrender SPNV-Zug – wird in grüner Farbe dargestellt.

Die Kapazitätsanalyse beschränkt sich dann im Folgenden auf Aussagen hinsichtlich der **konfliktfreien Konstruierbarkeit** sowie eine **Einschätzung gem. UIC-Code 406** (Verkettung / „Verketteter Belegungsgrad“)

Es erfolgt keine Fahrplan- oder Betriebssimulation; diese wird im Zuge der EBWU in Lph1 durch die DB Netz AG durchgeführt.

4.4.2. Basisdaten

Für die erste Beurteilung der betrieblichen Kapazität des Fernbahntunnels wurde im Zuge der Machbarkeitsstudie eine betriebliche Kurzstudie mithilfe der Betriebsplanungs-Software RailSys erstellt. Als Ausgangsdaten dienten folgende Unterlagen:

- Höhenpläne der Varianten
 - V1 (nur Anbindung an die nordmainische Strecke)
 - V2 (nur Anbindung an die südmainische Strecke)
 - V3 (Y-Trasse, höhengleiche Ausfädelung im Verzweigungsbauwerk)
 - V4 (Y-Trasse, höhenfreie Ausfädelung im Verzweigungsbauwerk)
 - V5 (Y-Trasse, höhenfreie Ausfädelung im Verzweigungsbauwerk)
 - V6 (Y-Trasse, höhenfreie Ausfädelung im Verzweigungsbauwerk)
- Lagepläne der o.g. Varianten 1-6
- Deutschlandtakt, 3. Gutachterentwurf

Gem. dem 3. Gutachterentwurf des Deutschlandtakts verkehren ausnahmslos alle Fernverkehrslinien aus/in Richtung Fulda und Aschaffenburg durch den Fernbahntunnel, jedoch nimmt der D-Takt keine Aufteilung dieser Verkehre auf die südmainische bzw. nordmainische Strecke vor. Der HeEx verkehrt zwangsläufig über die südmainische Strecke, da gem. Deutschlandtakt für diese Linie ein Planhalt in Offenbach Hbf vorgesehen ist.

4.4.3. Begriffe

Im Zuge der Untersuchung wurden auf Grundlage der o.g. Basisdaten folgende Betriebsstellen in Anlehnung / Bezug auf die Ril 100 definiert, welche sich auch im Modell bzw. den daraus exportierten Fahrplangrafiken (Anhänge) wiederfinden:

- FNI – Frankfurt-Niederrad in km -1,3, bezogen auf die Strecke 3620; im Sinne des Modells dient FNI als nächstgelegene Betriebsstelle vor dem Abzweig der Neubaustrecke in Richtung Fernbahntunnel bei km 0,0 (vgl. nächster Punkt)
- Km 0,0; im Sinne des Modells stellt dies den Beginn der Neubaustrecke 3620 dar, welche im Bereich der Niederräder Brücke (nördlich d. Mains) von der bestehenden Strecke 3520 abzweigt.
- FFTS – neuer Bf Frankfurt Hbf („Frankfurt Tief Süd“)
- FAOH– neuer unterirdischer Abzweig Osthafen (im Modell Strecke 3620 km 5,940 / 3669 km 0,0)
- FOW – neuer Abzweig Offenbach-West, um die Einbindung des Fernbahntunnels in die Bestandsstrecke 3600 (vereinfacht) darzustellen; Lage: km 8,650
- FO – Bahnhof Offenbach Hbf
- FFO – Bahnhof Frankfurt Ost, um die Einbindung des Fernbahntunnels (Strecke 3669) in die Bestandsstrecke 3660 (vereinfacht) darzustellen; Lage der Weichenbereiche der künftigen Verzweigung des Fernbahntunnels an der Strecke 3669: km 2,470
- FFMK – Frankfurt-Mainkur

Desweiteren wurden aufbauend auf den Lage- und Höhenplänen folgende Ableitungen bzgl. der Strecken getroffen (vgl. Skizze unten):

- 3669 = neue Strecke FAOH-FFMK, beginnt in FAOH km 0,0
- 3620 = neue Strecke FNI – km 0,0 – FFTS – FOW; km 5,940 = 3669 km 0,000
- 3660 km 3,430 = 3669 km 2,470
- 3520 km 34,310 = 3620 km 0,000 (im Bereich F-Niederrad; Bf Niederrad in km -1,300)
- 3600 km 7,850 = 3620 km 8,650 (im Bereich OF-West)

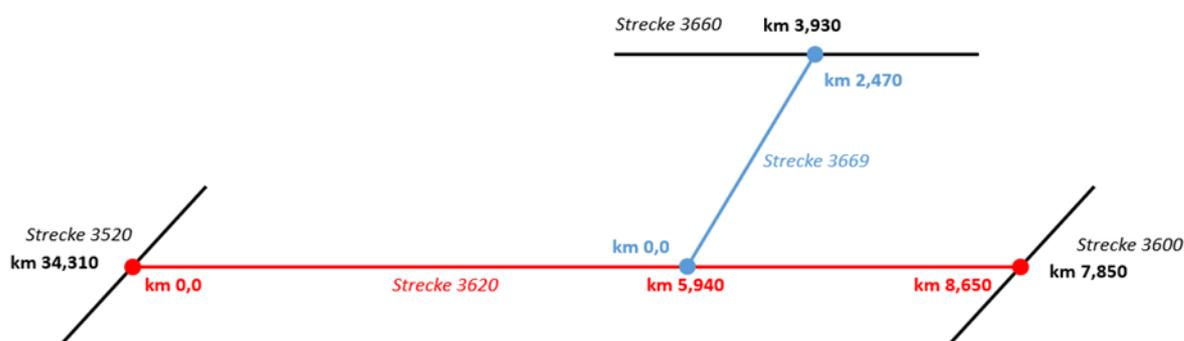


Abbildung 67 Übersicht der Strecken und jeweiligen Kilometrierungen (Varianten mit Y-Varianten)

4.4.4. Herangehensweise

In einem ersten Schritt wurden im Modell die Fernverkehrslinien des Deutschlandtaktes sowie die SPNV-Linie „HessenExpress“ HeEx5 hinterlegt, welche gem. D-Takt ebenfalls durch

den Tunnel verkehren soll. Die Streckenführung (nordmainisch = von/nach F-Mainkur bzw. südmainisch = von/nach Offenbach) erfolgte in einer - vor dem Hintergrund der heutigen Situation im Knoten Hanau - für die Fernverkehrslinien optimal erscheinenden Weise. Vgl. hierzu auch Abschnitt 4.4.6. Die in den Übergangsbereichen des Fernbahntunnels hinzukommenden Züge des SPNV und SGV blieben gem. Festlegung vom 13.11.2020 unberücksichtigt. Die HeEx-Linie verkehrt aufgrund des Planhalts in Offenbach südmainisch.

Folgende Takte wurden gem. Deutschlandtakt angelegt¹, welche im Modell in rot dargestellt sind (Linie HeEx in grün):

Ost-West:

Linie gem. D-Takt	Erste Zugnr im Modell	Relation	Takt	Laufwege		
				V2	V3	V4
FV06	650	Hamburg-Basel	stündlich	Alle von Offenbach	von Offenbach	von Offenbach
FV16	600	München-Essen	stündlich		von F-Mainkur	von F-Mainkur
FR90	10	München-Westerland	zweistündlich		von F-Mainkur	von F-Mainkur
FV11	110	Berlin-Frankfurt Flugh	zweistündlich		von Offenbach	von Offenbach
FV12	200	Berlin-Wiesbaden	stündlich		von Offenbach	von Offenbach
FV45	500	Hamburg-Stuttgart	stündlich		von Offenbach	von Offenbach
FV8	800	Hamburg-München	stündlich		von Offenbach	von Offenbach
FV97	900	Berlin-Freiburg	zweistündlich		von Offenbach	von Offenbach
FV17	700	München/Passau-Mainz/Kiel	stündlich		von F-Mainkur	von F-Mainkur
HeEx5	5000	Bebra-Wiesbaden	stündlich		von Offenbach	von Offenbach

Tabelle 5: Umsetzung des Betriebsprogramms gem. D-Takt im Modell (Relation West-Ost)

West-Ost:

Linie gem. D-Takt	Erste Zugnr im Modell	Relation	Takt	Laufwege	Linie gem. D-Takt	Erste Zugnr im Modell
FV06	651	Basel-Hamburg	stündlich	Alle nach Offenbach	Nach Offenbach	von Offenbach
FV16	601	Essen-München	stündlich		Nach F-Mainkur	von F-Mainkur
FR90	11	Westerland-München	zweistündlich		Nach F-Mainkur	von F-Mainkur
FV11	111	Frankfurt Flugh-Berlin	zweistündlich		Nach Offenbach	von Offenbach
FV12	201	Wiesbaden-Berlin	stündlich		Nach Offenbach	von Offenbach

¹ Referenzdokument Deutschlandtakt (3.GE) abrufbar unter <https://www.deutschlandtakt.de/news-und-downloads/downloads/#articlefilter=alle>

FV45	501	Stuttgart-Hamburg	stündlich		Nach Offenbach	von Offenbach
FV8	801	München-Hamburg	stündlich		Nach Offenbach	von Offenbach
FV97	901	Freiburg-Berlin	zwei-stündlich		Nach Offenbach	von Offenbach
FV17	701	Kiel/Mainz-Passau/München	stündlich		Nach F-Mainkur	von F-Mainkur
HeEx5	2000	Wiesbaden-Bebra	stündlich		Nach Offenbach	von Offenbach

Tabelle 6: Umsetzung des Betriebsprogramms gem. D-Takt im Modell (Relation West-Ost)

Gem. Deutschlandtakt sollen somit künftig (unabhängig von der Variante) durchschnittlich 8,5 Züge pro Stunde und Richtung durch den Fernbahntunnel verkehren. Da gem. Aufgabenstellung (s. Abschnitt 4.4.1) jedoch ein Durchsatz von 12 Zügen pro Stunde und Richtung gefordert war, wurden im Modell weitere Takte hinterlegt und das Modell entsprechend auf 12 Züge pro Richtung und Stunde erweitert (Darstellung der aufgefüllten Takte im Modell in blauer Farbe / vierstellige Zugnummern).

Ermittlung des verketteten Belegungsgrades:

Der verkettete Belegungsgrad gem. UIC-Richtlinie 406 wurde in den Varianten 2-4 richtungsabhängig für die beiden Teilbereiche „freie Strecke“ (d.h. ohne Berücksichtigung der langen Haltezeiten in Frankfurt Hbf) und für die Gesamtstrecke des Fernbahntunnels (Start: km 0,0 in Höhe der Niederräder Brücke; Ziel: FOW (südmainisch) bzw. FFO (nordmainisch)) ermittelt. Das UIC-Merkblatt 406 unterscheidet verschiedene Streckenkategorien:

- artreine S-Bahn-Netze
- artreine Hochgeschwindigkeitsstrecken
- Strecken mit Mischverkehr

Im Untersuchungsbereich werden mit 100-130km/h (nur partiell 160km/h) weder hohe Geschwindigkeiten gefahren und es herrscht kein Mischverkehr i.S.v. unterschiedlichen Geschwindigkeitsprofilen. Durch die Homogenität der Zufahrten i.S.d. Triebfahrzeugcharakteristika ist daher ein S-Bahn-ähnlicher Verkehr zu erkennen. Allerdings besteht im Fernverkehr weniger die Möglichkeit, so flexibel wie im S-Bahnverkehr auf Verspätungen zu reagieren (z.B. Teilausfall wegen zu hoher Streckenbelastung und Verweis der Fahrgäste auf die nächste S-Bahn in üblicherweise 10-20min). Zudem verkehren die Fernverkehrszüge im Gegensatz zu den meisten S-Bahn-Systemen nicht auf weitgehend eigenen Gleiskörpern und sind daher anfälliger für Verspätungen. Gleichwohl ist der Fernbahntunnel auch nicht als reine HGv-Strecke zu sehen, da hier nur vergleichsweise geringe Geschwindigkeiten gefahren werden und sich dies u.a. in der Blockteilung sowie – bedingt durch den Planhalt in FFTS – längeren Standzeiten widerspiegelt.

Gem. dem in Punkt 4.4.1 beschriebenen Vorgehen wurde in der vorliegenden Untersuchung eine Tagesganglinie (ohne Berücksichtigung eventueller Hauptverkehrszeiten) zugrunde gelegt.

Der anzusetzende Referenzwert gem. UIC-Code 406 wurde darauf basierend auf 75% angesetzt welcher in den folgenden Kapiteln entsprechend herangezogen wird.

4.4.5. Annahmen

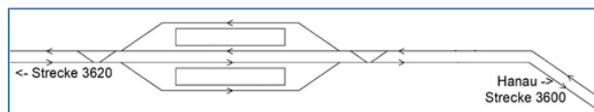
- Da in der vorliegenden Fahrplanstudie zunächst vom (ungestörten) Regelbetrieb ausgegangen wurde, erfolgen keine Fahrten am Gegengleis.
- Die Fahrzeit der nordmainischen / südmainischen Strecken wird zwischen Frankfurt Hbf und dem Knoten Hanau als annähernd gleich unterstellt. Abgesehen von den Ein-schränkungen im Knoten Hanau (Fahrstraßenausschlüsse / Geschwindigkeitseinbrüche) besteht folglich für die Fernverkehrslinien keine Vorfestlegung, ob diese über die nordmainische oder die südmainische Strecken geführt werden müssen. Die Festlegungen bzgl. Durchführung durch den Knoten Hanau s. Abschnitt 4.4.4.
- Haltezeiten wurden gem. Deutschlandtakt 3. Gutachterentwurf im Modell berücksichtigt (d.h. in der Regel 4 min, bei einer Spanne zwischen 3 min und 7 min). Bei der Berechnung gem. UIC-Code 406 wurde in diesem Zusammenhang angenommen, dass bei Zügen, welche eine planmäßige Haltezeit von >5min aufweisen, lediglich eine Mindesthaltezeit von 5min zu berücksichtigen ist und die übrigen 1-2min für den Abbau von Verspätungen genutzt werden können.
- Als Referenzfahrzeug des Fernverkehrs diente ein RailJet-Zug in Doppeltraktion (LüP 410 m), welcher als modernes, leistungsstarkes Fahrzeug in der Lage ist, repräsentativ für andere Fernverkehrsfahrzeuge (IC/ICE) das Fahrverhalten für den Fernbahntunnel - mit Neigungen bis zu 25 Promille - zu modellieren. Es wird jedoch empfohlen, in späteren Planungsphasen die Fahrzeugwahl feiner zu untergliedern. Für den HeEx als einziger SPNV-Zug im Fernbahntunnel wurde ein Stadler FLIRT 3 unterstellt.
- Die Zugfolge-Pufferzeit wurde in Einklang mit der Ril 402 auf 1 min festgelegt und im Modell berücksichtigt.
- Der Regelfahrzeitzuschlag wurde auf 4% gesetzt.
- Ein Bauzuschlag wurde mangels entsprechender Angaben nicht hinterlegt. Es wird jedoch empfohlen, diesen Zuschlagsanteil bei Weiterentwicklung des Modells in Rücksprache mit I.NB-MI-V1 zu bestimmen und zu berücksichtigen.
- Signaltechnisch wurde von folgenden Annahmen ausgegangen (eine gesonderte LST-Planung lag zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie nicht vor):
 - Zugsicherungssystem ETCS L2 ohne Signale (nur Markerboards)
 - Blockteilung regulär 700 m (tlw. geringfügige Abweichungen im Bereich der Streckenverzweigungen), im jeweils letzten Abschnitt im Einfahr- bzw. Ausfahrbereich vor und hinter Frankfurt Hbf (Betriebsstelle FFTS) 450 m
 - D-Wege im Bereich der Station FFTS 70 m (u.a. wegen der geringen Längenausdehnung der Stationsgleise); Gefahrpunktabstand in den Abschnitten der freien Strecke 200 m

4.4.6. Zusammenhang Knoten Hanau

Eine genauere Betrachtung bzw. Integration des Knotens Hanau im Modell erfolgte nicht, wird jedoch für tiefergehende Untersuchungen in den nächsten Leistungsphasen unbedingt empfohlen.

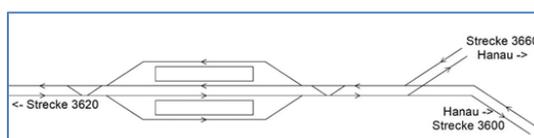
4.4.7. Ergebnisse

4.4.7.1 Variante 2



- Es konnte ein **konfliktfreier Fahrplan** konstruiert werden.
- Im Bereich des neuen Frankfurter Hbf (FFTS) kommt es häufig zu kurz hintereinander erfolgenden Ankünften aus einer Richtung. Diese konnten durch alternierende Gleisnutzung von Gleis 1 und 2 (West-Ost) bzw. 3 und 4 (Ost-West) konfliktfrei auskonstruiert werden. Die mit 4-7min eher langen Haltezeiten an den beiden pro Richtung zur Verfügung stehenden Bahnsteigkanten führen insgesamt zu einer hohen Auslastung des Bahnhofs (~70% je Gleis).
- Der Verkettete Belegungsgrad gem. UIC-Merkblatt 406 wurde mittels RailSys ermittelt und beträgt bei Zugrundelegung einer Mindesthaltezeit von 4min bzw. 5min (s. Kapitel 4.4.5):
 - **für die Relation FNI-FOW: 69,9%** (ohne Berücksichtigung von Pufferzeiten). Dies ergibt sich hauptsächlich aus den relativ langen Belegungszeiten der beiden alternierend genutzten Bahnsteigkante (West-Ost: Gleise 1 und 2 // Ost-West: Gleise 3 und 4).
 - Der Wert entlang des freien Streckenabschnitt (d.h. ohne Berücksichtigung des Halts in Frankfurt Hbf) liegt für die Strecke 3620 zwischen FAOH und FOW bei lediglich etwa **31%**, Der Wert erscheint durch das homogene Betriebsprogramm (gleicher Zugtyp und daraus resultierende gleichförmige Sperrzeitentuppen) sowie kurzen Blöcken (700m) plausibel.

4.4.7.2 Variante 3



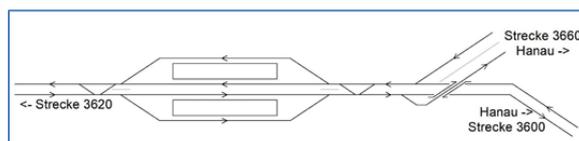
- Es wurden zunächst in der Fahrplankonstruktion vereinzelte Fahrstraßenkonflikte im Bereich der höhengleichen Ausfädelung der Strecke 3669 im Bereich Abzweig Ostha-fen (FAOH) festgestellt, welche sich durch Umlegung auf die süd- bzw. nordmaini-sche Strecke beheben ließen. Es konnte somit ein konfliktfreier Fahrplan konstruiert werden.
- Im Bereich des neuen Frankfurter Hbf (FFTS) kommt es häufig zu kurz hintereinander erfolgenden Ankünften aus einer Richtung. Diese konnten durch alternierende Gleisnutzung von Gleis 1 und 2 (West-Ost) bzw. 3 und 4 (Ost-West) konfliktfrei auskonstruiert werden. Die mit 4-7min eher langen Haltezeiten an den beiden pro Richtung zur Verfügung stehenden Bahnsteigkanten führen insgesamt zu einer hohen Auslastung des Bahnhofs (~70% je Gleis)
- Fahrstraßenausschlüsse im Bereich des Verzweigungsbereichs sind in der Konstruktion umgehbar, dürften aber unter Realbedingungen (Simulation) auftreten. Diese

könnten dann ggf. dadurch minimiert werden, dass möglichst viele Züge der Relation West-Ost über die südmainische Strecke und möglichst viele Züge der Relation Ost-West über die nordmainische Strecke geführt werden. Das würde jedoch zu einer richtungsbezogen ungleichmäßigen Belastung der beiden Anschlussstrecken 3600 / 3660 führen und hängt natürlich ebenfalls stark von der künftigen Ausgestaltung des Knotens Hanau sowie des Betriebsprogramms des Nah- und Güterverkehrs auf den beiden Strecken ab.

- Sollte eine flexible Betriebsführung über die nord- bzw. südmainische Strecke (z.B. aus Zwangspunkten wie Fahrstraßenausschlüssen, Geschwindigkeitseinbrüchen, o.ä. in Hanau) nicht möglich sein, wird dies – bedingt durch die höhengleiche Ausfädelung im Bereich der Verzweigung) zu Verspätungen führen. Dies sollte auch in der EBWU (Lph 1) genauer untersucht werden. Voraussetzung dazu ist jedoch eine Abschätzung über die künftige Ausgestaltung des Knotens Hanau.
- Der Verkettete Belegungsgrad gem. UIC-Merkblatt 406 wurde mittels RailSys ermittelt und beträgt bei Zugrundelegung einer Mindesthaltezeit 4min bzw. 5min (s. Kapitel 4.4.5.):
 - **für die Relation FNI-FOW: 68,0%** (ohne Berücksichtigung von Pufferzeiten). Dies ergibt sich hauptsächlich aus den relativ langen Belegungszeiten der beiden alternierend genutzten Bahnsteiggleise (West-Ost: Gleise 1 und 2 // Ost-West: Gleise 3 und 4).
 - **für die Relation FNI-FFO: 74,2%** (ohne Berücksichtigung von Pufferzeiten). Dies ergibt sich hauptsächlich aus den relativ langen Belegungszeiten der beiden meist alternierend genutzten Bahnsteiggleise (West-Ost: Gleise 1 und 2 // Ost-West: Gleise 3 und 4) sowie den höhengleich kreuzenden Fahrten der Relation FOW-FNI.
 - **Der Wert entlang der freien Streckenabschnitte** (d.h. ohne Berücksichtigung des Halts in Frankfurt Hbf) liegt
 - für die Strecke 3620 zwischen FAOH und FOW bei lediglich etwa **19%**,
 - für die Strecke 3669 zwischen FAOH und FFO bei lediglich etwa **13%**

Die beiden Werte erscheinen durch die Aufteilung auf nordmainische/ südmainische Strecke, das homogene Betriebsprogramm (gleicher Zugtyp und daraus resultierende gleichförmige Sperrzeitentreppen) sowie den kurzen Blöcken (700 m) plausibel.

4.4.7.3 Variante 4



- Es konnte ein **konfliktfreier Fahrplan** konstruiert werden.
- Im Bereich des neuen Frankfurter Hbf (FFTS) kommt es häufig zu kurz hintereinander erfolgenden Ankünften aus einer Richtung. Diese konnten durch alternierende Gleisnutzung von Gleis 1 und 2 (West-Ost) bzw. 3 und 4 (Ost-West) konfliktfrei auskonstruiert werden. Die mit 4-7min eher langen Haltezeiten an den beiden pro Rich-

tung zur Verfügung stehenden Bahnsteigkanten führen insgesamt zu einer hohen Auslastung des Bahnhofs (~70% je Gleis).

- Der verkettete Belegungsgrad gem. UIC-Merkblatt 406 wurde mittels RailSys ermittelt und beträgt bei Zugrundelegung einer Mindesthaltezeit von 4min bzw. 5min (s. Kapitel 4.4.5.):
 - **für die Relation FNI-FOW: 68,9%** (ohne Berücksichtigung von Pufferzeiten). Dies ergibt sich hauptsächlich aus den relativ langen Belegungszeiten der beiden alternierend genutzten Bahnsteigkanten (West-Ost: Gleise 1 und 2 // Ost-West: Gleise 3 und 4).
 - **für die Relation FNI-FFO: 72,2%** (ohne Berücksichtigung von Pufferzeiten). Dies ergibt sich hauptsächlich aus den relativ langen Belegungszeiten der beiden meist alternierend genutzten Bahnsteigkanten (West-Ost: Gleise 1 und 2 // Ost-West: Gleise 3 und 4)
 - **Der Wert entlang der freien Streckenabschnitte** (d.h. ohne Berücksichtigung des Halts in Frankfurt Hbf) liegt
 - für die Strecke 3620 zwischen FAOH und FOW bei lediglich etwa **18%**,
 - für die Strecke 3669 zwischen FAOH und FMK bei lediglich etwa **13%**

Die beiden Werte erscheinen durch die Aufteilung auf nordmainische / südmainische Strecke, das homogene Betriebsprogramm (gleicher Zugtyp und daraus resultierende gleichförmige Sperrzeitentreppen) sowie kurzen Blöcken (700 m) plausibel.

4.4.7.4 Zusammenfassung

- **Der Deutschland-Takt ist mit durchschnittlich 8,5 Zügen pro Stunde und Richtung konfliktfrei konstruierbar.**
- **Auch ist die Erweiterung auf 12 Züge pro Stunde und Richtung konstruktiv konfliktfrei möglich.**
- Der **Grenzwert** nach UIC-Code 406 für den verketteten Belegungsgrad wurde gem. Kapitel 4.4.4 auf 75% gesetzt. Dies wird in keiner der untersuchten Infrastrukturvarianten auch für 12 Züge je Std und Richtung überschritten (maximaler Wert aus Var. 3: 74,2%). Betrachtet man rein die Abschnitte der freien Strecke (FNI-FFTS / FFTS-FOW / FFTS-FFO) liegen die Werte gem. UIC-Code 406 auf deutlich niedrigerem Niveau..
- Maßgebend für die Werte gem. UIC-Code 406 ist in allen untersuchten Varianten der Bahnhofsbereich in FFTS. Die Strecke selbst könnte durch das homogene Betriebsprogramm sowie die kurzen Blockteilungen noch weitere Verkehre aufnehmen. Zudem muss für die Züge durch den Fernbahntunnel Frankfurt sichergestellt werden, dass auf den angrenzenden Strecken 3600 und 3660 die entsprechenden Kapazitäten verfügbar sind.
- Bei einigen Linien des D-Takts wird in der Praxis die Möglichkeit bestehen, Haltezeitüberschüsse zum Verspätungsabbau zu nutzen, da deren planmäßige Haltezeiten mit 5-7min größer sind als die angenommene Mindesthaltezeit. Dies wurde gem. Kapitel 4.4.5 in der Berechnung gem. UIC-Code 406 berücksichtigt.

- **Die Eignung der Variante 2 hängt von der Kapazität der angrenzenden Strecke 3600 und der künftigen Ausgestaltung des Knotens Hanau ab**, was aus heutiger Sicht nicht gegeben wäre.
- **Die Eignung der Variante 3 hängt zudem stark von der Führung der Linien über die nord- bzw. südmainischen Strecken ab**, da in dieser Variante ein erhebliches Risiko von Fahrstraßenausschlüssen im Bereich der höhengleichen Ausfädelung in FAOH besteht. Daher ist eine ausreichende Flexibilität für zukünftige Angebotskonzepte nicht gegeben.
- **Aus betrieblicher Sicht ist eine höhenfreie Ausführung (Varianten 4-6) des Verzweigungsbereiches zu bevorzugen**, da sie eine hinreichende Flexibilität für zukünftige Angebotskonzepte bietet und es im Verspätungsfall nicht zu Fahrstraßenausschlüssen und damit zur Übertragung von Verspätungen auf weitere Züge kommt.
- Es ist in Anbetracht des hohen Betriebsaufkommens (insbes. in der Station Frankfurt Hbf sowie im Übergangsbereich zur bereits stark belasteten Strecke 3600) in Leistungsphase 1 mittels EBWU noch nachzuweisen, dass eine optimale Betriebsqualität gewährleistet werden kann

4.4.8. Fahrzeitberechnung

Die folgenden Angaben beinhalten einen Fahrplanhalt von 4 min am durchgehenden Hauptgleis (Gl. 2 bzw. Gl. 3) in Frankfurt Hbf und unterstellen eine ansonsten unterbrechungsfreie Fahrt. Startpunkt der Fahrzeitberechnung ist der Beginn der Tunnelstrecke in km 0,0 (in Höhe der Niederräder Brücke), Endpunkt sind die Verknüpfungspunkte im Bereich Frankfurt-Ost (FFO / km 2,530) bzw. im Bereich des neuen Abzweigs Offenbach-West (FOW / km 8,650):

Fahrtrichtung FNI-FOW (südmainisch)	Fahrtrichtung FOW-FNI (südmainisch)	Fahrtrichtung FNI-FFO (nordmainisch)	Fahrtrichtung FFO-FNI (nordmainisch)
10,5	10,4	10,3	10,3

Angaben in [min]; Regelfahrzeit (einschl. 4% Zuschlag). Da die Varianten sich bzgl. Fahrzeit nur sehr geringfügig unterscheiden, wurde hier keine variantenspezifische Untergliederung vorgenommen

4.4.9. Grenzen / Einschränkungen des Modells:

- Es ist keine Aussage über die Durchfädelung der Züge im Knoten Hanau möglich. Ferner könnten Konflikte zwischen Frankfurt-Ost bzw. Offenbach und Hanau auftreten, welche aus dem Modell nicht abzusehen sind. Gleiches gilt für den Bereich der Einfädelung in Frankfurt-Niederrad an die Strecke 3520.
- Die ETCS-Blockteilung wurde auf Basis von Erfahrungswerten getroffen, da es hierzu keine einheitlichen Planungsvorgaben (etwa aus dem DB-Regelwerk oder seitens des Projektes) gibt. Die Blockteilung ist in den späteren Planungsphasen zu prüfen bzw. detaillierter zu beplanen. Es kann jedoch festgehalten werden, dass sich die Blockteilung weder auf die Gesamtkosten signifikant auswirken wird, noch dass diese als die maßgeblich kapazitiv einschränkende Größe des Modells zu sehen wäre.

- Die in dieser Machbarkeitsstudie durchgeführte Fahrplankonstruktion für 12 Züge pro Stunde und Richtung im Modell vermag lediglich eine Abschätzung der vsl. Leistungsfähigkeit vorzunehmen. Sie ersetzt jedoch nicht eine Betriebssimulation bzw. tiefergehende Kapazitätsanalyse, mithilfe derer noch verlässlichere Aussagen über die *tatsächliche Stabilität* des Fahrplans unter Realbedingungen zu treffen sind. Zu diesem Zweck empfiehlt sich auch eine Präzisierung folgender Elemente:
 - die Bereiche der Einfädelpunkte in F-Niederrad, Offenbach-West sowie F-Ost
 - die Spurplanfestlegung für den Bahnhof Frankfurt Hbf (Diese war für die in dieser Studie untersuchten Varianten noch nicht maßgebend, da fahrplanmäßig ohnehin nur zwei Gleise pro Richtung zur Verfügung stehen und die Nutzung der beiden gegenläufigen Gleise weder vorgesehen noch - wegen der hohen Zugzahlen - konstruktiv möglich sind).
- Die Betrachtung erfolgte ohne Berücksichtigung der (vsl. sehr verkehrsarmen) Nachtzeiten, sondern bezieht sich auf die gleichmäßig stark belastete Zeittagsüber. Eine Spitzenlast, z.B. durch Verstärkerzüge o.ä. war gem. D-Takt bzw. Aufgabenstellung nicht zu berücksichtigen.

4.4.10. Anhänge

Wie in Kapitel 4.4.7 erwähnt, waren die untersuchten Varianten 2-4 konfliktfrei konstruierbar und unterscheiden sich in der Fahrplandarstellung nur geringfügig. Daher beziehen sich die Anhänge lediglich auf eine Variante, nämlich die (durch die höhengleiche Ausfädelung betrieblich unvorteilhafteste) Variante 3:

- Anhang 12.1: Geschwindigkeitsprofil (v-s-Diagramm) für die Relationen FNI-FOW sowie FNI-FFO
- Anhang 12.2: Auszüge aus der Trassenansicht, pro Strecke, tagesrepräsentatives Zweistundenfenster
- Anhang 12.3: Übersicht über die Gleisbelegung im Bahnhof Frankfurt Hbf (FFTS), tagesrepräsentatives Zweistundenfenster
- Anhang 12.4: prozentuale Belegung der Gleise in FFTS, Gleise 1-4; tagesrepräsentatives Zweistundenfenster

5 Rettungskonzept

5.1 Zweck des Rettungskonzeptes

Das Rettungskonzept beschreibt alle für die Sicherheit der Reisenden und des Zugpersonals sowie der Notfalldienste relevanten baulichen, technischen und organisatorischen Maßnahmen für den Notfall in der für die gegenständliche Projektphase (Machbarkeitsstudie) erforderlichen Detailtiefe.

5.2 Schutzobjekte und Schutzziele

Im Rahmen des Rettungskonzeptes werden als zu schützende Objekte die Reisenden, das Zugpersonal, die Notfalldienste sowie Dritte angesehen. Bei einem Notfall in einem unterirdischen Verkehrsbauwerk sind die Reisenden und das Zugpersonal Gefährdungen mit Leib und Leben ausgesetzt. Deshalb ist anzustreben, dass diese den unmittelbaren Gefährdungsbereich so schnell wie möglich in einen sicheren Bereich verlassen können.

5.3 Gefährdungen, betrachtete Risikoszenarien

Im Rettungskonzept wird auf die im Tunnel und in der Station relevanten Risikoszenarien eingegangen. In der folgenden Tabelle sind die Initialereignisse und die daraus resultierenden Risikoszenarien zusammengefasst, die beim Zugbetrieb im Fernbahntunnel Frankfurt auftreten können. Basis ist die Festlegung, dass das Betriebsprogramm für den Fernbahntunnel Frankfurt einen reinen Schienenpersonenverkehr vorsieht und ein Mischbetrieb ausgeschlossen ist.

Risikoszenarien		
Initialereignis	Beteiligung	Schadensszenarien
Brand	Personenzug	Brand (Hitze- und Rauchgasentwicklung)
Entgleisung	Personenzug	Leichte/schwere mechanische Schadenswirkung Schwere mechanische Schadenswirkung + Brand
Zusammenstoß	Personenzug	
Längerer Halt	Personenzug	Gefährdung von Personen durch andere Zugfahrten nach spontaner Evakuierung ohne unmittelbare Gefährdung

Tabelle 7: Darstellung möglicher Risikoszenarien im Tunnel

Das Risikoszenario „**Brand Personenzug**“ wird unter Berücksichtigung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß als das maßgebende Szenario für die Sicherheit der Reisenden und des Zugpersonals angesehen. Dieses und auch die anderen Szenarien können sich unter entsprechend ungünstigen Randbedingungen zu einem katastrophalen Ausmaß entwickeln, bei dem die vorgesehenen Maßnahmen nur bedingt wirksam sind.

Bei einem Brand eines Personenzuges im Tunnel besteht die Hauptgefährdung für die Personen infolge zunehmender, starker Rauchgasentwicklung.

5.3.1. Risikoszenario „Brand Personenzug“ - Ereignisbaum

Beim maßgebenden Risikoszenario „Brand Personenzug“ befindet sich der Ereigniszug kurz vor Einfahrt in den Fernbahntunnel bzw. bereits im Tunnel. Der Brand wird in der Folge entweder durch das Zugpersonal, durch Reisende oder bei Einfahrt in die Station durch wartende Personen bzw. Überwachungskameras am Bahnsteig bemerkt und gemeldet.

In der folgenden Darstellung ist der Ereignisverlauf für das maßgebenden Risikoszenario in Form eines Ereignisbaums übersichtlich abgebildet. Das für das Rettungskonzept vorrangig maßgebende Risikoszenario ist gelb hervorgehoben.

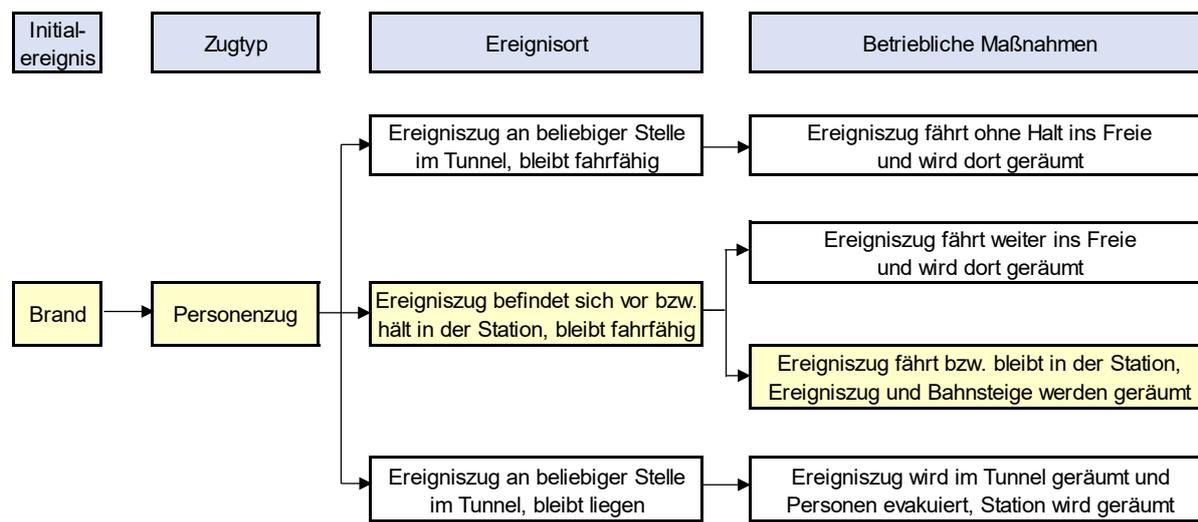


Abbildung 68: Ereignisbaum "Brand Personenzug"

5.3.2. Betriebliche Maßnahmen

Als das maßgebende Szenario für die Projektierung wird angesehen, dass der in der Station stehende und brennende Personenzug nicht mehr ins Freie fährt, sondern stehen bleibt und umgehend unter Anweisung des Zugpersonals geräumt wird (Abbildung 68). Es gelten demnach folgende betriebliche Erstmaßnahmen:

- Ein im Abschnitt vor der unterirdischen Station in Brand geratener Personenzug hält in der Station Hauptbahnhof und wird dort evakuiert. Ansonsten soll der Zug ins Freie fahren
- Ein Einfahren weiterer Züge in den Tunnel muss bei einem Brandfall im Tunnel verhindert werden. Befinden sich noch andere Züge gleichzeitig mit dem Ereigniszug im Fahrtunnel bzw. in der Station, sind diese aus dem Tunnel zu fahren

5.4 Grundsätze des Rettungskonzepts

Das Rettungskonzept basiert aufgrund von Erfahrungen mit dem zeitlichen Ablauf von Schadensereignissen in Tunneln in der ersten Phase auf der Selbstrettung. In zweiter Phase erfolgt ein Fremdrettungseinsatz durch interne (z.B. Hilfszug, Eisenbahnkran) und externe Notfalldienste (Feuerwehr, Rettung, Polizei und Fremdfirmen).

5.4.1. Selbstrettung

Grundsätzlich wird im Rettungskonzept davon ausgegangen, dass bei einem Notfall, bei dem eine Evakuierung bzw. Selbstrettung erforderlich ist, sich die Reisenden in der ersten Phase möglichst aus eigener Kraft aus dem unmittelbaren Gefahrenbereich von Bränden oder sonstiger Gefahrenquellen in einen sicheren Bereich bringen. Die Evakuierung des Ereigniszuges erfolgt auf Anweisung und mit Unterstützung des geschulten Zugpersonals in einen sicheren Bereich (sichere Röhre, Nottreppenhäuser). Endpunkt der Evakuierung ist der endgültig sichere Ort. Diese wären: das Freie im Anschluss an die unterirdische Station Hauptbahnhof, die Nottreppenhäuser oder die Tunnelportale.

5.4.2. Fremdrettung

Die Fremdrettung erfolgt durch interne und externe Notfalldienste. Ziel der Fremdrettung ist, jene Personen zu finden, die nicht aufgrund der Selbstrettung den Gefahrenbereich verlassen konnten. Diese ist in einen sicheren Bereich zu befördern bzw. auf andere Weise deren Sicherheit zu gewährleisten.

5.5 Grundsätze zur Tunnelsystemwahl

Auf zweigleisigen Strecken sind bei langen und sehr langen Tunneln gemäß EBA-Richtlinie die Fahrtunnel als **parallele, eingleisige** Tunnel anzulegen, wenn das Betriebsprogramm einen uneingeschränkten Mischbetrieb von Personen- und Güterzügen vorsieht. In diesem Fall erfolgt die Flucht der Personen und der Einsatz der Rettungsdienste über die Verbindungsbauwerke (Querschläge) und die benachbarte Tunnelröhre (sichere Röhre).

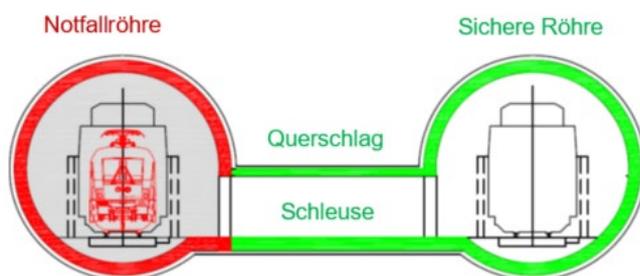


Abbildung 69: Zwei eingleisige Fahrtunnel in Parallellage (Symboldarstellung)

Die Fahrbahn in den Fahrtunneln muss gemäß EBA-Richtlinie für Straßenfahrzeuge befahrbar sein, wenn bei parallel verlaufenden Tunnelröhren eine Rettung über die jeweils benachbarte Tunnelröhre vorgesehen ist.

Kann bei langen Tunneln ein Mischbetrieb von Personen- und Güterzügen ausgeschlossen werden, können diese auch als zweigleisige Tunnel ausgeführt werden. Da das Betriebsprogramm für den Fernbahntunnel Frankfurt dezidiert **keinen Mischbetrieb** vorsieht, ist auch eine Ausführung als zweigleisiger Tunnel möglich.

Bei zweigleisigen Systemen gilt als sicherer Bereich entweder ein paralleler Rettungstunnel (mit Verbindungsbauwerken) oder Rettungsschächte ins Freie (Schleuse und Rettungsschacht (Nottreppenhäuser)).

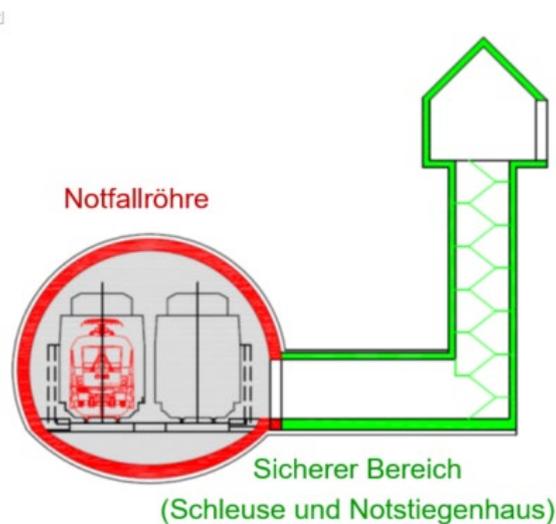


Abbildung 70: Zweigleisiger Fahrtunnel mit Notausgang ins Freie (Symboldarstellung)

5.6 Varianten und Rettungskonzepte Fernbahntunnel

5.6.1. Allgemeine tunnelsicherheitstechnische Aspekte der Tunnelsystemwahl

In der gegenständlichen Untersuchung des Rettungskonzeptes werden die sechs Varianten der Planungsstufe 3 näher betrachtet und dargestellt.

Für die nachträglich trassierungstechnisch untersuchten Zusatzvarianten 4.1 und 6.1 gelten die Ausführungen zum Rettungskonzept zu Variante 4 und 6 in analoger Weise.

5.6.1.1 Zwei eingleisige Fahrtunnel in Parallellage

In Bezug auf die Ereignisverhinderung (Prävention) hat ein eingleisiges System den Vorteil, dass vom Nachbargleis keine Gefährdungen ausgehen und deshalb keine Folgeereignisse (z.B. Kollision infolge einer Lichttraumverletzung) möglich sind. Das Vorhandensein von nur einem Gleis im Fahrtunnel wirkt zudem ausmaßmindernd gegenüber dem zweigleisigen Fahrtunnel, da bei einem Notfall (z.B. Brand, Entgleisung) keine Beeinflussung weiterer Fahrten auf dem anderen Gleis stattfinden kann. Ereignisse haben somit auch ein geringeres potenzielles Schadensausmaß. Ergänzend wirkt sich bei Entgleisungen die Leitwirkung der Tunnelwände ausmaßmindernd auf die Sicherheit aus.

Günstig für die Selbstrettung wirkt, dass zur Evakuierung keine Querung von (möglicherweise noch unter Betrieb stehenden) Gleisen notwendig ist. Nachteilig wirkt sich hingegen der kleinere Fahrtunnelquerschnitt aus, welcher bei einem Brand eine raschere Verrauchung und eine Verschlechterung der Selbstrettungsbedingungen mit sich bringen kann.

Bei der Fremdrettung bedingt der kleinere Querschnitt, dass weniger Platz für Operationen durch die Notfalldienste zur Verfügung steht sowie Nachteile infolge der Rauch- und Feuer- ausbreitung (ein kleinerer Querschnitt kann schneller verraucht werden).

5.6.1.2 Ein zweigleisiger Fahrtunnel

Bezüglich der Ereignisverhinderung (Prävention) bestehen Nachteile gegenüber dem eingleisigen Tunnel, da die Wahrscheinlichkeit von Folgeereignissen, die unmittelbar vom Nachbargleis ausgehen (z.B. Kollision infolge einer Lichtraumverletzung, Kollision nach Entgleisung), größer ist.

Die angeführten Nachteile in der Ereignisprävention gelten ebenso für die Ausmaßminderung, da bei den Risikoszenarien Entgleisung, Kollision und Brand eine Beeinflussung weiterer Züge am Nachbargleis nach sich ziehen. Auch die Leitwirkung der Fahrtunnelwände in Fahrtrichtung des Ereigniszuges nimmt bei einer Entgleisung mit zunehmender Querschnittsgröße ab, und die Gefahr des Verkeilens von entgleisten Fahrzeugen im Fahrtunnel nimmt zu.

Nachteilig wirkt bei der Selbstrettung, dass zum Erreichen der Notausgänge eine Gleisquerung erforderlich ist (Stolpergefahr, Gefährdung durch Fahrten). Günstig für die Selbstrettung wirken der größere Fahrtunnelquerschnitt und die dadurch größere Aufnahmekapazität heißer Rauchgase (sowie eine Verzögerung bei der Verrauchung der Fluchtwege).

Bei der Fremdrettung bietet der größere Querschnitt großzügigere Platzverhältnisse für Rettungsoperationen durch die Notfalldienste sowie Vorteile bei der Geschwindigkeit der Rauch- und Feuerausbreitung.

5.6.2. Variante 1: S1-O-T1-1_SK_NM

Kurzbeschreibung

Die Variante 1 basiert auf einem zweigleisigen Tunnelsystem. Aufgrund des Tunnelsystems ist eine Befahrbarkeit für Straßenfahrzeuge im Tunnel nicht erforderlich. Die Evakuierung der Reisenden und des Zugpersonals sowie der Feuerwehreinsatz erfolgen zu Fuß entweder über die Station, die Notausgänge ins Freie oder die Portale.

Die Variante erfordert mindestens 5 Notausgänge ins Freie, welche als Rettungsschächte (Nottreppenhäuser) im Abstand von ≤ 1.000 m ausgeführt werden. Alle Zu- und Ausgänge benötigen einen Rettungsplatz mit mind. 1.500m^2 Fläche, wobei auch öffentliche Flächen (Straßen, Wege, usw.) als Rettungsflächen herangezogen werden können (siehe Abschnitt 5.7.2). In Summe sind 7 Rettungsplätze notwendig (siehe Abbildung 71).

Notfallbewältigung brennender Personenzug/ Evakuierung außerhalb Station

Sollte ein brennender Personenzug außerhalb der Station im Tunnel zu liegen kommen, erfolgt die Evakuierung zu Fuß zu den vertikalen Notausgängen, den Portalen oder die Station. Die Fremdrettung und der Löschangriff der Feuerwehr erfolgt ebenso zu Fuß.

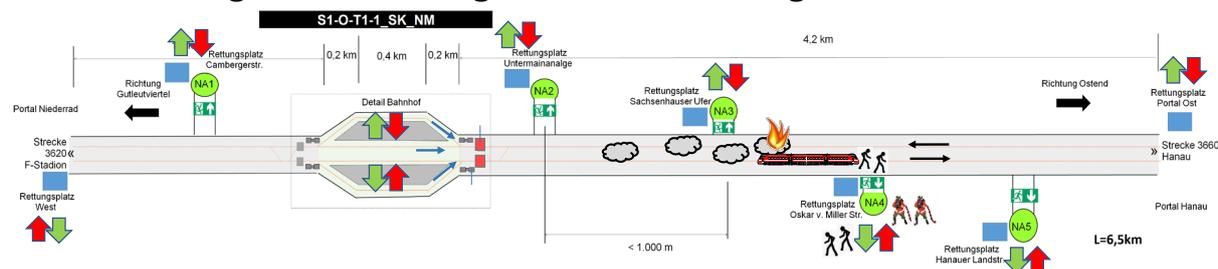


Abbildung 71: Variante 1 „S1-O-T1-1_SK_NM“ (Brandort im Ostabschnitt)

Brandfalllüftung

- Absaugung von 300 m³/s je nach Brandort im Lüftungsbauwerk Ost oder West
- Frischluftzufuhr von 375 m³/s in Station -> Station bleibt rauchfrei durch Überdruck
- Strahlventilatoren können kontrollierte Frischluftströmung Richtung Portale erzeugen

Bewertung (qualitativ)

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • einfaches Rettungs- und Lüftungssystem 	<ul style="list-style-type: none"> • längere Fluchtwege (bis zu 1.000 m)
<ul style="list-style-type: none"> • großer Querschnitt erleichtert Intervention und verraucht langsamer 	<ul style="list-style-type: none"> • Gefährdungen am Nachbargleis sind möglich
<ul style="list-style-type: none"> • (geringere Baukosten der Lüftung und der zugehörigen Lüftungskanäle)* 	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinflussungen der Oberfläche (durch die Notausgänge ins Freie)
	<ul style="list-style-type: none"> • Einstellen der Strömungsverhältnisse im Brandfall ist weniger gut steuerbar als bei eingleisigen Tunneln

Tabelle 8: Qualitativ Bewertung Variante 1 aus Sicht der Tunnelsicherheit

5.6.3. Variante 2: S2-O-T2-2_SK_SM

Kurzbeschreibung

Die Variante 2 basiert auf zwei eingleisigen, parallelen Tunnelröhren. Dabei ist eine Befahrbarkeit für Straßenfahrzeuge im gesamten Tunnel erforderlich. Lediglich im Bereich der Station, wo die Selbst-/Fremdrettung sowie der Feuerwehreinsatz zu Fuß erfolgen, könnte basierend auf den gängigen Regelwerken auf die Befahrbarkeit verzichtet werden. Dies wäre insbesondere für die beiden innenliegenden Bahnsteiggleise zu überlegen, da dies die Oberbaukonstruktion (keine Befahrbarkeit der Weichen) vereinfachen würde. Aufgrund der angestrebten Einbahnregelung für Straßenfahrzeuge im Notfall sollten aber zumindest die Hauptgleise auch in der Station befahrbar ausgeführt werden.

Die Variante erfordert mindestens 12 Notausgänge, welche die beiden Röhren als Querschläge im Abstand von ≤ 500 m miteinander verbinden und die Flucht, in die jeweils nicht betroffene Röhre ermöglichen. Die Zufahrten zu den Portalen benötigen jeweils einen Rettungsplatz mit mind. 1.500 m² Fläche mit Auffahrstellen auf die befahrbare Fahrbahn. Die Variante bedarf keiner Rettungsschächte (Notausgänge ins Freie). An den Portalen ist eine Trennwand zur Vermeidung eines Lüftungskurzschlusses der beiden Röhren vorzusehen.

Notfallbewältigung brennender Personenzug/ Evakuierung außerhalb Station

Bei einem Fahrzeugbrand flüchten die Reisenden und das Zugpersonal in die sichere Röhre, von wo die Evakuierung im Einbahnverkehr aus dem Tunnel erfolgt. Die Zu- und Einfahrt in die Röhren bzw. Fahrtrichtung im Tunnel sind in Abhängigkeit von Parametern wie Ereignistyp/ -ort, Standort Feuerwehr/Busse, Zufahrtsanbindung, Luftströmung, usw. zu entscheiden.

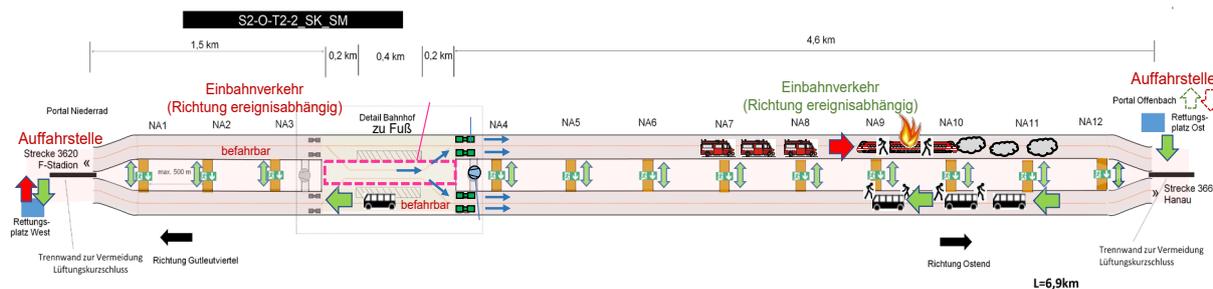


Abbildung 72: Variante S2-O-T2-2_SK_SM (Brandort im Ostabschnitt)

Brandfalllüftung

- Frischluftzufuhr von 300 m³/s je nach Brandort im Lüftungsbauwerk Ost oder West
- Frischluftzufuhr von 375 m³/s in Station -> Station bleibt rauchfrei durch Überdruck
- Strahlventilatoren erzeugen kontrollierte Frischluftströmung in Richtung der Portale

Bewertung (qualitativ)

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • einfaches Rettungs- und Lüftungssystem 	<ul style="list-style-type: none"> • kleiner Querschnitt (verraucht schneller, weniger Platz für Intervention)
<ul style="list-style-type: none"> • kurze Fluchtwege (≤ 500 m) 	<ul style="list-style-type: none"> • Evtl. sind Umkehrnischen im östlichen Abschnitt erforderlich
<ul style="list-style-type: none"> • keine Gefährdung am Nachbargleis möglich (keine Folgeereignisse am benachbarten Gleis) 	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung der Befahrbarkeit im Bf.-Bereich erfordert Sonderlösungen (Weichen, Bahnsteige)
<ul style="list-style-type: none"> • Brandfalllüftung gut steuerbar 	

Tabelle 9: Qualitativ Bewertung Variante 2 aus Sicht der Tunnelsicherheit

5.6.4. Variante 3: S2-W-T2-1_SK_Y

Kurzbeschreibung

Die Variante 3 basiert auf einem zweigleisigen Tunnelsystem mit Y-Trasse im Osten. Aufgrund des Tunnelsystems ist eine Befahrbarkeit für Straßenfahrzeuge im Tunnel nicht erforderlich. Die Evakuierung der Reisenden und des Zugpersonals sowie der Feuerwehreinsatz erfolgen zu Fuß entweder über die Station, die Notausgänge ins Freie oder die Portale.

Die Variante erfordert 6 Notausgänge ins Freie (Rettungsschächte) im Abstand ≤ 1.000 m. Alle Zu- und Ausgänge (Portale, Notausgänge) benötigen einen Rettungsplatz mit mind. 1.500 m² Fläche. In Summe sind 9 Rettungsplätze notwendig.

Notfallbewältigung brennender Personenzug / Evakuierung außerhalb Station

Sollte ein brennender Personenzug außerhalb der Station im Tunnel zum Halten kommen, erfolgt die Evakuierung zu Fuß zu den vertikalen Notausgängen ins Freie, den Portalen oder die Station. Die Fremdrettung und der Löschangriff der Feuerwehr erfolgen ebenso zu Fuß.

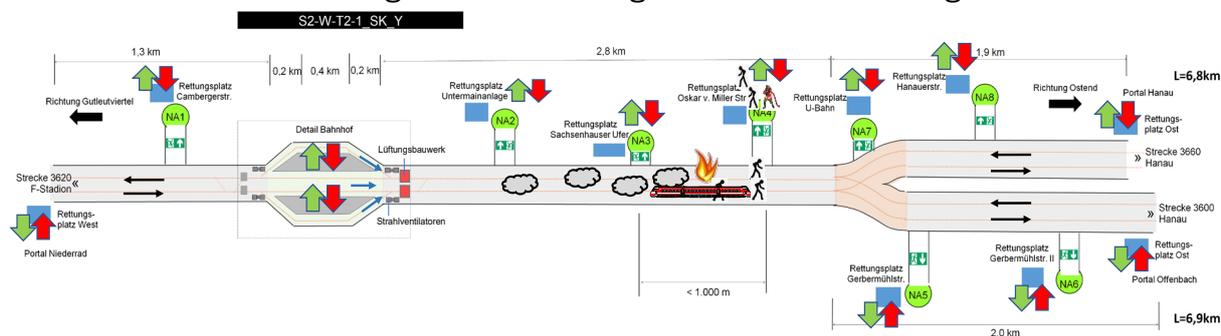


Abbildung 73: Variante S2-W-T2-1_SK_Y (Brandort im Ostabschnitt)

Brandfalllüftung

- Absaugung von 300 m³/s je nach Brandort im Lüftungsbauwerk Ost oder West
- Frischluftzufuhr von 375 m³/s in Station -> Station bleibt rauchfrei durch Überdruck
- Strahlventilatoren können kontrollierte Frischluftströmung Richtung Portale erzeugen

Bewertung (qualitativ)

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • einfaches Rettungs- und Lüftungssystem • großer Querschnitt erleichtert Intervention (und verraucht langsamer) • (geringere Baukosten der Lüftung inkl. Lüftungskanäle)* 	<ul style="list-style-type: none"> • längere Fluchtwege (bis zu 1.000 m) • Beeinflussungen der Oberfläche durch Notausgänge • Einstellen der Strömungsverhältnisse im Brandfall weniger gut steuerbar (als bei eingleisigen Tunneln)
	<ul style="list-style-type: none"> • Gefährdung am Nachbargleis möglich

Tabelle 10: Qualitativ Bewertung Variante 3 aus Sicht der Tunnelsicherheit

5.6.5. Variante 4a): S1-O-T1-1_SK_Y

Kurzbeschreibung

Die Variante 4a) basiert auf einem zweigleisigen Tunnelsystem mit Y-Trasse im Osten, deren nördlicher Ast mit zwei eingleisigen Tunnelröhren in Parallellage ausgeführt wird. Im zweigleisigen Tunnelabschnitt ist eine Befahrbarkeit für Straßenfahrzeuge im Tunnel nicht erforderlich. Eine solche ist aber für die eingleisigen Fahrtunnel östlich der Y-Verzweigung herzustellen. Um im Osten ein entsprechend flexibles Rettungskonzept mit Befahrbarkeit für Straßenfahrzeuge sicherstellen zu können, wird hier auch der zweigleisige Fahrtunnelabschnitt befahrbar ausgeführt. Die Einfahrstellen befinden sich beim Portal Hanau sowie Portal Offenbach.

Im zweigleisigen Tunnel sind 5 Notausgänge (Rettungsschächte) im Abstand ≤ 1.000 m vorzusehen. Östlich der Y-Verzweigung sind die beiden eingleisigen Fahrtunnel durch 3 Notausgänge (Querschläge) im Abstand ≤ 500 m verbunden. Aufgrund des großen Niveauunterschieds der beiden eingleisigen Fahrtunnel müssen die Querschläge mit Treppenläufen und

Zwischenpodesten oder zwischengeschalteten Schächten (Treppenhäuser) ausgeführt werden. Die Variante erfordert insgesamt 8 Rettungsplätze (mit jeweils 1.500 m²). Aufgrund der Verrauchungsgefahr beim Y-Bauwerk sind Maßnahmen zur Rauchfreihaltung der eingleisigen Fahrtunnel, die als sicherer Bereich dienen, erforderlich.

Notfallbewältigung brennender Personenzug/ Evakuierung außerhalb Station

Evakuierung, Fremdrettung und Löschangriff zu Fuß bzw. mit Straßenfahrzeugen.

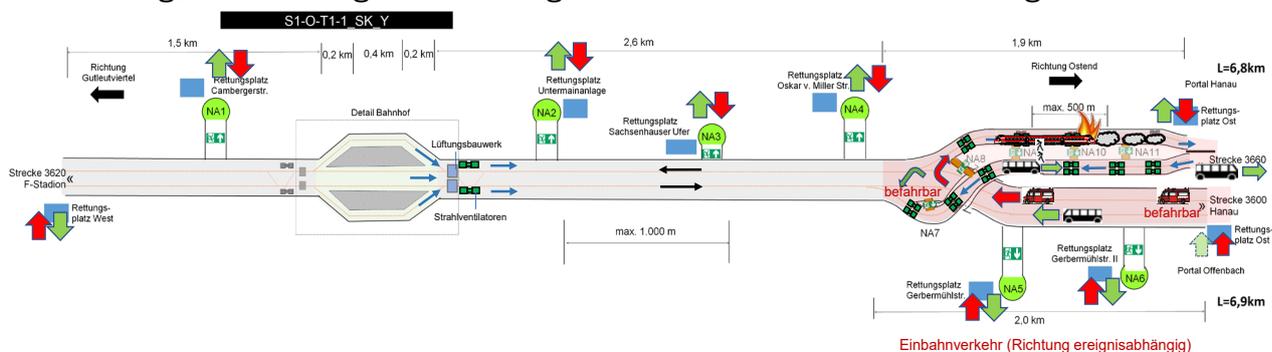


Abbildung 74: Variante 4(a) S1-O-T1-1_SK_Y (Brandort im Ostabschnitt)

Brandfalllüftung

- Frischluftzufuhr von 300 m³/s je nach Brandort im Lüftungsbauwerk Ost oder West
- Frischluftzufuhr von 375 m³/s in Station -> Station bleibt rauchfrei durch Überdruck
- Strahlventilatoren im 1-gleisigen Bereich, um eine rauchfreie Röhre zu gewährleisten

Bewertung (qualitativ)

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • großer Querschnitt erleichtert Intervention und verraucht langsamer 	<ul style="list-style-type: none"> • relativ komplexes System (Systemkombination); längere Fluchtwege (bis zu 1.000 m)
	<ul style="list-style-type: none"> • Gefährdung am Nachbargleis möglich
	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinflussungen der Oberfläche (NA ins Freie)
	<ul style="list-style-type: none"> • Lüftungsmaßnahmen für die eingleisigen Fahrtunnel sind erforderlich
	<ul style="list-style-type: none"> • östliche Querschläge mit großen Höhenunterschieden (erfordert Speziallösungen, Treppen)

Tabelle 11: Qualitativ Bewertung Variante 4a) aus Sicht der Tunnelsicherheit

5.6.6. Variante 4b): S1-O-T1-1_SK_Y

Kurzbeschreibung

In der Variante 4b) wurde die Variante 4a) dahingehend abgewandelt, als dass die östlichen eingleisigen Fahrtunnel nicht mit Querschlägen, sondern mit Notausgängen ins Freie (Rettungsschächten) ausgeführt werden. Dadurch ist hier eine Befahrbarkeit für Straßenfahrzeuge nicht erforderlich. Um die Vorgaben der TSI SRT für eingleisige, parallele Tunnel einzuhalten, werden hier die Notausgangsabstände von max. 500 m nicht überschritten.

Die Variante erfordert insgesamt 9 Notausgänge ins Freie und total 12 Rettungsplätze (mit jeweils 1.500 m²). Durch den direkten Fluchtweg ins Freie braucht es keine Maßnahmen zur Rauchfreihaltung beim Y-Bauwerk.

Notfallbewältigung brennender Personenzug / Evakuierung außerhalb Station

Die Evakuierung erfolgt zu Fuß zu den vertikalen Notausgängen ins Freie, den Portalen oder die Station. Die Fremdrettung und der Löschangriff der Feuerwehr erfolgt ebenso zu Fuß.

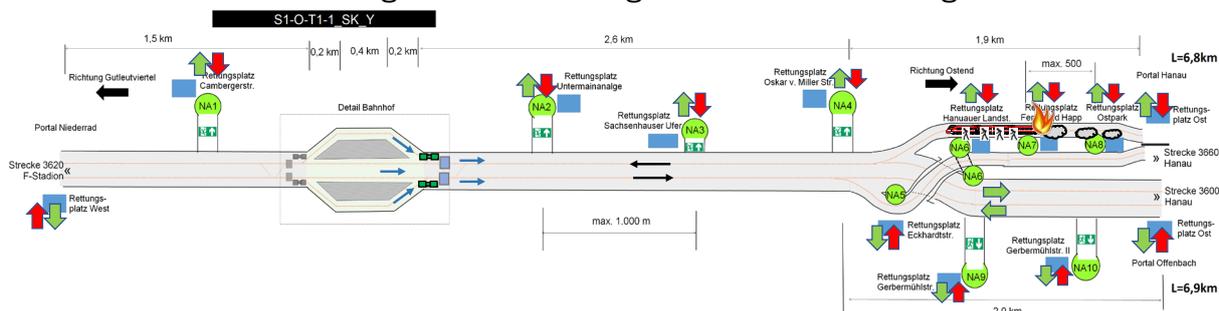


Abbildung 75: Variante 4b) S1-O-T1-1_SK_Y (Brandort im Ostabschnitt)

Brandfalllüftung

- Frischluftzufuhr von 300 m³/s je nach Brandort im Lüftungsbauwerk Ost oder West
- Frischluftzufuhr von 375 m³/s in Station -> Station bleibt rauchfrei durch Überdruck
- Strahlventilatoren können kontrollierte Frischluftströmung Richtung Portale erzeugen

Bewertung (qualitativ)

Vorteile	Nachteile
• einfaches System (keine Befahrbarkeit)	• Teils längere Fluchtwege (bis zu 1.000 m)
• großer Querschnitt erleichtert Intervention (und verrauchts langsamer)	• Gefährdung am Nachbargleis im zweigleisigen Bereich möglich
• Notausgänge alle 500 m im eingleisigen Fahrtunnel führen direkt ins Freie	• Beeinflussungen der Oberfläche (Notausgänge ins Freie)
• keine Strahlventilatoren im eingleisigen Bereich erforderlich	
• (geringere Baukosten der Lüftung inkl. Lüftungskanäle)*	

Tabelle 12: Qualitativ Bewertung Variante 4b) aus Sicht der Tunnelsicherheit

5.6.7. Variante 5: S2-O-T2-2_SK_Y

Kurzbeschreibung

Die Variante 5 basiert auf zwei eingleisigen, parallelen Tunnelröhren mit Y-Trasse im Osten, deren beide Äste ebenso als eingleisiger Tunnel in Parallellage ausgeführt werden. Dabei ist eine Befahrbarkeit für Straßenfahrzeuge im gesamten Tunnel erforderlich. Lediglich im Bereich der Station, wo die Selbst-/Fremdrettung sowie der Feuerwehreinsatz zu Fuß erfolgt, könnte basierend auf den gängigen Regelwerken auf die Befahrbarkeit verzichtet werden. Dies wäre insbesondere für die beiden innenliegenden Bahnsteiggleise zu überlegen.

Die Variante erfordert mindestens 16 Notausgänge, welche als Querschläge im Abstand von ≤ 500 m die beiden Röhren miteinander verbinden und die Flucht, in die jeweils nicht betroffene Röhre ermöglichen. Aufgrund der großen Niveauunterschiede der eingleisigen Fahrtunnel im Bereich um das Y-Bauwerk müssen die Querschläge mit Treppenläufen und Zwischenpodesten oder zwischengeschalteten Schächten (Treppenhäuser) ausgeführt werden.

Die Zufahrten zu den Portalen benötigen jeweils einen Rettungsplatz mit mind. 1.500 m² Fläche mit Auffahrstellen auf die befahrbare Fahrbahn. Die Variante bedarf keiner Rettungsschächte (Notausgänge ins Freie). Im Fahrtunnel sind keine Strahlventilatoren im eingleisigen Tunnel erforderlich, da die parallelen Röhren voneinander entkoppelt sind.

Notfallbewältigung brennender Personenzug/ Evakuierung außerhalb Station

Bei einem Fahrzeugbrand flüchten die Reisenden und das Zugpersonal in die sichere Röhre, von wo sie mit entsprechenden Evakuierungsmitteln (z.B. Bussen) aus dem Tunnel gebracht werden. Evakuierung und Feuerwehrangegriff sollten möglichst im Einbahnverkehr abgewickelt werden. Dabei ist die jeweilige Einfahrt in die Röhre bzw. Fahrtrichtung im Tunnel je nach Ereignistyp/ -ort, Standort der Feuerwehr/Busse, der Zufahrtsanbindung, Luftströmungsverhältnisse, etc.) ereignisbedingt durch die Einsatzleitung festzulegen.

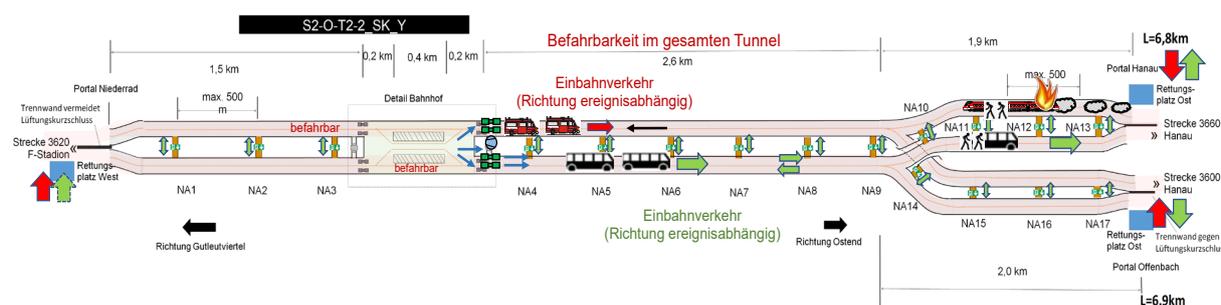


Abbildung 76: Variante 5 „S2-O-T2-2_SK_Y“ (Brandort im Ostabschnitt)

Brandfalllüftung

- Frischluftzufuhr von 300 m³/s je nach Brandort im Lüftungsbauwerk Ost oder West
- Frischluftzufuhr von 375 m³/s in Station -> Station bleibt rauchfrei durch Überdruck
- Strahlventilatoren erzeugen kontrollierte Frischluftströmung in Richtung der Portale

Bewertung (qualitativ)

Vorteile	Nachteile
• kurze Fluchtwege (<500m)	• komplexes System (insbes. Befahrbarkeit)
• keine Gefährdung am Nachbargleis	• Befahrbarkeit im Bf. schwierig (Weichen, Bstg)
• keine Lüftungsmaßnahmen im eingleisigen Fahrtunneln erforderlich	• östliche Querschläge mit großen Höhenunterschieden (erfordert Speziallösungen, Treppen)
	• kleinerer Querschnitt (verraucht schneller, wenig Platz)

Tabelle 13: Qualitativ Bewertung Variante 5 aus Sicht der Tunnelsicherheit

5.6.8. Variante 6: S1-W-T1-2_SK_Y

Kurzbeschreibung

Die Variante 6 basiert auf zwei eingleisigen, parallelen Tunnelröhren mit Y-Trasse im Osten, dessen beide Äste ebenso als eingleisige Tunnel in Parallellage ausgeführt werden. Dabei ist eine Befahrbarkeit für Straßenfahrzeuge im gesamten Tunnel erforderlich. Lediglich im Bereich der Station, wo die Selbst-/Fremdrettung sowie der Feuerwehreinsatz zu Fuß erfolgt, könnte basierend auf den gängigen Regelwerken auf die Befahrbarkeit verzichtet werden. Dies wäre insbesondere für die beiden innenliegenden Bahnsteiggleise zu überlegen.

Die Variante erfordert mindestens 15 Notausgänge, welche als Querschläge im Abstand von ≤ 500 m die beiden Röhren miteinander verbinden und die Flucht in die jeweils nicht betroffene Röhre ermöglichen. Aufgrund der großen Niveauunterschiede der beiden eingleisigen Fahrtunnel des nordmainischen Astes im Bereich des Y-Bauwerkes müssen die Querschläge mit Treppenläufen und Zwischenpodesten oder zwischengeschalteten Schächten (Treppenhäuser) ausgeführt werden. Die Zufahrten zu den Portalen benötigen jeweils einen Rettungsplatz mit mind. 1.500 m^2 Fläche mit Auffahrstellen auf die befahrbare Fahrbahn. Die Variante bedarf keiner Rettungsschächte. Im Fahrtunnel sind keine Strahlventilatoren im eingleisigen Tunnel erforderlich, da die parallelen Röhren voneinander entkoppelt sind.

Notfallbewältigung brennender Personenzug / Evakuierung außerhalb Station

Bei einem Fahrzeugbrand flüchten die Reisenden und das Zugpersonal in die sichere Röhre, von wo sie mit entsprechenden Evakuierungsmitteln (z.B. Bussen) aus dem Tunnel gebracht werden. Evakuierung und Feuerwehrangegriff sollten möglichst im Einbahnverkehr abgewickelt werden. Dabei ist die jeweilige Einfahrt in die Röhre bzw. Fahrtrichtung im Tunnel je nach Ereignistyp/ -ort, Standort der Feuerwehr/Busse, der Zufahrtsanbindung, Luftströmungsverhältnisse, etc. ereignisbedingt durch die Einsatzleitung festzulegen.

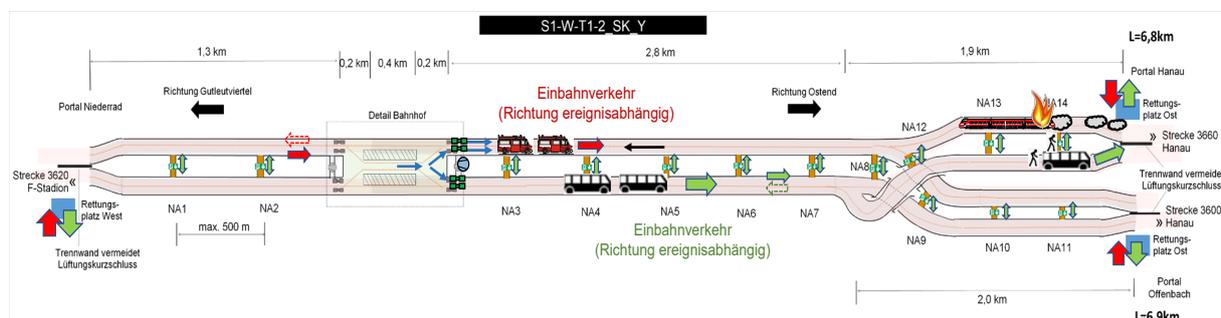


Abbildung 77: Variante 6 „S1-W-T1-2_SK_Y“ (Brandort im Ostabschnitt)

Brandfalllüftung

- Frischluftzufuhr von $300 \text{ m}^3/\text{s}$ je nach Brandort im Lüftungsbauwerk Ost oder West
- Frischluftzufuhr von $375 \text{ m}^3/\text{s}$ in Station -> Station bleibt rauchfrei durch Überdruck
- Strahlventilatoren erzeugen kontrollierte Frischluftströmung in Richtung der Portale

Bewertung (qualitativ)

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • kurze Fluchtwege ($< 500\text{m}$) 	<ul style="list-style-type: none"> • komplexes System (insbes. Befahrbarkeit)
<ul style="list-style-type: none"> • keine Gefährdung am Nachbargleis 	<ul style="list-style-type: none"> • Befahrbarkeit im Bf. schwierig (Weichen, Bstg)
<ul style="list-style-type: none"> • keine Lüftungsmaßnahmen im eingleisigen Fahrtunneln erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> • östliche Querschläge mit großen Höhenunterschieden (erfordert Speziallösungen, Treppen)
	<ul style="list-style-type: none"> • kleiner Querschnitt (verraucht schneller, weniger Platz für Intervention)

Tabelle 14: Qualitativ Bewertung Variante 6 aus Sicht der Tunnelsicherheit

5.7 Tunnelstrecke

Nachfolgend werden Maßnahmen der Ausmaßminderung, Selbst- und Fremddrettung beschrieben für die Tunnelstrecke (Fahrtunnel außerhalb der Station). Auf ereignisverhindernde (präventive) Sicherheitsmaßnahmen wird an dieser Stelle nicht eingegangen, da diese vorrangig netzweit und nicht tunnelspezifisch eingesetzt werden (z.B. interoperables Zugbeeinflussungssystem, Zuglaufcheckpoints, Maßnahmen der Instandhaltung, usw.).

5.7.1. Flucht- und Rettungswege

5.7.1.1 Bauliche Gestaltung / Sichere Bereiche, Fluchtwege

Gemäß EBA-Richtlinie muss von jeder Stelle eines Fahrtunnels, ein sicherer Bereich in höchstens 500 m Entfernung erreichbar sein (→ Abstand der Notausgänge in einen sicheren Bereich max. **1.000 m**). Das gilt nicht für Tunnel des Zweiröhren-Konzeptes. Hier gelten die Regelungen der TSI SRT (→ Abstand der Notausgänge in einen sicheren Bereich **500 m**). Der Lichtraum des Fluchtweges beträgt $B \times H = 1,20 \text{ m} \times 2,25 \text{ m}$.

5.7.1.2 Bauliche Gestaltung / Notausgänge gemäß EBA-Richtlinie

- **Rettungsschächte** bei zweigleisigen Tunneln dürfen höchstens 60 m Höhenunterschied aufweisen bei einem Höhenunterschied von mehr als 30 m ist in Rettungsschächten zusätzlich zur Treppe ein Aufzug mit einer Mindestabmessung des Fahrkorbs von $1,1 \text{ m} \times 2,1 \text{ m}$ erforderlich
- **Schleusen** sind in den Querschlägen zwischen zwei Fahrtunneln, zwischen Fahrtunnel und Rettungsschächten von mind. 12 m Länge anzuordnen. Ausgänge müssen mindestens so breit sein wie der Fluchtweg. Im Anschluss an Schleusen ist als Stauraum vor Treppen eine Fläche von mind. 25 m^2 anzuordnen
- **Türabmessungen** verlangen mind. $B \times H = 1,20 \text{ m} \times 2,25 \text{ m}$ (vgl. TSI-SRT: mind. $B \times H = 1,40 \text{ m} \times 2,00 \text{ m}$)
- **begehbarer Rettungstollen** hinter der Tür erfordert mind. $B \times H = 2,25 \text{ m} \times 2,25 \text{ m}$ (vgl. TSI-SRT: mind. $B \times H = 1,50 \text{ m} \times 2,25 \text{ m}$). Die begehbaren Rettungstollen dürfen max. 150 m lang sein, wenn sie nicht unmittelbar, sondern über Rettungsschächte ins Freie münden. Wenn der begehbare Rettungstollen unmittelbar ins Freie führt, darf er eine Länge von 300 m aufweisen. Die Längsneigung darf max. 10% betragen

5.7.2. Zufahrten und Rettungsplätze

Bei langen und sehr langen Tunneln ($> 1000 \text{ m}$) ist an den Tunnelportalen und Notausgängen jeweils ein Rettungsplatz anzuordnen. Zufahrten zu den Tunnelportalen müssen über die Rettungsplätze führen. Rettungsplätze sind entsprechend DIN 14090 auszuführen und müssen eine Gesamtfläche von mind. 1.500 m^2 aufweisen. Eine Aufteilung der erforderlichen Gesamtfläche eines Rettungsplatzes auf mehrere Teilflächen ist zulässig. Es können auch öffentliche Flächen (Straßen, Wege, Plätze) als Rettungsflächen herangezogen werden, wenn ein entsprechendes und mit den Notfalldiensten abgestimmtes Sperrkonzept vorgelegt werden kann.

Zu- und Abfahrt zu einem Rettungsplatz sind getrennt zu führen, oder ein Begegnungsverkehr mit Kraftfahrzeugen mit 2,50 m Breite ist zu gewährleisten. Bei Begegnungsverkehr mit Ausweichstellen sind diese derart anzuordnen, dass ein Sichtkontakt zwischen den Ausweichstellen gewährleistet ist.

Neben den Portalen und Notausgängen ins Freie besteht beim Fernbahntunnel Frankfurt die Zugangsmöglichkeiten über die Station Hauptbahnhof Frankfurt, welche an der Geländeoberfläche durch öffentliche Verkehrsflächen erreichbar ist.

5.7.3. Baulicher Brandschutz

Die Tragfähigkeit des Tunnelbauwerks muss im Brandfall mindestens für den Zeitraum aufrechterhalten bleiben, der für die Selbstrettung und die Fremdrettung von Fahrgästen und Personal erforderlich ist; ggf. sind Schleusentore zwischen der unterirdischen Station im Hauptbahnhof und dem Fernbahntunnel erforderlich, um bei einem Wassereintritt infolge des Versagens der Tunnelschale die Flutung der Station zu verhindern.

5.7.4. Branddetektion

Branddetektoren werden gemäß TSI SRT in den technischen Räumen angeordnet, in denen sich Sicherheitseinrichtungen für den Tunnel befinden. Im Fahrtunnel werden Branddetektoren im Stationsbereich angeordnet.

5.7.5. Lüftungsanlage

Die Lüftungsanlage wird grundsätzlich nur für den Notfallbetrieb verwendet (Brandfalllüftung). Die Lüftungsanlage muss dahingehend folgende Anforderungen erfüllen:

- Die Selbstrettung der Personen auf den gegebenen Fluchtwegen in der Selbstrettungsphase und den Rettungswegen ermöglichen
- Rauch- und Wärmeentwicklung auf den Fluchtwegen im Tunnel, im Verzweigungsbereich und in der unterirdischen Station verringern
- Die Fremdrettung und Brandbekämpfung unterstützen

5.7.6. Orientierungsbeleuchtung

Entlang der Randwege wird eine Orientierungsbeleuchtung mit einer Beleuchtungsstärke von mindestens 1 lx am Randweg installiert. Die Beleuchtung ist in Form eines beleuchteten Handlaufs vorgesehen. Im Eingangsbereich zu den Querschlägen bzw. Notausgängen wird eine verstärkte Beleuchtung vorgesehen.

5.7.7. Fluchtwegkennzeichnung

Die Fluchtwegkennzeichnung erfolgt in Kombination mit dem beleuchteten Handlauf, wobei die folgenden beiden Kennzeichnungen vorgesehen sind:

- Rettungszeichen „Rettungsweg - Notausgang“ beleuchtet in einem maximalen Abstand von 50 m, ergänzt mit dem Rettungszeichen „Richtungsanzeige“ in beide Richtungen und der jeweils entsprechenden Entfernungsangabe
- Rettungszeichen „Rettungsweg - Notausgang“ rückstrahlend (nachleuchtend), mindestens 1 x zwischen den oben angeführten Kennzeichen

Der Abstand der Rettungszeichen „Rettungsweg - Notausgang“ ist so gewählt, dass sich jeweils im Bereich eines Waggons (ca. 25 m) ein entsprechendes Zeichen befindet.

5.7.8. Löschwasserversorgung

Vor jedem Tunnelportal mit einem Rettungsplatz sowie für jedem Notausgang muss in einer Entfernung von höchstens 300 m ausreichend Löschwasser vorhanden sein.

In zweigleisigen Tunneln sind durchgängige trockene Löschwasserleitungen zu verlegen. Sie müssen an den Portalen und von trockenen Zuführungsleitungen, die von den geländeseitigen Notausgängen aus zu verlegen sind, gespeist werden können.

Bei zwei eingleisigen Tunneln ist in jedem Fahrtunnel eine durchgängige trockene Löschwasserleitung zu verlegen. Die Löschwasserleitungen müssen an den Portalen, den geländeseitigen Zugängen (Station und Y-Bauwerk) sowie an den Verbindungsbauwerken gespeist werden können und mit Trockenleitungen durch die Verbindungsbauwerke verbunden sein.

5.7.9. Elektroanschlüsse

Im Fahrtunnel sind in Abständen von höchstens 125 m Anschlüsse für die potentialfreie Entnahme von elektrischer Energie (sog. Elektranen) vorzusehen. Die Anschlüsse der Elektranen sind an gleicher Stelle anzuordnen wie die Schalter der Orientierungsbeleuchtung.

5.7.10. Notruffernsprecher

Notruffernsprecher sind im Fahrtunnel in unmittelbarer Nähe von Notausgängen, innerhalb der Notausgänge vor den geländeseitigen Ausgängen und an den Tunnelportalen vorzusehen. Bei zweigleisigen Fahrtunneln müssen die Fernsprecher beidseitig gegenüberliegend angeordnet werden.

5.7.11. Funkeinrichtung (BOS-Funk)

Die bei den Rettungsdiensten gebräuchlichen Funksysteme müssen innerhalb eines Tunnels uneingeschränkt verfügbar sein. Dies gilt auch für notwendige Funkstrecken zwischen der Einsatzstelle und der Einsatzleitung.

5.7.12. Notbremsüberbrückung

Personenzüge, die den Tunnel befahren, müssen grundsätzlich mit einer Notbremsüberbrückung ausgerüstet sein, damit der Triebfahrzeugführer eine eingeleitete Notbremsung aufheben kann.

5.7.13. Abschaltung der Oberleitung und Erdung

Der Zustand (eingeschaltet, ausgeschaltet oder ausgeschaltet und bahngeerdet) der Oberleitung ist den Notfalldiensten für die Fremdrettung im jeweiligen Rettungsabschnitt (Gleis, Tunnel- oder Stationsabschnitt) anzuzeigen.

5.7.14. Transporthilfen

Je Tunnelportal und Notausgang werden zwei Rollpaletten vorgesehen. Diese sind in der Nähe der Tunnelportale und im Zugangsbereich der Schleusen anzuordnen. Sie sind so anzubringen, dass Behinderungen bei der Benutzung der Fluchtwege ausgeschlossen sind und das Einsetzen in das Gleis auf einfache Weise möglich ist.

5.8 Unterirdische Station

Betrachtet man das maßgebende Risikoszenario Brand in der Station, kann es ausgehend von der Bahnsteigebene z. B. zu einem Fahrzeugbrand, einem Kabelbrand, einem Brand in einem der Technikräume oder auch zum Brand eines Gepäckstücks oder Papierkorbes kommen. Maßgebend für den Schutz von Personen ist aufgrund der Schadensausmaßes das Szenario Fahrzeugbrand.

Betrachtet wird das Szenario, dass ein in Brand geratener Personenzug, der am Hauptbahnhof hält, dort über die Bahnsteige evakuiert wird. Die Selbstrettung erfolgt über die Bahnsteige der Station zu den dort vorhandenen Ausgängen (5 Treppenanlagen pro Mittelbahnsteig) in die darüber liegende Verteilerebene und von dort weiter in das Bahnhofsgebäude bzw. ins Freie. Die Fremdrettung und der Feuerwehrangeiff erfolgen zu Fuß über die Station. An den Bahnsteigen wird eine entsprechende Ausrüstung für den Feuerwehrangeiff vorgehalten (Löschwasserelemente, Feuerwehraufzug, Kommunikationseinrichtungen, etc.). Da bei Notfällen im Tunnel die unterirdischen Bahnsteige der Station der zentrale Evakuierungs- und Rettungspunkt für Personenzüge sind, muss im Stationsbereich eine Brandfalllüftung einen sicheren Bereich schaffen (siehe Abschnitt 6.3).

5.8.1. Flucht- und Rettungswege

5.8.1.1 Treppen und Fahrtreppen

Der Fernbahntunnel Frankfurt weist zwei Mittelbahnsteige auf. Pro Mittelbahnsteig führen 5 Treppenanlagen in die darüber liegende Verteilerebene. Die Bahnsteige und Treppenanlagen der unterirdischen Station dienen als normale Verkehrswege. Im Brandfall werden alle vorhandenen Treppenanlagen als bauliche Fluchtwege genutzt. Die Rauchfreihaltung der

Bahnsteigebene für die Zeit der Evakuierung bzw. Selbstrettung (Bahnsteigräumzeit 2,5 min gem. Pkt. 5.8.1.1.1) wird durch die Lüftungsanlage gem. Kapitel 6 jedenfalls gewährleistet.

Die Treppenanlagen bestehen aus festen Treppen und Fahrtreppen. Von der Bahnsteigebene nach oben führende Fahrtreppen bleiben auch im Brandfall solange wie möglich in Betrieb. Zum Brand hinführende Fahrtreppen werden über das Notfallprogramm angehalten.

5.8.1.1.1 Ermittlung der Stationsquerschnitte und Treppenaufgänge

5.8.1.1.1.1 Rechnerisch anzunehmende Personenzahlen bei der brandschutztechnischen Beurteilung und Bemessung

Für die Bemessung der Bahnsteige ist immer von den größtmöglichen Personenzahlen im Regelbetrieb auszugehen. Diese Zahlen wurden vom Anlagenbetreiber ermittelt. Die am Bahnsteig anzunehmende Personenzahl zur brandschutztechnischen Beurteilung und Bemessung wird mit der „EBA-Formel“ gem. „Leitfaden Brandschutz in Personenverkehrsanlagen“ ermittelt:

$$P_{\max} = n (P1 + P2) + P3$$

- n = Zahl der Gleise am Bahnsteig
 - P1 = zul. Sitzplätze der längsten gleichzeitig am Bahnsteig haltenden Zugeinheit/en
 - P2 = zul. Stehplätze der längsten gleichzeitig am Bahnsteig haltenden Zugeinheit/en
 - P3 = 30% aus der Summe P1 + P2
-
- P1 + P2 = 1.730* + 1.730** Personen (Sitz- und Stehplätzen)
 - P3 = Personen (Wartende) = 1.038 Personen

*Angaben DB: ICE 3 (Doppeltraktion) 2 × 419 – 450 Sitzplätze → gew.: **900 Sitzplätze**
ICE 5 1 × 830 Sitzplätze → gew.: **830 Sitzplätze**

**Angaben DB: Max. Auslastung nach Zulassungsregel 200%
(750 Sitzplätze = 750 Stehplätze);
hier: 1660 – 1800 Stehplätze → gew.: **1730 Stehplätze**

Anzahl Personen für Entfluchtung im Notfall:

$$P_{\max} = n \times (P1 + P2) + P3 = 2 \times (1730 + 1730) + 1.038 = \mathbf{4.498 \text{ Pers.}}$$

(2 vollbesetzte Züge)

5.8.1.1.1.2 Treppenaufgänge (n. NFPA)

Kapazitätsanalysen nach NFPA 130:

Die Kapazität entspricht der maximalen Anzahl der Personen, die pro Zeiteinheit einen Bereich definierter Breite passieren kann. Multipliziert mit der effektiven Breite des betreffenden Wegelementes erhält man den maximal möglichen Personenstrom (=Anzahl der Personen, die pro Zeiteinheit eine bestimmte Stelle durchqueren können). Dermaßen lassen sich die Nadelöhre entlang des Fluchtweges identifizieren.

Bahnsteige, Gänge und Rampen mit einer Neigung von $\leq 4\%$		
	Kapazität	89,4 Pers./(m min)
	Gehgeschwindigkeit	61,0 m/min
Stiegen, stehende Fahrtreppen und Rampen mit einer Neigung $> 4\%$		
aufwärts	Kapazität	62,6 Pers./(m min)
	Gehgeschwindigkeit	15,24 m/min (vertikale Komponente)
abwärts	Kapazität	71,6 Pers./(m min)
	Gehgeschwindigkeit	18,3 m/min (vertikale Komponente)
Türen und Ausgänge		
	Kapazität	89,4 Pers./(m min)
Bahnsteigzugangskontrollen		
allgemein	Kapazität	50 Pers./min pro Schranken
Drehkreuze	Kapazität	25 Pers./min pro Drehkreuz

Tabelle 15: Kapazitäten und Gehgeschwindigkeiten für die Erschließungszonen einer Stationsanlage nach NFPA 130

Für die Evakuierung im Brandfall wird angenommen:

- Bei fester Treppe wird bei der erforderlichen Breite ein Zuschlag von + 20 cm für den beidseitigen Handlauf eingerechnet
- Eine Fahrtreppe pro Bahnsteig ist aufgrund von Revisionsarbeiten ausgebaut, die anderen Fahrtreppen stehen still, sind aber begehbar

Leistungsfähigkeits-Nachweis Treppenanlagen:

- nach NFPA: 62,6 Pers./m min (aufwärts)
- 1 Gehspur=0,80 m:Leistungsfähigkeit = $62,6 \text{ Pers.} \times 0,80 \text{ m}/(\text{m min}) = 50,08 \text{ Pers./min}$
- Anzahl Personen für Entfluchtung im Notfall: 4.498 Pers. (2 vollbesetzte lange Züge)

Bahnsteigräumzeit gemäß 813.0202A01 zw. 120s und 180s	150 s (2,5 min) ... Mittelwert
Leistungsfähigkeit	50,08 Pers./min
Pers. / Gehspur (GS)	$50,08 \times 2,5 = 125,2 \text{ Pers./GS}$
Anzahl erforderlicher Gehspuren (aufgerundet)	$4.498 / 125,2 = 35,93 \text{ GS}$ (36 Gehspuren)
Annahme: 1 GS / Bstg ist aufgrund von Revisionsarbeiten an der Fahrtreppe nicht nutzbar → zusätzlich 2 GS als Reserve	$36 + 2 = \mathbf{38 \text{ Gehspuren}}$ (erforderliche Anzahl GS)

Tabelle 16: Erforderliche Anzahl an Gehspuren nach NFPA 130

Um die knapp 4.500 Personen im Notfall innerhalb von 2,5 Minuten über den Mittelbahnsteig zu evakuieren, sind **mindestens 38 Gehspuren** erforderlich. Gemäß Kapazitätsanalyse für eine Notfallevakuierung ist folgende Mindestbreite erforderlich:

Entfluchtungszeit Bahnsteig gemäß 813.0202A01	150 s (2,5 min) ... Mittelwert
erforderliche Gehspuren	38
$2 \times (b_s - a_B)$ (bei 160 km/h)	1,66 m
$2 \times \geq 1,20\text{m}$	2,40 m
1 feste Treppe mit 6 GS	5,00 m
2 Fahrtreppen mit 2 GS	2,00 m
Mindestbreite in Summe	11,04 m
Anzahl der Treppenanlagen	z.B. 5 Stk. mit 40 GS > 38 GS

Tabelle 17: Mindestbreite Bahnsteig und Beispiel für Anzahl erforderlicher Treppenanlagen

Anmerkung:

Der Ansatzwert für die zulässige Bahnsteigräumzeit wirkt sich stark auf die erforderliche Anzahl von Gehspuren und somit auf Breite und Anzahl der Treppenanlagen aus. Bei alternativem Ansatz einer Bahnsteigräumzeit von 180 s (entspricht der zulässigen Obergrenze gem. RiL 813.0202A01) würde sich die Anzahl der erforderlichen Gehspuren auf 32 reduzieren:

Bahnsteigräumzeit gemäß 813.0202A01 zw. 120s und 180s	180s (3min) ... oberer Wert
Leistungsfähigkeit	50,08 Pers./min
Pers. / Gehspur (GS)	$50,08 \times 3,0 = 150,2$ Pers./GS
Anzahl erforderlicher Gehspuren (aufgerundet)	$4.498 / 150,2 = 29,95$ GS (30 Gehspuren)
1 GS / Bstg nicht nutzbar (Rev. Fahrtr.) → +2 GS als Reserve	$30 + 2 = \mathbf{32}$ Gehspuren
Anzahl der Treppenanlagen	z.B. 4 Stk. mit 32 GS ≥ 32 GS

Tabelle 18: Alternative Bahnsteigräumzeit (180s) und Anzahl erforderlicher Treppenanlagen

5.8.1.2 Nottreppenhäuser für Einsatzkräfte

Am westlichen und östlichen Ende der Bahnsteige werden Nottreppenhäuser für den schnellen und unabhängigen Angriff der Einsatzkräfte ausgeführt.

Für den Schutz und die Fremdrettung von mobilitätseingeschränkten Personen wird auf Bahnsteigebene im Zugangsbereich der Nottreppenhäuser ein abgeschlossener Stauraum vorgesehen. Dieser bietet Personen mit körperlichen Einschränkungen solange Schutz vor Brandrauchgasen, bis ihre weitere Evakuierung unter Einsatz von Hilfskräften (Fremdrettung) übernommen wird. Die Zugangstüren zu den Stauräumen / Nottreppenhäusern müssen daher für Personen mit körperlichen Einschränkungen einfach zu öffnen sein.

Aufgrund der Besonderheit des bergmännischen Stationstyp I wurde eine mögliche bauliche Umsetzung der Nottreppenhäuser bereits in der gegenständliche Machbarkeitsstudie näher betrachtet und in den Planunterlagen 06.03.01 Blatt 1 bis 7 dargestellt (s. nachstehende Planauszüge).

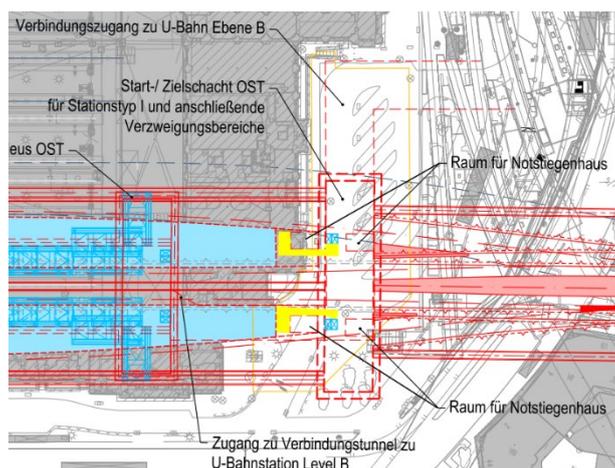


Abbildung 78: Lageplan Bergmännischer Stationstyp I, Nottreppenhäuser mit Stauraum (gelb dargestellt), Feuerwehraufzüge

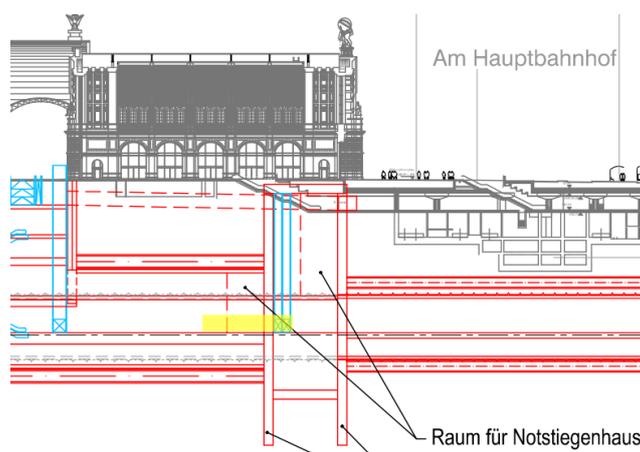


Abbildung 79: Längenschnitt Bergmännischer Stationstyp I, Nottreppenhäuser mit Stauraum (gelb dargestellt), Feuerwehraufzüge

Bei den anderen Stationsvarianten mit teilweise offener Bauweise sind diese Bauwerke als nicht kritisch zu beurteilen. Beispielhaft ist für eine Stationsvariante die Anordnung und der Platzbedarf nachfolgend gezeigt. Für alle weiteren Stationstypen gilt dies sinngemäß. Eine tiefergehende Planung ist in den nächsten Planungsphasen vorzunehmen.



Abbildung 80: Übersichtslageplan Stationsvariante in offener Bauweise, Entrauchung, Nottreppenhäuser

Die Anordnung der Treppenhäuser erfolgt im Anschluss an die Bahnsteige im Nord- und Südkopf der Station. Die zugehörige Technik kann sowohl in den anschließenden Räumen als auch geschossen oberhalb der Gleisebenen angeordnet werden.

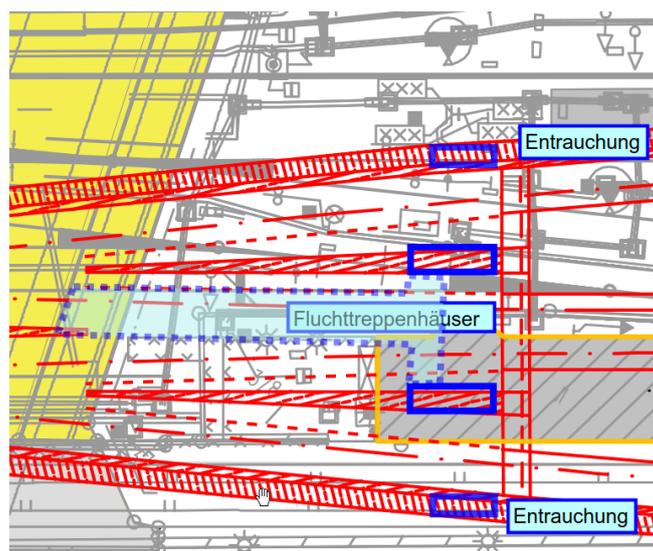


Abbildung 81: Lageplan Stationsvariante in offener Bauweise, Entrauchung, Nottreppenhäuser, Prinzipdetail Westseite

Im Ostkopf des Tiefbahnhofes können diese Treppen ebenso im Anschluss an die Bahnsteige angeordnet werden. Durch den Rückbau des Bunkers (gelb umrandet), der innerhalb eine offenen Baugrube liegt, können diese ohne weiteren Eingriff in die Untergeschosse des Bahnhofes und des Südkopfes in den Bereich des Bahnhofvorplatzes verzogen werden. Auch hier stehen oberhalb des Gleisfeldes mindestens 2 Geschosse für die Anordnung der Technik und Nebenräume zur Verfügung.

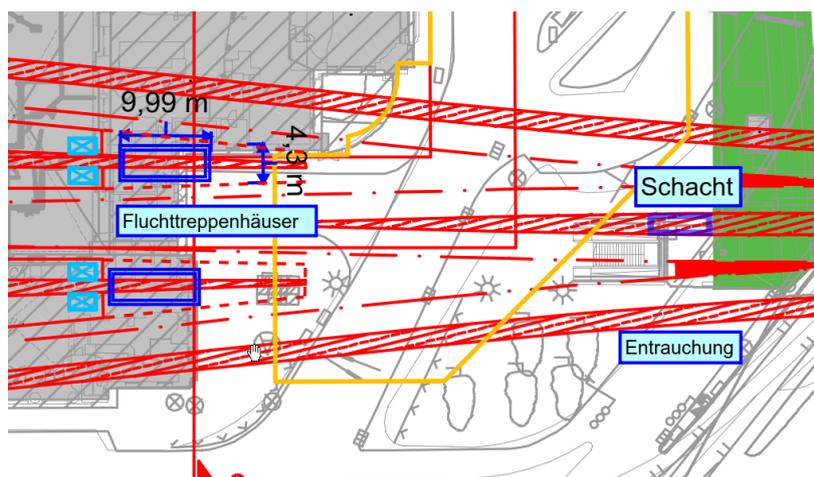


Abbildung 82: Lageplan Stationsvariante in offener Bauweise, Entrauchung, Nottreppenhäuser, Prinzipdetail Osteite Gleisebene

5.8.1.3 Vertikale Transportmittel

5.8.1.3.1 Personenaufzüge

Von den beiden Mittelbahnsteigen führen (neben den Treppenanlagen) auch Personenaufzüge in die Ebene darüber. In einer ersten konservativen Betrachtung werden die Aufzüge

im Brandfall nicht betrieben bzw. benützt. Unter gewissen brandschutztechnischen Vorkehrungen (Verglasung, Brandschutztüren) können die Aufzüge zur Selbstrettung mobilitätseingeschränkter Personen aber kontrolliert weiterbetrieben werden.

5.8.1.3.2 Feuerwehraufzüge

Feuerwehraufzüge dienen dem schnellen und unabhängigen Zugang für Rettungs- und Löschmaßnahmen. Ideal ist ein direkter Zugang von der Geländeoberfläche, welcher direkt auf die Bahnsteigebene führt. Es wird je ein Feuerwehraufzug pro Mittelbahnsteig vorgesehen. Für den Schutz und die Fremdrettung von mobilitätseingeschränkten Personen kann vor den Nottreppenhäusern ein Stauraum vorgesehen werden (s. Pkt. 5.8.1.2)

5.8.1.4 Kennzeichnung der Rettungswege / Rettungswegleitsystem

Die Rettungswege müssen dauerhaft und gut sichtbar ausgeschildert und mit einer Sicherheitsbeleuchtung ausgestattet werden. Zugänge zu den vom Brand betroffenen Ebenen müssen durch Hinweisleuchten „Halt – Durchgang verboten“ optisch gesperrt werden können. Ein detailliertes Konzept für die Rettungswegkennzeichnung in der Station erfolgt in Zuge der Entwurfsplanung.

5.8.2. Zufahrt, Zugänglichkeit und Flächen für die Feuerwehr

Die unterirdische Station des Fernbahntunnels ist über den Hbf. Frankfurt/Main erreichbar, welcher unmittelbar an öffentliche Verkehrsflächen grenzt. Eine gesondert ausgeschilderte Feuerwehrezufahrt ist nicht vorgesehen. Als Flächen für die Feuerwehr dienen die angrenzenden öffentlichen Verkehrsflächen. Um zu den Bahnsteigen des Fernbahntunnels zu gelangen kann die Feuerwehr die öffentlichen Zugänge sowie die Feuerwehraufzüge (ein Aufzug pro Mittelbahnsteig) nutzen.

5.8.3. Baulicher Brandschutz

Die an den Bahnsteigen angeordneten Technikräume sind jeweils eigene Brandabschnitte. Öffnungen in den Wänden oder Decken (wie z.B. Türen, Kabelkanäle, ...) sind entsprechend brandschutztechnisch zu ertüchtigen (z.B. T90-Türen).

Die Verrauchung der Treppenaufgänge am Bahnsteig wird durch die Rauch- und Wärmeabzugsanlage über den Stationsgleisen zumindest solange in einem unkritischen Bereich gehalten, bis die Evakuierung der Züge, der Bahnsteige sowie der Treppenaufgänge abgeschlossen ist. Dazu werden die Bahnsteige mit Rauschürzen entsprechend ausgestattet. Am weiteren Weg in den endgültig sicheren Bereich (ins Freie) ist grundsätzlich sicherzustellen, dass die Räumungszeiten kürzer als die entsprechenden Verrauchungszeiten sind. Entsprechende Nachweise sind in den nächsten Planungsphasen für die Auswahlvariante zu führen.

Bei den Nottreppenhäusern werden zur Bildung von Rauchabschnitten feuerhemmende und rauchdichte Brandschutztüren an den Zugängen zu den Nottreppenhäusern angeordnet. Bei Bedarf werden zur Gewährleistung der Rauchfreiheit der Nottreppenhäuser zusätzliche Lüftungsanlagen vorgesehen.

5.8.4. Anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen

5.8.4.1 Notruffeinrichtungen

Zur schnellen Alarmierung im Brandfall werden entsprechende Handfeuermelder installiert.

5.8.4.2 Brandmeldeanlagen

Für die Alarmierung und automatische Inbetriebnahme der maschinellen Entrauchungsanlage werden automatische Brandmeldeanlagen installiert. Die jeweiligen Brand- und Rauchabschnitte sind entsprechend einem übergeordneten Brandschutzkonzept durch Brandmeldeeinrichtungen zu überwachen.

5.8.5. Bahnsteiglautsprecher, Zugzielanzeige

Die Lautsprecheranlage der Station umfasst die Bahnsteige einschließlich deren unmittelbarer Zugänge, wobei für jeden Bahnsteig gesonderte Sprechkreise einzurichten sind. Sämtliche Bahnsteige sind mit automatischer Zugzielanzeiganlage und Tonbandansageeinrichtungen ausgerüstet. Im Notfall besteht die Möglichkeit, bei der Zugzielanzeige eine Anweisung zur Räumung der Bahnsteige anzuzeigen.

5.8.6. Maschinelle Entrauchungsanlage

Siehe Abschnitt 6 Lüftungskonzept.

5.8.7. Gebäudefunkanlage (BOS-Funk)

Die bei den Notfalldiensten gebräuchlichen Funksysteme müssen sowohl innerhalb der unterirdischen als auch oberirdischen Bereiche der gesamten unterirdischen Station verfügbar sein. Dies gilt auch für notwendige Funkstrecken zwischen der Einsatzstelle und der Einsatzleitung.

6 Lüftungskonzept

6.1 Aufgaben der Lüftungsanlage

Die Lüftungsanlage wird grundsätzlich für den Ereignisfall konzipiert. Die Lüftungsanlage hat folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Verringerung der Rauch- und Wärmeentwicklung auf den Fluchtwegen im Tunnel, im Verzweigungsbereich und in der unterirdischen Station
- Ermöglichung der Selbstrettung der Personen auf den gegebenen Fluchtwegen während der Selbstrettungsphase im Tunnel, im Verzweigungsbereich und in der unterirdischen Station
- Unterstützung der Fremdrettung und der Brandbekämpfung

Es wird davon ausgegangen, dass die Frischluftzufuhr über die Schwallbauwerke, die Station und die Tunnelportale durch die Zugbewegungen ausreicht. In den weiteren Planungsphasen muss diese Annahme der ausreichenden Frischluftzufuhr anhand von Strömungssimulationen mit Zugbewegungen nachgewiesen werden.

6.2 Annahmen und Grundlagen für das Lüftungskonzept

- Die Bahnsteigbereiche der unterirdischen Station weisen bei den unterschiedlichen Varianten keine grundlegenden Änderungen der Geometrie auf. Es wird daher ein strömungstechnisch vergleichbares Verhalten angenommen
- Brandlast 50 MW (aus Vergleichsprojekten) – definiert maßgebend die Absaugmenge

6.2.1. Vorgangsweise der Konzeptfindung

Bei der gegenständlichen lüftungstechnischen Untersuchung werden die sechs Varianten der Planungsstufe 3 näher untersucht.

Für die nachträglich trassierungstechnisch untersuchten Zusatzvarianten 4.1 und 6.1 gelten die lüftungstechnischen Ausführungen zu Variante 4 und 6 in analoger Weise.

Der Grundgedanke bei der Konzeptfindung für das Lüftungskonzept besteht in einer autarken Auslegung der Lüftungsanlage für den Bereich der unterirdischen Station. Dadurch können unterschiedliche Tunnelsystem mit der Station kombiniert werden.

Im Wesentlichen werden das einröhrig zweigleisige Tunnelsystem sowie das zweiröhrig eingleisige Tunnelsystem im Anschluss an die unterirdische Station mit den jeweiligen Verzweigungsbereichen betrachtet (s. 6.3.1).

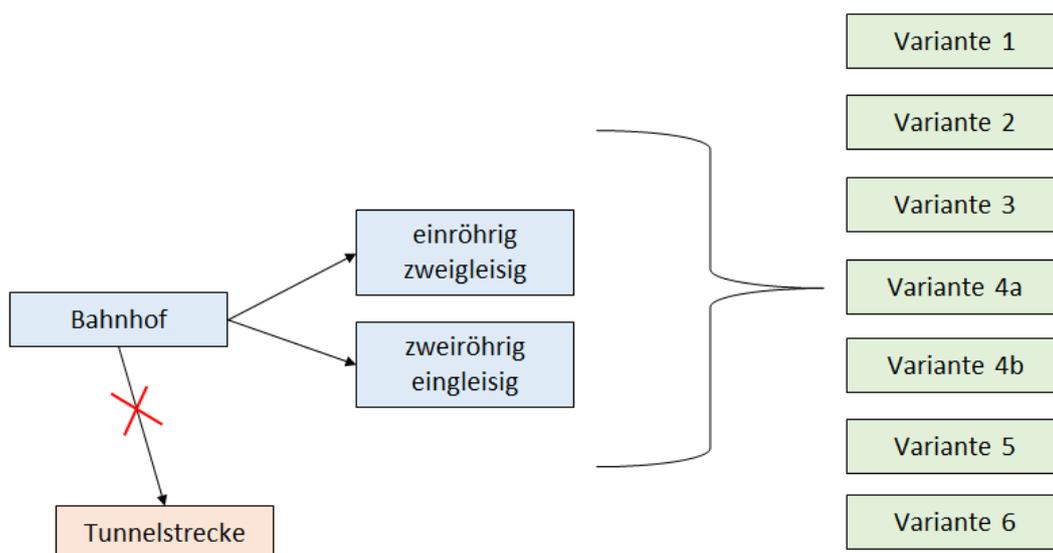


Abbildung 83: Zuordnung Lüftungskonzepte Station zu Tunnelsystemen und Trassierungsvarianten

Beim Lüftungskonzept der Tunnelstrecke ergeben sich Unterschiede hinsichtlich des Tunnel-systems und der Varianten mit Y-Verzweigung zur nordmainischen und südmainischen Strecke. Diese werden im Abschnitt 6.4 näher erläutert.

6.2.2. Auslegung Axialventilatoren in Station und Lüftungs- / Schwallbauwerken

Vergleichbare Referenzprojekte zeigen, dass für die Entrauchung einer Bahnsteigebene in der gegenständlichen Größenordnung bei einem 50 MW Brand (Referenzprojekt Stuttgart 21 und 2. Stammstrecke München) ein heißer Volumenstrom von rund 300 m³/s benötigt wird. Derartige Volumenströme wurden in vergangenen Projekten bereits mittels dreidimensionalen Strömungssimulationen nachgewiesen. Deutlich niedrigere Abluftmengen ermöglichen keine ausreichende Rauchfreihaltung am Bahnsteig, während deutlich größere Abluftmengen zu hohe Strömungsgeschwindigkeiten und damit verbunden Rauchverwirbelungen am Bahnsteig verursachen.

In Brandszenarien, bei welchen der Rauch aus der unterirdischen Station gedrückt wird, sind erfahrungsgemäß Luftmengen von rund 450 m³/s erforderlich. Grund dafür sind die größeren Querschnitte in den Verzweigungsbereichen, sowie die Aufteilung der Luftmengen auf die bis zu vier Tunnelröhren.

Aus Platz- und Redundanzgründen wird dabei üblicherweise auf eine Ausführung mit mehreren gleich großen, parallel geschalteten Ventilatoren zurückgegriffen. Der Volumenstrom je Axialventilator wird vorerst mit 150 m³/s angesetzt.

Aus Gründen der Wartung und Instandhaltung sowie Lagervorhaltung ist die Verwendung eines einheitlichen Ventilator Typen anzustreben. Der Volumenstrom pro Ventilator kann sich in weiteren Planungsphasen noch ändern.

Vor und nach jedem Axialventilator müssen zur Geräuschdämmung Schalldämpfer verbaut werden. Diese sind in den nachfolgenden Schemata aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

6.2.3. Auslegung Strahlventilatoren in Tunnelröhren

Für die Beeinflussung der Luftströmung in den Tunnelröhren werden derzeit Strahlventilatoren in der Nähe der Station im Lüftungskonzept vorgesehen. Basierend auf den Erfahrungen aus vergleichbaren Projekten wird davon ausgegangen, dass Strahlventilatoren mit einem Außendurchmesser von ca. 1.000 mm verwendet werden.

6.2.4. Lüftungskanäle

Die Querschnitte der Lüftungsschächte und Lüftungskanäle ergeben sich aus der angenommenen maximalen Strömungsgeschwindigkeit von 20 m/s, welche auf Erfahrungswerten aus realisierten Projekten basiert. Bei zu hohen Strömungsgeschwindigkeiten ergäben sich hohe Druckverluste und damit auch zu hohe Ventilatorleistungen.

Aus dem angenommenen Volumenstrom und der angesetzten maximalen Strömungsgeschwindigkeit ergibt sich für das vorgesehene Lüftungskonzept mit seinen drei oder vier parallelen Lüftungskanälen in der Station ein minimal erforderlicher Strömungsquerschnitt von 15 m² für die Lüftungskanäle.

Aufgrund der Besonderheit des bergmännischen Stationstyp I wurde eine mögliche bauliche Umsetzung der Lüftungskanäle, -schächte und -kamine bereits in der gegenständliche Machbarkeitsstudie näher betrachtet und in den Planunterlagen 06.03.01 Blatt 1, 2 und 4 (s. nachstehender Planauszug).

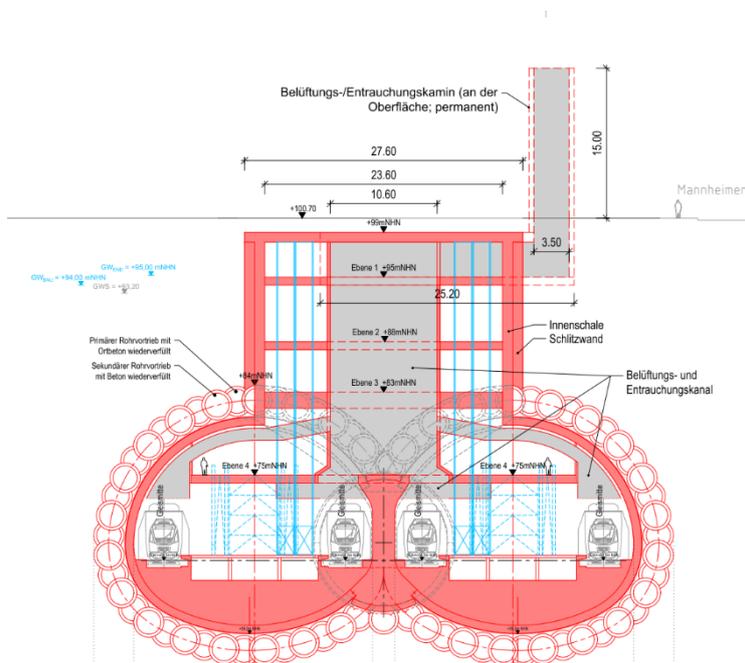


Abbildung 84: Bergmännische Station Typ I, Querschnitt mit Führung Lüftungskanäle und -schächte (in grau)

Für die Lüftungsbauwerke am Übergang vom Verzweigungsbereich zum Regeltunnelbereich ist eine mögliche Lösung für die Ausbildung des Lüftungsbauwerkes in Planunterlage 10.09.01 sowie auf Lageplan 06.03.01 Blatt 1 dargestellt. (s. nachstehender Auszug)

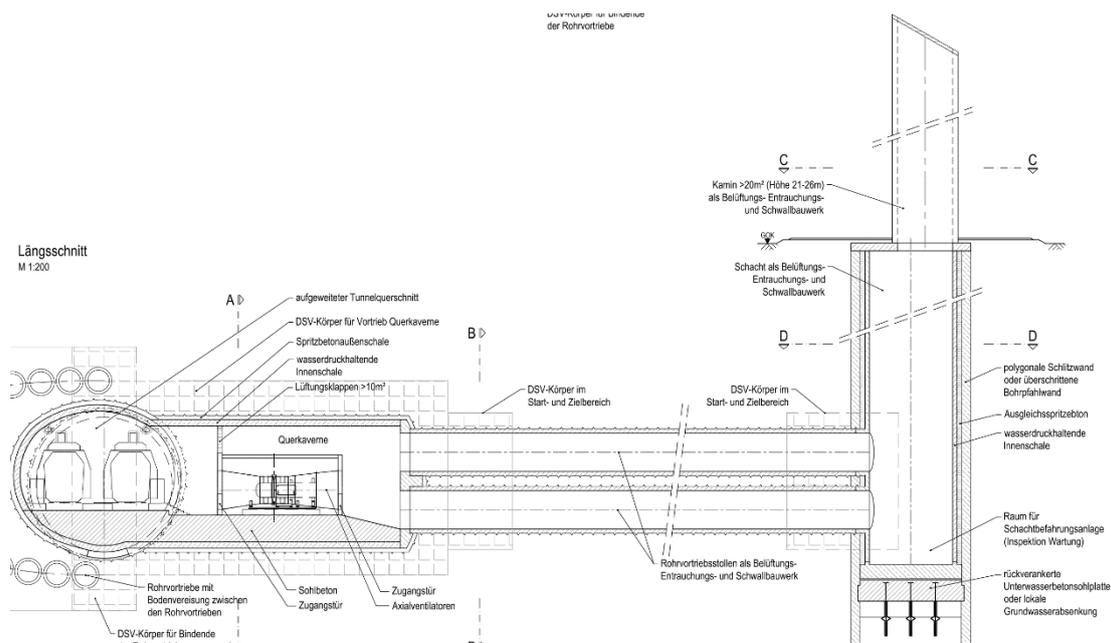


Abbildung 85: Längsschnitt Lüftungsbauwerk mit Lüfterkaverne, Lüftungsstollen, Lüftungsschacht und Lüftungskamin

Bei den anderen Stationsvarianten mit teilweise offener Bauweise sind die Bauwerke sinngemäß wie oben dargestellt, jedoch gegenüber der bergmännischen Stationsvariante tendenziell einfacher unterzubringen. Beispielhafte Anordnungen der Lüftungskanäle sind in Abbildung 80, Abbildung 81 und Abbildung 82 dargestellt. Eine tiefergehende Planung ist in den nächsten Planungsphasen vorzunehmen.

6.2.5. Relevante Brandszenarien

Ausschlaggebend für die Funktionsweise des Lüftungskonzeptes sind die verschiedenen Brandszenarien, welche beherrscht werden müssen. Beim betrachteten Fernbahntunnel ergeben sich drei relevante Brandszenarien:

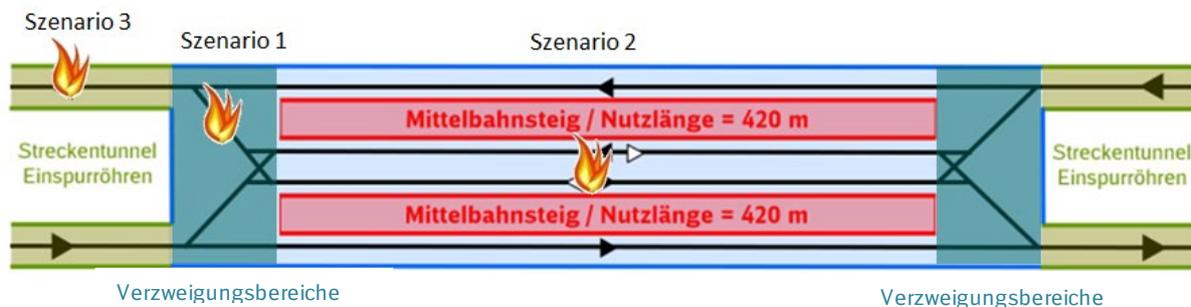


Abbildung 86: Brandszenarien

- Brandszenario 1 – Brand im Verzweigungsbereich / Kreuzungsbereich
- Brandszenario 2 – Brand in Station / Gepäcksbrand am Mittelbahnsteig
- Brandszenario 3 – Brand in Tunnelröhre

6.3 Unterirdische Station

6.3.1. Betrachtete Tunnelvarianten

Wie im vorherigen Abschnitt erwähnt wird angenommen, dass der Bahnsteigbereich der unterirdischen Stationen bei allen Varianten keine grundlegenden Änderungen in seiner Geometrie aufweist und sich somit strömungstechnisch gleich verhält. Die folgenden grundlegend unterschiedlichen Tunnelsysteme werden bei der Untersuchung des Lüftungskonzeptes der Station mit Verzweigungsbereichen in Betracht gezogen.

Varianten mit zwei eingleisigen Tunnelröhren

Bei den Varianten mit zwei eingleisigen Tunnelröhren führen jeweils östlich und westlich zwei parallel laufenden Tunnelröhren zur Station. Unmittelbar vor der Station befinden sich die Verzweigungsbereiche.

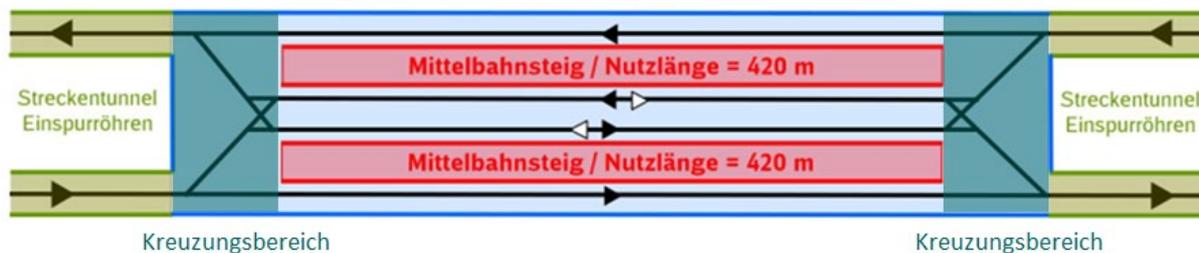


Abbildung 87: Schema Station mit zwei eingleisigen Tunnelröhren

In der Lüftungskonzeptuntersuchung wird nachfolgende grundsätzliche Ausbildung des Verzweigungsbereiches berücksichtigt.

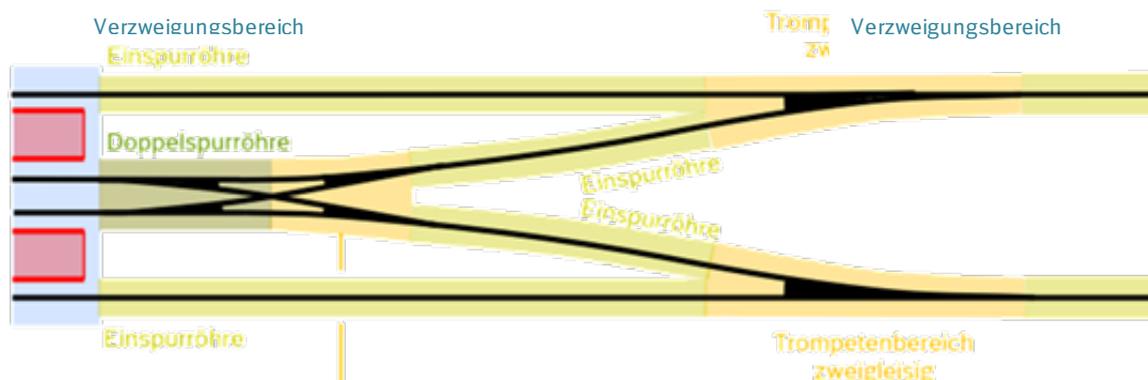


Abbildung 88: Verzweigungsbereich mit zwei eingleisigen Tunnelröhren

Varianten mit einer zweigleisigen Tunnelröhre

Bei Varianten mit einer zweigleisigen Tunnelröhre führt östlich und westlich je eine Tunnelröhre zur unterirdischen Station. Unmittelbar vor der Station befinden sich die Verzweigungsbereiche, in welchen sich die Gleistrassen aufteilen.



Abbildung 89: Schema Station mit einer zweigleisigen Tunnelröhre

In der Lüftungskonzeptuntersuchung wird nachfolgende grundsätzliche Ausbildung des Verzweigungsbereiches berücksichtigt.

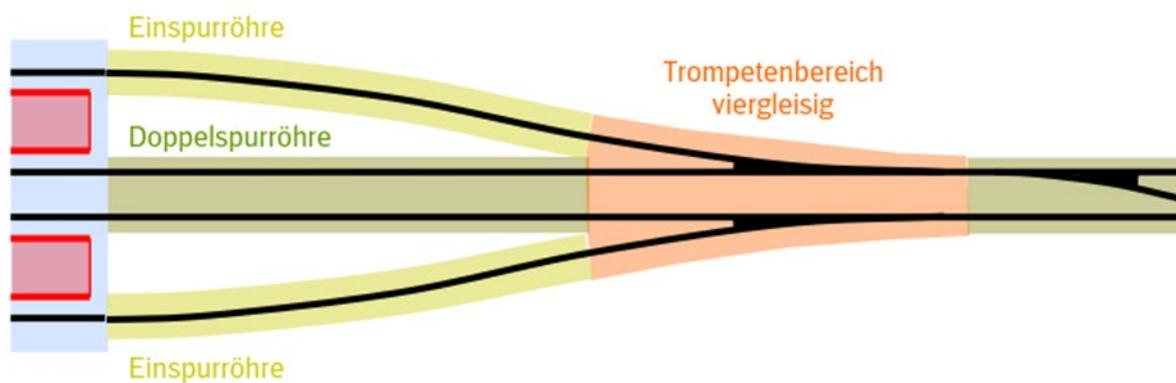


Abbildung 90: Verzweigungsbereich, eine zweigleisige Tunnelröhre

6.3.2. Varianten mit zwei eingleisigen Tunnelröhren

Für die nachfolgenden Schemata im Abschnitt 6.3.2 gilt folgende Legende:

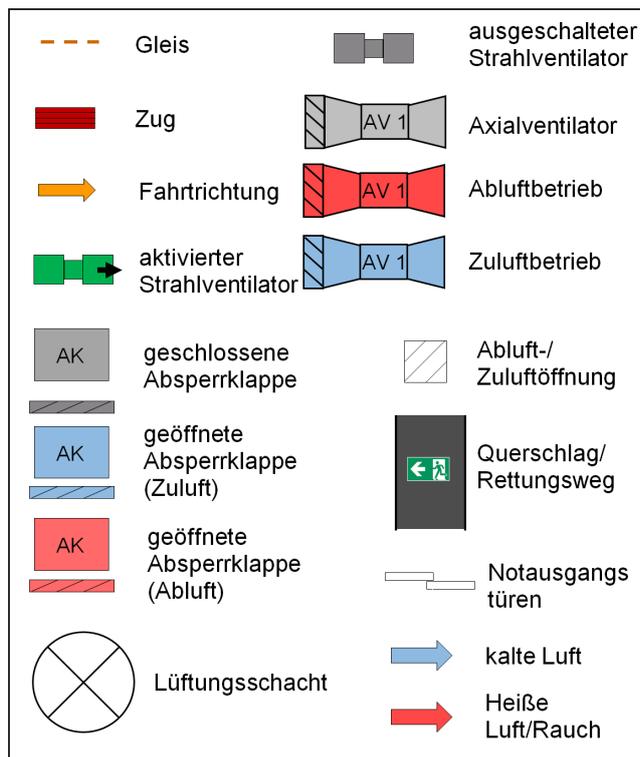


Abbildung 91: Legende für Lüftungsschemata, zwei eingleisige Tunnelröhren

6.3.2.1 Lüftungskonzept

In Abbildung 92 ist die konzeptionelle Überlegung für die lüftungstechnische Ausführung des Stationsbereiches ersichtlich.

In der Station werden Lüftungskanäle über den Gleisbereichen vorgesehen, um bei einem Brandfall direkt über den Gleisen Rauch absaugen zu können. Die Anordnung über den Gleisen führt zu einem bevorzugten Transport der Rauchgase weg vom Bahnsteig in Richtung Gleisbereich. In der Regel werden in Summe drei Lüftungskanäle je über den beiden äußeren Gleisen sowie ein gemeinsamer Kanal den beiden mittleren Gleisen angeordnet. Bei Stationstypen mit einer Trennung zwischen den beiden mittleren Gleisen werden vier Lüftungskanäle vorgesehen.

Der minimal erforderliche Querschnitt der Lüftungskanäle beträgt 15 m². Die Öffnungen in den Lüftungskanälen sind ca. 100 m voneinander entfernt, wodurch sich drei Öffnungen pro Kanal ergeben. Die Größe der Öffnungen ist im Rahmen der weiteren Planungsphasen durch Berechnungen oder Strömungssimulationen zu ermitteln.

Der maximal zu erreichende Volumenstrom beträgt 450 m³/s. Der Lüftungsschacht nach oben muss daher mindestens einen Querschnitt von rund 25 m² aufweisen.

Die beiden Lüftungsbauwerke WEST und OST sind konzeptionell gleich aufgebaut. Zwischen den beiden Tunnelröhren liegen pro Lüftungsbauwerk zwei Ventilatoren mit insgesamt

einem maximalen Volumenstrom von $300 \text{ m}^3/\text{s}$. Für diese beiden Lüftungsbauwerke ergibt sich somit ein minimal erforderlicher Querschnitt von je 20 m^2 .

An den Tunnelwänden sind Absperrklappen (AK) vorgesehen, um die Tunnelröhren unabhängig voneinander be- oder entlüften zu können.

In jeder der vier Tunnelröhren sind zwei reversible Strahlventilatoren vorgesehen. Die Strahlventilatoren haben den Zweck, die Strömung in den verschiedenen Bereichen zu beeinflussen.

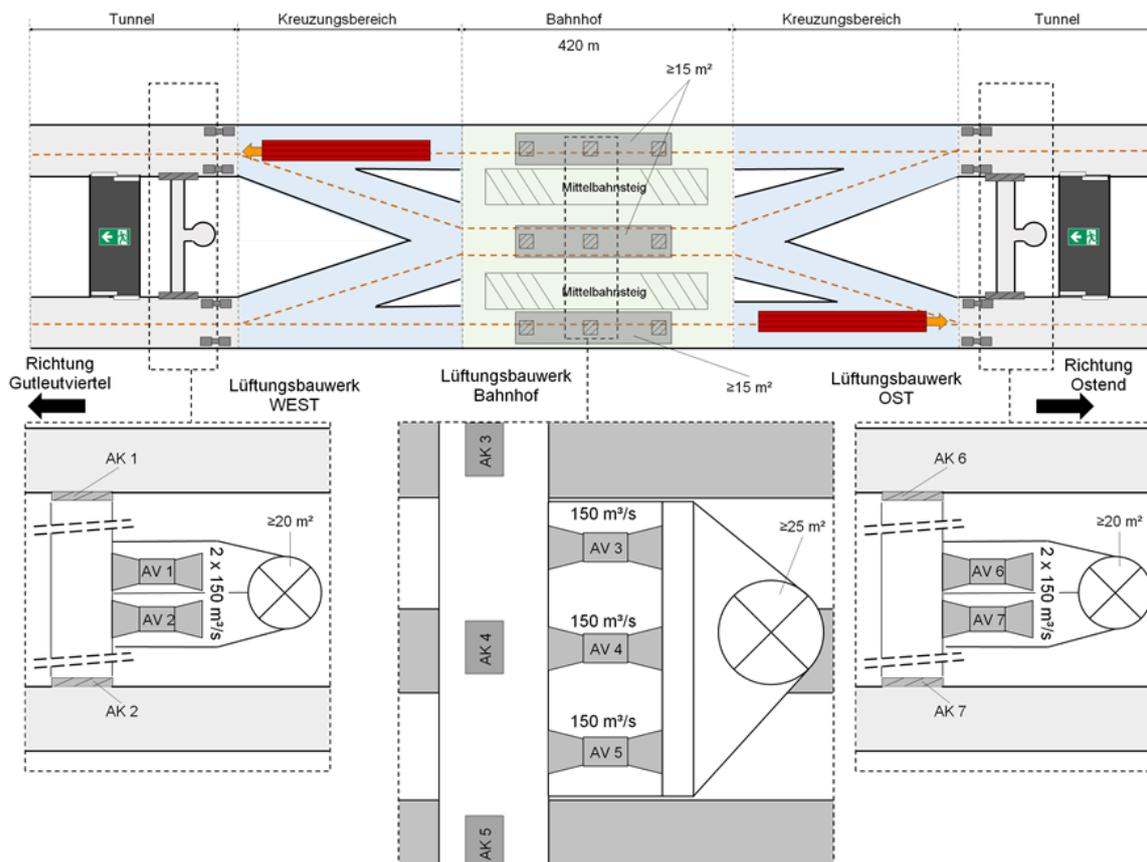


Abbildung 92: Lüftungskonzept zwei eingleisige Tunnelröhren

An beiden Enden der unterirdischen Station werden Schwallbauwerke benötigt. Grund dafür sind die fahrenden Züge in den Tunnelröhren, welche beim Ein- und Ausfahren Luftmassen bewegen und somit Druckänderungen und Querströmungen am Bahnsteig verursachen. Um die Drücke und Strömungsgeschwindigkeiten zu beschränken und damit den Komfort und die Sicherheit von Personen am Bahnsteig sicherzustellen, werden Schwallbauwerke vorgesehen. Die Schwallbauwerke ermöglichen einen Druckausgleich zwischen Tunnel und Umgebung, ohne die Bahnsteige dabei zu überströmen.

Die Planung bzw. Konzepterstellung der Schwallbauwerke ist nicht Teil des Lüftungskonzeptes, dennoch wird hier darauf hingewiesen und eine Möglichkeit aufgezeigt, ein Schwallbauwerk auszuführen.

Über den Tunnelröhren liegt eine Öffnungen mit Absperrklappen, deren Kanal zum Lüftungsschacht führt. Die Absperrklappe dient dazu, keinen Lüftungskurzschluss zu erzeugen. Damit

ist kein zusätzlicher Lüftungsschacht für das Schwallbauwerk notwendig. In der nachfolgenden Abbildung 93 ist eine mögliche Gestaltung des Schwallbauwerks ersichtlich.

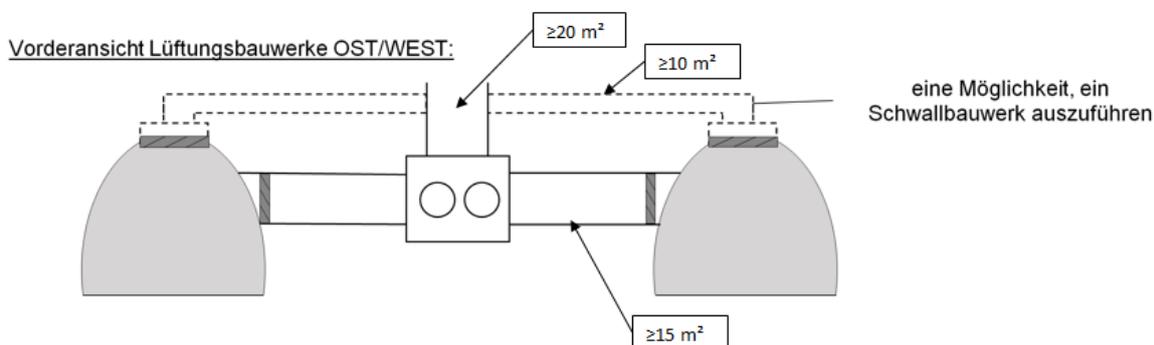


Abbildung 93: Vorderansicht Lüftungsbauwerk OST/WEST, zwei eingleisige Tunnelröhren

6.3.2.2 Brandszenarien

Brandszenario 1 - Verzweigungsbereich

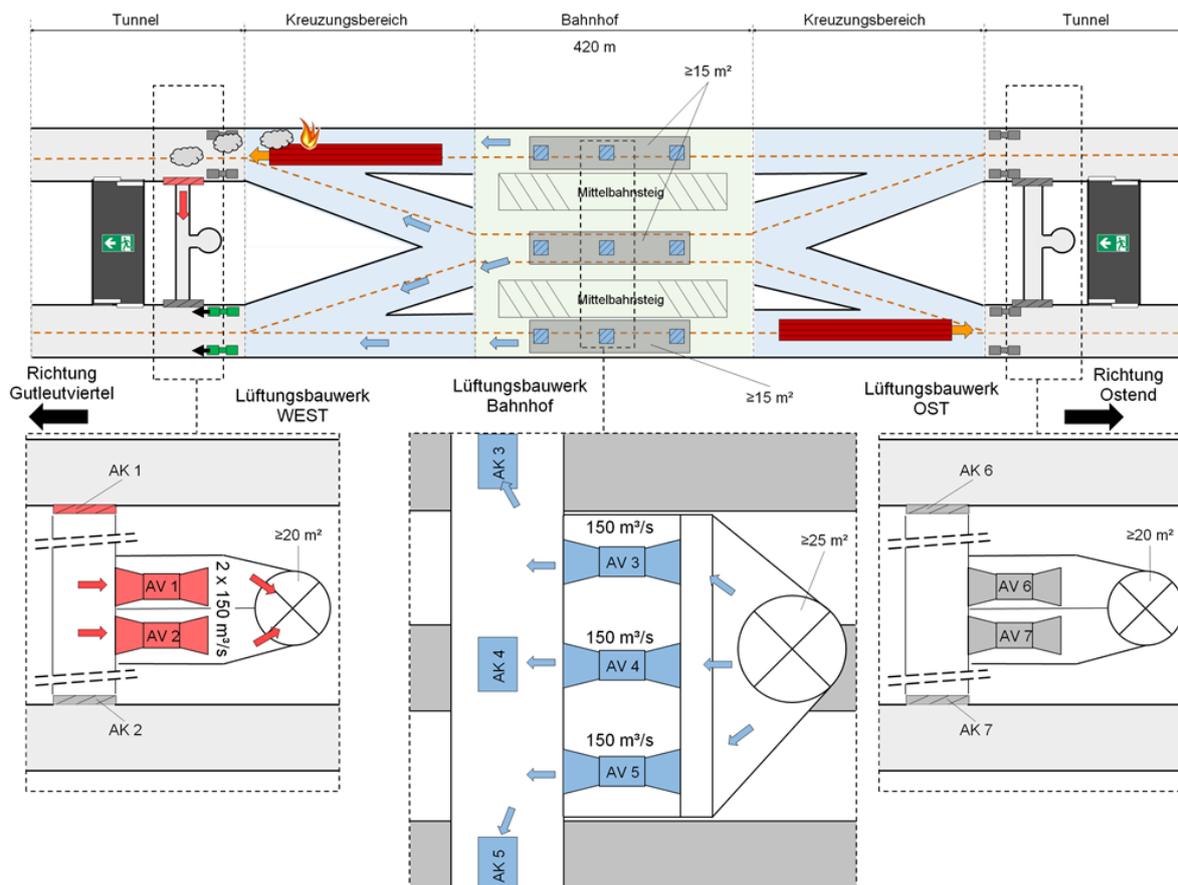


Abbildung 94: Brandszenario 1, zwei eingleisige Tunnelröhren

Im Falle eines Brandes im Verzweigungsbereich muss darauf geachtet werden, dass die Station möglichst rauchfrei bleibt. Deshalb werden in den Stationsbereich über alle Kanäle in

Summe 450 m³/s Zuluft gefördert. Dadurch können die Personen über den rauchfreien Stationsbereich flüchten. Die Absperrklappen am Lüftungsbauwerk werden in Abhängigkeit des Brandortes angesteuert und ermöglichen ein Absaugen von 300 m³/s.

In der Nichtereignisröhre werden die Strahlventilatoren so aktiviert, dass ein Überströmen der Absaugstelle vermieden wird. Dazu muss der Strahlventilator in Strömungsrichtung von der Station weg aktiviert werden. Die Strahlventilatoren auf der östlichen Seite der unterirdischen Station sind im Schema zwar ausgeschaltet, bei einer genaueren Lüftungstechnischen Untersuchung könnte sich herausstellen, dass die Strahlventilatoren zur Beeinflussung der Strömung trotzdem benötigt werden und eingeschaltet werden müssen.

Alle anderen Lüftungskomponenten sind ausgeschaltet bzw. die Absperrklappen sind geschlossen.

Brandszenario 2 - Station

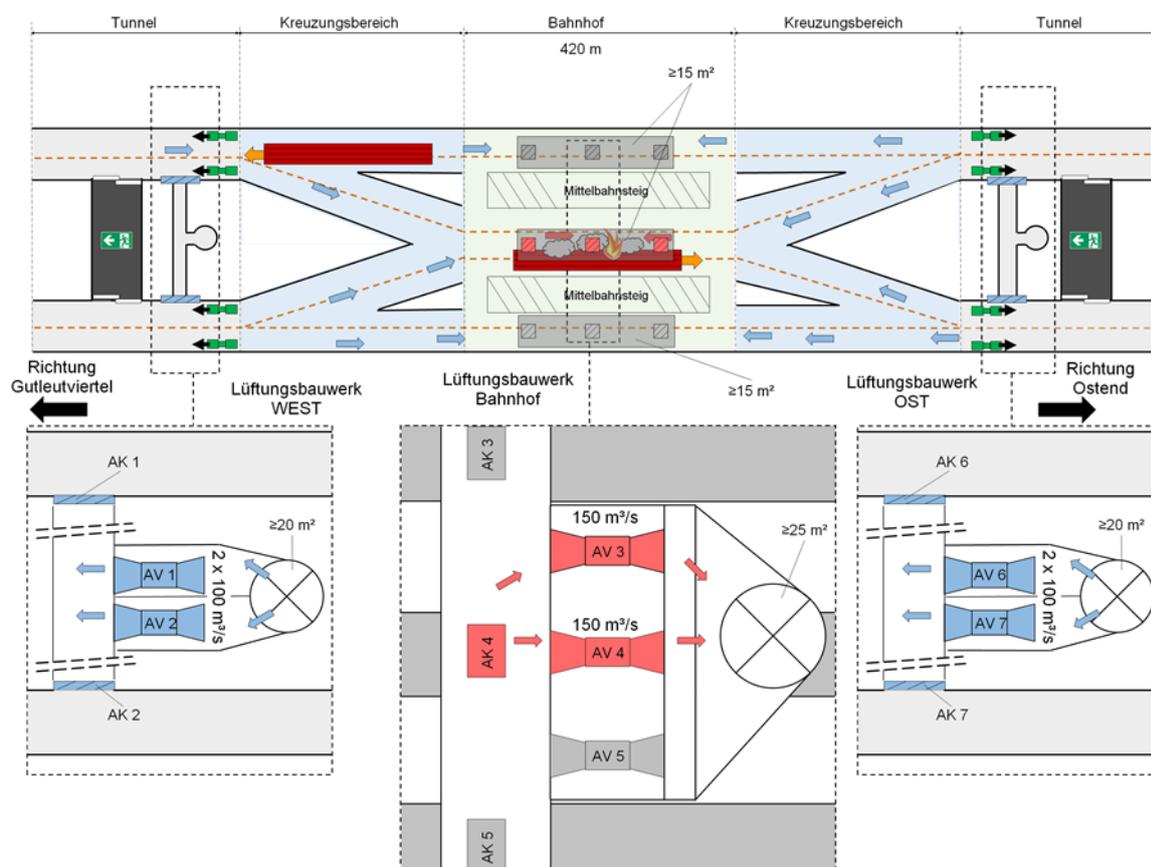


Abbildung 95: Brandszenario 2, zwei eingleisige Tunnelröhren

Die Anordnung der Luftkanäle über den Gleisen führt zu einem bevorzugten Transport der Rauchgase weg vom Bahnsteig in Richtung Gleisbereich. Daher entsteht in beiden Fällen, Zug- oder Gepäcksbrand, ein rauchfreier Bereich am Mittelbahnsteig für die Personen. Oberhalb des Brandes wird im Lüftungsbauwerk Station die zugehörige Abluftklappe (im oberen Schema AK4) geöffnet, und somit strömt der Rauch über die Öffnungen im Luftkanal ins Lüftungsbauwerk und weiter ins Freie.

In der unterirdischen Station werden zwei Ventilatoren aktiviert, d.h. insgesamt 300 m³/s der 450 m³/s möglichen Absaugmenge werden abgesaugt. Durch das Absaugen über nur einen Kanal wird lokal mit ausreichender Abluftmenge abgesaugt. Das führt zu einer raucharmen Schicht und möglichst geringen Strömungsgeschwindigkeiten, wodurch keine Zerstörung der Rauchsichtung stattfindet.

In allen vier Tunnelröhren werden über die Lüftungsbauwerke OST und WEST jeweils 200 m³/s (2x100 m³/s) von den maximalen 300 m³/s Frischluft zugeführt. Dadurch wird der Rauch in Richtung Mitte der unterirdischen Station und somit zu den Abluftöffnungen gedrängt. Zusätzlich zu den Lüftungsbauwerken werden alle Strahlventilatoren Richtung Portale aktiviert, um das Druckniveau in der unterirdischen Station zu senken. Das verhindert das Nachströmen über die Tunnelröhren, und die Aufgänge in der Station bleiben rauchfrei. Die Personen können über die Mittelbahnsteige nach oben ins Freie flüchten.

6.3.3. Varianten mit einer zweigleisigen Tunnelröhre

Für die nachfolgenden Schemata in Abschnitt 6.3.3 gilt folgende Legende:

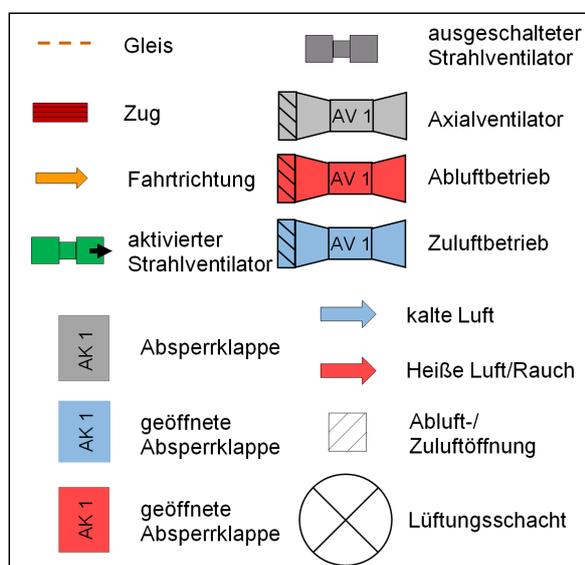


Abbildung 96: Legende für Schemata, eine zweigleisige Tunnelröhre

6.3.3.1 Lüftungskonzept

Generell gestaltet sich das Lüftungskonzept für diese Variante einfacher als bei der Variante mit zwei eingleisigen Tunnelröhren. Grund dafür sind eine simplere Lüftungssteuerung und der wegfallende Lüftungsschacht zwischen den Tunnelröhren.

Im Bahnsteig sind drei oder vier Lüftungskanäle über den Gleisen verteilt vorgesehen, um bei einem Brandfall direkt über den Zügen Rauch absaugen zu können. Die Anordnung über den Gleisen führt zu einem bevorzugten Transport der Rauchgase weg vom Bahnsteig in Richtung Gleisbereich.

Der minimal erforderliche Querschnitt der Kanäle über den Gleisen beträgt 15 m². Die Öffnungen in den Lüftungskanälen sind ca. 100 m voneinander entfernt. Daraus ergeben sich

drei Öffnungen pro Kanal. Die Größe der Öffnungen ist im Rahmen der weiteren Planungsphasen durch Berechnungen oder Strömungssimulationen zu ermitteln.

Der maximal zu erreichende Volumenstrom beträgt $450 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Lüftungsschacht nach oben muss mindestens einen Querschnitt von rund 25 m^2 aufweisen.

Die beiden Lüftungsbauwerke WEST und OST sind konzeptionell gleich aufgebaut. In der Nähe der zwei Absaugstellen befindet sich jeweils ein Lüftungsbauwerk, in welchem zwei Ventilatoren vorgesehen sind. Durch den maximalen Volumenstrom von $300 \text{ m}^3/\text{s}$ ergibt sich ein minimal erforderlicher Schachtquerschnitt von 20 m^2 .

An der Tunneldecke sind jeweils zwei Absperrklappen (AK) vorgesehen.

In beiden Tunnelröhren sind zwei reversible Strahlventilatoren vorgesehen, die die Strömung in den verschiedenen Bereichen beeinflussen können.

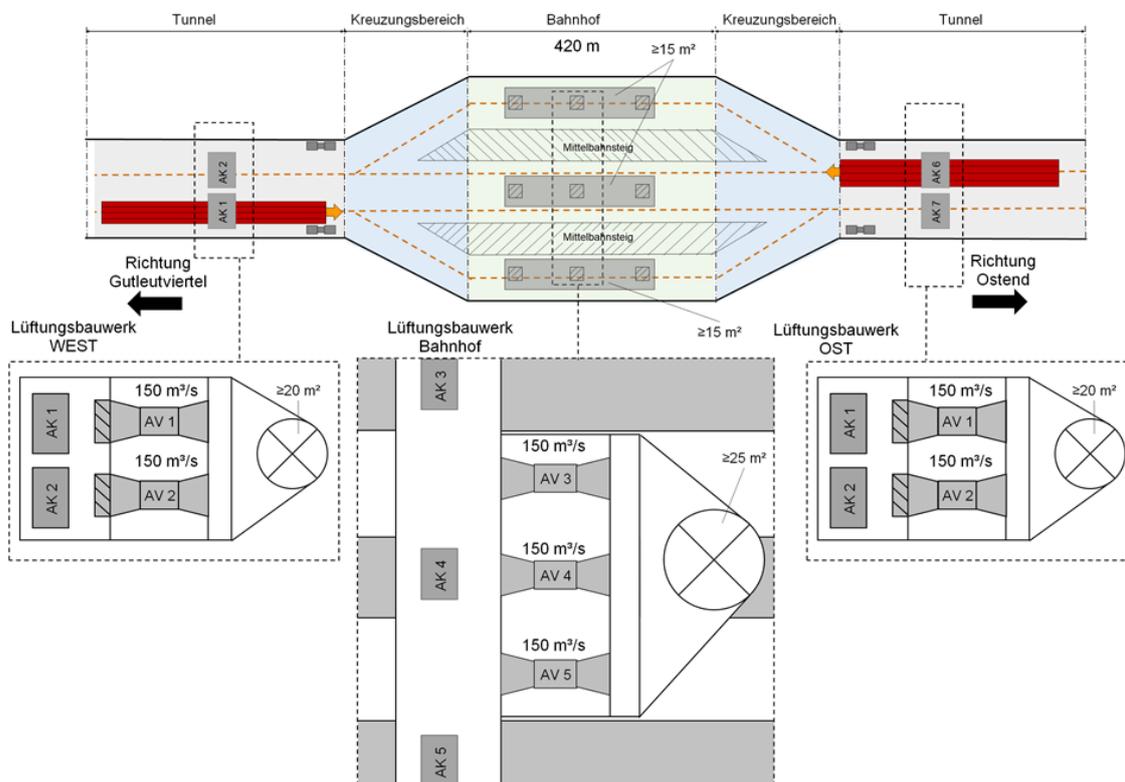


Abbildung 97: Lüftungskonzept einer zweigleisigen Tunnelröhre

An beiden Enden der unterirdischen Station werden Schwallbauwerke benötigt. Grund dafür sind die fahrenden Züge in den Tunnelröhren, welche beim Ein- und Ausfahren Luftmassen bewegen und somit Druckänderungen und Querströmungen am Bahnsteig verursachen. Um die Drücke und Strömungsgeschwindigkeiten zu beschränken und damit den Komfort und die Sicherheit von Personen am Bahnsteig sicherzustellen, werden Schwallbauwerke vorgesehen. Die Schwallbauwerke ermöglichen einen Druckausgleich zwischen Tunnel und Umgebung, ohne die Bahnsteige dabei zu überströmen.

Die Planung bzw. Konzepterstellung der Schwallbauwerke ist nicht Teil des Lüftungskonzeptes, dennoch wird hier darauf hingewiesen und eine Möglichkeit aufgezeigt, ein Schwallbauwerk auszuführen.

Der Lüftungsschacht wird nach unten bis zur Tunneldecke verlängert. Bei der Öffnung des Schwallbauwerks und der Öffnung des Lüftungsbauwerks sind Absperrklappen vorgesehen, um keinen Lüftungskurzschluss zu verursachen. In der nachfolgenden Abbildung 98 ist eine mögliche Gestaltung des Schwallbauwerks ersichtlich.

Seitenansicht Lüftungsbauwerke OST/WEST:

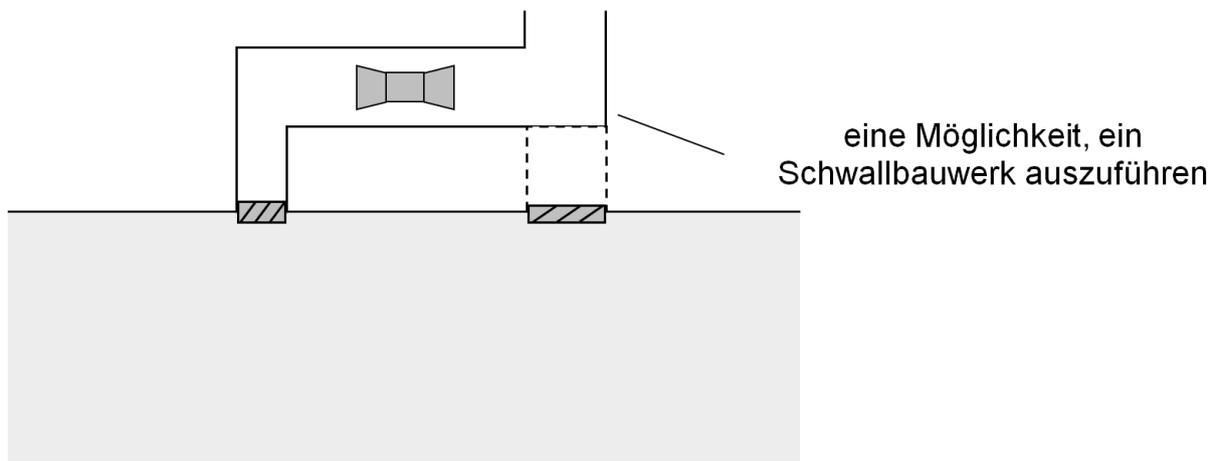


Abbildung 98: Seitenansicht Lüftungsbauwerk OST/WEST, eine zweigleisige Tunnelröhre

6.3.3.2 Brandszenarien

Brandszenario 1 – Verzweigungsbereich

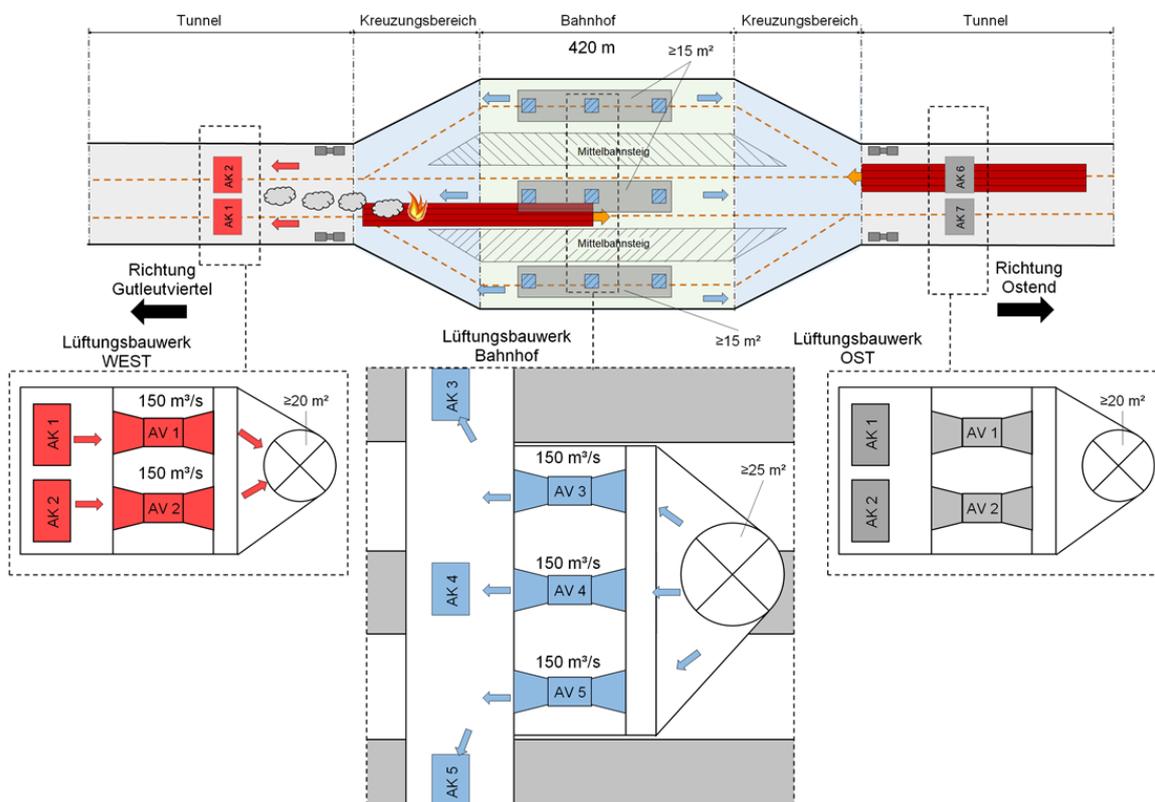


Abbildung 99: Brandszenario 1, eine zweigleisige Tunnelröhre

Ein Brand im Verzweigungsbereich bei der einröhrigen Variante ist durch den größeren Querschnitt beim Verzweigungsbereich schwerer zu kontrollieren als bei der zweiröhrigen Variante. Dennoch funktioniert die Lüftung konzeptionell ähnlich.

Bei einem Brand im Verzweigungsbereich muss darauf geachtet werden, dass die unterirdische Station möglichst rauchfrei bleibt. Deshalb wird in die Station Zuluft über alle drei Kanäle mit in Summe $450 \text{ m}^3/\text{s}$ gefördert. Die Absperklappen am Lüftungsbauplanwerk werden in Abhängigkeit des Brandortes angesteuert und ermöglichen ein Absaugen von $300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die Strahlventilatoren, die näher am Brandort liegen (im oberen Schema die westlichen Strahlventilatoren), werden in Gegenrichtung des Brandes aktiviert, um den Rauch aus dem Verzweigungsbereich in Richtung Absaugung zu lenken.

Die Strahlventilatoren auf der gegenüberliegenden Seite der Station lüften Richtung Bahnsteige der Station, um das Überströmen des Rauches in den Stationsbereich zu vermeiden.

Alle anderen Lüftungskomponenten sind ausgeschaltet, bzw. die Absperklappen sind geschlossen.

Somit wird der Weg zur Station rauchfrei und die Personen können über die Station ins Freie flüchten.

Brandszenario 2 - Station

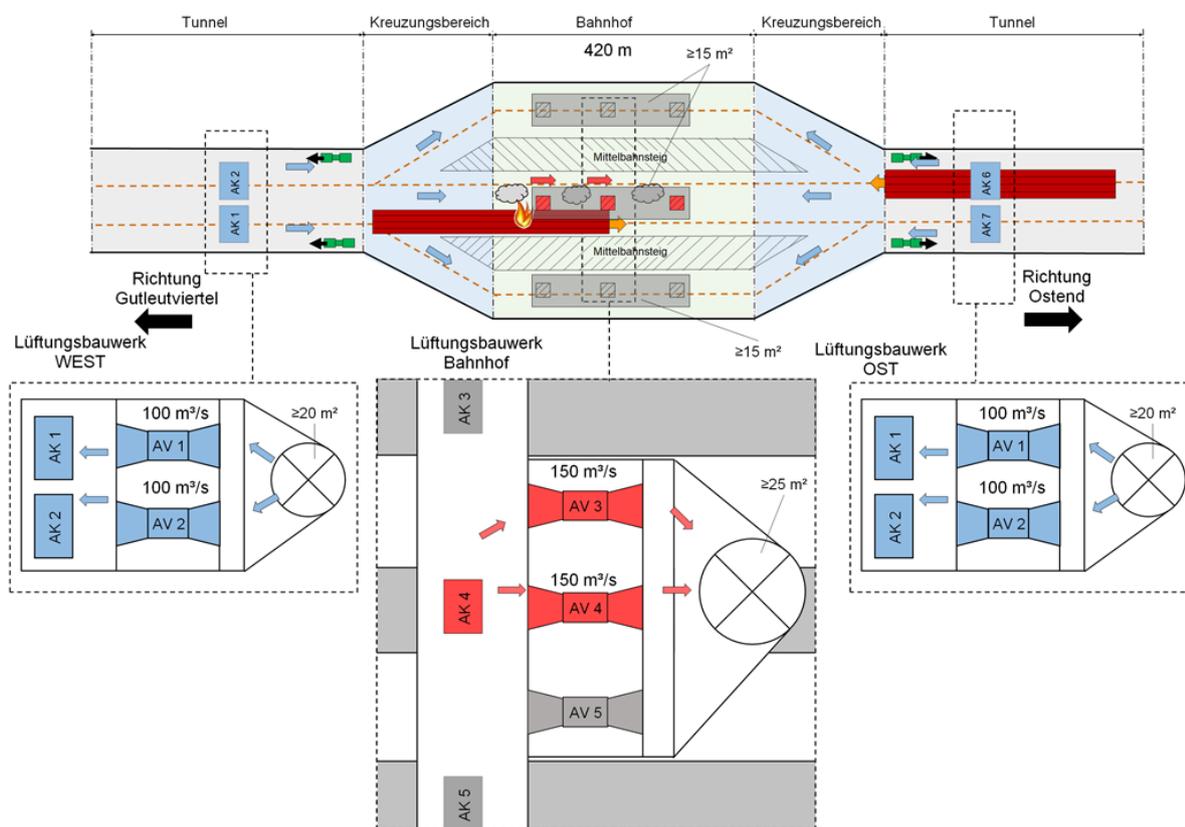


Abbildung 100: Brandszenario 2, eine zweigleisige Tunnelröhre

Bei einem Brandszenario in der Station wird die Lüftung in derselben Art verwendet, wie bei der Variante mit zwei Tunnelröhren.

Die Anordnung der Luftkanäle über den Gleisen führt zu einem bevorzugten Transport der Rauchgase weg vom Bahnsteig in Richtung Gleisbereich. Oberhalb des Brandes wird im Lüftungsbauelement Station die zugehörige Abluftklappe (im oberen Schema AK4) geöffnet, und somit strömt der Rauch über die Öffnungen im Luftkanal ins Lüftungsbauelement und weiter ins Freie.

Dabei werden in der unterirdischen Station zwei Ventilatoren aktiviert, d.h. insgesamt $300 \text{ m}^3/\text{s}$ der möglichen $450 \text{ m}^3/\text{s}$ werden abgesaugt. Durch das Absaugen über nur einen Kanal wird lokal mit ausreichender Abluftmenge abgesaugt. Das führt zu einer raucharmen Schicht und möglichst geringen Strömungsgeschwindigkeiten, wodurch keine Zerstörung der Rauchsichtung stattfindet. Somit werden die Personen nicht bei der Selbstrettung gefährdet.

In den beiden Tunnelröhren werden über die Lüftungsbauelemente OST und WEST jeweils $200 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2 \times 100 \text{ m}^3/\text{s}$) von den maximal erreichbaren $300 \text{ m}^3/\text{s}$ Frischluft zugeführt. Dadurch wird der Rauch in Richtung Mitte der Station und somit zu den Abluftöffnungen gedrängt.

Zusätzlich zu den Lüftungsbauelementen werden alle Strahlventilatoren in Richtung Portale aktiviert, um das Druckniveau in der Station zu senken. Das verhindert das Nachströmen über die Tunnelröhren, und die Aufgänge in der Station bleiben rauchfrei. Die Personen können über die Mittelbahnsteige ins Freie flüchten.

6.4 Tunnelstrecke

6.4.1. Entrauchungsmöglichkeiten

Bei einem Brandereignis in der Tunnelstrecke gibt es zwei Möglichkeiten der Entrauchung. Die Entrauchung über die Portale oder die Absaugung über die Lüftungsbauwerke OST/WEST nahe der Station. Ziel des Lüftungskonzeptes ist die Rauchfreihaltung der unterirdischen Station, um die Personen in der Station nicht zu gefährden und das Flüchten der Personen zu gewährleisten.

Dadurch ergeben sich für die Schaltung der Lüftungsanlage zwei mögliche Szenarien.

Nachfolgend sind in den Schemata die Lüftungsregelungen der zwei Varianten im Bereich der unterirdischen Station ersichtlich.

Variante mit einer zweigleisigen Tunnelöhre:

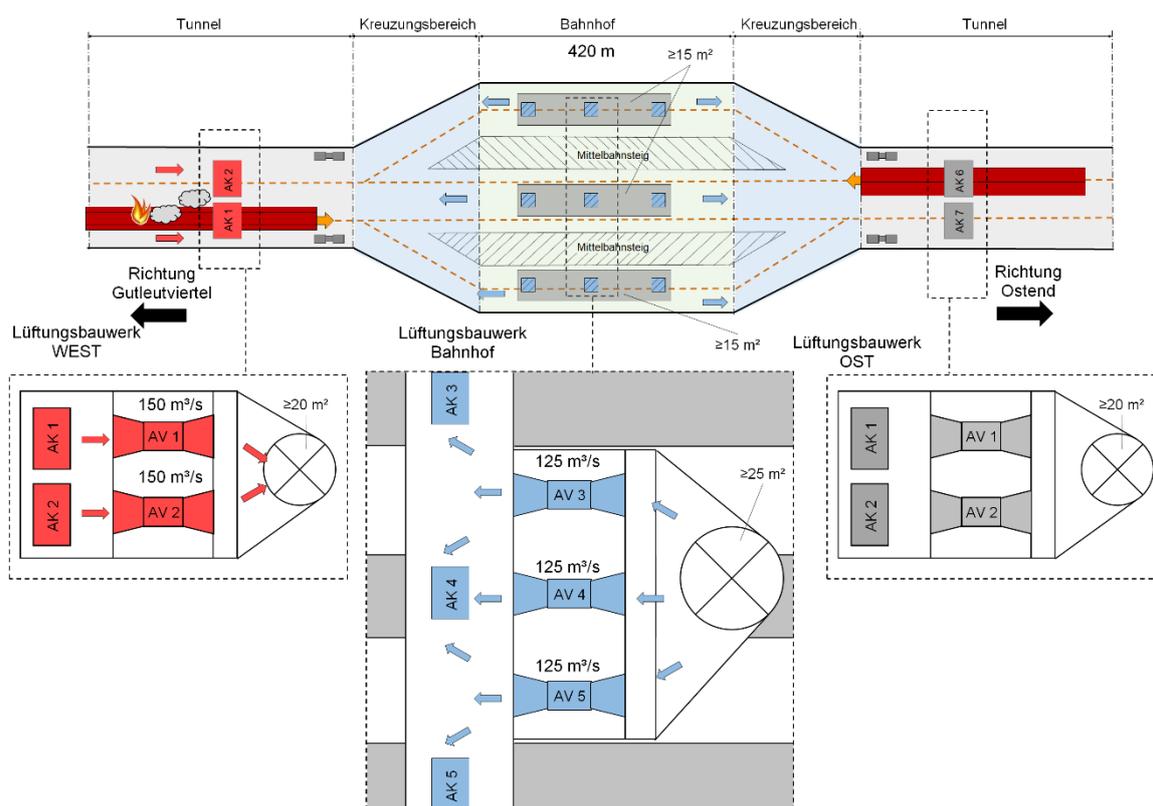


Abbildung 101: Brand im Tunnel; Rauchabsaugung

Bei der ersten Variante der Lüftungsschaltung bei einem Brandszenario im Tunnel wird die Station auf Überdruck gebracht. Dabei werden in der unterirdischen Station alle drei Ventilatoren mit je einem Volumenstrom von $125 \text{ m}^3/\text{s}$ aktiviert, d.h. insgesamt $375 \text{ m}^3/\text{s}$ Frischluft der möglichen $450 \text{ m}^3/\text{s}$ werden über die drei oder vier Kanäle zugeführt.

Durch die Positionierung der Strahlventilatoren nahe der Station können die Strahlventilatoren nur Richtung Portale mit einem vertretbaren Wirkungsgrad betrieben werden. Daher wird bei diesem Ereignis kein Strahlventilator aktiviert.

Die Rauchabsaugung erfolgt über die Lüftungsbauwerke WEST und OST, abhängig von der Lage des Brandortes. In der oberen Abbildung wird über das LBW WEST mit $300 \text{ m}^3/\text{s}$ abgesaugt.

Variante mit zwei eingleisigen Tunnelöhren:

Bei Tunnelsystem mit zwei Tunnelröhren ist die Lüftungsschaltung analog zum oberen Schema. Der einzige Unterschied ist die Absaugung gezielt in der Ereignisröhre.

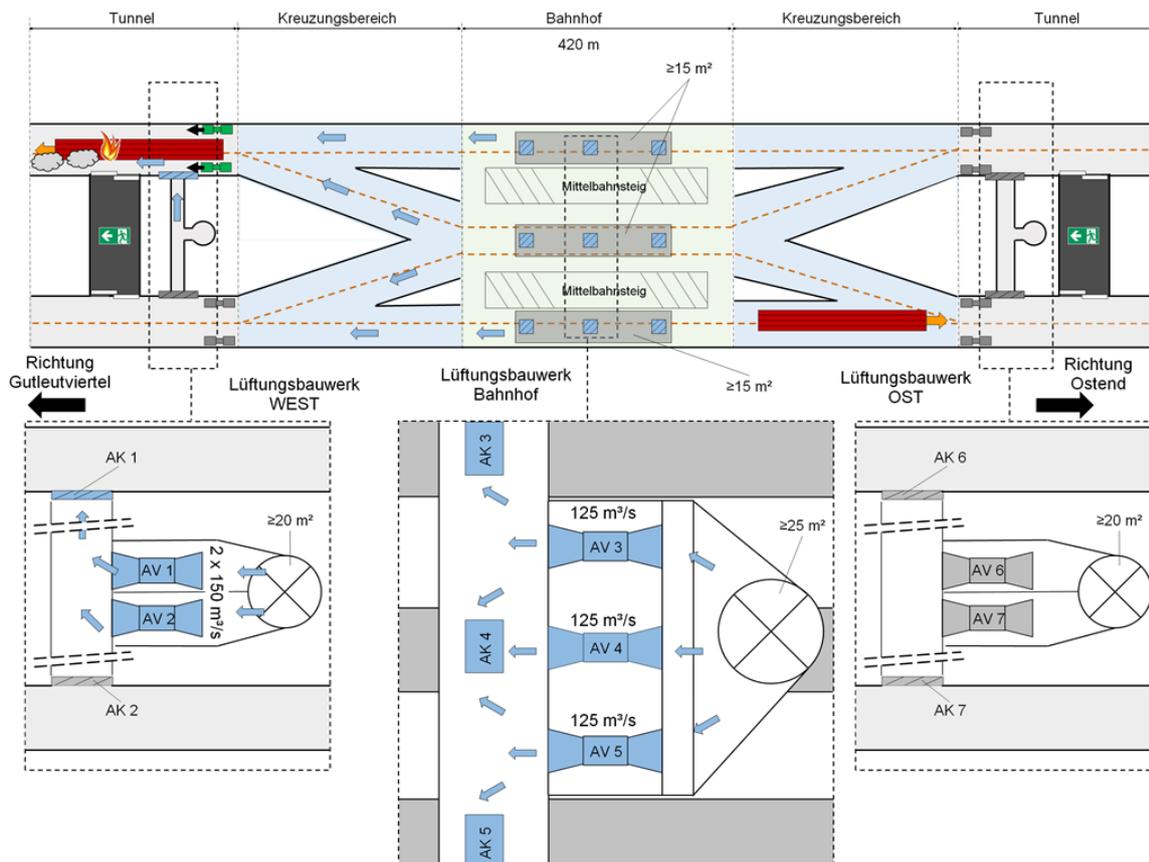


Abbildung 102: Brand im Tunnel; Entrauchung über Portale

Auch bei der zweiten Möglichkeit wird bei einem Brandszenario im Tunnel die Station auf Überdruck gebracht. Dabei werden in der unterirdischen Station alle drei Ventilatoren mit je einem Volumenstrom von $125 \text{ m}^3/\text{s}$ aktiviert, d.h. insgesamt $375 \text{ m}^3/\text{s}$ Frischluft der möglichen $450 \text{ m}^3/\text{s}$ werden über die drei Kanäle zugeführt.

In diesem Fall werden die Strahlventilatoren in der Ereignisröhre Richtung Portale aktiviert, durch die Zuführung am jeweiligen Lüftungsbauwerk (hier LBW WEST) von $300 \text{ m}^3/\text{s}$. Somit erfolgt die Entrauchung über die Portale.

6.4.2. Regelung der Lüftung

Für die Regelung der Lüftung gibt es drei unterschiedliche Möglichkeiten:

1. Entrauchung abhängig von der Strömungsrichtung und -geschwindigkeit
Hier wird die Strömungsrichtung der natürlichen Strömung bzw. der aus den Zugfahrten resultierenden Strömung im Tunnel beibehalten. Die Zeit, bis die Lüftungsanlage vollständig aktiviert ist, ist bei dieser Variante am kürzesten, da keine Umkehrung der Strömungsrichtung notwendig ist. Durch die ständige Messung der Strömungsrichtung und -geschwindigkeit ist eine aufwendige Regelung notwendig.
2. Entrauchung immer über die Portale
Diese Möglichkeit weist die einfachste Regelung auf. Bei einem Brand nahe der Station wird die verrauchte Länge sehr groß, was aber kein sicherheitstechnisches Problem zur Folge hat.
3. Entrauchung abhängig vom Brandort
Bei einem Brandort näher an der unterirdischen Station wird der Rauch von den LBW OST/WEST abgesaugt. Bei einem Brand näher am Portal wird der Rauch über das Portal transportiert.
Die kontinuierliche Messung der Strömungsrichtung und -geschwindigkeit ist hier nicht notwendig. Aus diesem Grund ist die Steuerung der Lüftung einfacher als bei Möglichkeit 1 bei einem ähnlichen Ergebnis.

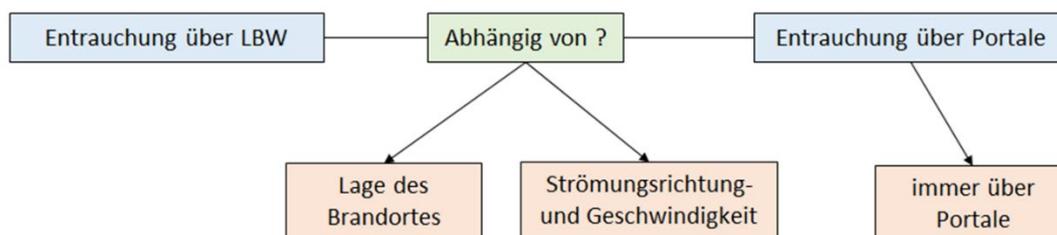


Abbildung 103: Systemskizze Lüftungssteuerung

6.4.3. Varianten als Gesamtes

Nachfolgend sind die einzelnen Varianten als Gesamtes anhand von Schemata ersichtlich. Die zwei unterschiedlichen Lüftungsschaltungen im Stationsbereich sind im Abschnitt 6.4.1 ersichtlich.

Die Längenverhältnisse der Schemata sind nicht maßstäblich dargestellt. Eine maßstäbliche Darstellung der Varianten ist im Abschnitt 5 „Rettungskonzept“ ersichtlich.

Bei der Variante 1, S1-O-T1-1_SK_NM, werden beide Anbindungen an die unterirdische Station einröhrig ausgeführt. Eine Y-Anbindung ist bei dieser Variante nicht vorgesehen.

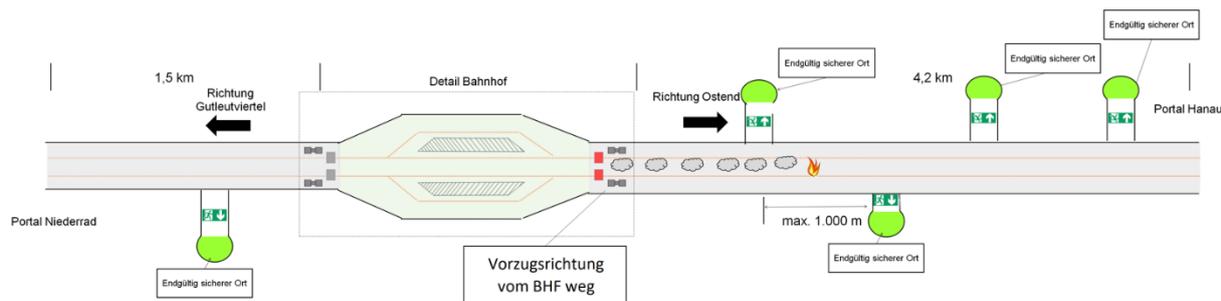


Abbildung 104: S1-O-T1-1_SK_NM - Einröhrige Variante ohne Y-Anbindung Richtung Hanau

Die zweite Variante, S2-O-T2-2_SK_SM, ist der ersten Variante sehr ähnlich, nur die Tunnelstrecken werden zweiröhrig ausgeführt. Bei den zweiröhrigen Varianten ist im Portalbereich eine Lüftungstrennwand oder ein Längensversatz der Portalöffnung erforderlich, um einen Lüftungskurzschluss zu vermeiden. Die Lüftungstrennwand oder alternativ ein Längensversatz muss eine Mindestlänge von 30 m aufweisen, um die Funktionsweise zu gewährleisten.

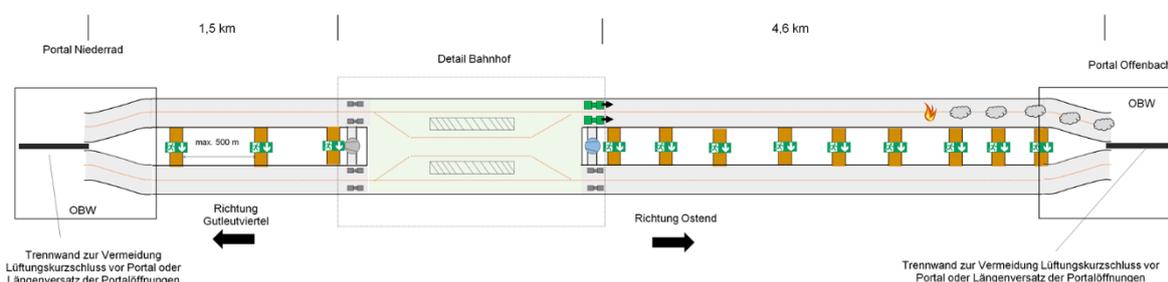


Abbildung 105: Zweiröhrige Variante ohne Y-Anbindung Richtung Hanau

Bei der dritten Variante ist die Tunnelstrecke einröhrig vorgesehen. Durch die Y-Anbindung ergeben sich im Osten zwei Portale, das Portal Hanau und das Portal Offenbach.

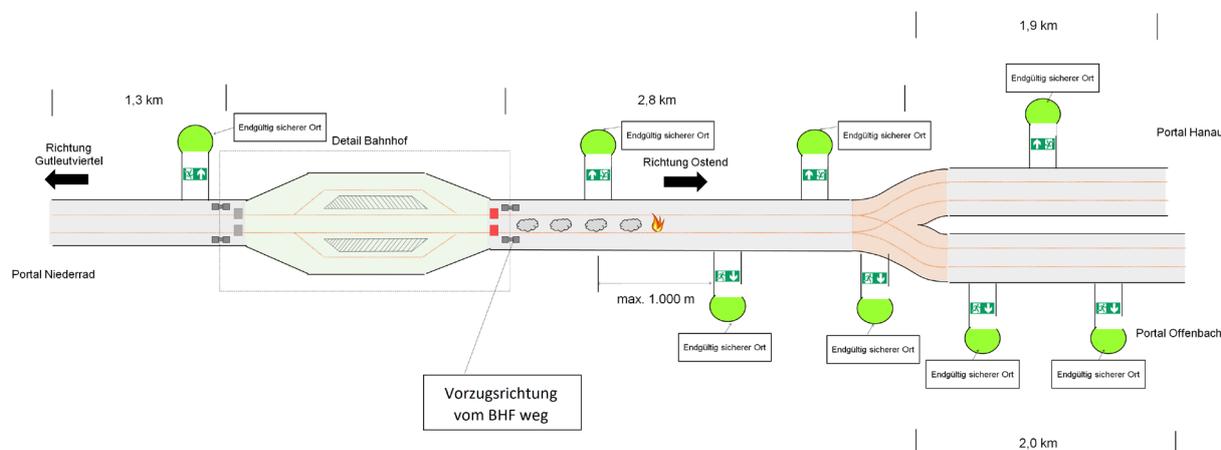


Abbildung 106: S2-W-T2-1_SK_Y - Zweiröhrige Variante mit Y-Anbindung

Die Variante 4a ist eine Kombination aus ein- und zweiröhriger Tunnelstrecke. Die beiden Anbindungen an die Station sind einröhrig. Bei der Y-Anbindung teilt sich das Tunnelsystem auf in eine Tunnelröhre bis zum Portal Offenbach und in ein zweiröhriges System zum Portal Hanau auf.

Bei dieser Variante kann, wie im nachfolgenden Schema ersichtlich, keine rauchfreie Röhre im zweiröhrigen Bereich gewährleistet werden. Dadurch sind Nischen und Strahlventilatoren im zweiröhrigen Bereich notwendig. Daraus resultiert ein Mehraufwand an Baukosten und ein höherer Wartungsaufwand.

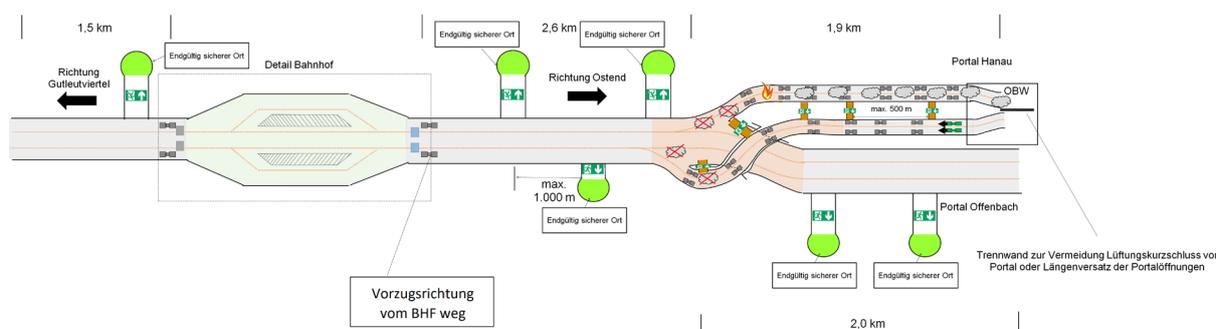


Abbildung 107: S1-O-T1-1_SK_Y - Einröhrige Variante mit Y-Anbindung/zweiröhrig Richtung Hanau

Bei der Variante 4b werden die Querschläge durch Notaufgänge ersetzt, wodurch die Notwendigkeit einer rauchfreien Röhre entfällt. Somit ist kein Lüftungsequipment in den Tunnelröhren erforderlich.

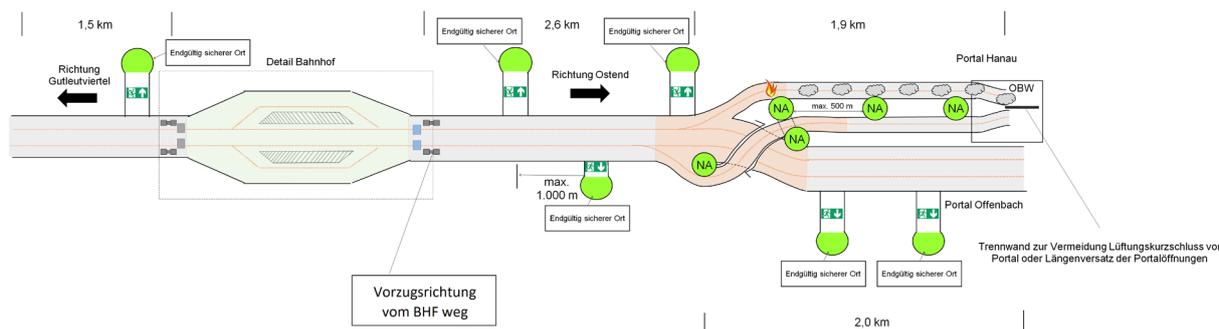


Abbildung 108: S1-O-T1-1_SK_Y - Einröhrige Variante mit Y-Anbindung - zweiröhrig Richtung Hanau

Die fünfte Variante besteht aus einem zweiröhrigen Tunnelsystem. Hier ist bei jedem beliebigen Brandort eine rauchfreie Röhre vorhanden und somit ist auch hier kein Lüftungsequipment in den Tunnelröhren erforderlich.

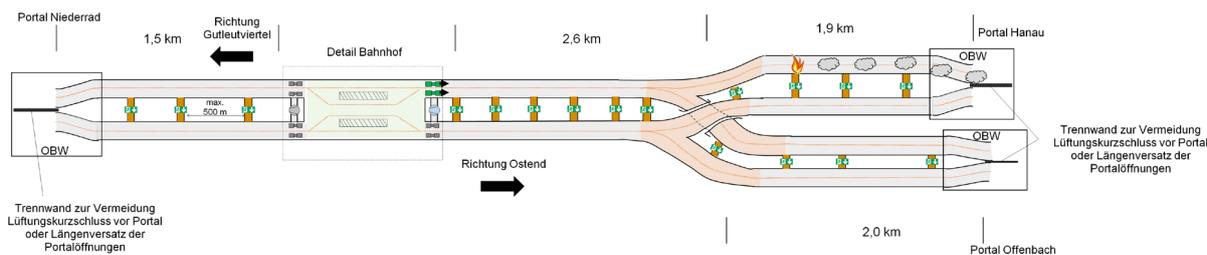


Abbildung 109: S2-O-T2-2_SK_Y - Zweiröhrige Variante mit Y-Anbindung

Die sechste Variante unterscheidet sich von der Variante 5 nur im Verlauf und der Position der Y-Anbindung.

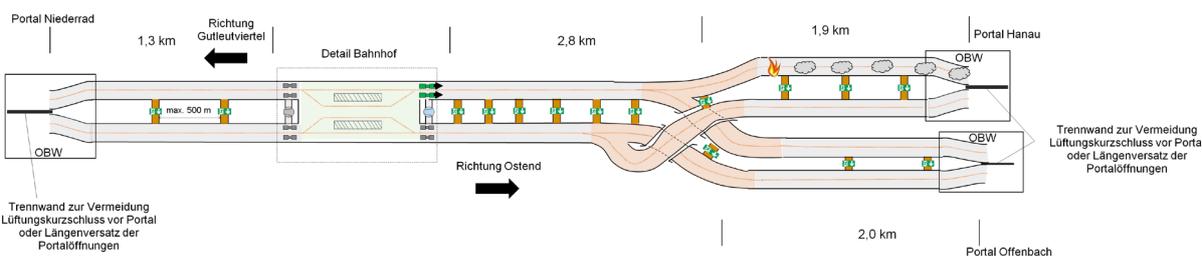


Abbildung 110: S1-W-T1-2_SK_Y - Zweiröhrige Variante mit Y-Anbindung

6.5 Grobbewertung der Varianten

	VARIANTEN						
	1	2	3	4a	4b	5	6
Bereich Bahnhof	+	o	+	+	+	o	o
Bereich Tunnelstrecke	+	+	+	-	+	+	+

+...günstig

o...neutral

-...ungünstig

Tabelle 19: Tabelle Grobbewertung Lüftungskonzepte der sechs Varianten der Planungsstufe 3

Der Grobbewertung liegen folgende Hintergründe im Hinblick auf das Lüftungskonzept zu Grunde:

- Bereich Station

Die einröhrigen Varianten sind durch den Wegfall der Lüftungskanäle zwischen den Tunnelröhren und der einfacheren Lüftungsregelung günstiger bewertet, als die zweiröhrige Variante. Der Vorteil der zweiröhrigen Variante, die bessere Einstellbarkeit der Strömungsrichtung und -geschwindigkeit ist hier geringer zu bewerten als die Einsparung durch das einfacher aufgebaute Lüftungskonzept bei der einröhrigen Variante. Keines der beiden Konzepte wird als ungünstig bewertet, da die Funktion beider Konzepte gewährleistet werden kann.

- Bereich Tunnelstrecke

Bei den Tunnelstrecken besteht kein Unterschied zwischen ein- und zweiröhrigen

Tunnelsystem in Bezug auf das Lüftungskonzept. Hier wird unterschieden, ob ein Lüftungsequipment in den Tunnelröhren benötigt wird. Da durch das Lüftungsequipment im Tunnel ein erheblicher Mehraufwand entsteht, wird diese Variante als ungünstig bewertet.

7 Ausrüstungstechnische Systeme

7.1 Leit- und Sicherungstechnik (LST)

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt befindet sich die Leit- und Sicherungstechnik durch die Einführung des Digitalen Stellwerkes (DSTW) als Nachfolgegeneration für die elektronischen Stellwerke (ESTW) im Umbruch. Gleichzeitig erfolgt der Ersatz des Zugsicherungssystems PZB durch das System ETCS.

Für die Betrachtungen im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie wird für die ausrüstungstechnischen Belange der Strecke von folgenden Prämissen ausgegangen:

1. Der Fernbahntunnel nebst Station wird mit einem DSTW und ETCS L2 (Führerstandssignalisierung) ausgerüstet
2. Als Rückfallebene werden der Tiefbahnhof und der Abzw Osthafen bei den Y-Varianten zusätzlich mit KS-Lichtsignalen ausgerüstet. Zusätzliche Blockabschnitte zwischen den einzelnen Betriebsstellen werden nur über die ETCS-Signalisierung realisiert
3. Der westliche Anschluss an die Niederräder Mainbrücke erfolgt im zum Realisierungszeitpunkt dort vorhanden ESTW der Bauform Simis D. Dieses ESTW befindet sich derzeit im Bau
4. Die nordmainische Einbindung erfolgt in das Stellwerk Frankfurt-Ost.
5. Die südmainische Einbindung erfolgt in das Stellwerk Offenbach
6. Bei der Kostenermittlung wurde davon ausgegangen, dass zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Fernbahntunnels die Zulaufstrecken bereits mit ETCS L2 ausgerüstet sind
7. Erheblichen Einfluss auf die LST-Kosten haben Bauzustände. So sind im Bf Frankfurt (Main) Hbf für den Bau der Station vorhandene Gleisanlagen ab- und wieder aufzubauen. Im Bereich der Anschlüsse werden voraussichtlich ebenfalls Bauzwischenzustände notwendig werden
8. Im Zuge des Maßnahmenpaketes „Frankfurt RheinMain plus“ sind Umbauten auch im südlichen Bahnhofsvorfeld des Hbf vorgesehen. Die Auswirkungen dieser Maßnahmen können derzeit nicht bewertet werden
9. Im Bereich der Niederräder Mainbrücke verlaufen die neuen Gleise in einem sehr geringen Abstand am Stellwerksgebäude „Fa“ vorbei. In diesem Gebäude befindet sich derzeit ein umfangreiches Relaisstellwerk und mehrere ESTW - Anlagen. Die Auswirkung auf diese Anlagen kann derzeit aufgrund der vorhandenen Planungstiefe nicht bewertet werden

Diese Prämissen bilden auch die Grundlage für die durchzuführende Grobkostenschätzung in Abschnitt 11.1 dieses Erläuterungsberichts.

7.2 Oberleitung (OLA)

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie ist nicht vorgesehen, die Anlagen der Oberleitung näher zu untersuchen. Zum Nachweis der technischen Machbarkeit des Gesamtprojektes hat die Oberleitungsanlage nur eine nachrangige Bedeutung. Alle hier vorgenommenen Betrachtungen dienen im Wesentlichen dazu, eine Großkostenschätzung für die zu errichtende Oberleitungsanlage abzuschätzen. Die für die Grobkostenschätzung herangezogenen Annahmen sind im Abschnitt 11.2 näher erläutert.

7.3 Maschinenbau (MB)

7.3.1. Entrauchungsanlage Bahnsteig und Verzweigungsbereiche

Bezüglich der Entrauchungsanlage für den Bahnsteig und die Verzweigungsbauwerke siehe Abschnitt 6 Lüftungskonzept.

7.3.2. Frischluftversorgung Bahnsteig

Im Normalbetrieb wird nach Erfordernis der Bahnsteig über dieses System mit Frischluft versorgt. Die Frischluft wird im Außenbereich abgesaugt und mit der Hilfe von Ventilatoren über das Frischluftkanalsystem im Bahnsteigbereich verteilt. Davor durchläuft die Frischluft noch eine Frischluftanlage (Ventilator, Grob- und Feinstaubfilter, Schalldämpfer, Lufterhitzer und Absperrklappen). Für die benötigten Einrichtungen der Frischluftversorgung des Bahnsteigs ist eine Frischluftzentrale erforderlich.

Die Abstände zwischen der Zuluftansaugung und dem Abluftaustritt gemäß DIN EN 13779 sind sicherzustellen. Dies ist sinngemäß für alle Lüftungsanlagen umzusetzen.

7.3.3. Lüftungsanlagen Technik Räume

Für die Allgemein- und Technikbereiche ist eine eigene Teilklimaanlage vorgesehen. Diese dient zur Außenluftversorgung, Frostfreihaltung und zum Teil auch für die Wärmelastabfuhr in geringer belasteten Bereichen. Für die Abfuhr von höheren Wärmelasten (Technische Betriebsräume etc.) sind Umluftkühlgeräte vorgesehen.

Die Zuluft wird gefiltert und erwärmt oder gekühlt. Das kombinierte Zu- und Abluftgerät ist zur Wärmerückgewinnung mit einem Wärmeübertrager ausgestattet. Des Weiteren ist für die Anlage eine Umluftklappe vorgesehen. Die Abstände zwischen der Zuluftansaugung und dem Abluftaustritt gemäß DIN EN 13779 sind sicherzustellen.

7.3.4. Belüftung Feuerwehraufzüge

Um den Feuerwehraufzug im Ereignisfall rauchfrei zu halten, wird er mittels eines eigenen Ventilators überdruckbelüftet. Sofern vorgesehen, befindet sich vor dem Feuerwehraufzug eine Schleuse mit einer Druckentlastungsklappe, inklusive einer Entrauchungsklappe, zwischen Schleuse und Bahnsteig bzw. Flur, welche den Überdruck im Feuerwehraufzug und der Schleuse begrenzt.

7.3.5. Löschwasserleitung & Sprinkleranlage

Im Stationsbereich ist eine nasse Löschwasserleitung vorgesehen. Sie ist dauerhaft mit Wasser beaufschlagt. Im Brandfall wird die Löschwasserleitung nass mittels Pumpanlage von einem Vorratsbehälter gespeist. Rohrdurchführungen durch feuerwiderstandsfähige Bauteile werden brandschutztechnisch geschottet.

Für die an die Verkehrsstation anschließenden Tunnelröhren ist eine separate Trockenlöschwasserleitung vorgesehen, die bis an die Tunnelportale geführt wird. Diese Trockenlöschwasserleitung soll über eine Löschwassereinspeisung mit Löschwasser versorgt werden.

Als Entnahmestellen für das Löschwasser sind, in der Station als auch im Tunnel, Wandhydranten vorgesehen.

Die Sprinkleranlagen als automatische Löschanlage, ist im Bereich von Verkaufseinrichtungen vorgesehen. Durch die automatische Auslösung soll die Sprinkleranlagen Entstehungsbrände frühzeitig bekämpfen und die Brände auf ihren Entstehungsbereich begrenzen. Dazu werden die Sprinklerköpfe über Verteilrohre mittels eigener Pumpanlage mit Löschwasser versorgt. Für die Auslösung des Sprinklersystems sind Alarmventilstationen vorgesehen.

7.3.6. Heizung

Die Versorgung der Station mit Heizwärme erfolgt über eine Fernwärmeübergabestation. Die Sekundärseite dieser Übergabestation versorgt mittels Verteiler folgende Bereiche:

- Heizkreis Raumluftechnik
- WC-Bereiche
- Statische Heizflächen
- sonstige Anlagen (Luftschleier, Ladenflächen, etc.)

7.3.7. Kälteanlage

Die Wärmelasten aus den Betriebsräumen werden über die zentrale Lüftungsanlage oder über Umluftkühlgeräte abgeführt. Die Umluftkühlgeräte werden nach den Abwärmeangaben und maximalen Raumtemperaturen dimensioniert. Die Regelung erfolgt über Raumtemperaturfühler. Der jeweilige Sollwert (maximale Raumtemperatur) ist über die Regelung zentral einstellbar. Für den Kältebedarf wird vorerst von einer Fernkälteversorgung ausgegangen.

7.3.8. Wasserversorgung

Es ist eine zentrale Hauptverteilungsstelle für Trinkwassers vorgesehen. Vor der Verteilung an die einzelnen Abnehmer wird das Trinkwasser enthärtet. Zur Sicherung der Trinkwasserhygiene wird das gesamte Netz durchgeschleift und erhält am Ende der Schleife eine Hygienespülung.

7.3.9. Entwässerung

Bodenabläufe, Ausgussbecken bzw. Auslaufventile sowie Kondenswasserabläufe werden an ein Schmutzwassernetz angeschlossen. Das Schmutzwasser der untersten Ebene wird mittels Hebeanlage abgeleitet. Über diese Hebeanlage kann auch das anfallende Wasser der Tunnelentwässerung geführt und von dort in den städtischen Kanal eingeleitet.

7.4 Elektrotechnik (50 Hz)

7.4.1. Allgemeine Versorgungsstruktur

Die Energieversorgung des Fernbahntunnels und der dazugehörigen unterirdischen Station des Hbf. Frankfurt/Main erfolgt über ein neu zu errichtendes 10 kV-Mittelspannungsnetz.

Über die niederspannungsseitige Hauptverteilung NSHV DB Energie der am Mittelspannungsnetz angebundenen Trafostation, werden weitere Hauptverteilungen für DB Energie fremde Nutzer angebunden. Dafür sind folgende verschiedene Hauptverteilungen für vorgesehen:

- Normalnetz (NN) DB S&S, für sämtliche, nicht sicherheitsrelevante Verbraucher der Station
- Ersatznetz (EN) DB S&S mit automatischer Netzumschaltung auf NEA Einspeisung bei Netzausfall. Für Verbraucher, die bei Netzausfall weiterbetrieben werden sollen, jedoch nicht sicherheitsrelevant sind
- Sicherheitsstromversorgung (SV) DB S&S mit automatischer Netzumschaltung auf NEA Einspeisung bei Netzausfall. Für alle sonstigen sicherheitsrelevanten Verbraucher, die nicht über eine separate unterbrechungsfreie Spannungsversorgung verfügen, z.B. Löschwasserpumpenanlage, Entrauchungsanlagen, etc.)
- SBL - zur Realisierung der Sicherheitsbeleuchtung (Umschaltzeit < 0,5 Sekunden) ist eine separate, über das Ersatznetz (EN) gespeiste, Verteilung inkl. Zentralbatterieanlage vorgesehen

7.4.2. Mittelspannungsschaltanlagen, Trafostation (Leistungsumfang DB Energie)

Die elektrische Energieversorgung der unterirdischen Station am Hbf. Frankfurt/Main erfolgt über eine in der Station zu errichtende Trafostation der DB Energie. Die Trafostation besteht aus einer Mittelspannungsschaltanlage, Transformatoren und der NSHV DB Energie. Die Übergabestellen an DB Energie fremde Nutzer sind die Abgänge der NSHV DB Energie. Der Aufbau der Anlage muss entsprechend TI 07 der DB Energie erfolgen. Zur Versorgung der Station sind Transformatoren im Parallelbetrieb vorgesehen. Die Versorgung erfolgt als Allgemeinversorgung (AV), eine Sicherheitsstromversorgung über die Trafostation der DB Energie ist nicht möglich.

Die Belüftung der Traforäume und des Mittelspannungsschaltanlagenraums hat mechanisch zu erfolgen.

7.4.3. Netzersatzversorgungsanlagen

Zur Aufrechterhaltung der Stromversorgung bei Netzausfall ist für baurechtlich notwendige, sicherheitsrelevante Verbraucher (NSHV SV) und aus betrieblichen Gründen weiter zu betreibende Verbraucher (NSHV EN) eine Netzersatzanlage (NEA) mit entsprechend zu dimensionierender Leistung vorzusehen.

Ein Vorratstank mit Betankungsmöglichkeit und entsprechend zu dimensionierender Kapazität ist vorzusehen.

7.4.4. Stromversorgung für die Sicherheitsbeleuchtungsanlage (SBL)

Die baurechtlich geforderte Sicherheitsbeleuchtung (Unterbrechungszeit kleiner 0,5 sek) wird ausschließlich über eine eigene Batterieanlage elektrisch versorgt. Die Sicherheitsbeleuchtungsanlage hat keine Verbindung zur NEA betriebenen Beleuchtungsanlage der Verkehrsflächen und Bahnsteige.

7.4.5. Niederspannungshauptverteilung DB S&S

Die Niederspannungshauptverteilungen für das Normalnetz (NN), die Ersatznetzversorgung (EN) und die Sicherheitsversorgung (SV) werden in baulich getrennten elektrischen Betriebsräumen aufgestellt.

7.4.6. Niederspannungsinstallationsanlagen

Unterverteilungen NN/EN/SV

In den einzelnen Geschossen/ Brandabschnitten werden zur Versorgung der Verbraucher entsprechende Niederspannungsunterverteilungen (UV-NN /UV-EN / UV-SV) vorgesehen. Diese werden in eigenen elektrischen Betriebsräumen der jeweiligen Ebene positioniert.

Schutzmaßnahmen:

Der Schutz durch Überstrom- und Fehlerstromschutzeinrichtungen bei Verbrauchern der Schutzklassen I und II erfolgt nach DIN VDE 0100, Teil 410.

Unterverteilung Sicherheitsbeleuchtungsanlage (UV-SBL)

Die Unterverteilungen der SBL werden analog den Unterverteilungen NN / EN / SV ausgeführt.

Kabel und Leitungen

Die Verkabelung ist entsprechend dem gültigen Brandschutzkonzept fallweise mit erhöhtem Funktionserhalt (E30 bzw. E90) auszuführen.

Verlegesysteme

Grundsätzlich werden getrennte Trassensysteme für Mittelspannung, Stark- und Schwachstrom sowie Verkabelungen mit Funktionserhalt installiert. Für die vertikale Erschließung der Ebenen müssen Hauptsteigschächte vorgesehen werden.

Die brandschutztechnischen Verschlüsse zwischen den einzelnen Räumen / Brandabschnitten erfolgt nach Fertigstellung der Verkabelung. Die Steigschächte sind bauseits mit Gitterrost-Zwischenebenen und Gerüstleitern ausgestattet, um die Erst- und Nachinstallation von Kabeln und Leitungen zu gewährleisten.

Installationsgeräte

Technikräume, Verkehrswege und Flure werden mit Tastern und entsprechenden Reinigungssteckdosen ausgestattet. Auf der Bahnsteigebene sind an jedem Bahnsteig Feuerwehr-Elektranten entsprechend Ril 954.910 vorgesehen.

7.4.7. Beleuchtungsanlagen

Die Technische Unterlage 954.9103 „Elektrische Energieanlagen; Beleuchtungsanlagen im gleisnahen und / oder sicherheitsrelevanten Bereich“ in der aktuellen Fassung in Verbindung mit der DIN EN 12464 Teil 1 und 2, den Vorgaben der Ril 813.05 der DB S&S sowie die Vorgaben des objektbezogenen Brandschutzkonzeptes sind zu berücksichtigen. Grundlage für die Planung der Beleuchtung sind die Kennwerte (Mindestwerte) gemäß Ril 813.05.

Die Ersatzbeleuchtung ist Teil einer Notbeleuchtung und ermöglicht bei Störung der Allgemeinbeleuchtung die eingeschränkte Weiterführung des Haltepunktbetriebes über einen begrenzten Zeitraum.

An folgenden Stellen sind zusätzliche Sicherheitsleuchten vorzusehen: im Notfall zu benutzende Ausgangstüren, bei Treppenanlagen, nahe jeder Niveauänderung, an Notausgängen und Sicherheitszeichen, bei Richtungsänderungen und Kreuzungen der Gänge / Flure, bei Ausgängen, nahe Erste-Hilfe-Stationen, nahe Brandbekämpfungsvorrichtungen oder Meldeeinrichtungen.

Ergänzend ist möglicherweise im Bereich der Bahnsteigebene, entsprechend den Anforderungen des Brandschutzgutachtens, eine zusätzliche Orientierungsbeleuchtung vorzusehen.

7.4.8. Erdungskonzept, Potentialausgleich

Wesentliche Ursache für die Notwendigkeit von Erdungsanlagen und der Art ihrer Ausbildung sind elektrische Anlagen und Systeme, von denen für Menschen keine Gefährdung z.B. durch elektrischen Schlag ausgehen darf, und die zuverlässig betrieben werden müssen.

Die Erdungsanlage und der Potentialausgleich ist entsprechend der aktuell gültigen Richtlinien zu planen und auszuführen.

7.4.9. Anlagen der Maschinen- und Fördertechnik

Aufzugsanlagen

Grundlage der Planung bilden die Planungsvorgaben der Ril 813.0460 Anlagentechnik Förder-/Maschinentechnik, die DIN EN 81-20 – Elektrisch betriebene Personen- und Lastenaufzüge und die DIN EN 81-70 – Zugänglichkeit von Aufzügen für Personen einschließlich Personen mit Behinderungen. Beim Feuerwehraufzug wird darüber hinaus die DIN EN 81-72 – Feuerwehraufzüge berücksichtigt. Zudem sind sämtliche Anforderungen aus dem Brandschutzkonzept zu gewährleisten.

Für die Aufzüge werden auf Grund der hohen Frequentierung, der einfacheren Wartung und der besseren Zugänglichkeit bei Störungs- und Instandhaltungsmaßnahmen eigene Triebwerksräume vorgesehen.

Die Aufzüge erhalten eine Evakuierungssteuerung bei Netzausfall und eine Brandfallsteuerung bei Brandalarm.

Fahrtreppen

Die Planungsvorgaben der Ril 813.0460 der DB S&S sind zu berücksichtigen.

Die Fahrtreppen werden generell mit einem frequenzgeregelten Antrieb ausgerüstet, wobei die Frequenzumformer im Schaltschrank der Steuerung montiert sind. Zur Verbesserung der Energieeffizienz sind die Fahrtreppen mit einem Stand-By-Betrieb geplant. Zudem erhalten die Fahrtreppen eine Energierückspeisung, die im Generatorbetrieb Energie zurückspeist, die innerhalb des Bahnhofs verbraucht werden kann. Die diagnosefähige, speicherprogrammierbare Steuerung und das Fernüberwachungssystem werden in Technikräumen nahe den einzelnen Fahrtreppen installiert.

7.4.10. Anlagen der Telekommunikation

Die unterirdische Station wird mit folgenden Telekommunikationsanlagen ausgerüstet:

- Sprachalarmierungsanlage nach DIN VDE 0833-4 mit Anbindung zur Reisenden-Information (DEFAS), Kopplung zur Brandmeldeanlage und Kopplung zur Betriebsfernmeldeanlage (BFMA)
- Fahrgastinformationsanlage (Zuganzeiger und Zugvoranzeiger)
- Fahrausweisautomaten und Fahrausweistwerter
- 3S Videoüberwachung und Bundespolizei Videoüberwachung
- TV Abfahrtshilfe Bahnsteigebene
- Notrufsystem Aufzüge
- Telefonie und BKU
- Anlagen Dritter (Mobilfunk, BOS)

Die Richtlinie 813.04 „Planungshandbuch Anlagentechnik“ sowie die Richtlinie 997.02 „Oberleitungsanlagen, Rückstromführung, Bahnerdung und Potentialausgleich“ gelten als allgemeine Planungsgrundlagen der beplanten Gewerke. Zusätzlich sind gewerkespezifische Lastenhefte und normative Vorgaben heranzuziehen.

Planung zur technischen Erschließung der Endgeräte erfolgt gemäß Richtlinie 813.0450 „Informationstechnische und Telekommunikationsanlagen der DB Station & Service AG planen

7.4.11. Anlagen der Gebäudeautomation (GA)

Als Planungsgrundlage gilt die Richtlinie 813.04 der DB S&S.

Die Gebäudeautomation umfasst die Steuerung, Regelung, Überwachung und Führung der haustechnischen Anlagen wie folgt:

- Raumluftechnische Anlagen (RLT) inkl. Entrauchung
- Heizungs- und kältetechnische Anlagen
- Elektrotechnische Anlagen (Ersatzbeleuchtung, NEA und SiBel)
- Sanitärtechnische Anlagen (Hebeanlagen)
- Fördertechnische Anlagen
- Fernmeldetechnische Anlagen (BMA/EMA)

7.4.12. Brandmeldeanlage

Für die unterirdische Station ist eine neue Brandmeldeanlage (BMA) zu errichten.

Grundlage für die Planung sind u.a. folgende Normen und Richtlinien:

- DIN VDE 0100
- DIN VDE 0800
- DIN VDE 0833, Teil 1 und Teil 2
- DIN EN 54, Brandmeldeanlagen
- DIN 14675, Brandmeldeanlagen, Aufbau und Betrieb
- DIN 14661, Feuerwehrbedienfeld für Brandmeldeanlagen

7.4.13. Bereiche Fahrtunnel

Für die Tunnelanlagen ist eine elektrische Ausrüstung 50 Hz vorzusehen. Die 50 Hz-Anlagen umfassen Anlagen der Tunnelsicherheitsbeleuchtung (TSB), Anlagen zur Stromversorgung im Tunnel (Elektranten), die elektrische Versorgung und Beleuchtung in den Rettungsschachtbauwerken sowie die Einspeisung und Verteilung elektrischer Energie ab Übergabepunkt der DB Energie für die genannten Anlagen.

Hinsichtlich der innerbetrieblichen Regelungen der DB AG wird insbesondere auf die Richtlinien

- Ril 813 - Personenbahnhöfe planen
- Ril 853 - Eisenbahntunnel planen, bauen und instandhalten
- Ril 954 - Elektrische Energieanlagen
- Ril 954.0107 Schutz gegen elektrischen Schlag und Ril 954.9107 Eisenbahntunnel

- Ril 997 - Oberleitungsanlagen / Rückstromführung, Bahnerdung, Potentialausgleich sowie auf das Lastenheft "Tunnelsicherheitsbeleuchtungsanlagen für Eisenbahntunnel" und die EBA-Richtlinie "Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb von Eisenbahntunneln" verwiesen.

Die elektrische Energieversorgung der Anlagen im Fahrtunnel (sowie der unterirdischen Station) erfolgt über ein neues Mittelspannungsteilnetz (10 kV) der DB Energie. Das neue Mittelspannungsteilnetz wird zwischen den Trafoübergabestationen der DB Energie aufgebaut. Zwischen den Trafoübergabestationen werden zwei 10 kV-Mittelspannungskabelsysteme im Tunnel innerhalb von geeigneten Kabelverlegesystemen (Leerrohre) geführt.

Im Tunnel sind die Kabeltrassen entsprechend der geltenden Richtlinien und Vorschriften auszuführen und sicher gegen Feuer (Feuerwiderstandsklasse F90) und gegen mechanische Zerstörung (Entgleisung) anzuordnen.

Größere technische Einrichtungen, wie z.B. Schaltschränke, die in der Regel in den Fahrtunnelröhren nicht untergebracht werden können, sind in eigenen Betriebsräumen unterzubringen.

Rettungsschacht:

Im Schacht sind zur Evakuierung und zum Angriff im Ereignisfall eine feste Treppe und zusätzlich ein Personenaufzug angeordnet.

Die Rettungsschachtbauwerke gehören zu den Flucht- und Rettungswegen und sind gemäß DB-Richtlinie 954.9107 in die Tunnelsicherheitsbeleuchtung zu integrieren und entsprechend der Systemgestaltung der Tunnelsicherheitsbeleuchtung aufzubauen.

In den Rettungsschachtbauwerken sind im jeweiligen Betriebsraum Hauptpotentialausgleichsschienen (HPAS) angeordnet, die sowohl mit dem inneren Erdungssystem des jeweiligen Rettungsschachtbauwerks als auch mit den Fahrschienen im Tunnel verbunden sind.

8 Genehmigungrechtliche Aspekte

8.1 Betroffenheiten

Im Rahmen des Vorhabens werden Abstimmungen mit zahlreichen Trägern öffentlicher Belange (TöB) sowie mit privaten Betroffenen erforderlich.

Zu den durch das Vorhaben betroffenen Trägern öffentlicher Belange gehören insbesondere die folgenden:

- Stadt Frankfurt am Main (insbesondere als Baulastträger zahlreicher betroffener Straßen und weiterer Bauwerke, Grünanlagen etc.)
- Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main als Verkehrsinfrastrukturbetreiber und Nahverkehrsunternehmen im Bereich mehrerer betroffener Stadt-/U-Bahn- und Straßenbahnstrecken
- Regierungspräsidium Darmstadt
- Zahlreiche Leitungsträger

- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Aschaffenburg

8.2 Grunderwerb

Im Rahmen des Vorhabens wird, insbesondere im Bereich der Anschlüsse an die Bestandsstrecken und der teilweise erforderlichen Notausstiege im Verlauf der Tunnelstrecken, der Erwerb von Grundstücken Dritter erforderlich.

Außerdem wird während der Bauzeit zusätzlich die temporäre Inanspruchnahme weiterer Flächen notwendig. Dazu zählen insbesondere Flächen für Baustelleneinrichtung und die Herstellung aller Bauwerke im Verlauf der Tunnelstrecken, die nicht vollständig untertage erstellt werden können, wie z.B. Notausstiege und Verzweigungsbauwerke sowie Bodenvergütungsmaßnahmen im Bereich der Unterfahrung vorhandener Tunnelstrecken der Stadt-/U-Bahn und der S-Bahn und ggf. im Bereich weiterer Bauwerke (z.B. Hafentunnel, ggf. Gründungen von Mainbrücken etc.) sowie von Gebäuden.

Die rechtlichen Grundlagen für den Grunderwerb, bauzeitliche Inanspruchnahmen und dingliche Sicherungen werden im Rahmen des durchzuführenden Planfeststellungsverfahrens geschaffen. Auf dieser Basis schließt der Vorhabensträger anschließend mit den jeweiligen Grundstückseigentümern privatrechtliche Verträge ab, in denen auch Regelungen über Kaufpreise und Entschädigungszahlungen enthalten sind.

8.3 Planrechtsverfahren

Die Baurechtschaffung für das geplante Vorhaben erfolgt durch ein Planfeststellungsverfahren, in dessen Rahmen zunächst auch ein Screening-Verfahren durchzuführen ist, durch das der Untersuchungsrahmen für die projektbedingten Auswirkungen auf die verschiedenen Schutzgüter festgelegt wird.

9 Umweltrechtliche Betrachtungen

9.1 Gewässer- und Naturschutz

Im Rahmen der Ermittlung und Bewertung der Umweltauswirkungen wird der Ist-Zustand der vorhandenen und gemäß UVPG abzurufenden Schutzgüter dargestellt. Diese werden dann anhand des aktuellen Stands der technischen Planung hinsichtlich potenzieller Wirkfaktoren und erheblicher Beeinträchtigungen geprüft. Ziel dieser Untersuchung ist die Einschätzung, ob insbesondere erheblich nachteilige Auswirkungen des Vorhabens auf die UVP-Schutzgüter erkennbar sind und ob diese Auswirkungen eine Umsetzung des Vorhabens in einem späteren Planfeststellungsverfahren gefährden könnten. Die ausführliche Ermittlung und Bewertung der Umweltauswirkungen sind in Anlage 13.1 dargestellt.

Im Zuge des Vermeidungsgebots und der Umweltvorsorge sollen potenzielle Beeinträchtigungen der Schutzgüter berücksichtigt und hinsichtlich möglicher Maßnahmen zur Vermeidung, Minimierung oder Kompensation dargestellt werden. Dies ermöglicht in späteren Planungsphasen bezüglich zeitlicher und weiterer Aspekte eine Optimierung des Planverfahrens. Aufgrund von Erfahrungen aus vergleichbaren Projekten wurde im Rahmen dieser ersten Phase ein Wirkraum von beidseitig 100 m gewählt. Im späteren Verlauf der Planung

muss sich dann an dem Umweltleitfaden Teil III (2014) des Eisenbahn-Bundesamtes orientiert werden, bei dem die Korridore der einzelnen Schutzgüter weiter gefasst sind.

Angelehnt an das aktuelle UVPG werden alle vorgeschriebenen Schutzgüter berücksichtigt:

- Schutzgut Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit
- Schutzgut Fläche und Boden
- Schutzgut Wasser
- Schutzgut Luft, Klima
- Schutzgut Landschaft
- Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter
- Schutzgut Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt

Im Folgenden werden die nach jetzigem Kenntnisstand relevantesten Auswirkungen zusammengefasst dargestellt:

Schutzgut Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit:

Für das Schutzgut Menschen können während der Bauphase erhebliche Beeinträchtigungen, insbesondere der menschlichen Gesundheit aufgrund von Lärm, Erschütterungen sowie Verkehrsbeeinträchtigungen für alle betrachteten Varianten eintreten. Anlagen- und betriebsbedingt sind durch die vorgesehenen Maßnahmen keine erheblichen nachteiligen Auswirkungen zu erwarten. Dementsprechend zeigt sich auch im tabellarischen Variantenvergleich eine gleichermaßen neutral bewertete Umweltauswirkung für die beiden ersten Varianten und durch den Summationseffekt eine negative Bewertung für die Varianten 3-6.

Schutzgut Fläche und Boden

Es kann während der Bauphase zu erheblich nachteiligen Auswirkungen durch Eingriffe in den Boden und durch Flächeninanspruchnahme kommen, weshalb u.a. Altlastenverdachtsflächen in der weiteren Planung berücksichtigt werden müssen. Anlagen- und betriebsbedingt führt das Vorhaben zur kleinräumigen Flächeninanspruchnahmen, die als nicht erheblich angesehen werden. Aufgrund des größten Eingriffs im Bereich der südlichen Anbindung durch die Beanspruchung von landwirtschaftlichen Flächen schneidet die Variante 2 und auch die Varianten 3-6 am schlechtesten bei dem tabellarischen Variantenvergleich ab. Bei der Variante 3-6 kommt zudem die bauzeitliche und auch teilweise auch anlagenbedingte Flächenbeanspruchung aufgrund der Y-Anbindung hinzu.

Schutzgut Wasser

Es kommt zu temporären Beeinträchtigungen des Schutzgutes Wasser durch die temporäre Grundwasserentspannung in den tiefen Baugruben, die zur Gewährleistung der Standsicherheit erforderlich ist. Durch den zweiten Tunnelbau der Y-Verzweigung kann es in den Varianten 3-6 zusätzlich zu anlage- und betriebsbedingten Beeinträchtigungen kommen, was zu der negativeren Bewertung gegenüber den Varianten 1 und 2 führt.

Schutzgut Luft, Klima

Bauzeitlich nachteilige Auswirkungen, insbesondere durch den Einsatz von Baumaschinen, sind nicht auszuschließen. Durch das Entfernen von Gehölzen, Grünflächen und den Eingriff in den Main können bauzeitliche Beeinträchtigungen in das Lokalklima auftreten. Aufgrund des größten Eingriffs in Gehölz- und Grünflächen im Bereich der südlichen Anbindung schneidet die Variante 1 am besten bei dem Variantenvergleich ab.

Schutzgut Landschaft

In Bezug auf das Schutzgut Landschaft werden bau-, anlage- und betriebsbedingt überwiegend keine erheblichen Beeinträchtigungen bei keiner der Varianten erwartet. Im t Variantenvergleich wird aufgrund des geringsten Gehölzverlustes in Variante 1, dieser Variante die positivste Bewertung der Umweltwirkung zugesprochen.

Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter

In Bezug auf das Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter werden bau-, anlage- und betriebsbedingt überwiegend keine erheblichen Beeinträchtigungen bei keiner der Varianten erwartet. Im Variantenvergleich wird aufgrund des potenziell betroffenen Baudenkmals in der Y-Anbindung in der Nähe des Hafensparks den Varianten 1 und 2 eine günstigere Bewertung zugesprochen.

Schutzgut Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt

Alle Varianten bringen Eingriffe in Gehölzbestände mit sich, die negative Auswirkungen haben können. Durch potenzielle Auslösung von Verbotstatbeständen nach §44 BNatSchG (besonderer Artenschutz) ist eine spezielle artenschutzrechtliche Prüfung erforderlich. Voraussichtlich ist ein Landschaftsschutzgebiet vom Vorhaben betroffen. Aus Sicht des Arten- und Biotopschutzes ist die optionale BE-Fläche am Ostpark wegen des Einflusses störungsempfindlicher Vogelarten und der strukturreicheren Gehölzbestände zu überdenken oder nach Möglichkeit zu verkleinern.

9.2 Schall- und Erschütterung

9.2.1. Schallschutz

Durch den Betrieb von Bahnanlagen kommt es zu Geräuschimmissionen auf im Einwirkungsbereich befindliche Siedlungsflächen. Schallimmissionen zählen gemäß § 3 des Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) je nach Stärke und Wahrnehmbarkeit zu den Immissionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Gemäß § 41 (1) BImSchG ist beim Neubau oder der wesentlichen Änderung von Schienenverkehrswegen sicherzustellen, dass durch diese keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche hervorgerufen werden können, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Nach §41 (2) BImSchG kann von diesem Grundsatz abgewichen werden, falls die Kosten von Schutzmaßnahmen außer Verhältnis zu dem angestrebten Schutzzweck stehen würden.

Eine Konkretisierung der im Bundes-Immissionsschutzgesetz genannten unbestimmten Rechtsbegriffe wurde vom Gesetzgeber in der 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vorgenommen.

Die 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) gilt für den Bau oder die wesentliche Änderung von öffentlichen Straßen sowie von Schienenwegen der Eisenbahn und Straßenbahnen. Zum Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schienenverkehrsräusche ist gemäß 16. BImSchV beim Neubau oder der wesentlichen Änderung von Schienenwegen sicherzustellen, dass der Beurteilungspegel der 16. BImSchV die Immissionsgrenzwerte der folgenden Tabelle nicht überschreitet:

Zeile	Anlagen und Gebiete	Immissionsgrenzwerte [dB(A)]	
		Tag 06:00 – 22:00 Uhr	Nacht 22:00 – 06:00 Uhr
1	Krankenhäuser, Schulen, Kurheime, Altenheime	57	47
2	Reine Wohngebiete, Allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	59	49
3	Kerngebiete, Dorfgebiete, Mischgebiete	64	54
4	Gewerbegebiete	69	59

Tabelle 20 Immissionsgrenzwerte gemäß 16. BImSchV

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie Knoten Frankfurt, Fernbahntunnel, wurde für die einzelnen Varianten abgeschätzt, in wie weit Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV vorliegen könnten und mit welchen aktiven Maßnahmen diese Überschreitungen vermindert werden können. Bei den aktiven Maßnahmen wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie Lärmschutzwände mit Höhen von 5m angenommen.

Bei den einzelnen Varianten wurde davon ausgegangen, dass sich die neu zu bauenden oberirdischen Streckenabschnitte als Neubau von Schienenwegen bzw. als zusätzliche Gleise darstellen, so dass hier eine wesentliche Änderung nach der 16. BImSchV vorliegt.

Bei der Variante 1 sind im Bereich der Anbindung West Niederräder Brücke und im Bereich der Anbindung Nord Strecke 3660 (Nordmainische S-Bahn) auf einer Länge von ca. 2,0 km Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV zu erwarten und es werden zur Immissionsminimierung Lärmschutzwände mit einer Länge von ca. 6,5 km abgeschätzt. Die Kosten für die Lärmschutzwände betragen ca. netto 17,3 Mio. EUR.

Bei der Variante 2 sind im Bereich der Anbindung West Niederräder Brücke und im Bereich der Anbindung Süd Strecke 3600 Offenbach auf einer Länge von ca. 2,5 km d.h. Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV zu erwarten und es werden zur Immissionsminimierung Lärmschutzwände mit einer Länge von 7,5 km abgeschätzt. Die Kosten für die Lärmschutzwände betragen ca. netto 20,0 Mio. EUR.

Bei der Variante 3 sind im Bereich der Anbindung West Niederräder Brücke, im Bereich der Anbindung Nord Strecke 3660 (Nordmainische S-Bahn) und der Anbindung Süd Strecke 3600 Offenbach auf einer Länge von ca. 3,5 km Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV zu erwarten und es werden zur Immissionsminimierung Lärmschutzwände mit einer Länge von ca. 9,0 km abgeschätzt. Die Kosten für die Lärmschutzwände betragen ca. netto 24,0 Mio. EUR.

Bei der Variante 4 sind im Bereich der Anbindung West Niederräder Brücke, im Bereich der Anbindung Nord Strecke 3660 (Nordmainische S-Bahn) und im Bereich der Anbindung Süd Strecke 3600 Offenbach auf einer Länge von ca. 3,5 km Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV zu erwarten und es werden zur Immissionsminimierung Lärmschutzwände mit einer Länge von 9,0 km abgeschätzt. Die Kosten für die Lärmschutzwände betragen ca. netto 24,0 Mio. EUR.

Bei der Variante 5 sind im Bereich der Anbindung West Niederräder Brücke, im Bereich der Anbindung Nord Strecke 3660 (Nordmainische S-Bahn) und der Anbindung Süd Strecke 3600 Offenbach auf einer Länge von ca. 3,5 km Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV zu erwarten und es werden zur Immissionsminimierung Lärmschutzwände mit einer Länge von ca. 9,0 km abgeschätzt. Die Kosten für die Lärmschutzwände betragen ca. netto 24,0 Mio. EUR.

Bei der Variante 6 sind im Bereich der Anbindung West Niederräder Brücke, im Bereich der Anbindung Nord Strecke 3660 (Nordmainische S-Bahn) und der Anbindung Süd Strecke 3600 Offenbach auf einer Länge von ca. 3,5 km Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV zu erwarten und es werden zur Immissionsminimierung Lärmschutzwände mit einer Länge von ca. 9,0 km abgeschätzt. Die Kosten für die Lärmschutzwände betragen ca. netto 24,0 Mio. EUR.

9.2.2. Erschütterungsschutz

Für die Beurteilung von Einwirkungen durch verkehrsinduzierte Erschütterungsimmissionen gibt es derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen, in denen Grenzwerte festgelegt sind. Daher werden zur Bewertung von Erschütterungsimmissionen die in Fachkreisen als Beurteilungsgrundlage allgemein anerkannten Anhaltswerte nach DIN 4150-2 herangezogen. Bei Einhaltung der hierin angegebenen Anhaltswerte kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen keine „erheblich belästigenden Einwirkungen“, die als niedrigste Qualifikationsstufe schädlicher Umwelteinwirkungen im Sinne des Immissionsschutzrechtes anzusehen sind, darstellen.

Die Rechtsgrundlage für Ansprüche auf Schutzmaßnahmen ist in § 74 (2) Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) begründet. Hiernach sind dem Träger eines Vorhabens unter Umständen Vorkehrungen oder die Einrichtung und Unterhaltung von Anlagen aufzuerlegen, die zum Wohl der Allgemeinheit oder zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen erforderlich sind. Sind solche Vorkehrungen oder Anlagen untunlich, das heißt mit angemessenem Aufwand zum Schutzzweck nicht realisierbar, oder sind die Maßnahmen mit dem Vorhaben nicht vereinbar, so besteht ein entsprechender Entschädigungsanspruch.

Die Anhaltswerte A zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen werden in der DIN 4150-2 jeweils in Abhängigkeit von der Art

der baulichen Nutzung der Umgebung des Einwirkungsortes sowie für den Tag- und den Nachtzeitraum unterschieden. In der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Anhaltswerte angegeben.

Zeile	Einwirkungsort	tags		nachts	
		A _u	A _r	A _u	A _r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichtspersonal und Bereitschaftspersonen untergebracht sind	0,40	0,20	0,30	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	0,30	0,15	0,20	0,10
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	0,20	0,10	0,15	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	0,15	0,07	0,10	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,10	0,05	0,10	0,05

Tabelle 21: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie Knoten Frankfurt, Fernbahntunnel, wurde für die einzelnen Varianten abgeschätzt, inwieweit betriebliche Erschütterungskonflikte durch Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-2 entstehen können.

Bei der Variante 1 sind im Bereich des Tunnels im Bereich Bahnhofsviertel / Sachsenhausen Nord und im Bereich der Anbindung Nord Strecke 3660 (nordmainische S-Bahn) eventuell erschütterungstechnische Maßnahmen auf einer Länge von 2,0 km erforderlich. Die Kosten für die erschütterungstechnischen Maßnahmen betragen ca. netto 4,0 Mio. EUR.

Bei der Variante 2 sind im Bereich des Tunnels im Bereich Bahnhofsviertel / Sachsenhausen Nord und im Bereich der Anbindung Süd Strecke 3600 Offenbach eventuell erschütterungstechnische Maßnahmen auf einer Länge von 1,3 km erforderlich. Die Kosten für die erschütterungstechnischen Maßnahmen betragen ca. netto 2,6 Mio. EUR.

Bei der Variante 3 sind im Bereich des Tunnels im Bereich Bahnhofsviertel / Sachsenhausen Nord, im Bereich der Anbindung Nord Strecke 3660 (nordmainische S-Bahn) und im Bereich der Anbindung Süd Strecke 3600 Offenbach eventuell erschütterungstechnische Maßnahmen auf einer Länge von 2,3 km erforderlich. Die Kosten für die erschütterungstechnischen Maßnahmen betragen ca. netto 4,6 Mio. EUR.

Bei der Variante 4 sind im Bereich des Tunnels im Bereich Bahnhofsviertel / Sachsenhausen Nord, im Bereich der Anbindung Nord Strecke 3660 (nordmainische S-Bahn) und im Bereich der Anbindung Süd Strecke 3600 Offenbach eventuell erschütterungstechnische Maßnahmen auf einer Länge von 2,3 km erforderlich. Die Kosten für die erschütterungstechnischen Maßnahmen betragen ca. netto 4,6 Mio. EUR.

Bei der Variante 5 sind im Bereich des Tunnels im Bereich Bahnhofsviertel / Sachsenhausen Nord, im Bereich der Anbindung Nord Strecke 3660 (nordmainische S-Bahn) und im Bereich der Anbindung Süd Strecke 3600 Offenbach eventuell erschütterungstechnische Maßnahmen auf einer Länge von 2,3 km erforderlich. Die Kosten für die erschütterungstechnischen Maßnahmen betragen ca. netto 4,6 Mio. EUR.

Bei der Variante 6 sind im Bereich des Tunnels im Bereich Bahnhofsviertel, im Bereich der Anbindung Nord Strecke 3660 (Nordmainische S-Bahn) und im Bereich der Anbindung Süd Strecke 3600 Offenbach eventuell erschütterungstechnische Maßnahmen auf einer Länge von 1,8 km erforderlich. Die Kosten für die erschütterungstechnischen Maßnahmen betragen ca. netto 3,6 Mio. EUR.

Aus Sicht der betrieblichen Erschütterungen stellt sich die Variante 2 mit den geringsten eventuellen Konflikten dar, die Varianten 1 und 6 haben etwas mehr eventuelle Konflikte und die Varianten 3, 4 und 5 haben die meisten eventuellen Konflikten.

10 Bauphasen- und Baulogistikkonzepte

Die Bauphasen- und Baulogistikkonzepte werden für die sechs in der Planungsstufe 3 betrachteten Varianten untersucht und nachfolgend beschrieben.

10.1 Bauablauf und Bauphasen Tunnelbau

10.1.1. Konzept TBM-Vortriebe

Maßgebend und bestimmend für das Baukonzept und das Konzept der Baustelleneinrichtungen mit deren Ver- und Entsorgung ist die Anzahl, Länge und Vortriebsrichtung der TBM-Vortriebe der einzelnen Varianten. Die Anzahl der TBM-Vortriebe ist abhängig vom Tunnel-system (eine zweigleisige Röhre, zwei eingleisige Röhren), der Art der Anbindung im Osten (südmainisch/nordmainisch oder Y-Lösung) und vom Stationstyp (Stationstyp C erfordert eine zusätzliche zweigleisige TBM-Röhre im Stationsbereich).

Für die nachstehenden Übersichtsskizzen gilt folgende Legende:

Legende:

- eingleisige TVM
- zweigleisige TVM
- zyklische Sonderbauweise

10.1.1.1 Konzept TBM-Vortriebe Variante 1, S1-O-T1-1_SK_SM, Station Typ I

S1-O-T1-1_SK_NM

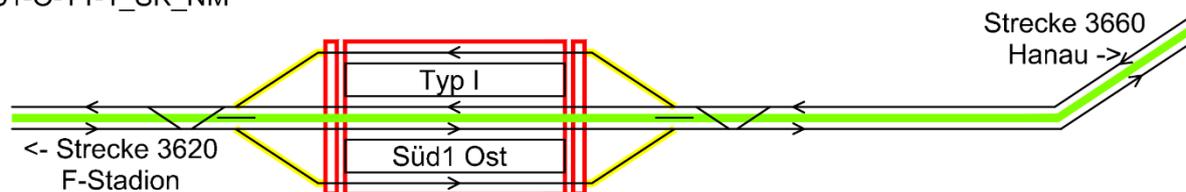


Abbildung 111: Variante 1 Gleisschema mit TBM - Vortrieben

Bei Variante 1 ist der durchgehende Vortrieb einer zweigleisigen Tunnelröhre erforderlich. Der Start der TBM im Osten (nordmainisch) bietet bessere Möglichkeiten für eine große BE-Fläche als im Westen. Auch deren verkehrliche Anbindung an das übergeordnete Straßennetz ist kürzer und günstiger. Die Anbindung an die Schiene ist physisch vorhanden, jedoch bedarf diese auch einer Überprüfung in eisenbahnbetrieblicher Hinsicht. Weiters ergibt sich beim Start von Osten ein größeres Zeitfenster für die erforderlichen Vorarbeiten für die Durchfahrt der TBM im Stationsbereich. Die Durchfahrt der TBM im Stationsbereich bildet wiederum die Voraussetzung für den Einbau des zentralen Betonpfeiles und somit den Weiterbau der bergmännischen Station.

10.1.1.2 Konzept TBM-Vortriebe Variante 2, S2-O-T2-2_SK_SM, Station Typ B

S2-O-T2-2_SK_SM

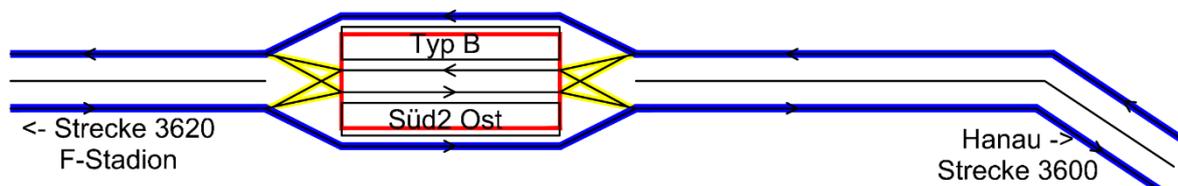


Abbildung 112: Variante 2 Gleisschema mit TBM - Vortrieben

Bei Variante 2 sind zwei durchgehende eingleisige Tunnelröhren aufzufahren. Der Start der TBMs im Osten (südmainisch) bietet auf Grund der dort vorhandenen freien Flächen eine deutlich bessere Möglichkeit für eine große BE-Fläche für zwei Vortriebe als im Westen. Auch eine verkehrliche Anbindung an das übergeordnete Straßennetz gestaltet sich dort einfacher und kürzer. Weiters ist die Möglichkeit der Anbindung an die Schiene (Hafenbahn) gegeben wobei hier noch die betrieblichen Möglichkeiten zu prüfen sind. Der Vortrieb der TBMs erfolgt durchgehend an der Station Typ B vorbei bis zum bergmännischen Westportal.

10.1.1.3 Konzept TBM-Vortriebe Variante 3, S2-W-T2-1_SK_Y, Station Typ C

S2-W-T2-1_SK_Y

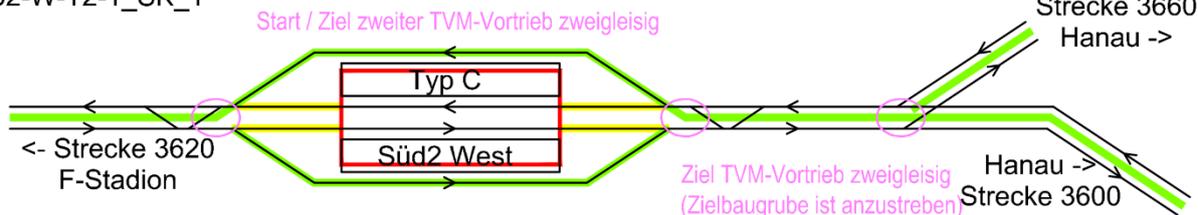


Abbildung 113: Variante 3 Gleisschema mit TBM - Vortrieben

Bei Variante 3 sind drei Vortriebe einer zweigleisigen Tunnelröhre auszuführen. Der längste Vortrieb startet im Osten vom südmainischen Anschluss an die Strecke 3600 und endet nach Durchfahrt durch die Schächte beim Y-Bauwerk, nach der Vorbeifahrt nördlich der Station und anschließender Durchfahrt durch die Baugrube des Verzweigungsbereiches westlich der Station beim bergmännischen Westportal. Auch nach Passage des Y-Bauwerkes ist die Ver- und Entsorgung des weiterlaufenden Vortriebes vom südmainischen Ostportal aus vorgesehen. Lediglich die Frischluftversorgung kann auf eine Ansaugung über den Schacht des Y-Bauwerkes umgestellt werden.

Auf Grund des Stationstyps C ist im Bereich der Station ein zusätzlicher zweigleisiger TBM-Vortrieb im Bereich der Station erforderlich. Für den Start dieses zweiten Vortriebes sind Möglichkeiten für Start und Ziel der TBM erforderlich. Westlich der Station ist die Herstellung des Verzweigungsbereiches in einer (teilweise überdeckelten) Baugrube vorgesehen. Der Verzweigungsbereich östlich der Station ist auf Grund der Bebauungssituation zumindest teilweise bergmännisch durchzuführen und dementsprechend komplex und zeitaufwendig und wäre durch eine Versorgung des zweiten Vortriebes von Osten her weiterhin blockiert. Der zweite Vortrieb im Bereich der Station wird daher vom Westen in Richtung Osten vorge-

trieben. Dazu ist die TBM des ersten Vortriebes am Westportal abzubauen und in der Baugrube des westlichen Verzweigungsbauwerkes wieder aufzubauen. Der Nachläufer kann am Westportal gewendet und über die bestehende Röhre bis zur Baugrube des westlichen Verzweigungsbauwerkes gezogen werden. Die Versorgung dieses Vortriebes sowie die Entsorgung des Ausbruchmaterials für diesen muss über das Westportal erfolgen. Die Tübbingproduktion und das Tübbinghauptlager können dazu auf der BE-Fläche beim südmainischen Ostportal verbleiben. Es ist lediglich eine Tübbingzwischenlagerung für einige Tage Vortrieb am Westportal erforderlich. Das Tunnelausbruchmaterial ist ab dem Westportal wegzuschaffen.

Der dritte Vortrieb erfolgt vom nordmainischen Ostportal bis zum Schacht des Y-Bauwerkes. Dazu ist am nordmainischen Ostportal eine entsprechende Baustelleneinrichtung mit Anschluss an die Schiene (Prüfung der betrieblichen Möglichkeiten noch erforderlich) und an das übergeordnete Straßennetz vorgesehen. Auch für diesen Vortrieb kann für die Tübbingproduktion bzw. das Tübbinghauptlager nach wie vor die BE-Fläche beim südmainischen Ostportal genutzt werden. Die Demontage der TBM erfolgt im Schacht des Y-Bauwerkes, aus welchem die Einzelteile der TBM geborgen werden.

10.1.1.4 Konzept TBM-Vortriebe Variante 4, S1-O-T2-1_SK_Y, Station Typ A

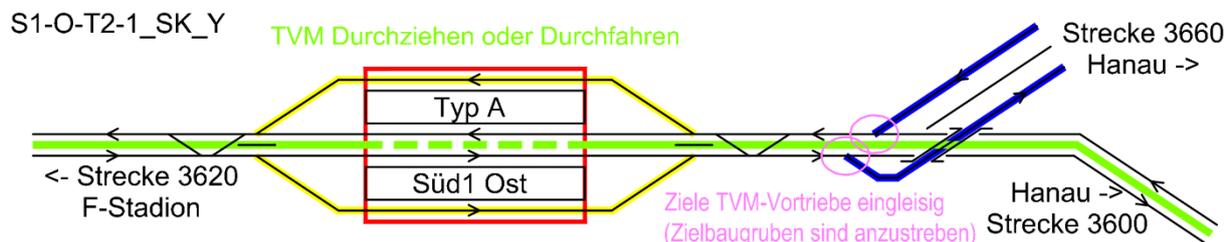


Abbildung 114: Variante 4 Gleisschema mit TBM - Vortrieben

Bei Variante 4 sind ein durchgehender Vortrieb einer zweigleisigen Tunnelröhre sowie zwei Vortriebe einer eingleisigen Tunnelröhre erforderlich. Der Start der zweigleisigen TBM im Osten (südmainisch) bietet eine bessere Möglichkeit für eine große BE-Fläche und derenverkehrliche Anbindung an das übergeordnete Straßennetz. Für den technisch gering aufwendigen Anschluss an die Schiene wären noch die eisenbahnbetrieblichen Möglichkeiten zu prüfen. Auch nach Passage der beiden Y-Bauwerke ist die Ver- und Entsorgung des weiterlaufenden Vortriebes vom südmainischen Ostportal aus vorgesehen. Lediglich die Frischluftversorgung kann auf eine Ansaugung über einen Schacht der Y-Bauwerke umgestellt werden. Im Bereich der Station wird die TBM entsprechend dem Bauablauf der Station samt Nachläufer auf einer vorab hergestellten Verschubbahn durchgezogen oder sie durchbohrt die Station. Bei Durchschub erfolgt der neuerliche Start des Vortriebes am Westende der Station.

Die beiden eingleisigen Vortriebe erfolgen vom nordmainischen Ostportal bis zu den beiden Schächten der Y-Bauwerke. Dazu ist am nordmainischen Ostportal eine entsprechende Baustelleneinrichtung mit Anschluss an die Schiene (Überprüfung der eisenbahnbetrieblichen Möglichkeiten erforderlich) und das übergeordnete Straßennetz vorgesehen. Für diese beiden Vortriebe kann für die Tübbingproduktion bzw. das Tübbinghauptlager nach wie vor die BE-Fläche beim südmainischen Ostportal genutzt werden. Ein kleines Tübbingzwischenlager für einige Tage Vortrieb beim nordmainischen Portal ist auskömmlich. Die Demontage der TBMs erfolgt in den Schächten des Y-Bauwerks aus welchem die Einzelteile der TBMs

geborgen werden.

10.1.1.5 Konzept TBM-Vortriebe Variante 5, S2-O-T2-2_SK_Y, Station Typ B

S2-O-T2-2_SK_Y

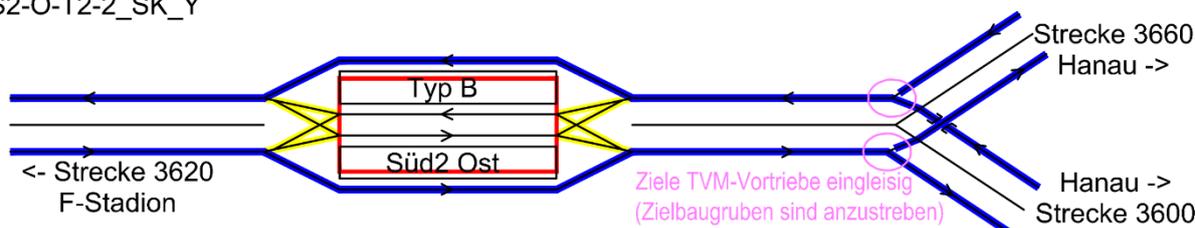


Abbildung 115: Variante 5 Gleisschema mit TBM - Vortrieben

Bei Variante 5 sind vier eingleisige Tunnelröhren aufzufahren. Der Start der beiden längeren, durchgehenden TBM-Vortriebe erfolgt vom südmainischen Ostportal aus, an der Station Typ B vorbei, bis zum bergmännischen Westportal. Das südmainische Ostportal bietet auf Grund der dort vorhandenen freien Flächen eine deutlich bessere Möglichkeit für eine große BE-Fläche für zwei Vortriebe als im Westen. Auch eine verkehrliche Anbindung an das übergeordnete Straßennetz gestaltet sich dort einfacher und kürzer. Weiters ist die Möglichkeit der Anbindung an die Schiene gegeben wobei hier noch die betrieblichen Möglichkeiten zu prüfen wären.

Die beiden kürzeren, eingleisigen Vortriebe erfolgen zwischen dem nordmainischen Ostportal und den beiden Schächten der Y-Bauwerke. Für den günstigeren Start vom Ostportal aus ist dort eine entsprechende Baustelleneinrichtung mit Anschluss an die Schiene (Überprüfung der eisenbahnbetrieblichen Möglichkeiten erforderlich) und das übergeordnete Straßennetz vorgesehen. Für diese beiden Vortriebe kann für die Tübbingproduktion bzw. das Tübbinghauplager nach wie vor die BE-Fläche beim südmainischen Ostportal genutzt werden. Ein kleines Tübbingzwischenlager für einige Tage Vortrieb beim nordmainischen Portal ist auskömmlich. Im Falle eines Hydroschildvortriebes wäre auch am nordmainischen Ostportal eine Separierungsanlage erforderlich. Die Demontage der TBMs erfolgt in den Schächten der Y-Bauwerke aus welchen die Einzelteile der TBMs geborgen werden.

10.1.1.6 Konzept TBM-Vortriebe Variante 6, S1-W-T1-2_SK_Y, Station Typ A

S1-W-T1-2_SK_Y

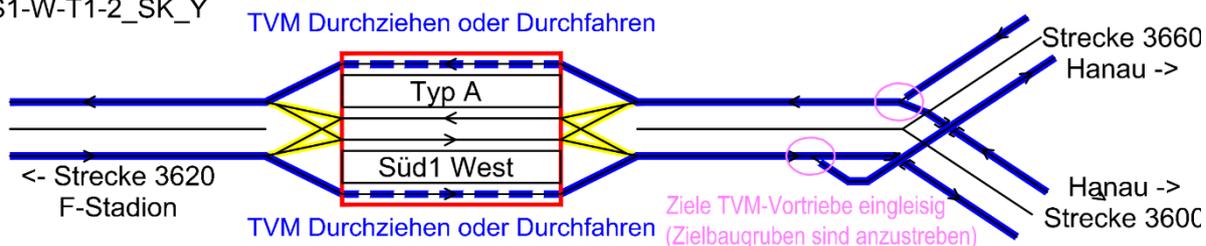


Abbildung 116: Variante 6 Gleisschema mit TBM - Vortrieben

Bei Variante 6 sind wie bei Variante 5 vier eingleisige Tunnelröhren aufzufahren. Der Start der beiden längeren, durchgehenden TBM-Vortriebe erfolgt vom südmainischen Ostportal aus bis zum bergmännischen Westportal. Das südmainische Ostportal bietet auf Grund der

dort vorhandenen freien Flächen eine deutlich bessere Möglichkeit für eine große BE-Fläche für zwei Vortriebe als im Westen. Auch eine verkehrliche Anbindung an das übergeordnete Straßennetz gestaltet sich dort einfacher und kürzer. Weiters ist die Möglichkeit der Anbindung an die Schiene gegeben wobei hier noch die betrieblichen Möglichkeiten zu prüfen wären. Im Bereich der Station werden die TBMs samt Nachläufern entsprechend dem Bauablauf der Station auf einer vorab hergestellten Verschubbahn durchgezogen. Der neuerliche Start der Vortriebe erfolgt am Westende der Station. Auch eine Durchfahrt der TBM wäre abhängig vom Detailbauablauf der Station möglich.

Die beiden kürzeren, eingleisigen Vortriebe erfolgen zwischen dem nordmainischen Ostportal und den beiden Schächten der Y-Bauwerke. Für den günstigeren Start vom Ostportal aus ist dort eine entsprechende Baustelleneinrichtung mit Anschluss an die Schiene (Überprüfung der eisenbahnbetrieblichen Möglichkeiten erforderlich) und das übergeordnete Straßennetz vorgesehen. Für diese beiden Vortriebe kann für die Tübbingproduktion bzw. das Tübbinghaupthlager nach wie vor die BE-Fläche beim südmainischen Ostportal genutzt werden. Ein kleines Tübbingzwischenlager für einige Tage Vortrieb beim nordmainischen Portal ist auskömmlich. Im Falle eines Hydroschildvortriebes wäre auch am nordmainischen Ostportal eine Separierungsanlage erforderlich. Die Demontage der TBMs erfolgt in den Schächten der Y-Bauwerke aus welchen die Einzelteile der TBMs geborgen werden.

10.2 Bauablauf und Bauphasen der unterirdischen Station und Gesamtbauablauf

10.2.1. Allgemeines

Dem Gesamtbauablaufplan werden folgende wesentliche Bauzeit- und Leistungsansätze zu Grunde gelegt:

Tätigkeit	Zeit-/ Leistungsansatz
Baufeld Freimachen	
Portalbereich West	6 Mo
Portalbereich Ost - nordmainisch	6 Mo
Portalbereich Ost - südmainisch	6 Mo
Station	12 Mo
Verzweigungsbereich West und Ost	12 Mo
Y-Bauwerk	9 Mo
Rettungsschächte	9 Mo
Freiland	3 Mo
Tunnel, TVM - Vortrieb	
TVM Bestellung, Herstellung, Lieferung, Montage (Baubeginn bis Vortriebsbeginn)	21 Mo
zweigleisiger TVM - Vortrieb Ø 14,24 m 9 m/KT	274 m/Mo
eingleisiger TVM - Vortrieb Ø 10,90 m 11 m/KT	335 m/Mo
Rohrvortriebe	
Rohrvortrieb primär (Durchschnitt Kalk / Mergel / Ton im Verhältnis für Frankfurter Ton lt Gutachten Katzenbach) 14,8 m / 12 h-Schicht (lt. Angaben Herrenknecht)	830 m/Mo
Rohrvortrieb sekundär 7,9 m / 12 h - Schicht (lt. Angaben Herrenknecht)	440 m/Mo
Umsetzzeit Rohrvortriebsmaschine Da 3,0 m	5 AT
Umsetzzeit Rohrvortriebsmaschine Da 2,5 m	4 AT
Spezialtiefbau	
Schlitzwand je Gerät 2 AT/Lamelle	1304 m ² /(Mo*Gerät)
Bohrpfähle DN 1200, nicht überschnitten, 35 m	2 Stk/AT/Gerät
Bohrpfähle DN 1200, überschnitten, 35 m	1,6 Stk/AT/Gerät

Tabelle 22: Bauzeit und Leistungsansätze für Gesamtbauablaufplan

10.2.1.1 Bauablauf Variante 1, S1-O-T1-1_SK_SM, Station Typ I

Der Gesamtbauablauf der Variante 1 ist in s. Anlage 9.1 dargestellt.

Die Herstellung der Station Typ I steht in engem Zusammenhang mit dem TBM - Vortrieb der zweigleisigen Tunnelröhre welcher als Pfeilerstollen für die Herstellung der Station genutzt wird. Folgender Bauablauf für die Station Typ I ist vorgesehen:

- Baufeld freimachen (Sicherungsarbeiten, Leitungsverlegungen, Gleisarbeiten...)
- Herstellung der Schächte am Beginn und Ende der Station für Angriff Rohrstollen sowie Staffelterrbau und Schlitzwände im Bereich der Nuklei
- Herstellung der primären Rohrvortriebe im Randbereich zu künftiger TBM-Tunnelröhre zweigleisig (Faserbetonringe, Wiederverfüllung mit Ort beton)
- Herstellung Dichtblock in den Schächten im Bereich der TBM-Durchfahrt
- TBM - Vortrieb durch gesamten Stationsbereich bis zum Westportal, gleichzeitig fortlaufender Vortrieb der primären und sekundären Rohrvortriebe mit anschließender kraftschlüssiger und dichter Ringraumverpressung sowie Wiederverfüllung mit Ort beton
- Zeitgleich im Bereich der Nuklei Beginn Herstellung Deckelplatte und Aushub unter Deckel sowie Einbau der aussteifenden Zwischendecken bis zur der massiven Zwischendecke im Firstbereich der Stationsröhren
- Nach Vortriebsende TBM-Vortrieb Einbau Pfeiler in TBM-Tunnelröhre und Auffüllung der Räume seitlich des Pfeilers bis über Tunnelmitte
- Vortrieb Kalotte Stationsröhre unter Druckluft, im Bereich der Nuklei Einbau Säulenreihen zur Abtragung der Auftriebskräfte aus Pfeiler auf Aussteifungsdecke
- Vortrieb Strosse 1 und Strosse 2 sowie Sohle der Stationsröhren
- Einbau Abdichtung und Innenschale in Sohle und Gewölbe
- Ausbau Station (Sohlauffüllung, Bahnsteige, Zwischenebene, ...)

10.2.1.2 Bauablauf Variante 2, S2-O-T2-2_SK_SM, Station Typ B

Der Gesamtbauablauf der Variante 2 ist in s. Anlage 9.2 dargestellt.

Folgender Bauablauf für die Station Typ B ist vorgesehen:

- Baufeld freimachen (Sicherungsarbeiten, Leitungsverlegungen, Gleisarbeiten...)
- Herstellung des Schlitzwandkastens mit Sohlaussteifung und mit "Ohren" an den Stationsenden für Start und Ziel der Rohrvortriebe
- Aushub Schlitzkasten mit gleichzeitigem Einbau der aussteifenden Deckelplatte und Zwischendecken
- Durchfahrt der beiden eingleisigen TBM - Vortriebe seitlich des Schlitzwandkastens (Nördlich und südlich)

- Herstellung der Rohrvortriebe mit Vereisung der Zwischenräume und Wiederverfüllung mit Ortbeton als abdichtete Umschließung um der TBM - Vortrieb
- Wiederverfüllung der Tübbingröhre und Aufweitung der Tübbingröhre im zyklischen Vortrieb im Schutz der abdichtenden Umschließung mit Einbindung der Spritzbetonschale in die Schlitzwand des parallel verlaufenden Stationskastens
- Teilöffnung der Schlitzwand zur Schaffung von Durchgängen zwischen äußerem Bahnsteig in der Tunnelröhre und dem inneren Bahnsteig im Schlitzwandkasten
- Einbau Abdichtung und Innenschale

10.2.1.3 Bauablauf Variante 3, S2-W-T2-1_SK_Y, Station Typ C

Der Gesamtbauablauf der Variante 3 ist in Anlage 9.3 dargestellt.

Folgender Bauablauf für die Station Typ C ist vorgesehen:

- Baufeld freimachen (Sicherungsarbeiten, Leitungsverlegungen, Gleisarbeiten...)
- Herstellung des Schlitzwandkastens mit Sohlaussteifung sowie der Baugruben für die Verzweigungsbereiche
- Aushub Schlitzkasten mit gleichzeitigem Einbau der aussteifenden Deckelplatte und Zwischendecken
- Durchfahrt des zweigleisigen TBM - Vortriebes nördlich des Schlitzwandkastens und Weiterfahrt der TBM bis zum Westportal
- Abbau TBM und Wiederaufbau im westlichen Verzweigungsbereich für Vortrieb entlang der südlichen Seite des Schlitzwandkastens bis zum östlichen Verzweigungsbereich
- Herstellung der Verbindungsstollen zwischen den Tunnelröhren und dem Schlitzwandkasten mit Vereisung
- Einbau Abdichtung und Innenschale

10.2.1.4 Bauablauf Variante 4, S1-O-T2-1_SK_Y, Station Typ A

Der Gesamtbauablauf der Variante 4 ist in s. Anlage 9.4 dargestellt.

Folgender Bauablauf für die Station Typ A ist vorgesehen:

- Baufeld freimachen (Sicherungsarbeiten, Leitungsverlegungen, Gleisarbeiten...)
- Einbau Staffelvebau und Herstellung Schlitzwandkasten rund um Station inklusive Sohlaussteifung
- Herstellung Deckelplatte und Aushub der Station mit gleichzeitigem Einbau der aussteifenden Zwischendecken
- Nach Betonage der Sohlplatte Herstellung der Bahnsteige und Ausbau der Station

10.2.1.5 Bauablauf Variante 5, S2-O-T2-2_SK_Y, Station Typ B

Der Gesamtbauablauf der Variante 5 ist in s. Anlage 9.5 dargestellt.

Beschreibung Bauablauf Station Typ B siehe Pkt. 10.1.1.2

10.2.1.6 Bauablauf Variante 6, S1-W-T1-2_SK_Y, Station Typ A

Der Gesamtbauablauf der Variante 6 ist in s. Anlage 9.6 dargestellt.

Beschreibung Bauablauf Station Typ B siehe Pkt. 10.2.1.4

10.2.1.7 Variantenvergleich Gesamtbauzeiten

Ein Vergleich der Gesamtbauzeiten der sechs Varianten der Planungsstufe 3 sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst:

Variante	Bezeichnung	Stations-Typ	Gesamtbauzeit
1	S1-O-T1-1_SK_NM	I	rd. 10 Jahre
2	S2-O-T2-2_SK_SM	B	rd. 10 Jahre
3	S2-W-T2-1_SK_Y	C	rd. 10,5 Jahre
4	S1-O-T1-1_SK_Y	A – OST	rd. 10 Jahre
5	S1-O-T2-2_SK_Y	B	rd. 10 Jahre
6	S1-W-T1-2_SK_Y	A – WEST	rd. 10,5 Jahre

Tabelle 23: Vergleich Gesamtbauzeiten der 6 Varianten der Planungsstufe 3

Die Bauzeiten wurden anhand von Erfahrungswerten ermittelt und stellen eine grobe Schätzung dar. Im Zuge der Projektabwicklung werden weitere Beschleunigungsmaßnahmen geprüft, so dass die hier dargestellten Bauzeiten von den tatsächlichen Bauzeiten abweichen können.

Bei allen Varianten stellt die Rohbauherstellung und Ausrüstung der unterirdischen Station mit den Verzweigungsbereichen die für die Gesamtbauzeit maßgebende Dauer dar.

10.3 Baulogistik - Baustelleneinrichtungsflächen, verkehrliche Anbindung

Als Baustelleneinrichtungsflächen (BE-Flächen) werden temporär genutzte Bereiche bezeichnet, die zur Erbringung der Bauleistung vor Ort genutzt werden. Sie beinhalten alle bautechnisch notwendigen Einrichtungen, Maschinen, Werkzeuge und Materialien, welche für die Dauer der Bauzeit benötigt werden. Außerdem werden dort Ausbruch- und Aushubmaterialien, Bauschutt und rückgebaute Oberbaustoffe (Gleisanlage) zwischengelagert.

Zum Schutz des anstehenden Bodens sowie des Grundwassers sind die Flächen gemäß den anerkannten Regeln der Technik abzudichten. Details dazu werden im Laufe der weiteren Planungsphasen mit den jeweiligen Behörden abgestimmt.

Aufgrund der schwierigen topografischen Lage im innerstädtischen Bereich von Frankfurt sind die Platzverhältnisse für die Anordnung von Baustelleneinrichtungsflächen sehr ungünstig.

tig. Die hier ausgewählten Flächen wurden nur im Zuge eines technischen und baubetrieblichen Nutzen evaluiert. Öffentliche, naturschutzrechtliche Belange, Eigentumsverhältnisse etc. wurden nicht betrachtet und sind im Zuge der weiteren Planungsphase genauer zu untersuchen und die Flächenauswahl zu optimieren.

Die Andienung der Flächen soll soweit möglich über Schienewege erfolgen. Alternativ erfolgt die Andienung z.B. über Wasserstraßen, öffentliche Straßen oder eigens hierfür hergestellte Baustraßen. Insgesamt ist das Straßennetz in und um Frankfurt sehr gut ausgebaut, sodass die Zufahrt des Baustellenverkehrs großräumig über die Autobahnen A3, A5, A66, A648 und A661 erfolgen kann. Nahezu alle Autobahnen haben nahegelegene Abfahrten im Bereich der jeweiligen Tunnelportale, sodass eine lange innerstädtische Verkehrsführung vermieden bzw. reduziert werden kann. Zusätzlich zur straßenseitigen Andienung sollte in den weiteren Planungsphasen auch die Nutzung der südmainischen Hafenbahn für Baustellenzwecke bzw. eine Baustellenandienung über Schienenwege geprüft werden.

Für das Gesamtvorhaben mit dem Tunnel, der unterirdischen Station, den Verflechtungsbauwerken sowie dem Y-Bauwerk wurde im Rahmen der Machbarkeitsstudie in einer ersten Betrachtung folgender Flächenbedarf ermittelt:

Allgemein

Büro AN, Werkstatt, Gewässerschutzanlage, Waschplatz, Zwischenlagerung, Sortierung, BE, allgemeine Lagerflächen → Summe ca. 16.200 m²

TBM

Materialcontainer, Mörtelmischanlage, Lagerfläche Gleis + Gleisbefestigung TBM, Lagerflächen für Laufmeterinstallationen TBM, Wartungshalle Stollenbahn → Summe ca. 12.500 m²

Separationsanlage

Separationsanlage und Bentonitmisanlage mit Zwischenlagerflächen

Summe ca. 15.000 m²

Tübbingfabrik

Lager Bewehrung, Tübbingfabrik mit Misanlage, Tübbinglager,

Summe ca. 30.000 m²

Eine Tübbingfabrik kann auch außerhalb einer BE-Fläche erstellt werden. Die Tübbinge müssen dann zusätzlich angeliefert werden. Dies würde entsprechend eine Reduzierung der BE-Fläche um 30.000 m² ermöglichen.

Die Flächenermittlung beruht auf Erfahrungswerten und stellt eine vorläufige Schätzung dar.

Die im Vorhaben benötigten BE-Flächen befinden sich abhängig von den hier vorgestellten verschiedenen Varianten in folgenden Bereichen:

- Bereich BW1 (Unterlage 08.01)
- Bereich Bahnhof (Unterlage 08.02)
- Bereich Y-Bauwerk (Unterlage 08.03)
- Bereich des nordmainischen Portals (Unterlage 08.04)

- Bereich des südmainischen Portals (Unterlage 08.05 und 08.06)

Im Folgenden werden die einzelnen BE-Flächen bzw. deren Ausgestaltung und Anbindung näher erläutert:

Bereich BW1

Aufgrund der benötigten Zielbaugrube für den aus Osten kommenden Tunnel im Bereich des Betriebswerkes (BW1) im Bahnhofsvorfeld, müsste das gesamte bestehende Gebäude, sowie ein Teil der westlich und östlich davon befindlichen Gleise, zurückgebaut werden. Mit diesen Maßnahmen könnte dort eine ca. 24.000 m² große Fläche für die Nutzung während der Bauzeit generiert werden.

Die Andienung dieser Fläche könnte von der Camberger Straße aus über eine bereits asphaltierte Straße (Hermann-Eggert-Straße) erfolgen, die zu den Betriebsgebäuden des BW1 führt. Die südlich der BE-Fläche verlaufenden Gleise blieben auch während der Bauzeit erhalten und könnten zur Andienung der BE-Fläche bzw. der Baugrube des Stationsbauwerks genutzt werden. Ein weiterer ca. 3.500 m² großer Bereich, welcher als BE-Fläche genutzt werden könnte, befindet sich im Bereich des westlich geplanten Tunnelportals und dient derzeit als Umschlagplatz.

Das zu errichtende Tunnelportal würde über ein bauzeitlich errichtetes Trogbauwerk (Rampe) zu erreichen sein, welches im Endzustand als Rettungszufahrt genutzt werden könnte.

Um die Zugänglichkeit zur westlichen BE-Fläche sowie zur Rampenzufahrt zum Tunnelportal zu verbessern, würde sich die Erstellung eines temporären Bahnübergangs anbieten. Mit diesem Bahnübergang könnte auch der Bahnbetrieb in diesem Bereich weiter aufrechterhalten werden (siehe Unterlage 08.01). Zusätzlich könnte dieser Bereich über eine bereits vorhandene Unterführung erreicht werden. Allerdings würde Baustellenverkehr durch diese Unterführung aufgrund der geringen lichten Weite und lichten Höhe nur sehr eingeschränkt möglich sein. Weiterhin müsste der Bereich der offenen Baugrube im westlichen Teil der BE-Fläche teilweise in Deckelbauweise ausgeführt werden, um eine Überfahrt in diesem Bereich durchgängig zu ermöglichen (siehe Unterlage 08.01).

Bereich Frankfurt Hauptbahnhof

Im unmittelbaren Umfeld des Frankfurter Hauptbahnhofs und der unterhalb davon neu zu errichtenden Station befinden sich keine freien Flächen, welche als BE-Flächen herangezogen werden könnten. Daher wird es ggf. notwendig, bereits anderweitig genutzte Flächen temporär in Anspruch zu nehmen.

Einer dieser Flächen ergäbe sich im Bereich des südlichen Gleisvorfeldes, indem hier Gleise zurückgebaut werden, um eine ca. 15.000 m² große BE-Fläche zu generieren; die Größe dieser Fläche würde in Abhängigkeit von der jeweiligen Stationsvariante und der für deren Errichtung erforderlichen Baugrube variieren.

Weitere BE-Flächen könnten auf Teilen des Bahnhofsvorplatzes und der Mannheimer Straße (insgesamt ca. 12.000 m²) sowie im Bereich der Wiesenhüttenstraße und des Wiesenhüttenplatzes (ca. 5.000 m²) angelegt werden.

Aufgrund der teilweise offenen Baugrube des Stationsbauwerkes könnte es notwendig werden die unmittelbar südlich des Hauptbahnhofs in der Mannheimer Straße verlaufende Straßenbahn während der Bauzeit in die Gutleutstraße und die Stuttgarter Straße umzuverlegen. Im Bereich des westlich der Stuttgarter Straße gelegenen Teils der Mannheimer Straße würde die Straßenbahn oberhalb des hier in Deckelbauweise herzustellenden Stationsbauwerks geführt. Die genannten Vorschläge sind im Zuge der weiteren Planungsphase hinsichtlich der Notwendigkeit genauer zu prüfen.

Die Anbindung der BE-Flächen sowie der Baugrube würde über öffentliche Straßen sowie über bauzeitlich genutzte Gleise entlang der Baugrube erfolgen.

Bereich Y-Bauwerk

Aufgrund der ungünstigen Lage des Y-Bauwerkes direkt neben der EZB mit ihrem großflächigen Sicherheitsbereich stehen auch hier nur begrenzte Flächen für die Baustelleneinrichtung zur Verfügung, so dass lediglich der angrenzende Hafenpark als BE-Fläche herangezogen werden könnte. Hierfür müssen überwiegend Grünflächen und die vorhandenen Fuß- und Basketballplätze in Anspruch genommen werden. Die vorhandene Skateranlage sollte aufgrund der großen dort verbauten Betonmassen und der aufwändigen Wiederherstellung erhalten bleiben. Insgesamt kann hier eine BE-Fläche von ca. 27.500 m² hergestellt werden.

Auf Grund der exponierten Lage und der vorhandenen städtebaulichen Nutzungen erscheint diese Variante als nicht zielführend und im Rahmen der Vorplanung müssen alternative Lösungen gefunden werden.

Die derzeitige Trassierung erfordert in geringem Umfang eine Umverlegung der Hafenbahn zur Baugrubenherstellung. Im Zuge der weiteren Planung muss geprüft werden, wie durch eine Optimierung der Trassierung das Verlegen entbehrlich wird.

Die BE-Fläche könnte über das öffentliche Straßennetz erreicht werden.

Aufgrund des günstigen Verlaufs der Hafenbahn könnte diese ebenfalls zur Andienung von BE-Fläche und Baugrube genutzt werden.

Bereich des nordmainischen Portals

Eine mögliche BE-Fläche im Bereich des Tunnelportals zum Anschluss des Fernbahntunnels an die nordmainische Strecke 3660 nach Hanau befindet sich auf dem Gelände des Umschlagbahnhofs Frankfurt-Ost (Containerumschlagplatz) der DB mit einer Fläche von ca. 93.000 m². Der mögliche Umfang der Nutzung dieser Fläche ist im weiteren Planungsverlauf mit der DB abzustimmen. Bei vollständiger Nutzung wäre eine entsprechende Ersatzfläche zu erschließen und mit der entsprechenden Infrastruktur für den Containerumschlag auszurüsten. Ggf. könnte bei Nutzung einer Teilfläche ein entsprechender Teil der Umschlagkapazitäten durch Umlagerung auf andere Containerumschlaganlagen kompensiert werden. Alternativ könnte die in diesem Bereich benötigte Fläche reduziert werden, indem die Tübbingfabrik (Flächenbedarf ca. 30.000 m²) an einem anderen Ort außerhalb der unmittelbaren Umgebung der Baumaßnahme angeordnet wird und die Tübbinge von dort angeliefert werden. Auch eine Auslagerung der Baubüros (z.B. in ggf. leerstehende Büro- oder sonstige Gebäude) könnte zur Reduzierung der unmittelbar vor Ort erforderlichen Flächen beitragen.

Prinzipiell besteht auch die Möglichkeit, Flächen im Ostpark nördlich der nordmainischen Bahnstrecke im Bereich des Portals zu nutzen (maximal ca. 35.000 m²). Dies wäre jedoch in den weiteren Planungsphasen mit der Stadt Frankfurt abzustimmen.

Auf Grund der exponierten Lage als auch der vorhandenen städtebaulichen Nutzungen erscheint diese Variante als nicht zielführend und im Rahmen der Vorplanung müssen alternative Lösungen gefunden werden.

Eine weitere Alternative bestünde in der Nutzung von Flächen im Bereich der südlich parallel zur nordmainischen Strecke vorhandenen weiteren Gleise (Abstell- und Rangiergleise), für deren Nutzung in Abstimmung mit der DB ggf. andernorts ein Ersatz geschaffen werden könnte.

Aufgrund der mittig im Gleisfeld angeordneten Lage des Tunnelportals wäre dieses ohne höhengleiche Kreuzung nur mittels einer temporären Unterführung zu erreichen, die über Trog-/Rampenbauwerke an die jeweiligen BE-Flächen anzubinden wäre. Je nach Nutzung der zu querenden Gleise könnte eine Andienung ggf. auch über einen bauzeitlichen Bahnübergang erfolgen.

Die Anbindung der südlichen der Bahnstrecke gelegenen BE-Flächen erfolgte über das übergeordnete Straßennetz von der Hanauer Landstraße über die Leibbrandstraße und die Ferdinand-Happ-Straße. Eine ggf. im Ostpark anzuordnende BE-Fläche könnte von der Ostparkstraße über eine neu anzulegende Baustraße erschlossen werden.

Bereich des südmainischen Portals

Um eine südmainische BE-Fläche herzustellen werden zwei Möglichkeiten betrachtet. Option 1 erforderte eine bauzeitliche Umverlegung der Strecke 3600 in Richtung Süden. Dadurch könnten das Tunnelportal bzw. die Baugrube angedient werden, ohne die Gleise der Strecke 3600 zu kreuzen. Die Zufahrt erfolgte über eine Rampe und die nördlich der Strecke 3600 erstellte Baustraße. Diese ließe sich durch die übergeordnete Straße „Kaiserleipromenade“ erreichen.

Die BE-Fläche befände sich nördlich der Strecke 3600 und würde drei Teilflächen mit einer Größe von jeweils 44.000 m² (grüne unbebaute Wiese), 37.500 m² (noch unbebaute Grundstücke) und 23.000 m² (zwei nebeneinander gelegene Fußballplätze) bauzeitlich in Anspruch nehmen. Eine weitere Teilfläche von 8.800 m² (Gleisbereich) könnte aufgrund der Umverlegung der Gleise in diesem Bereich angeordnet werden.

Option 2 erforderte keine Umverlegung der Strecke 3600. Die ca. 80.000 m² große BE-Fläche könnte südlich der Gleise im Bereich des Ackerlandes erstellt werden. Die Andienung der BE-Fläche könnte über eine neu angelegte Baustraße erfolgen, welche an die Offenbacher Landstraße anschließen würde. Von dort aus könnte der Baustellenverkehr auf den August-Bebel-Ring über die Berliner Straße bzw. Strahlenbergerstraße auf die Autobahn geführt werden.

Allgemein kann das Gebiet des südmainischen Tunnelportals über die A661 und die Abfahrt „Kaiserlei“ erreicht werden. In beiden Optionen der Gestaltung einer südmainischen BE-Fläche wäre es zusätzlich möglich, die Baugrube gleisgebunden anzudienen, insofern der Betrieb dies zulässt. Ebenfalls sind für alle ggf. in Anspruch genommenen Flächen entweder

ein Ausgleich zu schaffen oder entsprechende Entschädigungen zu zahlen sowie umweltrelevante, immissionstechnische Hintergründe sowie Eigentumsverhältnisse im Zuge des weiteren Planungsverlauf genau zu erörtern.

Beispielhaft sind BE-Flächen in Anl. 8 hinterlegt. Die Betroffenheiten der Flächen unterscheiden sich stark je nach Variante, so dass z.B. die Varianten 4.1 und 6.1 keine BE-Fläche am nordmainische Ufer vorsehen. Der genaue Bedarf und die Lager der BE-Flächen muss im Zuge der weiteren Planung geprüft werden.

11 Grobkostenschätzung

11.1 Allgemein

Die Grobkostenschätzung dieser Machbarkeitsstudie basiert auf den Vorgaben der DB Richtlinie 808 mit dem zugehörigen Kostengruppenkatalog und dem Kostenkennwertekatalog. Die Gliederungstiefe der Grobkostenschätzung reicht bis in 4. Ebene des Kostengruppenkatalogs.

Aufgrund der Komplexität des zu betrachtenden Projektes ist es nicht durchgehend möglich, nur mit den Kostenkennwerten aus dem Kostenkennwertekatalog zu arbeiten. Das zu betrachtende Projekt mit seinen teilweise sehr komplexen Bauwerken macht es erforderlich, eigene Kostenkennwerte zu entwickeln. Details zur Kostenermittlung sind in den folgenden Abschnitten erläutert.

11.2 Übergeordnete Kostenanteile

Einige Kostenbestandteile des Projektes können im Rahmen einer Machbarkeitsstudie noch nicht detailliert kalkuliert werden. Dabei handelt sich unter anderen um folgenden Kostenbestandteile:

- Grundstücke (Grunderwerb, vorübergehende Flächeninanspruchnahme, Freimachen)
- Herrichten und Erschließen
- Baustelleneinrichtung
- Planungskosten inkl. aller erforderlichen Gutachterleistungen

Für diese Kostenbestandteile wurden pauschale Ansätze gewählt. Diese pauschalen Ansätze wurden, die entweder über getrennte Kostenermittlungen oder über prozentuale Anteile der Gesamtbaukosten ermittelt wurden. Bei der Ermittlung der Ansätze wurde im Wesentlichen auf Erfahrungswerte aus aktuellen Großprojekten der DB zurückgegriffen.

Folgende Ansätze werden im Rahmen der Grobkostenschätzung verwendet:

Grundstücke:

Abschätzung des erforderlichen Flächenbedarfs anhand der entsprechenden Baustelleneinrichtungspläne und Multiplikation mit entsprechenden Bodenkennwerten der Stadt Frankfurt (soweit vorhanden). Die Ergebnisse je Variante wurden anschließend pauschaliert in die Grobkostenschätzung aufgenommen.

Herrichten und Erschließen:

Identifizierung aller erforderlichen Sicherungsmaßnahmen sowie Abschätzung der erforderlichen Aufwände für die Altlastenbeseitigung. Zur Abschätzung der Erschließungskosten wurden sowohl die Anschlusskosten als auch die Kosten für die Verkehrserschließung überschlägig ermittelt.

Baustelleneinrichtung:

Die Kosten für die Baustelleneinrichtung werden jeweils auf der zweiten Ebene der Kosten-Gruppe über einen pauschalen Ansatz (hier: 5,0%) der jeweiligen Baukosten ermittelt. Der gewählte Ansatz basiert auf Erfahrungswerten in vergleichbar großen Infrastrukturprojekten.

Planungskosten:

Der prozentuale Ansatz für die Berücksichtigung der Planungskosten inkl. aller erforderlicher Gutachterleistungen (18% der Baukosten im Projekt) wurde entsprechend der Vorgabe des AG gewählt. Aufgrund der Komplexität des Projekt, der erforderlichen sehr umfangreichen Gutachterleistungen und der langen Projektlaufzeit und der damit verbundenen hohen Bau-nebenkosten empfehlen wir einen prozentualen Ansatz von mindestens 25,0% der Baukosten.

11.3 Betriebserschwerniskosten

Betriebserschwerniskosten infolge einer Baudurchführung des Projektes können unter Umständen sehr hoch ausfallen. Neben den bereits in Abschnitt 8.1 aufgeführten Betroffenen werden in diesem Projekt auch Unternehmen der DB AG direkt von den Auswirkungen der Bauausführung betroffen sein. Die sich daraus ergebenden Kosten sind in der Grobkostenschätzung nicht enthalten. Aufgrund der möglichen Bedeutung dieses Kostenanteil empfehlen wir eine entsprechende Kostenermittlung innerhalb des DB-Konzerns. Diese Kosten sind der Grobkostenschätzung anschließend hinzuzufügen.

11.4 Preisstand und Risikozuschläge

Die Kostenbestandteile, welche nach dem Kostenkennwertekatalog der DB ermittelt wurden, entsprechen dem Preisstand des Jahres 2016. Die Erfahrungen aus im Bau befindlichen Großprojekten haben gezeigt, dass diese Preise nicht mehr den aktuellen Marktpreisen entsprechen. Um diesen Effekt in Teilen ausgleichen zu können, wurden für einzelne Kostenbestandteile Korrekturfaktoren in Anlehnung an die Preisentwicklung gemäß den Angaben des statistischen Bundesamtes ermittelt. Die sich hieraus ergebenden Kostensteigerungen sind in der Grobkostenschätzung separat ausgewiesen.

Auch im Bereich der ermittelten Mengen besteht aufgrund der Planungstiefe einer Machbarkeitsstudie das Risiko, dass es im Rahmen der vertiefenden Planung zu Mengenerhöhungen kommen kann. Auch für diesen Effekt wurden entsprechende Risikozuschläge ermittelt.

Diese Zuschläge sind als separate Positionen auf der zweiten Ebene der Kostengruppen ausgewiesen. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass es sich bei den Zuschlägen um konkrete Zuschläge für den Ausgleich der zuvor genannten Effekte handelt. Ein allgemeiner Risikozuschlag wurde in der Grobkostenschätzung nicht berücksichtigt.

Unvorhergesehene Sachverhalte oder Sachverhalte, die in der aktuellen Planungstiefe noch nicht vollumfänglich identifiziert werden können, sind über einen pauschalen Risikozuschlag erfasst. Der Risikozuschlag wird entsprechend der Vorgabe des AG mit 10,0% festgelegt.

11.5 Bautechnik

Bereits in Abschnitt 11.1 wurde erläutert, dass nicht alle Kostenbestandteile anhand vorhandener Kostenkennwerte ermittelt werden können. Im Bereich der Bautechnik ist die Ausprägung dieses Sachverhalts besonders hoch. In dem hier zu bearbeitenden Projekt gibt es eine Vielzahl besonders komplexer Bauwerken, die nicht mit bekannten Kostenkennwerten erfasst werden können. Aus diesem Grund mussten diese komplexen Bauwerke kleinteilig in ihre einzelnen Bestandteile zerlegt werden. Für diese einzelnen Bestandteile wurden dann anhand von Kostenkennwerten oder mit Erfahrungswerten entsprechende Kosten ermittelt werden. Durch Addition dieser einzelnen Kostenbestandteile wurden dann für die übergeordneten Bauwerke Kostenkennwerte errechnet, die in die Grobkostenschätzung dieser Machbarkeitsstudie eingegangen sind.

11.6 Leit- und Sicherungstechnik (LST)

Die Kosten für die Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik wurden, soweit möglich, anhand von Kostenkennwerten bzw. mit Erfahrungswerten aus bereits umgesetzten Projekten ermittelt. Hinsichtlich der LST-Aufwendungen für Bauzustände wurde davon ausgegangen, dass diese Aufwendungen in der Größenordnung der Aufwände für den Zielzustand liegen. Für die Bauzustände wurden daher bei der Kostenermittlung Kosten in dieser Größenordnung angesetzt. Eine Präzisierung der Kosten für die Bauzustände kann erst bei entsprechender Vertiefung der Planung erstellt werden.

11.7 Oberleitung (OLA)

Erheblichen Einfluss auf die OLA-Kosten haben Bauzustände. So sind im Bf Frankfurt (Main) Hbf für den Bau der Station vorhandene Gleisanlagen ab- und wieder aufzubauen. Weiterhin befinden sich im Baufeld Oberleitungsstützpunkte von Quertragwerken. Die Auswirkungen auf diese Anlagen können derzeit aufgrund der vorhandenen Planungstiefe nicht bewertet werden. Im Bereich der Anschlüsse werden voraussichtlich ebenfalls Bauzwischenzustände notwendig werden.

Im Zuge des Maßnahmenpaketes „Frankfurt RheinMain plus“ sind Umbauten auch im südlichen Bahnhofsvorfeld des Hbf vorgesehen. Die Auswirkungen dieser Maßnahmen können derzeit nicht bewertet werden.

Erfahrungsgemäß bewegen sich die OLA- Aufwendungen für Bauzustände in derartigen Projekten in der Größenordnung der Aufwände für den Zielzustand. Für die Bauzustände wurden daher bei der Kostenermittlung Kosten in dieser Größenordnung angesetzt. Eine Präzisierung der Kosten für die Bauzustände kann erst bei entsprechender Vertiefung der Planung erstellt werden.

In Rahmen dieser Kostenschätzung wurde davon ausgegangen, dass zur Energieversorgung des Fernbahntunnels die vorhandenen Unterwerke ausreichend dimensioniert sind und dass auf den Zulaufstrecken keine Verstärkungsleitungen zu errichten sind. Entsprechende Planungsvertiefungen sind daher in den folgenden Planungsphasen noch durchzuführen.

11.8 Maschinenbau & Elektrotechnik (50 Hz)

Die Grobkostenschätzung für die Machbarkeitsstudie zum Fernbahntunnel Frankfurt erfolgt auf Basis einer bereits vorliegenden Entwurfsplanung eines vergleichbaren Großprojekts der DB. Als vergleichbares, aktuelles Großprojekt wurde der Hauptbahnhof in München herangezogen. Die Kosten wurden anhand der vorliegenden Pläne und Konzepte auf die Verhältnisse der 6 Variantenentwürfe umgelegt.

Folgende ausrüstungstechnische Systeme wurden dabei betrachtet:

Maschinenbau:

- Entrauchungsanlage Bahnsteig und Technik-Räume
- Löschwasserleitung
- Sprinkleranlage
- Heizung, Klima, Lüftung, Sanitäranlagen (HKLS)
- Frischluftversorgung Bahnsteig
- Belüftung Feuerwehraufzüge

Elektrotechnik:

- Energieversorgungskonzept (Mittel- und Niederspannung)
- Kabeltrassenplanung
- Gebäudeautomation
- Brandmeldeanlage (BMA), Sprachalarmierungsanlage (SAA)
- Beleuchtung
- Elektroinstallationen

11.9 Ergebnisse

Als Ergebnis der technischen Untersuchungen dieser Machbarkeitsstudie wurden für alle untersuchten Varianten Grobkostenschätzungen durchgeführt. Im Ergebnis dieser Grobkostenschätzungen ist festzuhalten, dass nach derzeitigem Planungsstand alle Varianten, die im Rahmen der Untersuchungen zum BundesverkehrswegePlan (BVWP) ermittelten Kosten von rund 3,6 Mrd. € einhalten können.

12 Risikobewertung

12.1 Allgemein

Die Risikobewertung in einem Projekt hat insbesondere in den frühen Projektphasen eine herausragende Bedeutung für die erfolgreiche Projektabwicklung. Dies gilt sowohl für kleinere Maßnahmen als auch für Großprojekte.

Grundlage eines erfolgreichen Risikomanagement ist zunächst die Identifikation von Risiken im Projekt. Im nächsten Schritt erfolgt eine Bewertung der identifizierten Risiken unter verschiedenen Kriterien, insbesondere wird eine Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Schadenswirkung im Eintrittsfall vorgenommen. Um mit den Risiken im Projekt umgehen zu können, werden Grenzen insbesondere für die o.g. Kriterien festgelegt, bei deren Annäherung in der Regel Maßnahmen zur Reduzierung der Risiken zu ergreifen sind. Die Umsetzung dieser Maßnahmen muss zwingend gesteuert und überwacht werden und die Risiken sind unter den zuvor genannten Gesichtspunkten laufend neu zu bewerten. Es ergibt sich folglich ein Kreislauf, der den Prozess des Risikomanagements vollumfänglich beschreibt.



Abbildung 117: Kreislauf des Risikomanagements

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie wird die technische Machbarkeit der einzelnen Maßnahmen im Gesamtprojekt untersucht. Die Untersuchungen basieren in großen Bereichen auf realistischen Annahmen, da die erforderlichen Planungsgrundlagen in dieser frühen Projektphase noch nicht vollumfänglich zur Verfügung stehen.

Eine Risikobewertung ist im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie daher nur bedingt möglich. Die wesentlichen Risiken resultieren hier in erster Linie aus der im Rahmen einer Machbarkeitsstudie entsprechend geringen Planungstiefe. Zwar wird in der hier vorliegenden Machbarkeitsstudie bereits eine verhältnismäßig hohe Planungstiefe erreicht; aufgrund der noch durchzuführenden Grundlagenermittlung bleiben jedoch gewisse Unsicherheiten bestehen. Aus diesem Grund werden im Rahmen dieser Studie lediglich einige größere Risikobereiche identifiziert, ohne diese einer gesamthaften Bewertung zu unterziehen.

Folgende Risikobereiche werden identifiziert:

Risikobereich Bautechnik

In den vorangegangenen Abschnitten dieses Berichts wurden die verschiedenen Bauverfahren im Rahmen des Gesamtprojektes ausführlich beschrieben. Dabei wurde deutlich aufgezeigt, dass es insbesondere durch die vielen Zwangspunkte im Frankfurter Stadtgebiet sowie die Grundwasser- und Bodenverhältnisse im Untersuchungsraum erforderlich wird, zahlreiche Bauhilfsmaßnahmen zur Errichtung der eigentlichen Bauwerke umzusetzen.

Insbesondere die sehr großen Tiefen im Grundwasser und die geringen Abstände zu zahlreichen Zwangspunkten sind Ursachen für mögliche Risiken. Schon heute ist somit abzusehen, dass im Rahmen der Realisierung umfangreiche Überwachungs- und Messkonzepte umgesetzt werden müssen. Dadurch kann sichergestellt werden, dass im Falle von ungewollten Reaktionen im Baugrund frühzeitig entsprechende Gegensteuerungsmaßnahmen ergriffen werden können.

Die Ausprägungen dieses Risikobereiches für die einzelnen Varianten dieser Studie sind in der Variantenbewertung in Abschnitt 13 dokumentiert.

Baugrund

Die Frankfurter Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sind – auch im nationalen und im internationalen Vergleich – die mit Abstand am besten und mit großer bautechnischer und wissenschaftlicher Sorgfalt erkundeten Untergrundverhältnisse im städtischen Umfeld.

Insofern sind aus den boden- und felsmechanischen Grundlagendaten des Frankfurter Baugrunds keine Risiken zu besorgen – die boden- und felsmechanischen Kennwerte sind bekannt und seit rd. 50 Jahren durch umfangreiche Messungen im Feld und im Labor validiert und abgesichert; gleiches gilt sinngemäß für die das Projekt maßgeblich beeinflussenden Grundwasserverhältnisse.

Chancen gab und gibt es im Zusammenhang mit dem Frankfurter Baugrund im Sinne innovativer Weiterentwicklungen seit dem Beginn des S- und U-Bahnbaus in vielfältiger Art und Weise, wie zum Beispiel:

- erstmalige Anwendung der Spritzbetonbauweise (NÖT) im innerstädtischen Tunnelbau bei der Probestrecke unter dem Frankfurter Römer
- Beginn der Forschungen zu tiefen Baugruben und der Formulierung der weltweit bekannten EAB als Folge der großen Horizontalverschiebungen beim Bau der -Bahnbaugrube im Frankfurter Hauptbahnhof
- Entwicklung der Kombinierten Pfahl-Plattengründung zum Schutz der EÜ "Emser Brücke" vor den Mitnahmesetzungen des Messe-Torhauses

Mit dem Bau des Fernbahntunnels und der unterirdischen Station werden alle bisherigen Erfahrungen mit Tunnel- und Tiefbaumaßnahmen überschritten.

Abwicklung des Betriebes

Während der Bauzeit ergeben sich erhebliche Auswirkungen auf den laufenden Bahnbetrieb in den Bereichen der Streckenverbindungen und des bestehenden Hauptbahnhofes selbst. Als besonders kritisches Beispiel ist hierbei die westliche Anbindung an die 3. Niederräder Mainbrücke und der Bereich des Hbf zu sehen. Aus Richtung Frankfurt (M) Stadion kann der Hbf derzeit über 3 Strecken angefahren werden:

1. Über die Strecke 3601 (eingeschränkte Leistungsfähigkeit durch eingleisige Abschnitte und Fahrstraßenkonflikte). Über diese Zufahrt werden die Gleise 4 bis 13 erreicht
2. Über die Strecke 3603 (direkter Fahrweg von der geplanten 3. Niederräder Mainbrücke). Über diese Zufahrt werden die Gleise 1 bis 8 erreicht
3. Über die Strecke 3520 (direkter Fahrweg von der „alten“ Niederräder Mainbrücke). Über diese Zufahrt werden die Gleise 15 bis 24 erreicht

Aus Richtung Frankfurt Süd wird der Hauptbahnhof direkt über die Strecke 3600 angefahren. An dem dem Hauptbahnhof vorgelagerten Abzweig Frankfurt Main-Neckar-Brücke besteht hierbei die Möglichkeit zum Übergang auf die parallel verlaufende Strecke 3601. Über diese Zufahrten werden die Gleise 4 bis 13 erreicht.

Eine Verlegung der über die Strecke 3603 geführten Reisezüge des SPFV mit dem Laufweg Stadion - Frankfurt Niederrad - Frankfurt Hbf - Frankfurt Süd (und umgekehrt) auf die Strecke 3520 ist ohne größere betriebliche Einschränkungen nicht möglich, da von den Gleisen 15 bis 24 die Strecke 3600 in Richtung Hanau nicht direkt angefahren werden kann. Die Strecke 3600 kann von diesen Gleisen aus nur mit dem Umweg über den Bf Frankfurt - Niederrad und den Abzw Frankfurt Forsthaus über die eingleisige Strecke 3624 erreicht werden. Durch den längeren Laufweg und die eingleisige Betriebsführung zwischen Niederrad und Forsthaus und unter Berücksichtigung von entstehenden Fahrstraßenkonflikten in den Betriebsstellen Niederrad, Forsthaus und Frankfurt Süd ergeben sich signifikante Fahrzeitverluste und Kapazitätsengpässe. Unter Umständen muss zumindest ein Teil der Züge daher von Stadion über den Abzw Frankfurt Forsthaus direkt nach Frankfurt Süd geführt werden. Der Verkehrshalt im Hauptbahnhof würde damit für diese Züge entfallen.

Im Zuge der weiteren Planungsphasen ist im Zuge der Bauphasenplanung daher besondere Aufmerksamkeit auf die betrieblichen Auswirkungen der Baumaßnahmen zu richten.

Insbesondere für den SPNV aber auch für den SPFV erfolgt in Frankfurt in erheblichem Umfang Zugbildung. Die hierfür benötigten Abstellanlagen sind gegenwärtig bereits knapp bemessen. Zumindest während der Bauzeit ist von dem Entfall von entsprechenden Gleisen zu rechnen. Die entsprechenden Auswirkungen und die daraus resultierenden Kompensationsmaßnahmen sind in den folgenden Planungsphasen zu untersuchen.

Abhängigkeiten zu anderen Großvorhaben

Für den Großraum Frankfurt sind derzeit noch weitere Großvorhaben in der Planung. Hieraus ergeben sich unter Umständen gegenseitige Abhängigkeiten im Hinblick auf den Bauablauf und die Dauer der Bauzeit.

Flächenverfügbarkeit

Für die Umsetzung des Bauvorhabens wird es erforderlich sein, in bereits stark bebauten innerstädtischen Bereich Großbaustellen über mehrere Jahre hinweg zu betreiben. Dies gilt insbesondere für die zukünftigen Tunnelportale incl. der anschließenden Trogbereiche und für den neu zu errichtenden Tiefbahnhof unterhalb des Frankfurter Hauptbahnhofs sowie bei den Y-Varianten auch für den Verzweigungsbereich der Strecken. Aufgrund der in diesen Bereichen bereits vorhandenen Bebauung, der vorhandenen Bahnstrecken und Straßen sowie zahlreicher weiterer Nutzungen ist die Verfügbarkeit der für die Durchführung der Bau- maßnahme erforderlichen Flächen teilweise nur in größerer Entfernung zur eigentlichen Bau- stelle oder unter bauzeitlicher Inanspruchnahme bereits anderweitig genutzter Flächen mög- lich. Dies birgt in jedem Fall Kostenrisiken.

Genehmigungsverfahren

Aufgrund der im stark bebauten innerstädtischen Bereich vorhandenen zahlreichen Betroffe- nen ist auch im Rahmen des Genehmigungsverfahrens mit einer Vielzahl zu behandelnder Ansprüche und Widerstände zu rechnen, die sowohl zu weiteren Kostenrisiken führen kön- nen. Außerdem sind terminliche Risiken zu berücksichtigen, die sich aufgrund der o.g. As- pekte ergeben können.

Kosten

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt fehlen für eine tiefergehende Kostenermittlung für die Ausrüs- tungswerke LST und Oberleitung hinreichend genaue Angaben zum Bauablauf. Abhängig von der Bauzeit und der Anzahl der Bauphasen sind hier signifikante Kostensteigerungen nicht auszuschließen.

Im Bereich der westlichen Einbindung werden die neuen Streckengleise in einem sehr gerin- gen Abstand am bestehenden Stellwerk Fa vorbeigeführt. Ob dieses Stellwerk ersetzt wer- den muss oder durch geeignete Ausführung des Bahnkörpers erhalten werden kann, ist in den folgenden Planungsphasen zu klären.

13 Variantenbewertung

Im Zuge der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie sind zu verschiedenen Planungszeitpunk- ten Variantenbewertungen erforderlich. Um eine vergleichende Bewertung der Varianten durchführen zu können, wurde eine entsprechende 3-stufige Bewertungsmatrix entwickelt.

In der ersten Stufe der Bewertung wurden die möglichen Trassierungskorridore für die ver- schiedenen Varianten der Planungsstufe 1 entsprechend bewertet. Im Ergebnis dieser Be- wertung ist ein mittlerer Trassenkorridor aufgrund der vorhandenen Hochhausbebauung nicht umsetzbar. Im direkten Vergleich zwischen einem nördlichen und südlichen Korridor überwiegen die Vorteile bei einem südlichen Trassenkorridor. Somit bleibt lediglich ein südli- cher Trassenkorridor als einzig weiterzuverfolgender Korridor für alle weiteren Varianten üb- rig. Die Details dieser Bewertung sind der in Anlage 16.1 enthalten.

In der zweiten Stufe wurden dann alle möglichen Stationslagen in Nord/Süd-Richtung für die verschiedenen Varianten der Planungsstufe 1 bewertet. Im Ergebnis dieser Bewertung sind

prinzipiell alle Stationslagen umsetzbar, allerdings haben sich die Stationslagen Süd 1 und Süd 2 als am besten geeignet herausgestellt. Die Details dieser Bewertung sind in der Anlage 16.2 enthalten.

Die Bewertung der Varianten der Planungsstufe 3 anhand verschiedener Kriterien und die Abstimmung einer Vorzugsvariante sowie die Betrachtung möglicher weiterer Varianten erfolgt erst in der Vorplanung. Aufbauend auf den Ergebnissen der Machbarkeitsstudie sind mindestens folgende Bewertungskriterien für diese Bewertung heranzuziehen:

- Komplexität der Bauverfahren (gesamt)
- Techn. Risiken in der Bauausführung (gesamt)
- Betriebliche Leistungsfähigkeit
- Betriebliche Flexibilität
- Beeinträchtigung Zugbetrieb während der Bauausführung (DB)
- Beeinträchtigungen ÖPNV (VGF) während der Bauausführung
- Beeinträchtigungen Dritter (Stadt, Hotel, etc.) während der Bauausführung
- Beeinträchtigung Bahnhofsgebäude (DB, Denkmalschutz)
- Bahnhofsbetrieb /-management nach Inbetriebnahme
- GWU
- Bauzeit
- Umweltauswirkungen

In dieser Bewertungsstufe wird zum Abschluss kein gesamthafter Variantenvergleich durchgeführt und somit auch keine Vorzugsvariante festgelegt. In Abstimmung mit dem Vorhabenträger ist für einen gesamthafter Variantenvergleich sowohl eine differenziertere Betrachtung der einzelnen Varianten als auch eine Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien erforderlich. Für die Durchführung dieser Variantenbewertung ist auch die Einbeziehung der weiteren Planungsbeteiligter und Planungen erforderlich.

14 Fazit

Im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie wurde die technische Machbarkeit der Realisierung eines Fernbahntunnels mit einer neuen unterirdischen Station am Frankfurter Hauptbahnhof untersucht. Diese konnte für alle sechs Varianten der Planungsstufe 3 mit verschiedenen Bauweisen und Trassenführungen nachgewiesen werden. Dabei wurde die technische Machbarkeit sowohl für eine Anbindung an jeweils eine der beiden nord- und südmainischen Bestandsstrecken in Richtung Hanau als auch für eine sogenannte Y-Variante mit Anbindung an beide Bestandsstrecken nachgewiesen.

Der Untersuchungsraum der Machbarkeitsstudie ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Zwangspunkten; dazu gehören neben den bestehenden unterirdischen S- und Stadtbahnstrecken insbesondere die zahlreichen Hochhäuser im westlichen Teil der Frankfurter Innenstadt mit ihren stark belasteten und tief in den Baugrund einbindenden Gründungen. Diese

und weitere Zwangspunkte bilden im Zusammenhang mit dem extrem ungünstigen Baugrund und dem hohen Grundwasserstand sowie zahlreicher sonstiger zu berücksichtigender Randbedingungen ein hochkomplexes Umfeld für die Umsetzung eines derartigen Großprojektes.

Unter Berücksichtigung aller der zuvor genannten hochkomplexen Rahmenbedingungen konnten in verschiedenen kontinuierlichen Planungsstufen insgesamt sechs verschiedene technisch machbare Lösungen durch ein interdisziplinäres Planungsteam entwickelt werden. Dabei wurden unterschiedliche Lösungen für ein- und zweigleisige Tunnelröhren, verschiedene Konfigurationen und Bauweisen der unterirdischen Station im Bereich des Frankfurter Hauptbahnhofs und der an die Bahnsteige anschließenden Verflechtungsbereiche sowie für die Y-Bauwerke zur Streckenverzweigung aufgezeigt.

Auch der veranschlagte Kostenrahmen aus dem Bundesverkehrswegeplan konnte im Rahmen der durchgeführten Grobkostenschätzung bestätigt werden. Die Kosten aller untersuchten Varianten liegen basierend auf der Planungstiefe einer Machbarkeitsstudie unterhalb der veranschlagten 3,6 Mrd.€.

Neben der bautechnischen Machbarkeit der unterirdischen Station und des Tunnels waren auch betriebliche Untersuchungen ein wesentlicher Bestandteil der Machbarkeitsstudie. Die durchgeführten vereinfachten betrieblichen Untersuchungen ohne weitergehende Betrachtung der Zulaufstrecken haben gezeigt, dass ein Fahrplan für das Betriebsprogramm von 12 Zügen pro Stunde und Richtung in allen Varianten konfliktfrei konstruierbar ist.

In den **Varianten 1 und 2** werden sämtliche Verkehre jeweils entweder auf die nordmainische (Variante 1) oder die südmainische Strecke (Variante 2) geführt; dies lässt im Bereich des Fernbahntunnels aufgrund der dort geplanten Infrastruktur eine akzeptable Betriebsqualität erwarten. Es besteht jedoch die Gefahr, dass die jeweilige Strecke in Richtung Hanau überlastet wird, da dort weitere Verkehre des SPNV und SGV hinzukommen. Zudem muss der Knoten Hanau in der Lage sein, alle Verkehre aufzunehmen und entsprechend auf die Strecken in Richtung Würzburg und Fulda aufzuteilen. Daher sind die Varianten 1 und 2 zwar für den Bereich des Fernbahntunnels selbst nicht unvorteilhaft, im Kontext der betrieblichen Flexibilität und hinsichtlich der Streckenbelastung der nord- bzw. südmainischen Strecke jedoch negativ zu beurteilen.

Auch für die **Variante 3** mit höhengleicher Verzweigung im Bereich des Y-Bauwerks Osthafen ist ein konfliktfreier Fahrplan konstruierbar. Hier ist jedoch unter Realbedingungen (verspätete Fahrten) mit einer Häufung von Fahrstraßenausschlüssen und daraus resultierenden Folgeverspätungen zu rechnen; diese sind insbesondere davon abhängig, wie „flexibel“ Fernverkehrszüge in solchen Fällen über die nord- bzw. südmainische Strecke geführt werden können. Dies ergibt sich in Abhängigkeit von der künftigen Ausgestaltung des Knotens Hanau (und dortiger Fahrstraßenausschlüsse, Geschwindigkeitseinbrüche bei bestimmten Fahrbeziehungen etc.) sowie der Belastung der süd- und nordmainischen Strecken, auf denen sich ebenfalls hohe Belastungen abzeichnen. Aus diesen Erwägungen erscheint die Variante 3 betrieblich unvorteilhaft.

Die **Varianten 4-6** bilden aus betrieblicher Sicht die Vorzugsvarianten, da hier einerseits innerhalb des Fernbahntunnels eine höhenfreie Ausfädelung im Bereich der Y-Trasse möglich ist, andererseits eine gleichmäßige Umlegung der Züge des Fernbahntunnels auf die nord-

und südmainischen Strecken erfolgen kann. Außerdem erlauben diese Varianten eine bestmögliche flexible Betriebsführung, z.B. auch im Verspätungsfall.

Der neue Tiefbahnhof am Frankfurter Hbf (FFTS) ist durch verhältnismäßig lange Mindesthaltezeiten zu etwa 70% je Gleis stark ausgelastet, jedoch nicht per se überlastet. Die Auslastung der Abschnitte der freien Strecke ist durch das homogene Betriebsprogramm und die kurzen, leistungsfähigen Blöcke auf niedrigem, unkritischen Niveau.

Es wird empfohlen, diese Überlegungen in die Erstellung der EBWU in Lph 1 einfließen zu lassen und das Modell um die nord- und südmainische Strecke sowie den Knoten Hanau zu erweitern.

Die hier auf Basis der fahrplantechnischen Konstruierbarkeit getroffenen Erkenntnisse werden im Rahmen der EBWU in der Lph. 1 überprüft und fortgeschrieben (insbes. hinsichtlich der Wirkung der unter Realbedingungen zu berücksichtigenden Verspätungen).

Diese sowohl bautechnisch als auch betrieblich positiven Ergebnisse bilden eine belastbare Grundlage für den Einstieg in die nächsten Planungsphasen. In diesen folgenden Planungsphasen sind die vorliegenden Planungsergebnisse auf Basis vertiefter Untersuchungen zu verifizieren und für zahlreiche verschiedene Teilaspekte zu optimieren. Dazu gehören insbesondere die Klärung, ob der Tunnel mit einer zweigleisigen oder mit zwei eingleisigen Tunnelröhren zu realisieren ist. Darüber hinaus werden weitere Untersuchungen zur Lage und Bauweise des Y-Bauwerks sowie zu den Bereichen, in denen der Fernbahntunnel vorhandene Tunnel der S-Bahn bzw. der Stadtbahn unterquert, notwendig. Im Bereich der unterirdischen Station am Frankfurter Hauptbahnhof sind die Planungen hinsichtlich der optimalen Lage und Bauweise der unterirdischen Bahnsteige und deren Anbindung an den vorhandenen Bahnhof zu vertiefen. Dabei ist auch auf die an den Bahnsteig anschließenden Verflechtungsbereiche, die teilweise unterhalb der Stadtbahn U4/U5, des Hafentunnels und vorhandener Gebäude zu errichten sind, besonderes Augenmerk zu legen.

Abschließend ist festzuhalten, dass trotz der zuvor beschriebenen hochkomplexen Rahmenbedingungen die Realisierung einer neuen unterirdischen Station sowie eines Tunnels unter dem Frankfurter Stadtgebiet technisch umsetzbar ist und dabei die prognostizierten positiven Effekte für den Betrieb im und um den Frankfurter Knoten erreicht werden können.