

KVB Konzeptstudie - Rheinquerung (Ost-West-Achse) Tunnelvarianten

11.09.2018

Dipl.-Ing. A. Wuttig, M.Sc. René Dziallas, Dipl.-Ing. Taro Skunca
Schüßler-Plan



■ Aufgabenstellung

- Untersuchung zur Realisierbarkeit einer zweigleisigen Rheinquerung
- Als Tunnelvariante (Absenktunnel, Bohrtunnel, Tunnel offene Bauweise)
- Verbindung zwischen Bahnhof Deutz und Haltestelle Heumarkt
- Ergänzung zur bestehenden Deutzer Brücke (Stadtbahnlinien 1, 7, 9)
- Betrieb der Linie 7 weiterhin über Deutzer Brücke



■ Umfeld / Bestand

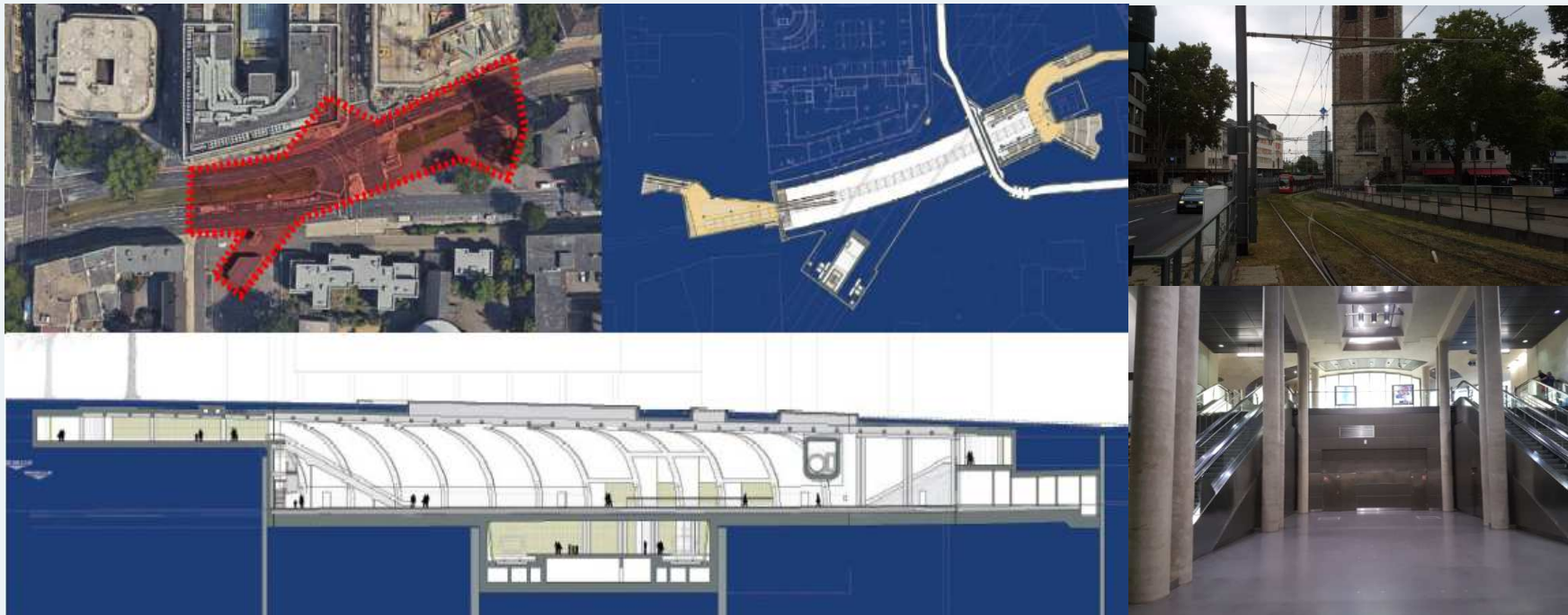
Analyse der Bestandssituation zur Ermittlung der Zwangspunkte



■ Umfeld / Bestand

Station Heumarkt

- Anschluss an Vorleistung der Haltestelle
(erstellt im Rahmen des Baus Nord-Süd Stadtbahn)
- Anschlusshöhe auf Ebene -1 bei SOK +36,7 m NN



■ Umfeld / Bestand

Anschluss Bestand nahe Bahnhof Deutz

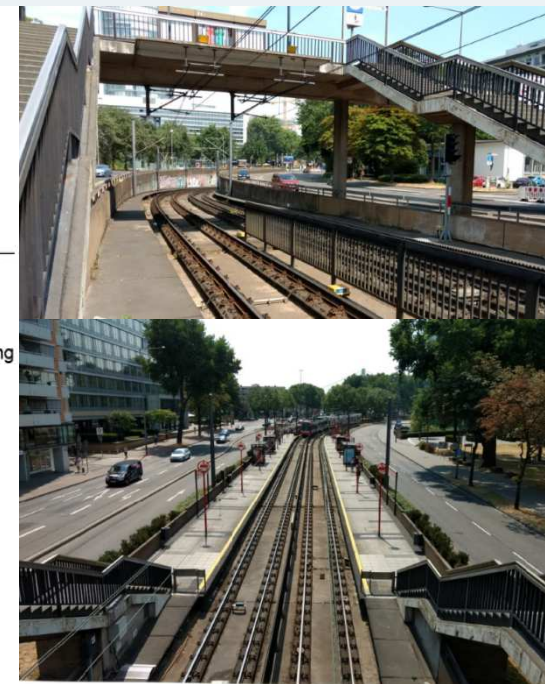
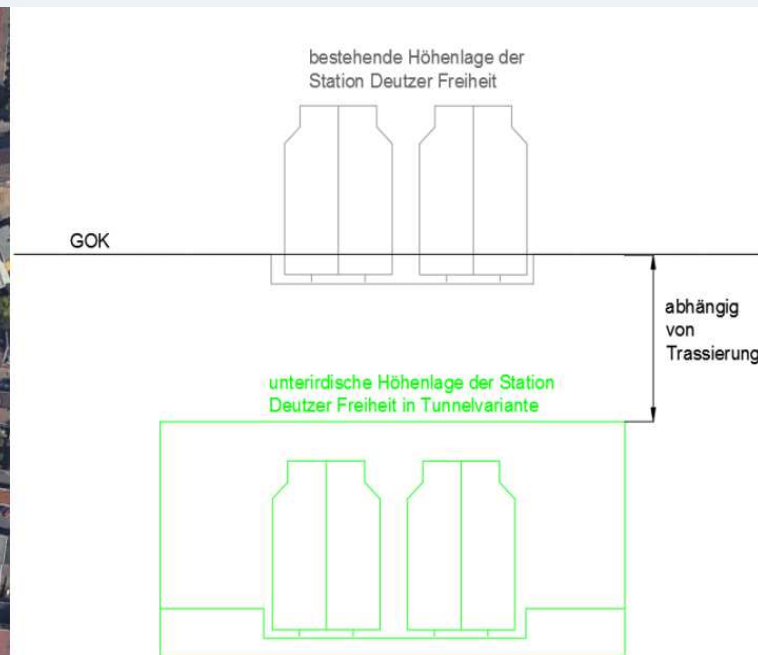
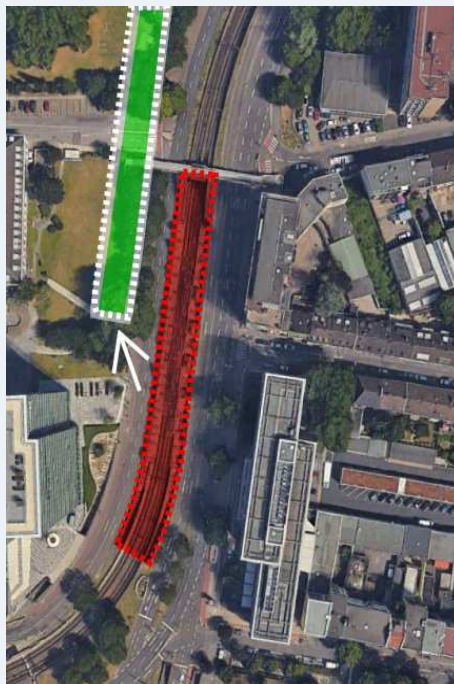
- schleifender Gleisanschluss nördlich des Bestandsgleises
- Möglichst geringe betriebliche Einschränkungen
- Anschlusshöhe liegt bei SOK ca. +34,4 m NN



■ Umfeld / Bestand

Station Deutzer Freiheit

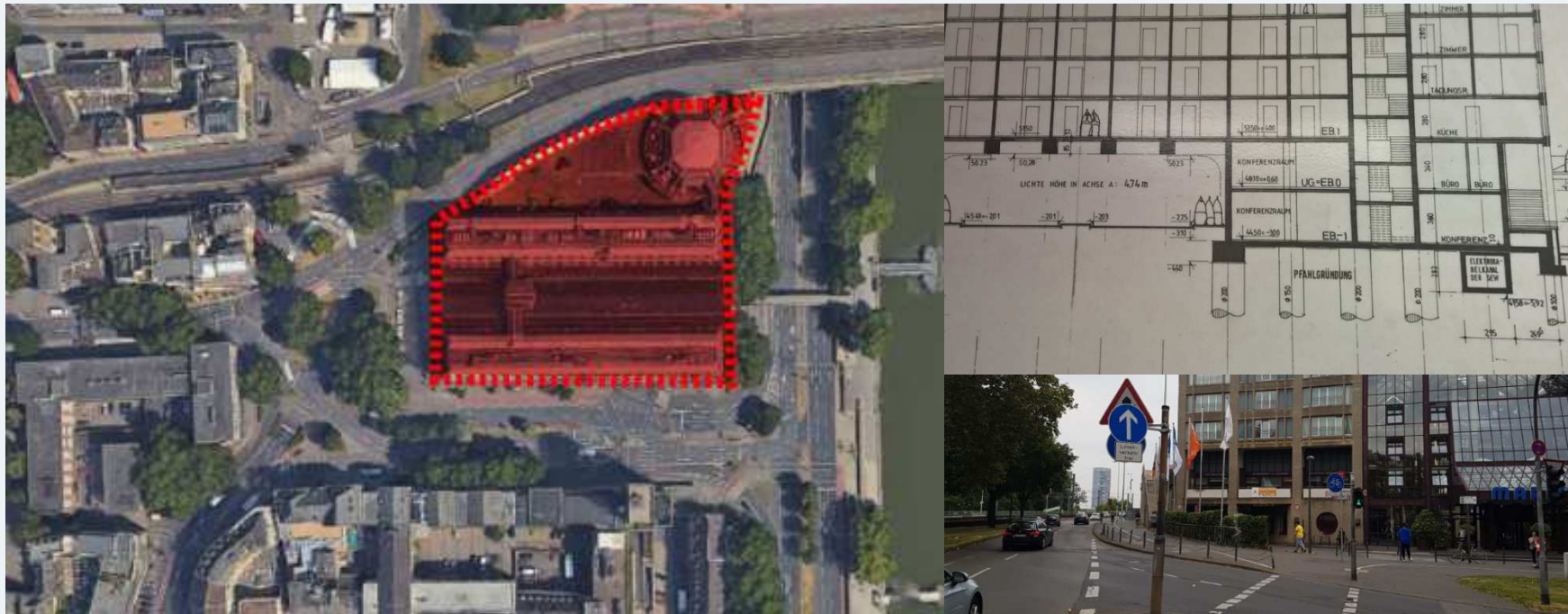
- derzeit oberirdische Haltestelle
- Neubau einer unterirdischen Station
- mögliche neue Lage: Richtung Nordwest („freies“ Baufeld)
- Höhenlage der neuen Station abhängig von Trassierung



■ Umfeld / Bestand

Maritim Hotel

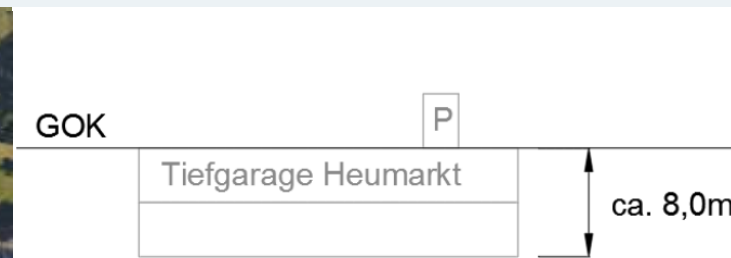
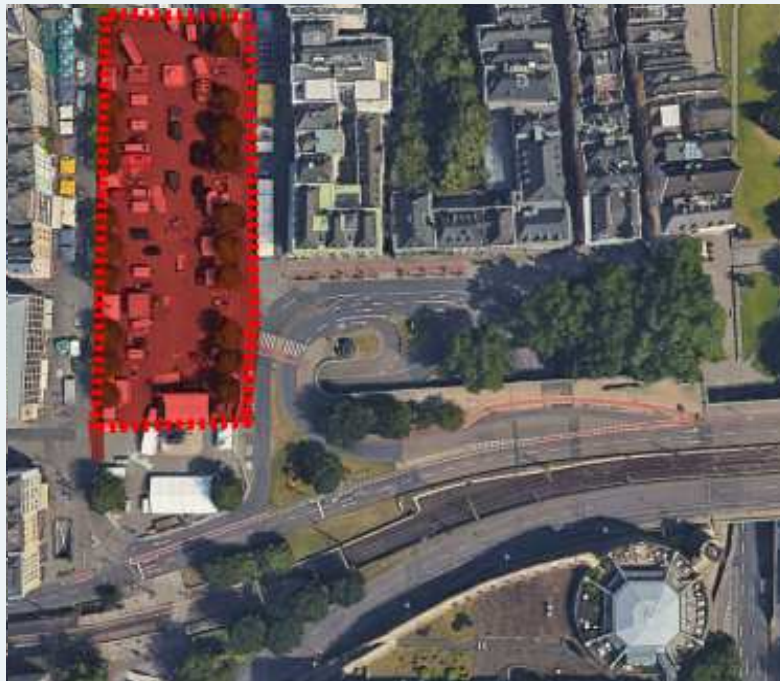
- südlich der Deutzer Brücke (Westufer)
- kaum Angaben zum Bestand
- Tiefgarage über 3 Ebenen (ca. 10,5 m bis zur Bodenplatte /+38 m NN)
- Pfahlgründung Ostseite bis zur Tiefe +34,0 m NN (mündl. Aussage)



■ Umfeld / Bestand

Tiefgarage Heumarkt

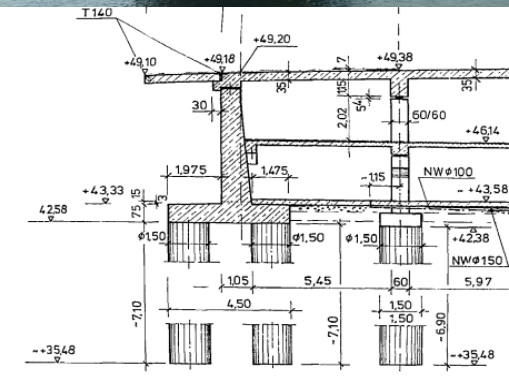
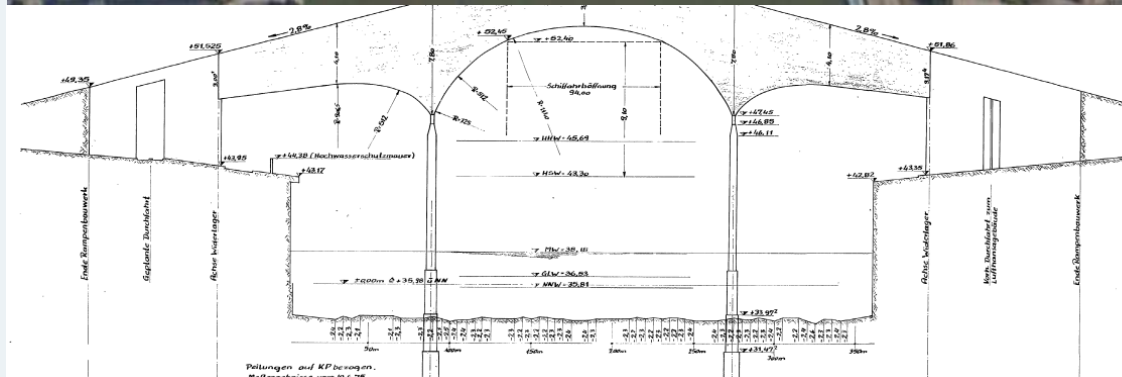
- nordwestlich der Deutzer Brücke (Westufer)
- keine Angaben zum Bestand / Annahmen auf Basis Ortsbegehung
- Tiefgarage über zwei Ebenen (ca. 8,0 m bis zur Bodenplatte)
- Sohle Bodenplatte bei ca. + 40,0 m NN



■ Umfeld / Bestand

Deutzer Brücke + Rheinsohle

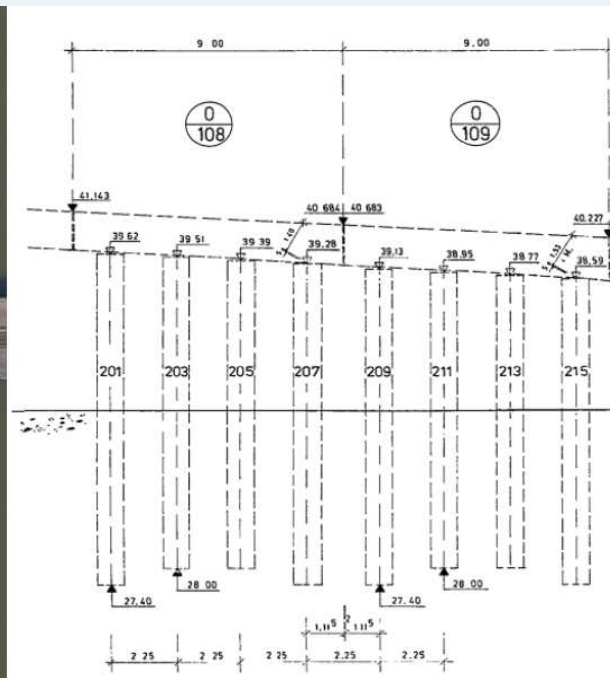
- Tiefe der Fahrrinne Rheinsohle bei ca. +33,0 m NN
- Tiefe der Brückenfundamente bei +26,5 m NN
- Rampen Gründungstiefe +35,4 m NN



■ Umfeld / Bestand

Rheinufertunnel

- Linksrheinischer Tunnel bestehend aus 2 Röhren
- Oströhre im Bereich des Maritim Hotels auf Pfählen UK +28,9 m NN
- Zusätzliche Spund- und Schlitzwände / Tiefen unbekannt



■ Umfeld / Bestand

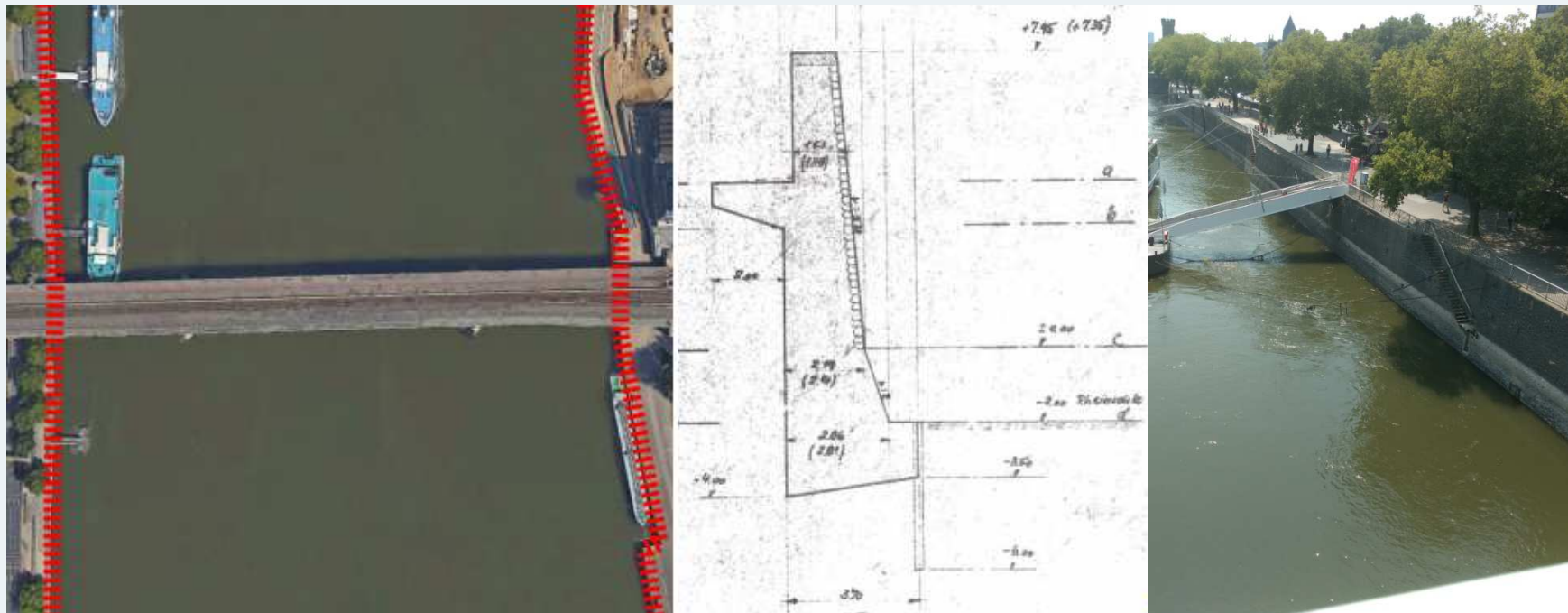
Rhein & ehemaliger Rheinarm

- Ehemaliger Rheinarm auf linksrheinischer Seite
- Während römischer Epoche allmählich aufgeschüttet
- In betroffenen Bereichen besondere Gründungssituationen möglich



Uferanlagen

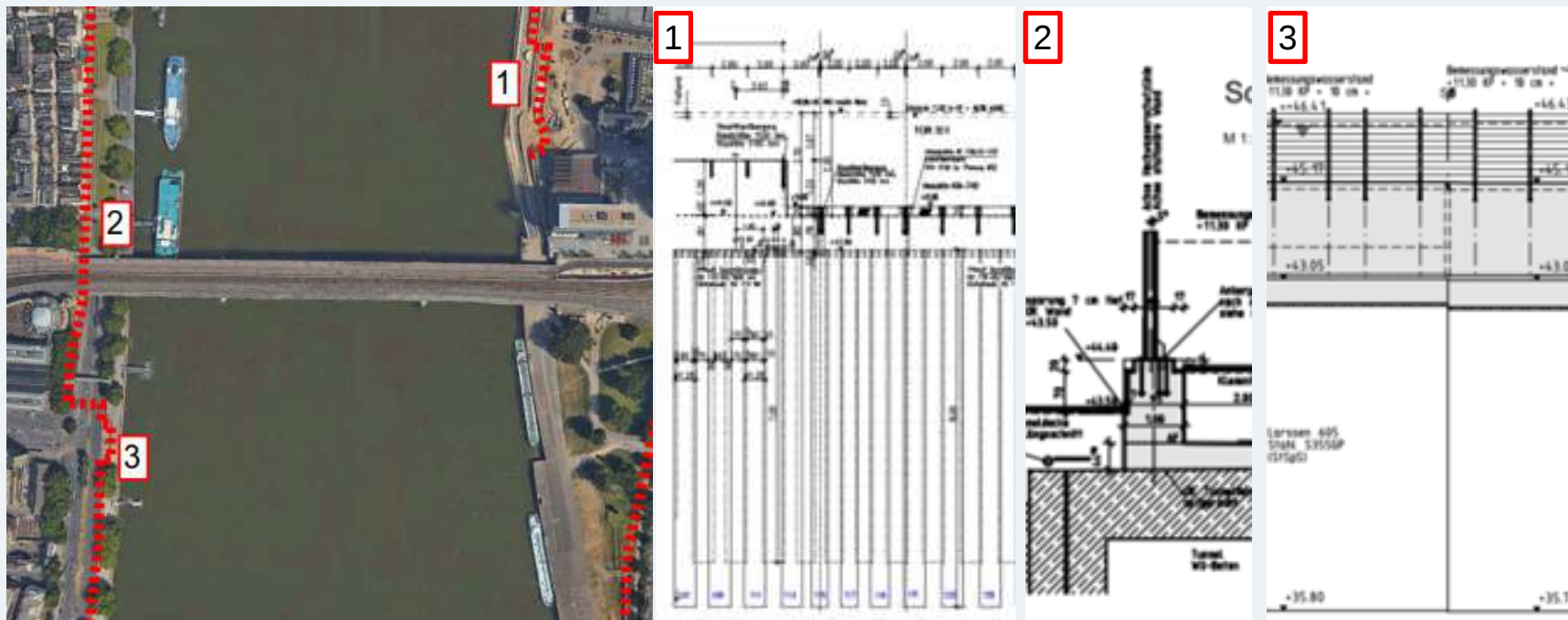
- Tiefe der Uferwand bei +31,0 m NN
- Tiefe des davor liegende Verbaus +29,0 m NN



■ Umfeld / Bestand

Hochwasserschutzanlagen

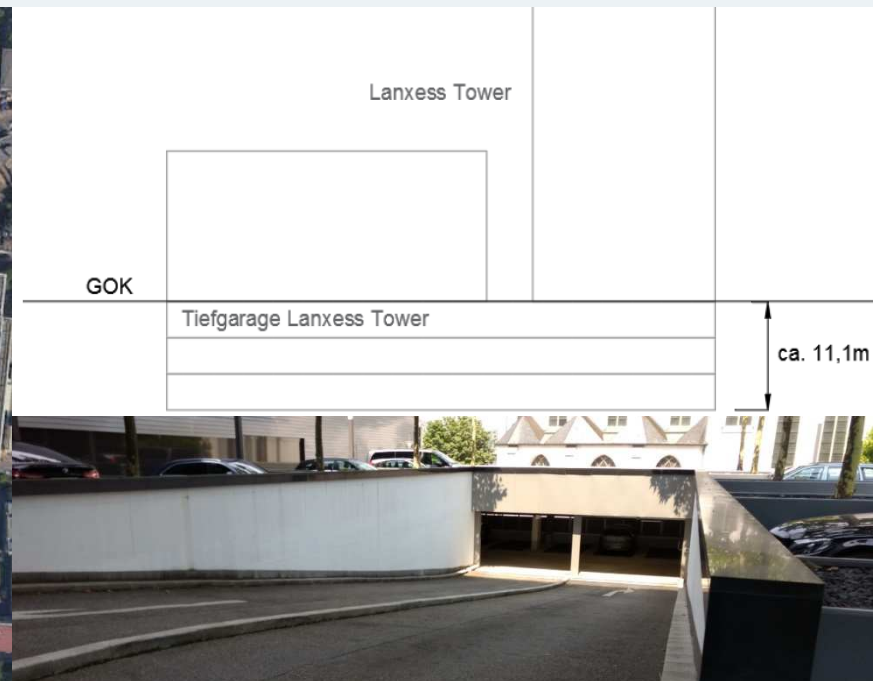
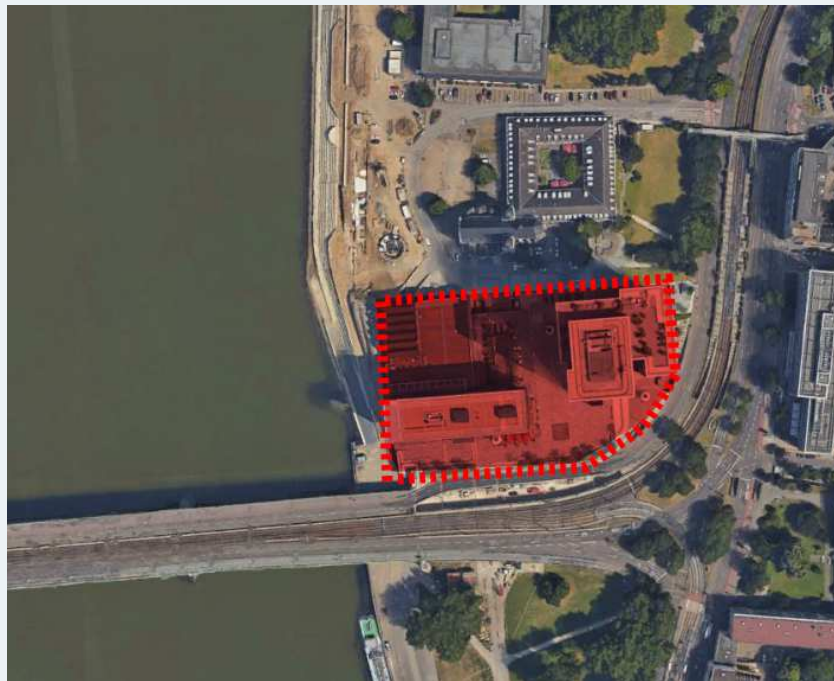
- Stationäre und mobile Hochwasserschutzwände
- Ostseite: Schutzmauer auf Pfählen / Tiefe +35,9 m NN [1]
- Westseite: Mobile und stationäre Schutzwände auf Tunnel [2]
Schutzmauer auf Spundwand / Tiefe +35,8 m NN [3]



■ Umfeld / Bestand

Lanxess Tower

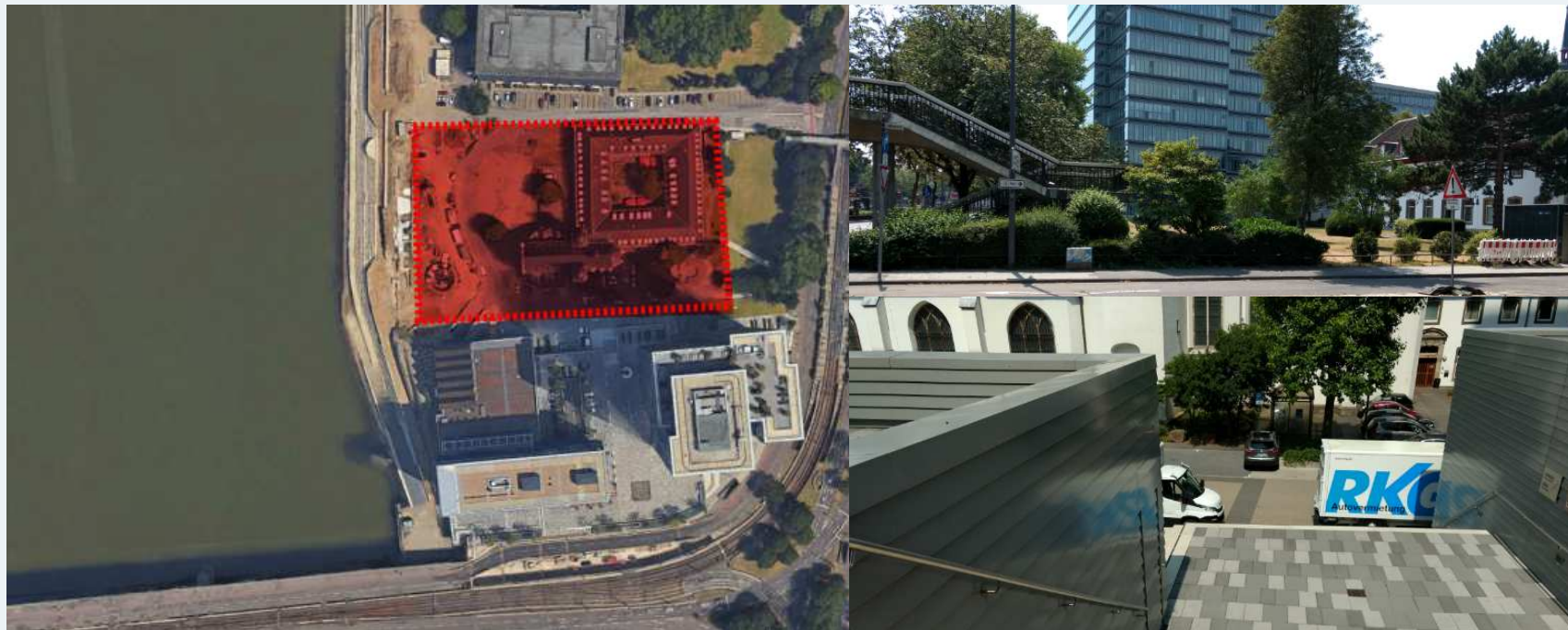
- nördlich der Deutzer Brücke (Ostufer)
- keine Angaben zum Bestand / Annahmen auf Basis Ortsbegehung
- Tiefgarage über drei Ebenen (ca. 11,1 m bis zur Bodenplatte)
- Sohle Bodenplatte bei ca. + 40,0 m NN



■ Umfeld / Bestand

Kastell Deutz & Abtei

- Nördlich des Lanxess Tower (Ostufer)
- angegliedertes Altenzentrum
- keine Angaben zum Bestand / Annahmen auf Basis Ortsbegehung
- Annahme: keine Tiefgründung vorhanden



■ Umfeld / Bestand

Schutz von Grünanlagen

- Herausforderung in Bereichen des offenen Tunnelbaus
- wo möglich, Wiederherstellung von Grünanlagen auf Tunneldecke
- Berücksichtigung des schützenswerten Baumbestands bei Trassierung



■ Anforderungen aus Umfeld / Bestand

- Aufgrund der Tiefenlage der Brückenfundamente und der Lasteinwirkungen gilt es eine kreuzende Trasse zur Deutzer Brücke zu vermeiden
- Entwicklung einer Trasse (Lage & Höhe) mit möglichst wenig Kollisionsbereichen zu Bestandsbauwerken
- Lage der Tunnelabschnitte in offener Bauweise idealerweise auf bestehenden Frei- / Verkehrsflächen

■ Randbedingungen

Geologie

- Baugrund zu Geländeoberkante in unterschiedlicher Anschüttung (teilweise römisch-germanische Bodendenkmäler)
- Darunter Schichten aus Löß, Lößlehm und Hochflutsedimente
- Quartäre Ablagerungen der Mittel- und Niederterasse aus Sanden & Kiesen / teilweise schluffige und tonige Einlagerungen
- Tertiäre Lockersedimente aus dicht gelagerten Sanden im Wechsel mit konsolidierten Tonen

Grundwasser

- Höchstmögliche Grundwasserstand bei +44,75 m NN
- 3-5 jähriger Eintrittswahrscheinlichkeit: bauzeitliche Pegel +41,5 m NN

■ Randbedingungen

Hochwasserschutz

- Drei unterschiedliche Überflutungsszenarien gemäß StEB Köln (häufig, mittleres, extremes)
- Annahme: bei Extremfall kein Betrieb ÖPNV
- Daher mittleres Szenario als Grundlage

häufig



mittleres



extremes

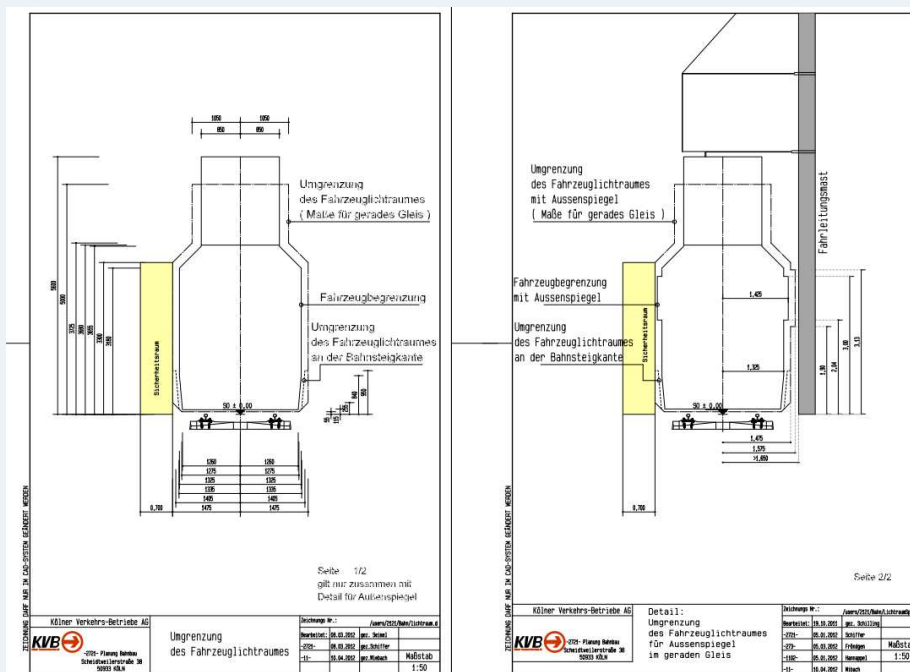


Quelle: StEB Köln

■ Anforderung an die Trassierung

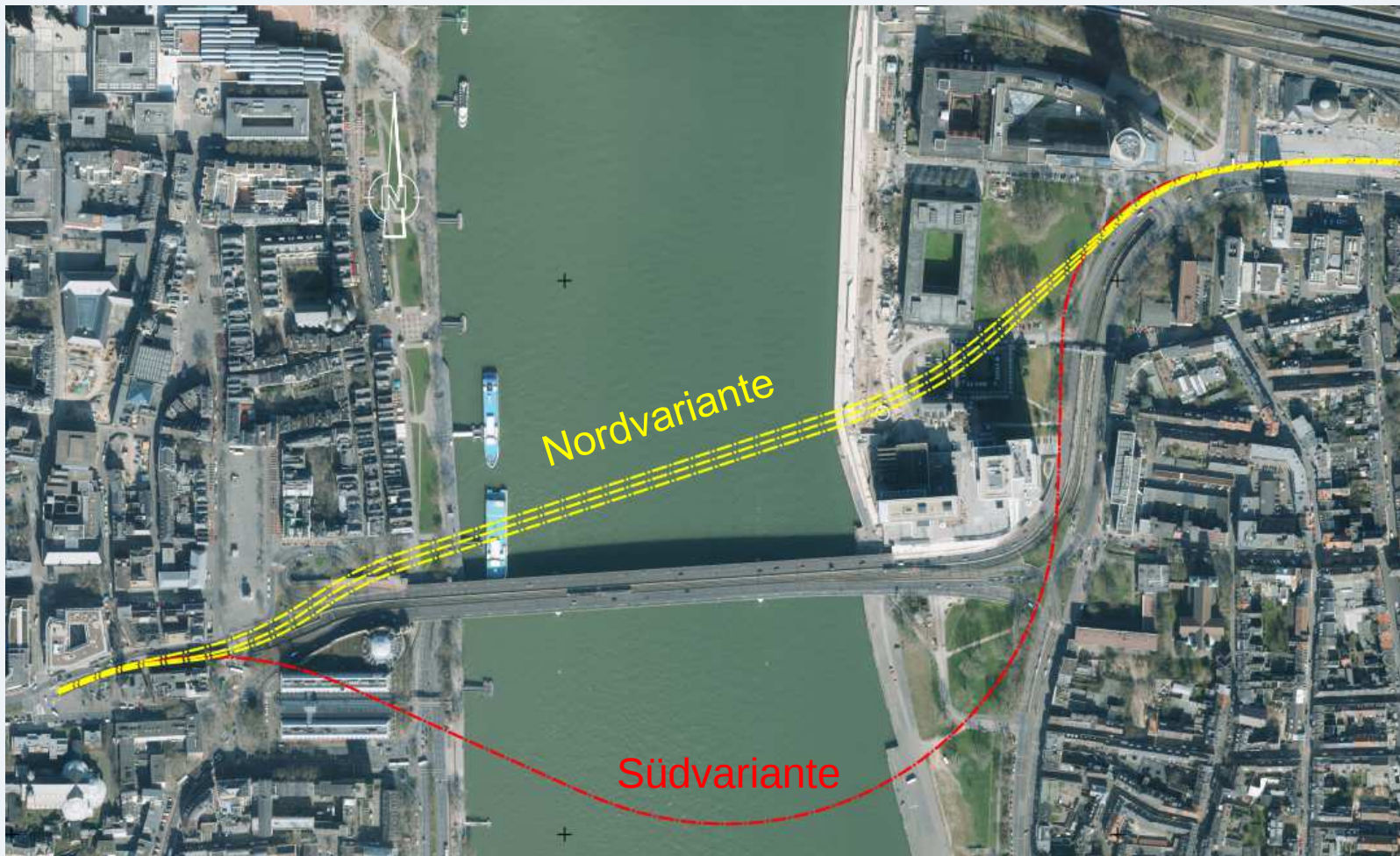
- Auf Basis *Technischen Regeln für Straßenbahnen / Trassierung von Bahnen* (TRStrab Trassierung) und der *Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen* (BOStrab)
- Entwurfsgeschwindigkeit nicht kleiner $v_e = 70$ km/h
- Max. Längsneigung 4% (nach Vorgabe KVB in Ausnahmefällen 6%)
- Kuppen- & Wannenhalbmesser min $r = 2000$ m
- Bogenradius min $r = 240$ m (bzw. gemäß Bestandsradius)
ABER für Vortrieb
min $r = 250$ m (kleiner Querschnitt) und min $r = 300$ m (großer Querschnitt)
- Bahnsteiglänge neue Station Deutzer Freiheit nach Vorgabe KVB mindestens 100 m

- Prinzipielle Zweigleisigkeit
- Niederflurfahrzeuge / Austrittshöhe 40 cm über SOK
- Durchgängige Rettungswege / 80 x 225 cm
- Rettungsweg bis zum nächsten Notausgang nicht länger 300 m
- Lichtraumprofil gemäß Systemskizze KVB



■ Trassierungsvarianten

Auf Basis der Rahmenbedingungen aus Bestand, Umfeld und Betrieb



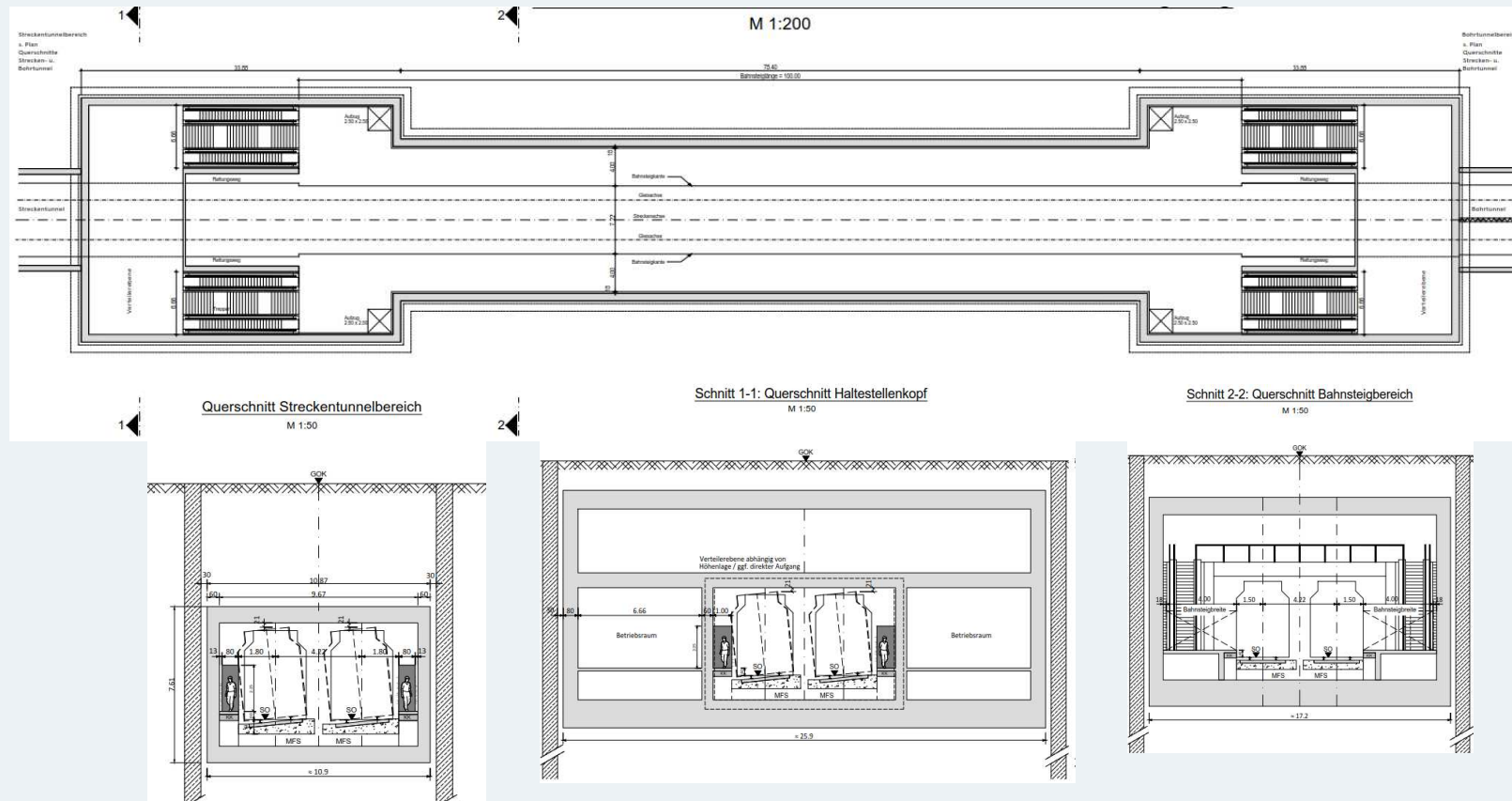
■ Bauverfahren

- Absenktunnel
in Verbindung mit Tunnelabschnitten in offene Bauweise
- Bohrtunnel
in Verbindung mit Tunnelabschnitten in offene Bauweise

■ Offene Bauweise und Haltestelle

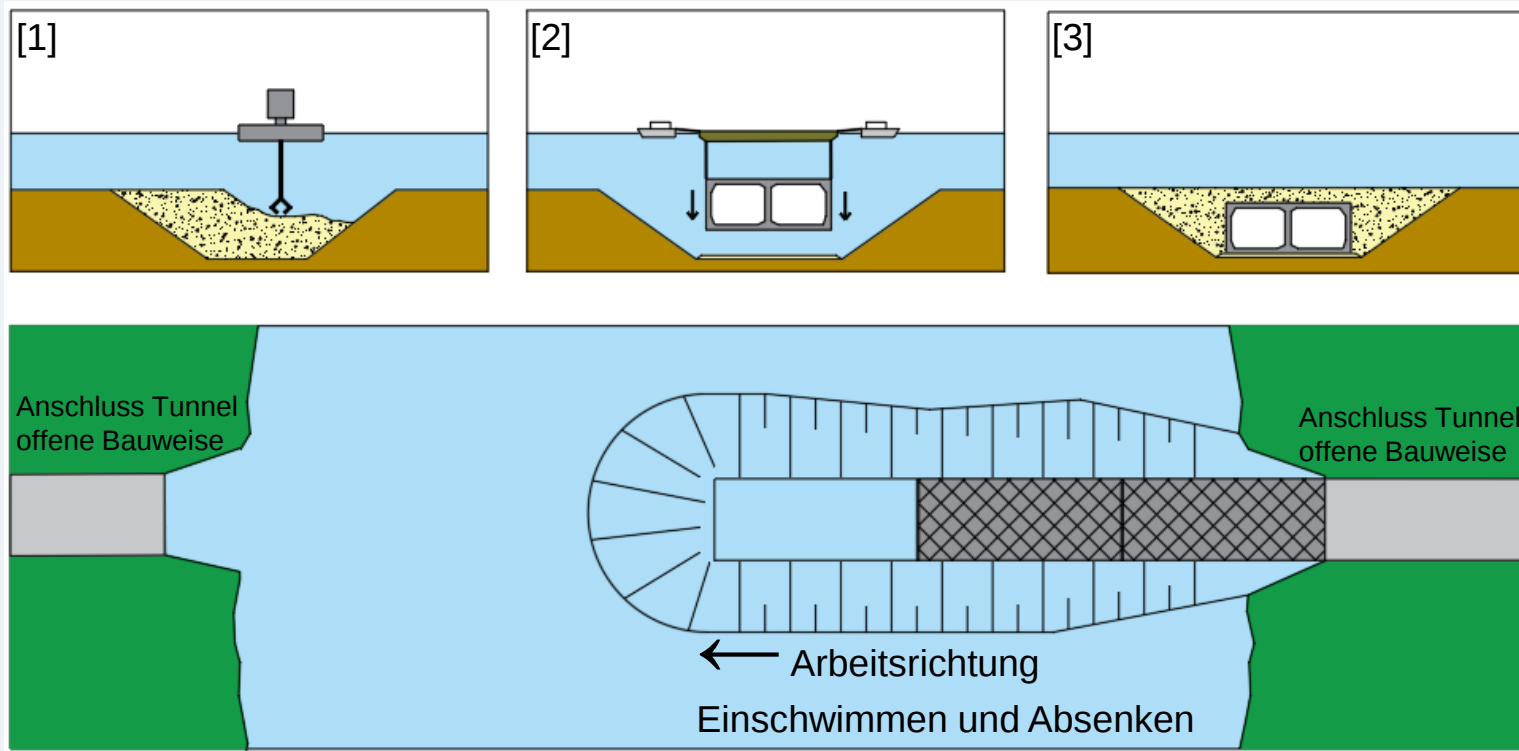
Neue Station Deutzer Freiheit

- Mindestlänge Bahnsteig 100 m (gemäß Angaben KVB)
- Tiefenlage abhängig von Trassierung



■ Absenktunnel

- Tunnelelemente werden in einem Baudock hergestellt
- Profilierung der Absenkrinne [1]
- Einschwimmen und Absenken der Tunnelelemente [2]
- Auffüllung und Sicherung der Tunnelelemente [3]



■ Absenktunnel

X = Rückbau / Abbruch aufgrund offener Bauweise

■ = Absenkbereich

X = Rückbau / Abbruch aufgrund offener Bauweise

■ = Absenkbereich



Fazit: aus wirtschaftlicher und städtebaulicher Sicht nicht vertretbar
zusätzlich erhebliche Einschränkungen im Schifffahrtsbetrieb
→ Variante des Absenktunnel wird zunächst nicht weiter untersucht

■ Bohrtunnel

2x Eingleisröhre

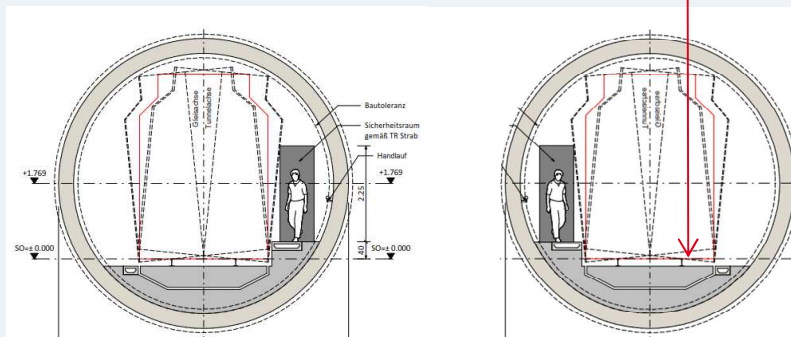
- Durchmesser 6,8 m
- mit Querschlägen als Fluchtweg (à 600 m)
- ggf. Notausgangsschächte landseitig
- Hü = 10,5 m

Zweingleisröhre

- Durchmesser 11,1 m
- mit F90 Wand und Fluchttüren
- ggf. Notausgangsschächte landseitig
- Hü = 16,5 m

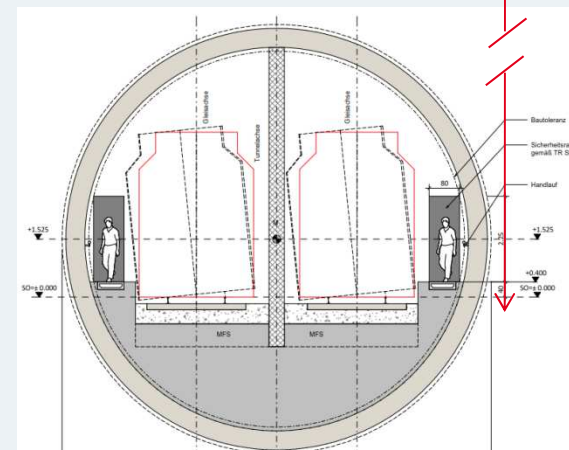
Fahrrinne zw. Brückenpfeiler

Hü (So-Rheinsohle)



Fahrrinne zw. Brückenpfeiler

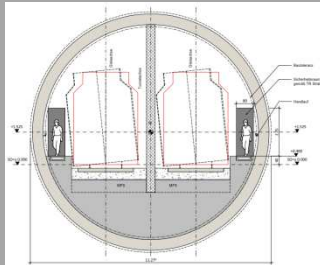
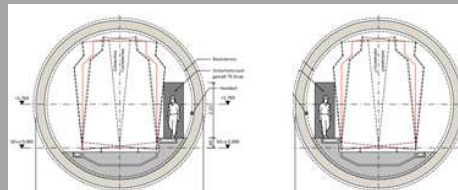
Hü (So-Rheinsohle)



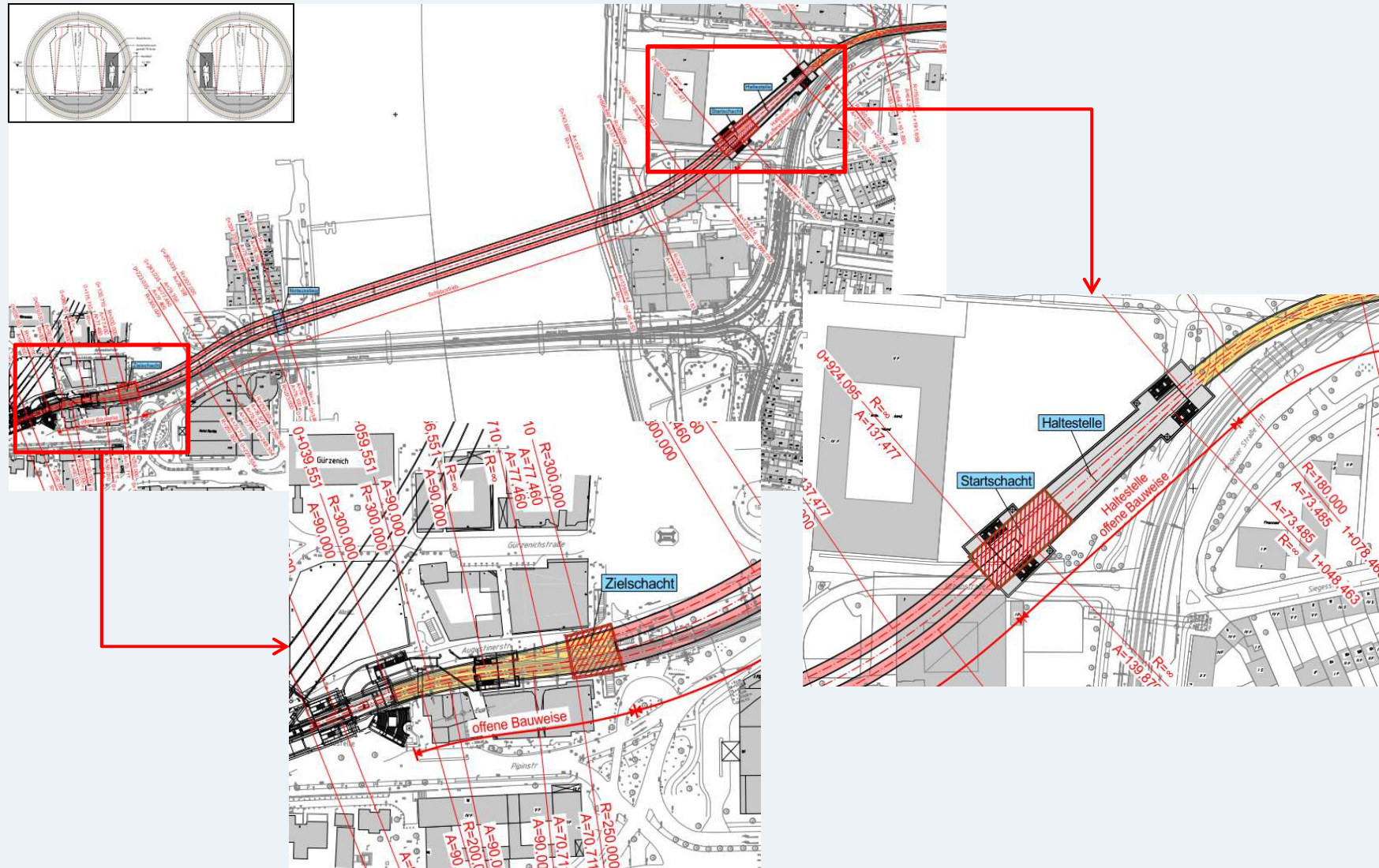
■ Bohrtunnel

Aufgrund diverser Vorteile in Sachen Anschlussbauwerken, Bauablauf und Kosten wird der Zweigleisquerschnitt sofern realisierbar bevorzugt.

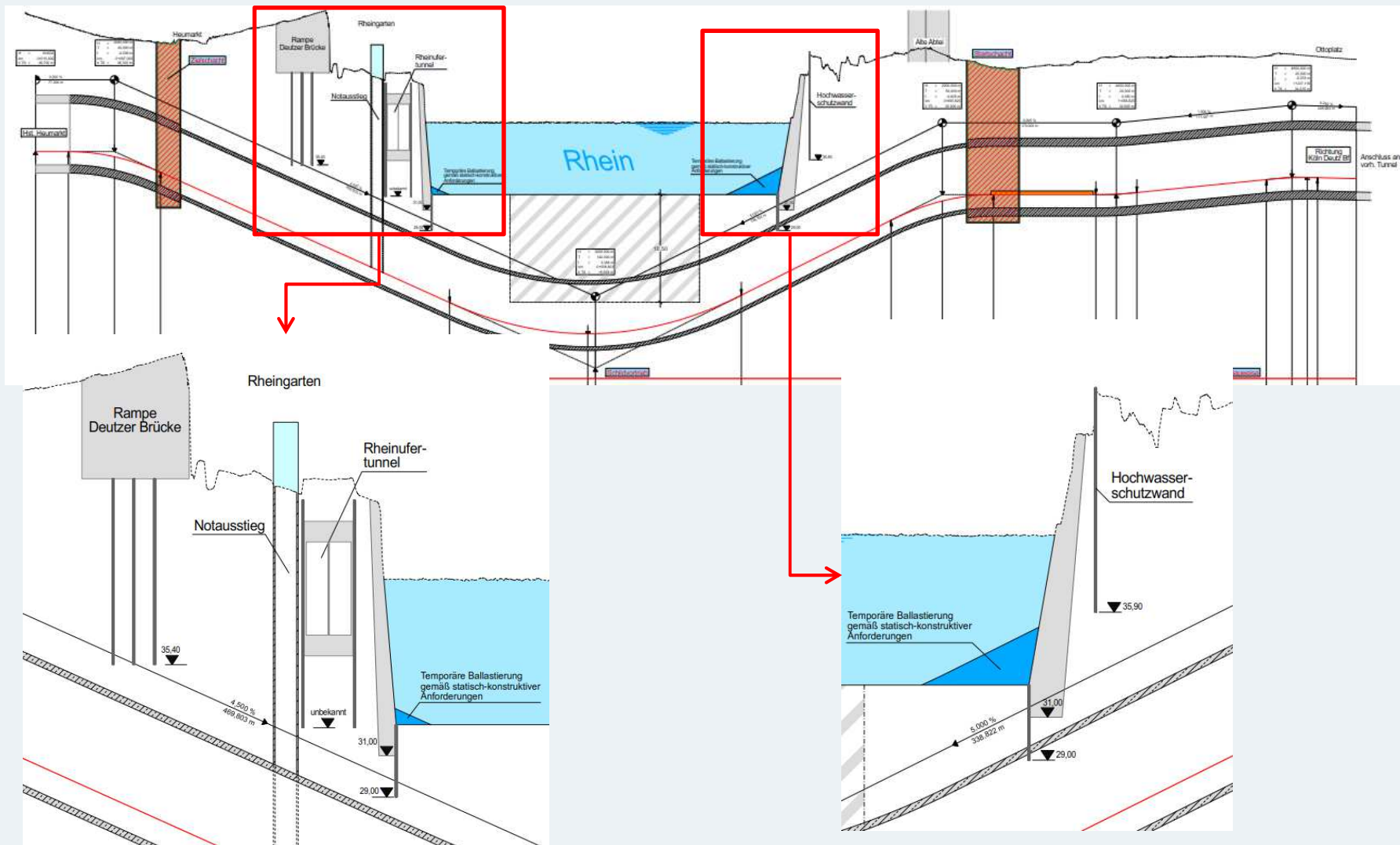
Vier unterschiedliche Varianten denkbar:

	Großer Querschnitt / Zweigleis	Kleiner Querschnitt / 2x Eingleis
Nordvariante	 Nicht weiter verfolgt, da: - Trotz max. Längsneigung ist ein Abtauchen vor der Uferwand nicht möglich	 Mögliche Alternative (weitere Untersuchung)
Südvariante	Mögliche Alternative (weitere Untersuchung)	Nicht weiter verfolgt, da: - Variante einer Zweigleisröhre realisierbar - Kaum Vorteile durch Eingleisröhre - Vglsw. teurer und längere Einschränkungen

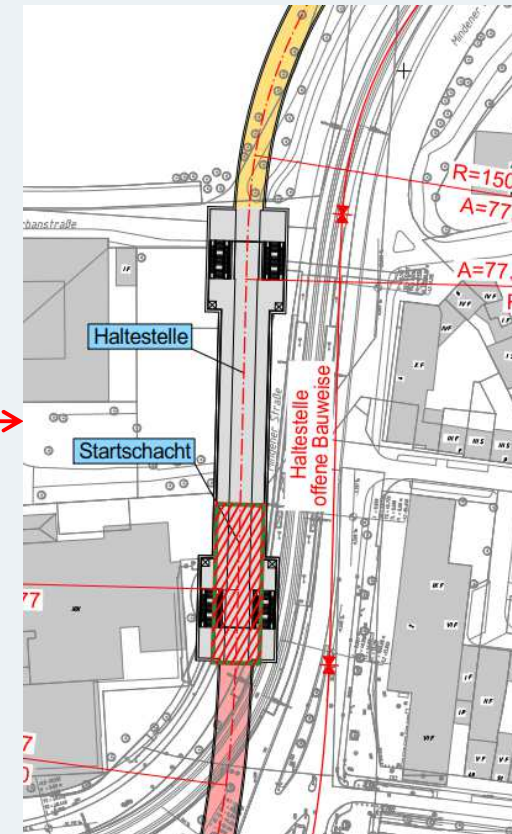
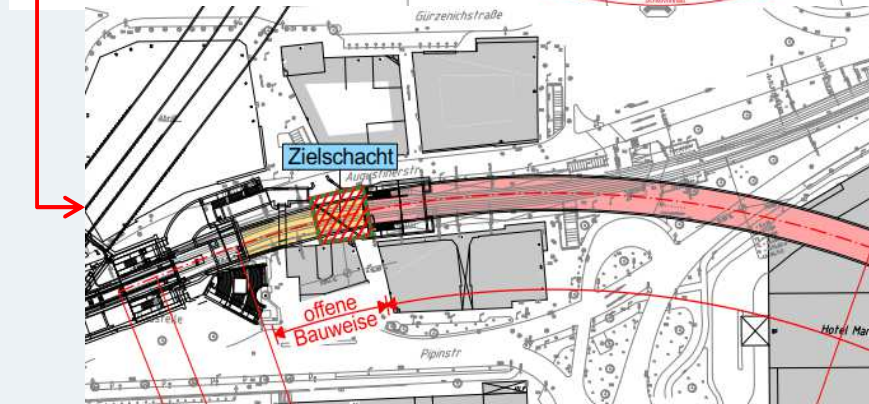
■ Lageplan Nordvariante



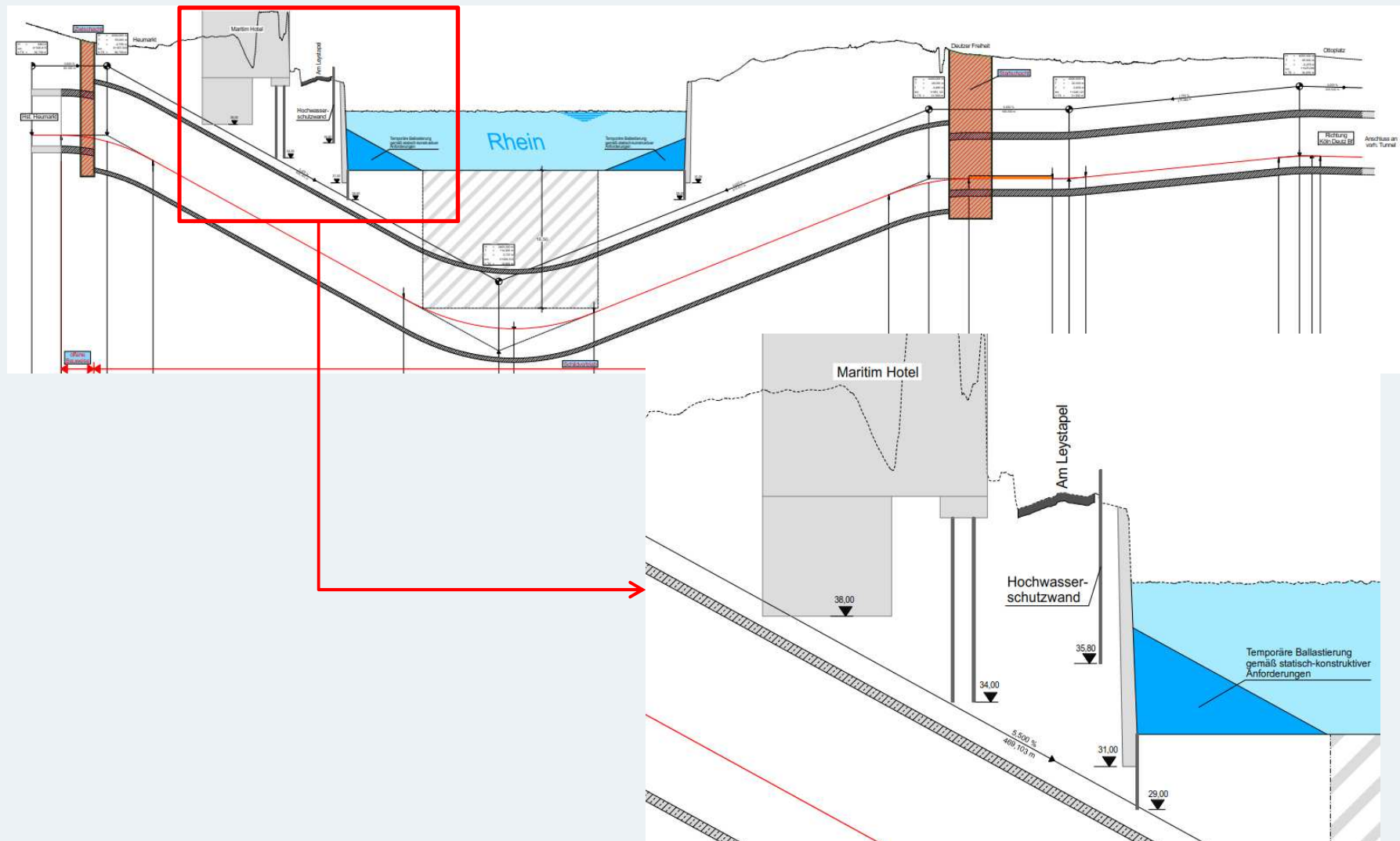
■ Höhenplan Nordvariante



■ Lageplan Südvariante



■ Höhenplan Südvariante



■ Kostenschätzung / nicht berücksichtigte Kosten

- Planungskosten
- Kosten aus Grunderwerb
- Entsorgungskosten
- Betriebserschwerniskosten
- Kosten für architektonischen Ausbau
- Kosten für betriebstechnischen Ausbau
- Kosten für Umbau der Haltestelle Heumarkt
- Kosten für Abbruch und Neugestaltung der Rampe und Haltestelle Deutzer Freiheit

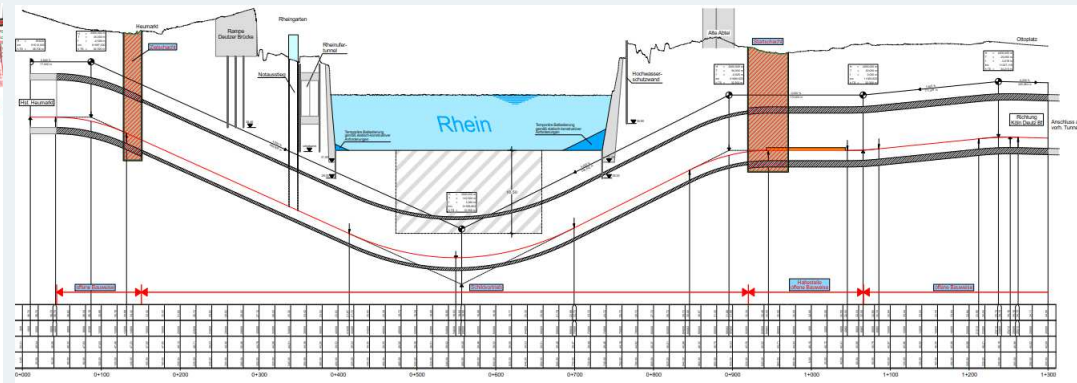
■ Kostenschätzung Nordvariante

Kostenzusammenstellung			
Abschnitt	Länge [m] bzw. Stück		Kosten SP
1 Tunnel	1.240 m	netto	129.169.448 €
Tunnel offene Bauweise / Anschluss Heumarkt	88 m		8.440.326 €
Zielschacht / offene Bauweise	22 m		3.291.188 €
Bohrtunnel	765 m		61.836.547 €
Haltestelle Deutzer Freiheit /inkl. Startschacht	147 m		28.420.128 €
Tunnel offene Bauweise / Anschluss Bf. Deutz	218 m		25.181.259 €
Notausstiege (1x im Bereich Uferpromenade West)			2.000.000 €
2 Sicherungsmaßnahmen Bestandsbauwerke		netto	5.744.250 €
Rampe Deutzer Brücke DSK-Gewölbe			5.568.750 €
Rheunufertunnel Spund-/Schlitzwandarbeiten			175.500 €
3 temporäre & endgültige Oberflächenarbeiten		netto	15.669.708 €
4 Abbruch Bestand / Anschluss Bf. Deutz		netto	11.922.315 €
Summe 1-4		netto	162.505.721 €
5 Zusätzlich zu erwartende Basiskosten			32.501.144 €
20% von	162.505.721 €		
6 Basiskosten	Zwischensumme 1-5		195.006.865 €
7 2018 bis Baubeginn (2028) $\Delta 1,03^{*10}$			67.066.055 €
34,39% von	195.006.865 €		
8 Varianz			39.001.373 €
20% von	195.006.865 €		
9 Baukosten	Zwischensumme 6-8		301.074.294 €
10 Baunebenkosten			90.322.288 €
30% von	301.074.294 €		
Summe 9+10		netto	391.396.582 €
Mehrwertsteuer			74.365.350 €
19% von	391.396.582 €		
Gesamtkosten		brutto	465.761.932 €

■ Kostenschätzung Südvariante

Kostenzusammenstellung				
Abschnitt		Länge [m] bzw. Stück		Kosten SP
1	Tunnel	1.540 m	netto	151.285.180 €
	Tunnel offene Bauweise / Anschluss Heumarkt	23 m		2.134.987 €
	Zielschacht / offene Bauweise	17 m		1.813.368 €
	Bohrtunnel	1.025 m		88.900.561 €
	Haltestelle Deutzer Freiheit /inkl. Startschacht	147 m		27.457.050 €
	Tunnel offene Bauweise / Anschluss Bf. Deutz	328 m		30.979.215 €
	Notausstiege (vrs. nicht erforderlich)			0 €
2	Sicherungsmaßnahmen Bestandsbauwerke		netto	5.205.000 €
	Maritim Hotel DSK-Gewölbe			4.455.000 €
	Maritim Hotel FEP-Schirm			750.000 €
3	temporäre & endgültige Oberflächenarbeiten		netto	13.808.628 €
4	Abbruch Bestand / Anschluss Bf. Deutz		netto	12.171.735 €
Summe 1-4			netto	182.470.544 €
5	Zusätzlich zu erwartende Basiskosten			36.494.109 €
	20% von	182.470.544 €		
6	Basiskosten	Zwischensumme 1-5		218.964.653 €
7	2018 bis Baubeginn (2028) ▲ 1,03¹⁰			75.305.531 €
	34,39% von	218.964.653 €		
8	Varianz			43.792.931 €
	20% von	218.964.653 €		
9	Baukosten	Zwischensumme 6-8		338.063.114 €
10	Baunebenkosten			101.418.934 €
	30% von	338.063.114 €		
Summe 9+10			netto	439.482.048 €
	Mehrwertsteuer			83.501.589 €
	19% von	439.482.048 €		
Gesamtkosten			brutto	522.983.637 €

■ Fazit Nordvariante



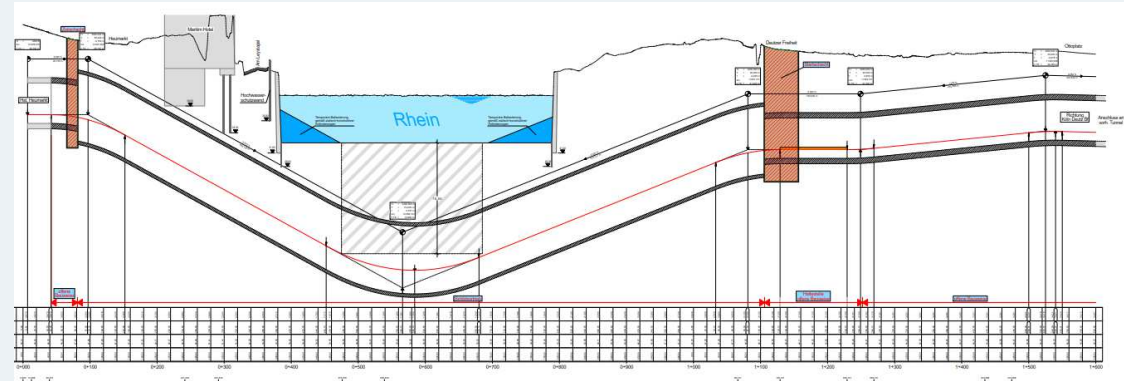
- Vor & Nachteile:
- kürzere Trasse (+)
 - neue Haltestelle Deutzer Freiheit weitestgehend in Freifläche (+)
 - Bauzeit vergleichbar (+/-)
 - längerer Abschnitt offene Bauweise am Heumarkt (-)
 - längere Einschränkung Verkehrsflächen am Heumarkt (-)
 - große Entfernung zur Station Deutzer Freiheit Linie 7 (-)

- Risiken:
- Unterfahrung Bestand (Rampe Deutzer Brücke, Rheinufertunnel)
 - Einschränkung Passage Fahrrinne Rhein

- Bauzeit:
- 5 bis 6 Jahre

- Kostenschätzung:
- ca. 391,4 Mio. Euro

■ Fazit Südvariante



- Vor & Nachteile:
- kürzerer Anschluss im Bereich Heumarkt (+)
 - neue Haltestelle Deutzer Freiheit teilweise in Freifläche (+/-)
 - Bauzeit vergleichbar (+/-)
 - längere Einschränkung Verkehrsflächen Deutzer Freiheit (-)
 - längere Trasse (-)

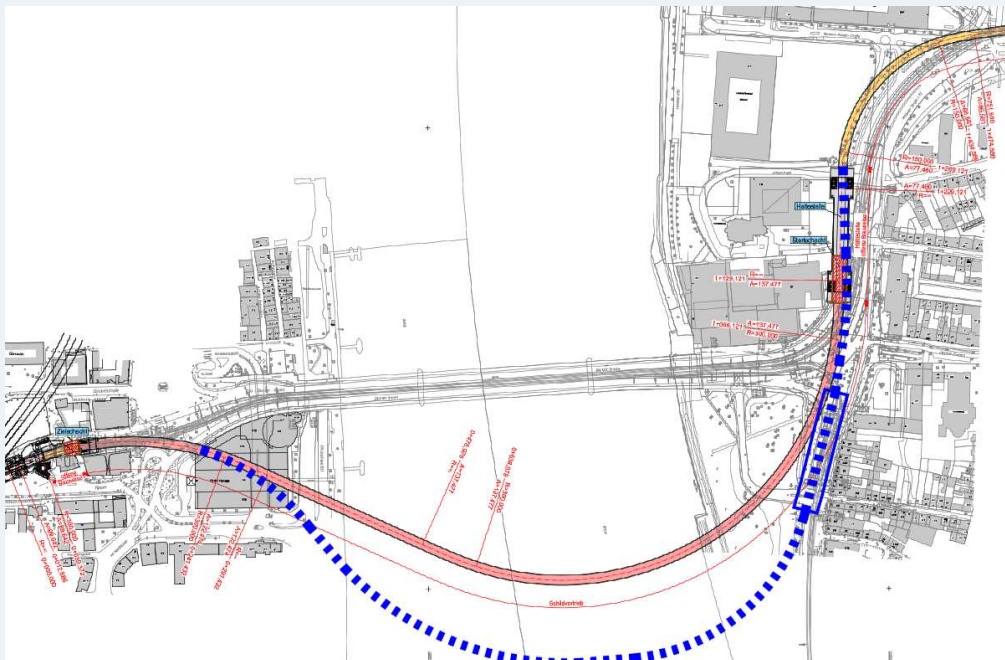
- Risiken:
- Unterfahrung Bestand (Maritim Hotel)
 - Einschränkung Passage Fahrrinne Rhein

Bauzeit: ca. 5 bis 6 Jahre

Kostenschätzung: ca. 439,5 Mio. Euro

■ Ausblick

- Basierend auf der Südvariante weitere Optionen denkbar
- Verlagerung der Trasse Richtung Süden (ca. 18% länger als Südvariante)
- Neue Haltestelle Deutzer Freiheit in unterirdischer Lage zur bestehenden Haltestelle Deutzer Freiheit Linie 7
oder unterirdisches Verflechtungsbauwerk Deutzer Freiheit mit Linie 7 (dadurch Linie 7 ebenfalls in Tunnelröhre)
- Verbesserte Umstiegsbeziehungen



VIELEN DANK.

