



Grobabschätzung der Baukosten und Treibhausgasemissionen zusätzlicher Tunnel als "Ergänzungsprojekte" für Stuttgart 21

München, den 11.2.2021

Auftraggeber:

Aktionsbündnis gegen Stuttgart 21
c/o Dr. Werner Sauerborn

Auftragnehmer:

Karlheinz Rößler
Verkehrsberater
Gräfstraße 133
81241 München

Mitarbeit:

Dipl.-Ing. Frank Distel, Bodman-Ludwigshafen,
Dipl.-Kfm. Dr. Martin Vieregg, München,
Dipl.-Kfm. Klaus Wöbner, Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation und Aufgabenstellung	S. 3
1.1	Zusattunnel zur Ergänzung des Projekts Stuttgart 21	S. 3
1.2	Aufgabenstellung der Untersuchung	S. 5
2	Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes	S. 5
3	Orientierung an ähnlichen Tunnelbauwerken als eine Datengrundlage	S. 8
4	Abschätzung der Baukosten	S. 9
4.1	Katzenbergtunnel und Tunnelbahnhof Köln/Bonn Flughafen als Anhaltspunkte	S. 9
4.2	Preisentwicklung während der Planungs- und Bauphase	S. 10
4.3	Kostenabschätzung für die 4 Zusattunnel	S. 12
4.4	Nicht berücksichtigte Einflussfaktoren auf die Kostenentwicklung	S. 12
5	Abschätzung des Treibhausgasausstoßes durch den Tunnelbau	S. 14
5.1	Vorgehen bei der Berechnung der Treibhausgas-Emissionen	S. 14
5.2	Ergebnis der Ermittlung der Treibhausgasemissionen	S. 17
6	Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse	S. 18
7	Kurzfassung	S. 21
	Anhang	S. 23
	Übersichtsskizze	S. 27
	Abbildungen 1 – 4	S. 28
	Zusammenfassung der Quellenangaben	S. 32

1. Ausgangssituation und Aufgabenstellung

1.1. Zusatztunnel zur Ergänzung des Projekts Stuttgart 21

Im Laufe des Jahres 2020 brachten die Befürworter des Projekts Stuttgart 21 (S 21), vor allem die DB AG und das Bundesverkehrsministerium, sowie das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg den Bau von 4 zusätzlichen Tunneln ins Gespräch. Durch diese als **"Ergänzungsprojekte" (Übersichtsskizze, S. 27)** bezeichneten Vorhaben sollen Defizite beseitigt werden, welche beim bisher geplanten Projekt S 21 zu erwarten sind. Hierbei geht es hauptsächlich um das Ziel, im Rahmen des Deutschlandtakts des Bundesverkehrsministeriums von Stuttgart Hbf aus bis zum nächsten Taktknoten eine ICE-Fahrzeit von knapp 30 Minuten zu erreichen, was die Infrastruktur von S 21, so wie sie bislang geplant ist, nicht zulasse.

Von zu langen Fahrzeiten betroffen sind die Relationen von Stuttgart nach Mannheim und nach Zürich. So dauert heute beispielsweise die Fahrt im ICE von Stuttgart nach Mannheim 37 Minuten - gut 7 Minuten zu lange, gemessen an der genannten Zielfahrzeit. Deshalb wird nun für den **Nordzulauf zum S-21-Tunnelbahnhof (Abb. 1, S. 28)** der Bau eines **10 km langen Tunnels** vorgeschlagen (**Zusattunnel 1**), der nordwestlich der Autobahn A 81 aus der von Mannheim kommenden Schellfahrestrecke abzweigt, Stammheim, Zuffenhausen und Feuerbach unterquert und unter dem Killesberg in den im Bau befindlichen Tunnel Feuerbach einmündet.¹ Da derartige Tunnel nach den Vorgaben der EU für jedes Streckengleis eine separate Röhre haben müssen, wird die Gesamtlänge der beiden Röhren des Nordzulauf-Tunnels bei rund 20 km liegen.

Ähnliches gilt im **Süden von Stuttgart für die Gäubahn in Richtung Zürich**, auf welcher für den Deutschlandtakt ebenfalls eine Fahrzeitverkürzung um rund 7 Minuten erforderlich sein soll, um den Knoten Zürich von Stuttgart aus und umgekehrt Stuttgart von Zürich aus taktgerecht zu erreichen. Deshalb wurde von **Steffen Bilger**, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesverkehrsministerium, der Neubau eines **12 km langen Tunnels (Zusattunnel 2 – Abb. 2, S. 29)** vorgeschlagen.² Diese Tunnelstrecke soll östlich von Sindelfingen von der bestehenden Gäubahn abzweigen, zunächst in West-Ost-Richtung verlaufen und schließlich unter Plieningen eine 180-Grad-Kurve beschreiben, also einen Halbkreis, um von Osten her den im Bau befindlichen Tunnel-Fernbahnhof unter den Messehallen zu erreichen. Dadurch wird der bei der Weiterfahrt nach Stuttgart sonst erforderliche Fahrtrichtungswechsel im geplanten Fernbahnhof Flughafen/Messe vermieden. Im Folgenden wird dieses Tunnelbau-Vorhaben als "Bilgertunnel" bezeichnet. Die Gesamtlänge der beiden Ein-Gleis-Tunnelröhren wird rund 24 km betragen.

Als **Zusattunnel 3 (Abb. 3, S. 30)** ist ein unter der Bezeichnung **"P-Option"** bekannter Vorschlag zu nennen, der ab Feuerbach Richtung Hauptbahnhof zwei zusätzliche Gleise für Regional- und Fernzüge vorsieht. Diese beiden Gleise sollen zunächst gemeinsam in der heutigen Oströhre des Pragtunnels verlaufen, um anschließend unter dem Nordbahnhof-Areal nach einem starken Gefälle mit zwei Ein-Gleis-Röhren in die beiden

¹ Milankovic, Christian: Bahnverkehr in Stuttgart, Bund plant neuen Bahntunnel im Norden, in: STUTTGARTER ZEITUNG, 12. 3. 2020

² Schunder, Josef: Staatssekretär verspricht Gäubahn-Tunnel, in: STUTTGARTER ZEITUNG, 6. 7. 2020

Röhren des im Bau befindlichen Fernbahntunnels von und nach Cannstatt einzumünden.³ Die P-Option wird als zwingende Voraussetzung gesehen, um den Nordzulauftunnel überhaupt bauen zu können. Denn um nachträglich die Ein- und Ausfädelungen des Nordzulauftunnels in den bzw. aus dem dann schon längst fertiggestellten Tunnel Feuerbach realisieren zu können, ist temporär zunächst die eine und später die andere Röhre des Tunnels Feuerbach für den Zugverkehr stillzulegen. Hierzu ist in der Sitzungsvorlage Nr. 062/2020 des Verbandes Region Stuttgart folgendes formuliert: "Durch diese Anbindung des Cannstatter Tunnels an die Nah- und Ferngleise aus Richtung Feuerbach werden die Rahmenbedingungen für eine bauzeitliche Außerbetriebnahme des Tunnels Feuerbach geschaffen. Nur so können dann die Anschlussbauwerke im Tunnel Feuerbach für den neuen Nordzulauf hergestellt werden."

Die Gesamtlänge der im Rahmen der P-Option, wie sie oben beschrieben ist, neu zu bauenden beiden Tunnelröhren beträgt voraussichtlich rund 1,6 km. Allerdings ist es fraglich, ob die dargestellte Trassenführung realisierbar ist, denn der weitgehend im Tunnel verlaufende Gefälleabschnitt im Bereich des Nordbahnhof kollidiert möglicherweise mit der ebenfalls als Zusatztunnel diskutierten "T-Spange". Hierbei handelt es sich um eine neue tangentielle S-Bahn-Strecke, welche den S-Bahn-Ast von und nach Feuerbach mit dem S-Bahn-Ast von und nach Bad Cannstatt einmal verknüpfen soll. Dieses Vorhaben ist allerdings nicht Gegenstand der vorliegenden Studie. Im Fall des genannten Konflikts zwischen P-Option und T-Spange müssten die Gleise der P-Option am Nordbahnhof wesentlich tiefer liegen, um den Tunnel der T-Spange unterfahren zu können. Doch dadurch müsste der neue Tunnel bereits am Bahnhof Feuerbach beginnen und tiefer als der heutige Pragtunnel verlaufen, so dass die beiden zusätzlichen Tunnelröhren eine Länge von bis zu rund 4 km erreichen würden. Diese aufwendigere Alternative soll jedoch nicht näher betrachtet werden.

Für das folgende, hier als **Zusatztunnel 4 (Abb. 4, S. 31)** bezeichnete Vorhaben, setzt sich neben dem VCD-Landesverband Baden-Württemberg vor allem das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg ein: Der S-21-Tiefbahnhof soll eine ebenfalls unterirdisch gelegene **Ergänzungsstation** erhalten, die als Kopfbahnhof im 90°-Winkel zum im Bau befindlichen Tunnel-Hauptbahnhof liegen würde. Zu diesem vierten Projekt wird in einem Paper des Ministeriums Folgendes formuliert: "Eine zusätzliche unterirdische Nahverkehrsstation mit Anbindung vom Nordzulauf, von den S-Bahn-Gleisen und von der Panoramabahn könnte zusätzliche Kapazitäten für weitere S-Bahnen bis zum zentralen Verteilerknoten Hauptbahnhof und damit die Voraussetzung für zusätzliche Express-S-Bahnen / Metropoexpresslinien bis in die Innenstadt Stuttgarts schaffen. Zudem könnte damit in Kombination mit dem **Erhalt der Panoramabahn** das heutige **S-Bahn-Notfallkonzept** bei Störungen der S-Bahn-Stammstrecke erhalten werden.⁴ Diese zusätzliche Infrastruktur wird, soweit sie unterirdisch verläuft, einschließlich ihres Tunnel-Kopfbahnhofs eine Länge von mindestens 1 km haben. Der unterirdische Zusatzbahnhof selbst wird über 4 Gleise mit zwei Mittelbahnsteigen von je 410 Meter Länge verfügen.

Die 4 Zusatztunnel sind skizzenhaft in Abb. 1 bis 4, S. 28 bis 31, dargestellt.

³ DB AG: DB Bahnprojekt Stuttgart – Ulm: Die Erweiterungsoptionen von Stuttgart 21, o. J., Seite 2

⁴ Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg: PLANUNG – Ergänzende Infrastruktur für den Schienenknoten Stuttgart, o. J., Seite 3, <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/mobilitaet-verkehr/schiene/stuttgart-21/ergaenzende-infrastruktur/?type=9> 8

In der Summe wird die Länge der Tunnelröhren aller 4 Zusatztunnel mindestens bei rund 47 km liegen, was ca. 80 % der Länge aller Tunnelröhren von S 21 entspricht, die zusammen auf eine Länge von 58 km kommen. Anders gesagt: Die zusätzlichen Projekte führen dazu, dass sich die Gesamtlänge aller zu bauenden Tunnel im Stuttgarter Untergrund gegenüber dem ursprünglichen Vorhaben S 21 auf über 100 km fast verdoppeln wird.

1.2. Aufgabenstellung der Untersuchung

Die erste Aufgabe der anstehenden Untersuchung umfasst die Abschätzung der zu erwartenden Baukosten der Zusatztunnel. Denn die Baukosten des ursprünglichen Vorhabens Stuttgart 21 - also ohne die genannten Zusatztunnel - werden inzwischen selbst von der DB AG mit 8,2 Mrd. € veranschlagt; der Bundesrechnungshof rechnet sogar mit einer Bausumme von mindestens 10 Mrd. €. Da die Infrastruktur-Gesamtlänge der Zusatztunnel ungefähr vier Fünftel der Länge aller S-21-Tunnelröhren zusammen erreicht, dürften die Gesamtkosten dieser 4 Zusatztunnel bei mehreren Milliarden EUR liegen. Um diesen Betrag genauer beziffern zu können, sind diese zusätzlichen Baukosten nun zu ermitteln.

Die zweite Aufgabe dieser Studie besteht darin, den zusätzlichen Treibhausgasausstoß zu bestimmen, der durch einen Bau dieser 4 Zusatztunnel verursacht würde. Denn es ist zu bedenken, dass allein das Projekt Stuttgart 21 nach seiner bisherigen Planung bei einer Fertigstellung durch die Produktion des Baumaterials für alle Bauwerke und Fahrbahnen rund 1,7 Millionen Tonnen an Treibhausgas (vor allem CO₂, Methan und Stickoxide) verursacht haben würde.⁵ Der Bau der Zusatztunnel wäre somit dafür verantwortlich, dass aufgrund von S 21 der bereits hohe Treibhausgasausstoß noch einmal stark ansteigen würde.

2. Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes

Die Bekanntgabe der möglichen Zusatztunnel als Ergänzung von S 21 erfolgte in einem sehr frühen Stadium, als noch keinerlei Baupläne, sondern allenfalls grobe Skizzen existierten, die teilweise auch nur der Tagespresse zu entnehmen waren. Auch heute noch fehlen diese detaillierten Unterlagen. Aus diesem Grund kann die Abschätzung sowohl der zu erwartenden Baukosten als auch der anfallenden Treibhausgasemissionen lediglich relativ grobe Daten liefern, die allerdings sehr wohl aufzeigen können, um welche Größenordnungen es sich bei den Kosten und Emissionen handelt. Wegen der fehlenden Detailpläne beschränkt sich die vorliegende Betrachtung allerdings weitgehend auf die reinen Tunnelstrecken, wie sie oben aufgeführt sind. Dagegen werden zahlreiche Bauwerke und Anlagen bzw. Arbeitsvorgänge, die notwendigerweise zu den Ergänzungsprojekten hinzukommen, wegen der nicht vorhandenen Planungsunterlagen nicht berücksichtigt. Durch diese Auslassung wird in Kauf genommen, dass die am Ende ausgewiesenen Emissionswerte tendenziell eine Unterschätzung darstellen, während eine Überschätzung auf jeden Fall vermieden wird. Damit orientiert sich diese Untersuchung an

⁵ Rößler, Karlheinz: Quantifizierung der Treibhausgasemissionen des Projekts Stuttgart 21, Auftraggeber: Aktionsbündnis gegen Stuttgart 21, 25.10.2017, Tab. 2

dem aus der Strafgerichtsbarkeit stammenden Grundsatz "In dubio pro reo". Die Ergebnisse dieser Studie lassen also die 4 Zusatzprojekte wegen der Beschränkung auf die reinen Tunnelstrecken tendenziell in einem günstigeren Licht erscheinen, als dies der Fall wäre, wenn man diese Vorhaben jeweils anhand von genauen Bauplänen untersuchen könnte.

Folgende Bauwerke, Anlagen und Arbeitsvorgänge, die eigentlich zu den Ergänzungsprojekten gehören würden, können wegen der nicht vorhandenen Planungsunterlagen nicht berücksichtigt werden:

- (1) Bauwerke zur Verknüpfung der neuen Gleise mit den bestehenden Strecken, vor allem langgezogene Überwerfungen zur Vermeidung von Fahrstraßenkreuzungen
- (2) Stollen und Schächte für Zwischenangriffe
- (3) Fluchtstollen und Rettungsschächte
- (4) temporäre Baustelleneinrichtungen inkl. Baubüros und Unterkünfte für Mitarbeiter auf den Baustellen
- (5) Beton- und Tübbingfabriken vor Ort
- (6) temporäre Baustraßen und Abstellflächen für Baufahrzeuge
- (7) Gebäude für Betriebstechnik und Wartung
- (8) Fußgänger-Treppen, -Rolltreppen, -Aufzüge inkl. Technikräume
- (9) Pumpen und Anlagen zur Ableitung von eindringendem Wasser aus den Tunnels
- (10) Grundwasserdüker
- (11) Löscheinrichtungen für Brandfälle
- (12) Stollen, Schächte, Rohrleitungen und die dazu gehörenden Maschinen für Belüftung, Entlüftung, Rauchabsaugung inkl. "Schwallbauwerke"
- (13) Tunnelvortrieb inkl. Beseitigung des Abraums aus dem Tunnel
- (14) Erdarbeiten zum Graben von Einschnitten, zum Aufschütten neuer bzw. Abtragen alter Dämme
- (15) Abtransport des Erdaushubs zu entfernt liegenden Deponien und Anlieferung von Baumaterial
- (16) temporäres oder dauerhaftes Abstützen von zu unterfahrenden Gebäuden, wie dies z.B. bei der ehemaligen Bundesbahndirektion in Stuttgart wegen S 21 der Fall war
- (17) Informations- und Propagandabüros der Projekt-Betreiber.

Die obige Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, aber zeigt dennoch auf, dass die in der vorliegenden Studie untersuchten 4 Tunnel nur Teile der tatsächlichen

Ergänzungsprojekte darstellen.

Der an erster Stelle genannte Punkt, nämlich die kreuzungsfreie Verknüpfung mit bestehenden Strecken, bedarf nun noch einer Erläuterung. Denn die drei Zusatzprojekte Nordzulauftunnel, Bilgertunnel und P-Option werden am Abschnittsbeginn und -ende jeweils eine Einmündung in eine vorhandene Strecke bzw. ein Ausfädelung aus einer solchen haben, während die unterirdische Gäubahnzuführung lediglich den Umbau der heutigen Gäubahntrasse ungefähr ab der Brücke über die Ehmannastraße erfordert.

So sollen die zum Nordzulauftunnel führenden neuen Hochgeschwindigkeits-Gleise westlich des Tunnels "Langes Feld" von der bestehenden ICE-Strecke Mannheim - Stuttgart abzweigen. Dieser Abzweigungsabschnitt dürfte wegen der großen Kurvenradien, die aus den hohen Fahrgeschwindigkeiten der Züge resultieren, eine Länge von rund 1,7 km haben, wenn man sich hierbei an der Verknüpfung der ICE-Gleise Karlsruhe - Mannheim mit der ICE-Strecke Stuttgart - Mannheim nördlich von Graben-Neudorf orientiert, wobei hier das in Richtung Mannheim einmündende Gleis ein knapp 100 Meter langes Kreuzungsbauwerk zur Unterfahrung der vorhandenen ICE-Gleise hat. Die Einmündung der neuen Nordzulauf-Strecke in den Tunnel Feuerbach ist nachträglich, wenn dieser Tunnel schon längst im Betrieb ist, zu bauen, was wiederum sehr aufwendig sein dürfte. Möglicherweise ist an dieser Verknüpfungsstelle ein tiefer Schacht unter den vorhandenen Gebäuden zu graben, um die Einmündung bzw. Verzweigung der alten und neuen Tunnelröhre überhaupt bauen zu können.

Der Bilgertunnel soll östlich von Sindelfingen, voraussichtlich in der Nähe der früheren Blockstelle Mönchsbrunnen, aus der Gäubahn ausgefädelt bzw. in diese Bahnstrecke eingeschleift werden. Am anderen Tunnelende, östlich des Flughafen-Fernbahnhofs, ist eine kreuzungsfreie Verknüpfung mit den beiden Zulaufgleisen zu diesem Bahnhof zu schaffen, und zwar kurz nach der bei dieser Lösung notwendigen Unterfahrung der ICE-Strecke von und nach Ulm.

Die Verknüpfung der Gleise der P-Option, die bekanntlich in den Fernbahntunnel Bad Cannstatt einmünden bzw. aus diesem ausfädeln sollen, wird nach Angaben der DB AG beim Bau dieses neuen Tunnels baulich schon vorab berücksichtigt, indem die unterirdischen Verzweigungsbauwerke gleich eingebaut werden, so dass später die neuen Gleise ohne längere Betriebsunterbrechungen angebunden werden können.⁶ Am anderen Streckenende der P-Option, und zwar am Nordportal des im Bau befindlichen Tunnels Feuerbach, kann möglicherweise die temporär zu schaffende Streckenverknüpfung der S-21-Gleise mit den heutigen beiden Ferngleisen auf dem Areal des Bahnhofs Feuerbach später wieder verwendet werden, so dass in diesem Fall keine weiteren Baumaßnahmen stattfinden müssen.

⁶ DB AG: DB Bahnprojekt Stuttgart – Ulm: Die Erweiterungsoptionen von Stuttgart 21, o. J. Seite 2

3. Orientierung an ähnlichen Tunnelbauwerken als eine Datengrundlage

Wegen des Fehlens von detaillierten Plänen für die zu untersuchenden Zusatztunnel bezieht sich die Abschätzung der Baukosten und der Baumaterialmengen - diese bilden die Basis für die Berechnung der Treibhausgasemissionen - auf 4 fertiggestellte bzw. noch im Bau befindliche Tunnel bzw. Tunnelbahnhöfe, die den zu untersuchenden Tunnels in Stuttgart ähnlich sind. Hierbei werden die folgenden Tunnelprojekte als Orientierungsgrundlage herangezogen:

(1) **Katzenbergtunnel nördlich von Basel**, der 2012 in Betrieb ging und der als letzter großer Eisenbahntunnel in Deutschland fertiggestellt wurde (Länge: ca. 9,4 km):

Die Daten des Katzenbergtunnels bilden zum einen die Orientierungsgrundlage für die Grobberechnungen der Baukosten des Nordzulauftunnels, des Bilgertunnels, des Tunnels der P-Option sowie des Tunnels der Gäubahnzuführung zum vorgeschlagenen unterirdischen Endbahnhof. Zum anderen liefern sie die Anhaltspunkte für die Materialmengen, auf denen schließlich die Abschätzung der beim jeweiligen Tunnelbau anfallenden Treibhausgas-Mengen (THG-Mengen).

(2) **Bahnhof des Flughafens Köln-Bonn**, der 2004 eröffnet wurde:

Der Bahnhof Köln/Bonn Flughafen bildet die Vorlage für den Gäubahn-Tunnelbahnhof, was die Baukosten, die Konfiguration und die Ausmaße des Bauwerks betrifft. Der Köln-Bonner Flughafenbahnhof ist, abgesehen vom neuen Hauptbahnhof in Berlin, der einzige in Deutschland neu gebaute unterirdische Bahnhof mit Bahnsteigen, die aufgrund ihrer Länge für Fernzüge geeignet sind. Zugleich besitzt der Tunnelbahnhof Köln/Bonn Flughafen dieselbe Anzahl von Bahnsteiggleisen, wie sie für die unterirdische Gäubahn-Endstation angedacht sind, nämlich 4.

(3) Ein-Gleis-Röhren des Fernbahntunnels, der im Rahmen von S 21 derzeit vom geplanten Tunnel-Hauptbahnhof Richtung Bad Cannstatt im Bau ist und als "**Fernbahnanbindung Bad Cannstatt**" bezeichnet wird:

Die Treibhausgas-Berechnungen bezüglich des unter Plieningen geplanten Bilgertunnel-Halbkreises und der im Rahmen der P-Option neu zu bauenden Tunnel orientieren sich an der Fernbahnanbindung Bad Cannstatt.

(4) im Bau befindlicher **S-Bahn-Tunnel** vom vorhandenen Tiefbahnhof zur zukünftigen Station **Mittnachtstraße**:

Der S-Bahn-Tunnel Richtung Mittnachtstraße, der als rechteckige Zwei-Gleis-Röhre ausgeführt wird, liefert die notwendigen Anhaltspunkte für die Berechnungen der Baukosten und der Materialmengen und daraus folgend der Treibhausgasfreisetzung bezüglich der unterirdischen Einführung der Gäubahn in den S-21-Hauptbahnhof. Im Bezug auf einen Detailaspekt orientiert sich die Studie auch am S-Bahn-Tunnelbahnhof Rosenheimer Platz in München, und zwar hinsichtlich der Stützpfeiler, die entlang der Bahnsteig-Mittellinie im Abstand von rund 5,3 Meter von Pfeilermitte zu Pfeilermitte angeordnet sind.

Die für die vorliegende Untersuchung maßgeblichen Merkmale der 4 als Orientierungshilfen genannten Projekte werden im Anhang (Tab.A.1) detailliert dargestellt.

4. Abschätzung der Baukosten

4.1. Katzenbergtunnel und Tunnelbahnhof Köln/Bonn Flughafen als Anhaltspunkte

Den ersten Orientierungspunkt für die Kostenabschätzung des Nordzulauftunnels, des Bilgertunnels, des Tunnels der P-Option sowie des Tunnels der Gäubahnzuführung (ohne Tunnelbahnhof) bildet der 2012 fertiggestellte 9,4 km lange Katzenbergtunnel, dessen Rohbaukosten mit 340 Mio. € angegeben wurden.⁷ Der Katzenbergtunnel wurde jedoch - anders als dies bei den 4 Zusatztunnels in Stuttgart der Fall wäre - unter geologisch und topographisch einfachen Bedingungen gebohrt. Besonders beim Nordzulauftunnel und beim Bilgertunnel ist jedoch mit geologischen Problemen zu rechnen, beispielsweise mit der Gesteinsschicht Anhydrit, und an mehreren Stellen ist die Unterfahrung von Wohngebieten knapp unter den Häusern und von Flusstälern, z. B. des Feuerbachtals und des Körschtals, ebenfalls in geringer Tieflage notwendig. Deshalb sind hier wesentlich höhere Beträge für den Tunnelbau als beim Katzenbergtunnel anzusetzen: Die Rohbaukosten des relativ einfach zu bauenden Katzenbergtunnels betragen pro Kubikmeter (m^3) an Tunnelausbruch bei Fertigstellung durchschnittlich 205 €. Beim selben Preisstand, also bezogen auf das Jahr 2012 (Katzenbergtunnel fertig), wären für die Stuttgarter Zusatztunnel die Kosten des Tunnelausbruchs wegen der genannten größeren Schwierigkeiten doppelt so hoch, also mit 410 € pro m^3 , zu veranschlagen. In der weiteren Betrachtung ist jedoch zu unterscheiden, ob die Tunnel aus zwei getrennten Röhren mit jeweils einem Gleis oder aus einer einzigen Röhre für beide Gleise zusammen bestehen:

Für die drei Tunnel mit Ein-Gleis-Röhren (Nordzulauftunnel, Bilgertunnel, P-Option) errechnet sich somit aufgrund des relativ großen Ausbruchvolumens pro Tunnelkilometer ein Betrag von 72,4 Mio m^3 . Wenn man nach den Erfahrungen mit Eisenbahnbau in Deutschland noch einen Zuschlag von 15 Mio € / Tunnelkilometer für Streckenausrüstung und Planung veranschlagt, ergeben sich Gesamtkosten von 87,4 Mio € pro km. Dieser Betrag erhält nun noch einen weiteren Zuschlag, und zwar von 10 %, um den finanziellen Aufwand für den Bau der Verknüpfungen mit den bestehenden Bahnstrecken pauschal abzudecken (siehe Kapitel 2). Dadurch werden pro Tunnelkilometer Investitionen von 96,14 Mio € berechnet. Selbst der oben genannte Betrag von 410 € pro m^3 Tunnelvolumen ist noch relativ moderat, wenn man ihn z. B. mit den Baukosten der Tunnel auf der ICE-Strecke von Nürnberg nach Ingolstadt vergleicht: Rechnet man die durchschnittlichen Baukosten der Tunnel dieser Neubaustrecke, die 2006 fertiggestellt wurden, anhand einer Steigerungsrate von 3,5 % pro Jahr (siehe unten) auf den Preisstand 2012 hoch, so lagen die Kosten bei 860 € pro m^3 Ausbruchsvolumen und somit mehr als doppelt so hoch. Der zweigleisige Tunnel der Gäubahnzuführung, also ohne den unterirdischen Endbahnhof, erfordert aufgrund seines eher geringen Querschnitts, verglichen mit den drei anderen Tunnels, reine Baukosten von 34,3 Mio € pro Kilometer. Hinzu kommen auch hier ein Zuschlag von 15 Mio € pro Kilometer für Streckenausrüstung und Planung sowie ein Aufschlag von 10 % für den Bau des Anschlusses an die bestehende Gäubahn-Panoramastrecke und an die S-Bahn-Gleise Richtung Feuerbach. Dies ergibt schließlich auf den Tunnelkilometer bezogene Kosten von 52 Mio €.

Als Grundlage zur Kostenberechnung des Tunnel-Kopfbahnhofs der Gäubahnzuführung dienen die Gesamtkosten des Bahnhofs Köln/Bonn Flughafen, der bereits 2004 eröffnet

⁷ Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Katzenbergtunnel>

wurde und dessen Kosten damals mit 58,3 Mio € beziffert wurden.⁸ Dieser 4-gleisige Bahnhof besitzt an seinen beiden Enden im Tunnel jeweils eine Trompete⁹ von jeweils rund 150 m Länge, während der genannte Tunnelbahnhof der Gäubahn nur eine einseitige Trompete, ebenfalls 150 m lang, aufweisen würde. Dieser bauliche Unterschied gleicht sich jedoch hinsichtlich der Baukosten dadurch weitgehend aus, dass der Köln-Bonner-Flughafenbahnhof über den Bahnsteigen auf rund 150 m Länge nach oben offen ist und hier nur ein gewölbtes Glasdach besitzt. In diesem Abschnitt ist also keine aufwendig zu bauende und Stahlbeton-intensive Tunneldecke vorhanden.

4.2. Preisentwicklung während der Planungs- und Bauphase

Doch um die Kosten der 4 Zusatztunnel in Stuttgart abschätzen zu können, ist der Blick in die Zukunft ebenso wichtig, denn diese Tunnel werden erst nach vielen Jahren Planungs- und Bauzeit - soweit sie in Angriff genommen werden - fertiggestellt sein. Deshalb muss ebenfalls die zu erwartende Kostenentwicklung während der Planungs- und Bauphase betrachtet werden.

Maßgeblich für die Höhe der endgültigen Baukosten wird der Preisstand zur Halbzeit der Bauphase sein.¹⁰ Doch bevor ein konkretes Jahr für den Baubeginn überhaupt zu nennen ist, muss die davor liegende Planungszeit betrachtet werden. Beim abgeschlossenen Bau des Katzenbergtunnels und des Tunnelbahnhofs Köln/Bonn sowie bei zwei aktuell im Bau befindlichen Tunnelprojekten sind folgende **Planungszeiten** bis zum Start der Bauarbeiten - also bis zum "ersten Spatenstich" - festzustellen:

- Katzenbergtunnel: 25 Jahre (1977 - 2002)
- Bahnhof Köln/Bonn: 8 Jahre (1994 - 2002)
- Stuttgart 21: 16 Jahre (1994 - 2010)
- Zweiter S-Bahn-Tunnel München: 16 Jahre (2001 - 2017).

Bezüglich der beiden langen Zusatztunnel zur Ergänzung von S 21, also Nordzulauftunnel und Bilgertunnel, soll nun optimistisch angenommen werden, dass die Planungszeit nur 10 Jahre beträgt. Für den Tunnel der P-Option wie auch für die unterirdische Gäubahn-zuführung in den S-21-Tiefbahnhof soll dieselbe Zeitdauer der Planungsphase unterstellt werden. Wenn sofort, also Anfang 2021 mit der Planung begonnen würde, könnte 2031 der Baubeginn für alle 4 Projekte stattfinden.

⁸ Wikipedia, https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnhof_K%C3%B6ln/Bonn_Flughafen

⁹ mit "Trompete" wird im Tunnelbau die Aufweitung des Tunnels in der Breite bezeichnet, um so im Untergrund den notwendigen Platz für die Verzweigung von Gleisen oder für Bahnsteige zu erhalten

¹⁰ VIERGEIG-RÖSSLER GmbH: Aktualisierung der Baukosten-Prognose von 2008 für das Projekt Stuttgart 21, Auftraggeber: Aktionsbündnis gegen Stuttgart 21, 15.12.2015, Seite 17

Als Anhaltspunkte für die **reine Bauzeit** sollen wieder die bereits genannten Projekte gelten:

- Katzenbergtunnel: 10 Jahre (2002 - 2012)
- Bahnhof Köln/Bonn: 2 Jahre (2002 - 2004)
- Stuttgart 21: 15 Jahre (2010 - 2025, geschätzt)
- Zweiter S-Bahn-Tunnel München: 15 bis 17 Jahre (2017 - 2032 oder 2034¹¹).

Eine ähnlich kurze Bauzeit von 10 Jahren wie beim Katzenbergtunnel ist bei den beiden langen Zusatztunnels mit ihrer jeweils größeren Gesamtlänge nicht zu erwarten, da hier teilweise geologisch problematische Bedingungen vorliegen, beispielsweise die Gesteinsschicht Anhydrit, und an mehreren Stellen die Unterfahrung von Wohngebieten und von Flusstälern, z.B. des Feuerbachtals und des Körschtals, notwendig ist. Hier kann es zu Wassereinbrüchen mit erheblicher Verlängerung der Bauzeit kommen, wie dies beim Tunnel Untertürkheim passierte. Deshalb dürfte beim Nordzulaufunnel und beim Bilgertunnel eine Bauzeit von bis zu 12 Jahren, von 2031 an gerechnet, realistisch sein. Die Fertigstellung würde somit im Jahr 2043 erfolgen. Daraus ergibt sich als zeitliche Mitte der Bauphase das Jahr 2037. Die Baukosten sind also auf 2037 zu beziehen, von heute (2021) an gerechnet. Somit sind für beide Zusatztunnels jeweils 25 Jahre als Zeitraum zugrunde zu legen, in welchem die Kostenzunahme wirksam ist. Die beiden Tunnelprojekte P-Option und unterirdische Gäubahnzuführung hingegen würden voraussichtlich in kürzerer Zeit zu bauen sein, wenn auch nicht so schnell wie der genannte Flughafenbahnhof Köln/Bonn. Es wird angenommen, dass die Bauphase für die beiden relativ kurzen Tunnel jeweils 4 Jahre dauert und somit 2033 die Halbzeit der Baumaßnahmen darstellt.

Als Maß für die zu erwartenden Preissteigerungen bezüglich der 4 Zusatztunnel wird ein Ansatz gewählt, der sich auf relativ neue und sehr gut dokumentierte Erfahrungswerte bezüglich der Baukosteninflation beim U-Bahn-Bau in München bezieht. Eine Auswertung der Entwicklung dieser Kosten über den Zeitraum von 1975 bis 2006, also über 31 Jahre, ergibt eine durchschnittliche Preissteigerung von 3,5% pro Jahr.¹² Dieselbe jährliche Steigerungsrate wird nachfolgend auch bezüglich der Baukosten der S-21-Zusatztunnel zugrunde gelegt, und zwar bis zur Halbzeit der Fertigstellung des jeweiligen Projekts. Das Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI) gibt aktuell bekannt, dass bundesweit von den Statistischen Landesämtern für unterschiedliche Bauleistungen zurzeit sogar jährliche Preissteigerungen um die 5% gemeldet werden.¹³ Die in München festgestellte Steigerungsrate von 3,5 % pro Jahr für den Tunnelbau kann somit durchaus als moderat bezeichnet werden und stellt eher eine Unter- als eine Übertreibung dar.

¹¹ Vieregg, Martin: Die Zweite S-Bahn-Stammstrecke in München – eine unendliche Geschichte, in: Eisenbahn-Revue International 1/2021, Seite 53

¹² VIIEGG-RÖSSLER GmbH: Ermittlung der wahrscheinlichen Kosten des Projektes Stuttgart 21, Auftraggeber: Fraktion Bündnis 90 / DIE GRÜNEN im Gemeinderat der Stadt Stuttgart, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) e. V., Landesverband Baden-Württemberg, Juli 2008, Seite 22

¹³ <https://bki.de/zur-prognose-der-baukosten.html>

4.3. Kostenabschätzung für die 4 Zusatztunnel

Unter Berücksichtigung aller genannten Einflussfaktoren lassen sich nun die Baukosten für jedes Zusatzprojekt genauer abschätzen:

Tab.1: Ermittlung der Baukosten (gerundet):

Name des Zusatztunnels	Tunnel-länge (km)	Kosten/km (Mio. €)	Bezugs-jahr	Halbzeit Bauphase	Jahre der Kosten-zunahme	Baukosten
Nordzulauf	10,0	96,1	2012	2037	25	2,27 Mrd. €
Bilgertunnel	12,0	96,1	2012	2037	25	2,73 Mrd. €
P-Option	0,8	96,1	2012	2033	21	0,18 Mrd. €
Gäubahnzuführung davon:						0,27 Mrd. €
-Tunnel	1,0	52,0	2012	2033	21	0,11 Mrd. €
-Bahnhof*	-----	58,3	2004	2033	29	0,16 Mrd. €
Summe der Baukosten:						5,45 Mrd. €

*Gesamtkosten des Bauwerks (Tunnelbahnhof mit einer Trompete)

Für alle 4 Zusatzprojekte zusammen betragen die Baukosten, auf die Halbzeit der Bauphase bezogen, 5,45 Mrd. €, also fast 5 1/2 Mrd. €. Davon entfällt die Hälfte, nämlich 2,73 Mrd. €, auf den längsten Tunnel, den Bilgertunnel. Die Kosten des um 2 km kürzeren **Nordzulauftunnels werden auf 2,27 Mrd. €** geschätzt. Dagegen liegen die Investitionen in die beiden kurzen Tunnel (P-Option und unterirdische Gäubahnzuführung) deutlich niedriger, und zwar bei 180 Mio € bzw. 270 Mio €. Sollte, anders als hier angenommen, die Rate der jährlichen Kostensteigerung doppelt so hoch sein, kann sogar mit Gesamtkosten von über 10 Mrd. € gerechnet werden.

Zu bedenken ist außerdem, dass es sich hierbei lediglich um die Baukosten der unterirdischen Abschnitte handelt. Unberücksichtigt bleiben hierbei alle anderen Komponenten der Bauwerke, welche weitere Kosten verursachen, wie sie im Kapitel 2 beschrieben sind. Als einziger derartiger Kostenfaktor über die reinen Tunnelbaukosten hinaus werden die Investitionen für den Bau von Streckenverknüpfungen mit dem bestehenden Schienennetz einbezogen, und dies auch nur in Form einer Pauschale von 10 % als Zuschlag zu den Kosten pro Tunnelkilometer. Und es kommen noch Einflussfaktoren auf die Kostenentwicklung hinzu, die sich während der relativ langen Planungs- und Bauzeit auswirken können. Die Werte der Kostenschätzung stellen also lediglich die untere Grenze dar.

4.4. Nicht berücksichtigte Einflussfaktoren auf die Kostenentwicklung

Abgesehen vom U-Bahn-Bau in München, dessen Kostensteigerung über 31 Jahre allein der Inflation beim Tiefbau und speziell beim Tunnelbau geschuldet ist, könnten bezüglich der Baukosten der 4 Zusatztunnel möglicherweise weitere Ursachen für eine Kostensteigerung hinzukommen:

4.4.1. Die Planungsunterlagen werden, ausgehend von anfangs eher rohen, rudimentären Skizzen, im Laufe der Zeit immer konkreter, detaillierter und vollständiger, so dass auch die darauf aufbauende Kalkulation zunehmend präziser wird. Vor allem ist nicht auszuschließen, dass die endgültige Planung zu größeren Tunnellängen führt.

4.4.2. Fehler in der Planung werden in den Bauphasen entdeckt und korrigiert, was in der Regel zu höheren Baukosten führt, gemessen an den ursprünglich fehlerhaften Unterlagen. Ein extremes Beispiel hierfür ist der Brenner-Basistunnel, dessen Bauarbeiten auf österreichischer Seite ruhen, weil die ausführenden Baufirmen entdeckten, dass die für die Tunnelwände (Tübbing) vorgesehene Dicke von nur 40 cm dem hohen Gebirgsdruck vermutlich gar nicht standhalten werden. Die betreffenden Firmen haben deshalb ihre Bautätigkeit eingestellt und beharren auf einer Umplanung von Seiten der Projektbetreiber hin zu einer Stärke der Tübbing von mindestens 60 cm. Dadurch wird sich die Fertigstellung dieses Bauwerks um mehrere Jahre verzögern und die veränderten Pläne werden höhere Baukosten hervorrufen. Die Wirtschaftlichkeit dieses ohnedies umstrittenen Vorhabens wird dadurch noch fragwürdiger.¹⁴

4.4.3. Während der Baufortschritte beim Tunnelvortrieb fallen immer neue Erkenntnisse über die tatsächliche geologische Beschaffenheit des zu durchörternden Untergrunds und insbesondere über nicht erwartete bzw. zuvor ausgeblendete Probleme an, was wiederum zu höheren Baukosten führt.

4.4.4. Aus Klimaschutzgründen ist in den nächsten Jahrzehnten eine drastische Erhöhung der Steuern und Abgaben auf fossile Energieträger bzw. auf den Ausstoß von CO₂ zu erwarten, wovon die Treibhausgas-intensive Zement- und Stahlherstellung besonders betroffen sein wird. Denn die EU hat das Ziel ausgegeben, dass bis 2050 die Wirtschaft in den EU-Staaten klimaneutral sein soll.

4.4.5. Um die finanziellen Schäden der Corona-Pandemie für das Gesundheits-, Sozial- und Wirtschaftssystem abzufedern, gibt die Öffentliche Hand riesige Geldsummen aus, die im Wesentlichen über neue Staatsschulden finanziert werden. Führende Wirtschaftsexperten befürchten, dass dadurch in Zukunft mit einer deutlich höheren Inflation als in den letzten Jahren zu rechnen sein dürfte.

Angesichts dieser teilweise schwerwiegender Einflüsse erscheint eine Kostenzunahme pro Jahr von mehr als 3,5 % nicht ausgeschlossen - selbst eine doppelt so hohe Steigerungsrate ist durchaus möglich. Dadurch könnten die Baukosten für alle beschriebenen Zusatz-tunnel schließlich bei weit über 10 Mrd € liegen.

¹⁴ Nachrichtenportal "Salzburg 24", 28.10.2020, <https://www.salzburg24.at/news/oesterreich/brenner-basistunnel-vertrag-mit-porr-aufgekuendigt-94814872>

5. Abschätzung des Treibhausgasausstoßes durch den Tunnelbau

5.1. Vorgehen bei der Berechnung der Treibhausgas-Emissionen

Die Bestimmung der Mengen an Treibhausgasen erfolgt anhand von zwei Komponenten. Hierbei handelt es sich zum einen um die Treibhausgas-Emissionsfaktoren für die Herstellung von Beton bzw. Zement und Bewehrungsstahl sowie Stahl für Eisenbahnschienen und zum anderen um die Masse des Baumaterials, das zum Einsatz kommen würde. Durch Multiplikation der Baumaterialmasse mit dem dazu gehörenden Emissionsfaktor erhält man die jeweilige Masse des ausgestoßenen Treibhausgases. Der Emissionsfaktor gibt die Treibhausgasmenge an, welche durch die Produktion einer bestimmten Menge an Material für den Tunnelbau ausgestoßen wird. Die Maßeinheit des THG-Emissionsfaktors ist beispielsweise "Tonne Treibhausgas pro Tonne Material" oder "Tonne Treibhausgas pro Kubikmeter Material".

Die benötigten Daten bezüglich THG-Emissionsfaktoren werden Studien entnommen, die vom Öko-Institut e.V. und vom Umweltbundesamt durchgeführt und in den Jahren 2013 bis 2015 veröffentlicht wurden.¹⁵

Die in diesen Studien genannten Emissionsfaktoren umfassen alle Prozessschritte von der Gewinnung der Rohmaterialien bis zu deren Verarbeitung, wobei auch die Transporte der Rohmaterialien, z.B. vom Steinbruch zum Betonwerk, berücksichtigt sind. Dagegen sind die Transporte vom Werk oder von einem Regionallager bis zum Endkunden nicht enthalten.¹⁶ Hierbei stützt sich die Ermittlung der Treibhausgasemissionen auf die wissenschaftliche Methode der Stoffstromanalyse.¹⁷

Aus den Emissionsfaktoren für Beton und Bewehrungsstahl lassen sich nun die entsprechenden Faktoren für die alle aus Beton und Stahl bestehenden, aber in unterschiedlichen Anteilen zusammengesetzten Tübbinge und sonstige Tunnelwände, -decken, -böden und -pfeiler sowie Schienen und Feste Fahrbahnen ermitteln, wie nachstehend erläutert wird:

¹⁵ Schmied, Martin / Mottschall, Moritz (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch die Schieneninfrastruktur und Schienenfahrzeuge in Deutschland (FKZ 363 01 244), in Kooperation mit dem DB Umweltzentrum, Berlin, Dezember 2013; Mottschall, Moritz / Bergmann, Thomas (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland, Auftraggeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Dezember 2013; Umweltbundesamt (Hrsg.): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger – Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2013, Autoren: Michael Memmler et al., CLIMATE CHANGE 29/2014, Dessau-Roßlau, 2014; Bergmann, Thomas / Bleher, Daniel / Jenseit, Wolfgang (Öko-Institut e.V.): Ressourceneffizienzpotenziale im Tiefbau – Materialaufwendungen und technische Lösung, Redaktion: VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE), Berlin 2015, S. 104

¹⁶ Schmied, Martin / Mottschall, Moritz (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch die Schieneninfrastruktur und Schienenfahrzeuge in Deutschland (FKZ 363 01 244), in Kooperation mit dem DB Umweltzentrum, Berlin, Dezember 2013, S. 18f

¹⁷ a. a. O., S. 3

Das Material der Tübbinge, des größten Teils der Tunnelabschnitte, die alle mit Tunnelbohrmaschinen vorgetriebenen würden, setzt sich zu 92,4 % aus Beton und zu 7,6 % aus Bewehrungsstahl zusammen. Daraus errechnet sich ein THG-Emissionsfaktor von 0,2344 t pro Tonne Material.

Es wird angenommen, dass sich die Masse des **Stahlbetons** für den kleinen Teil der **restlichen Tunnel** zu 93 % aus Beton und zu 7 % aus der Stahlbewehrung zusammensetzt. Der THG-Emissionsfaktor (CO₂-äquivalenter THG-Ausstoß) ist mit 323,841 kg pro Kubikmeter Beton anzusetzen.¹⁸ Dies ergibt bei einer Betondichte von 2,4 t/m³ einen THG-Emissionsfaktor von 0,1349 t pro Tonne Beton. Der Emissionsfaktor für Bewehrungsstahl ist hingegen mehr als 10-mal so hoch und beträgt 1,444 t pro Tonne Stahl.¹⁹ Somit errechnet sich für den THG-Ausstoß durch die Herstellung des Stahlbetons der Tunnelwände, -decken und -böden ein Emissionsfaktor von 0,2265 t pro Tonne Material.

Der Betonanteil für die **feste Fahrbahn** beträgt 97,5%, die Stahlbewehrung hat einen Anteil von lediglich rund 2,5 %.²⁰ Dieselben Anteile werden für die Materialzusammensetzung der **Betonschwellen** zugrunde gelegt.²¹ Der relativ niedrige Stahlanteil führt bei der festen Fahrbahn und bei Betonschwellen zu einem relativ geringen Faktor von 0,1676 t an THG-Emissionen pro Tonne Material.

Beim **Stahl für Schienen** handelt es sich um höherwertigeren Stahl, verglichen mit dem Bewehrungsstahl in Betonbauwerken und -bauteilen. Der THG-Emissionsfaktor ist mit 2,04 t pro Tonne Stahlschiene anzusetzen.²²

Der THG-Ausstoß durch die Herstellung von **Oberleitungen** (Kupfer und Bronze) ist vernachlässigbar, da die Fahrdrabtmasse inkl. Aufhängung pro Gleiskilometer lediglich zwischen 1,4 t (für herkömmliche Geschwindigkeiten) und 2,3 t (für Hochgeschwindigkeitsverkehr) liegt.²³ Dagegen haben die Schienen (Typ UIC 60) eine Masse von 120 Tonnen pro Gleiskilometer, also um mehr als Faktor 50 höher als die Fahrdrabtmasse, so dass die Produktion der Schienen durchaus "ins Gewicht" fällt, was die THG-Emissionen betrifft. Ebenso bleiben die Kabel der Signal- und Sicherungstechnik unberücksichtigt, da ihre Gesamtmasse in einer ähnlichen geringen Größenordnung wie die Masse der Oberleitungen liegen dürfte. Treibhausgasemissionen durch die Herstellung von

¹⁸ Mottschall, Moritz / Bergmann, Thomas (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland, Auftraggeber: Umweltbundesamt, Tabelle 86, S.170, Dessau Roßlau, Dezember 2013

¹⁹ ebenda

²⁰ Schmied, Martin / Mottschall, Moritz (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch die Schieneninfrastruktur und Schienenfahrzeuge in Deutschland (FKZ 363 01 244), in Kooperation mit dem DB Umweltzentrum, Berlin, Dezember 2013, Tab. 16, S. 34

²¹ ebenda, S. 27

²² Mottschall, Moritz / Bergmann, Thomas (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland, Auftraggeber: Umweltbundesamt, Tabelle 86, S.170, Dessau-Roßlau, Dezember 2013

²³ Schmied, Martin / Mottschall, Moritz (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch die Schieneninfrastruktur und Schienenfahrzeuge in Deutschland (FKZ 363 01 244), in Kooperation mit dem DB Umweltzentrum, Berlin, Dezember 2013, S. 50

Oberleitungsmasten fallen aufgrund des gewählten Untersuchungsgegenstandes, nämlich reinen Tunnelstrecken, gar nicht an. Denn innerhalb von Tunnels werden die Oberleitungen grundsätzlich an den Decken aufgehängt, so dass Masten entbehrlich sind.

Die beschriebenen Berechnungen führen zu den in der folgenden Tabelle dargestellten Emissionsfaktoren:

Tab.2: Treibhausgas-Emissionsfaktoren für die Produktion von Material

Material	Emissionsfaktor
Beton (2,4 t/m ³)	0,1349
Bewehrungsstahl	1,4440
Stahlbeton Tunnelschalen	0,2265
Stahlbeton Tübbinge	0,2344
Füllbeton	0,1349
Stahlbeton feste Fahrbahn	0,1676
Stahl Schienen	2,0400

Indem die Masse der einzelnen Baumaterial-Arten und der 4 Zusatztunnel mit den Emissionsfaktoren des jeweiligen Materials multipliziert wird, ergibt sich die Menge des emittierten Treibhausgases. Dies wird in Kapitel 5.2 dargestellt.

Tab.3: Material-Massen aller Zusatztunnel (Angaben in t, gerundet)

Material	Nordzulauftunnel	Bilgertunnel	P-Option	Gäubahnzuführung
Tübbinge	978.700	1.076.570	-----	-----
Sonst. Stahlbeton:				
-Querschläge	6.520	7.893	343	-----
-Tunnelwände, -boden, -decke	-----	92.880	74.304	211.925
-Stützpfeiler	-----	-----	-----	2.031
-Fußgängerrampen	-----	-----	-----	925
-Bahnsteige	-----	-----	-----	10.537
-Füllbeton	384.000	460.800	25.600	-----
Feste Fahrbahn	55.660	66.792	4.453	12.857
Schienen	2.400	2.880	192	590

Summen	1.427.280	1.707.815	104.892	238.865
Gesamtsumme				3.478.852

Der Bau der 4 Zusatztunnel erfordert fast 3,5 Mio t Material, im Wesentlichen Stahlbeton für die Tunnelwände, -böden und -decken, die überwiegend aus Tübbingen bestehen, welche zugleich mit dem Tunnelvortrieb von den Tunnelbohrmaschinen verbaut werden. Nur zu einem sehr geringen Teil wird auch reiner Stahl benötigt, und zwar für die Schienen, die innerhalb der Tunnel verlegt werden.

5.2. Ergebnis der Ermittlung der Treibhausgasemissionen

Aus diesen Materialmengen wird nun anhand der Emissionsfaktoren der Treibhausgasausstoß ermittelt.

Tab.4: Treibhausgasemissionen durch Produktion des Baumaterials der Zusatztunnel

Material	Emissionsfaktor (t/t)	Nordzulauf-tunnel	Bilger-tunnel	P-Option	Gäubahn-zulauf	Summe THG
Tübbinge	0,2344	229.407	252.348	-----	-----	481.755
Sonst. Stahlbeton:						
-Querschläge	0,2265	1.477	1.788	78	-----	3.343
-Tunnelwände, -boden,- decke	0,2265	-----	21.037	16.830	48.001	85.868
-Stützpfeiler	0,2265	-----	-----	-----	460	460
-Fußgänger-rampen	0,2265	-----	-----	-----	210	210
-Bahnsteige	0,2265	-----	-----	-----	2.387	2.387
-Füllbeton	0,1349	51.802	62.162	3.453	-----	117.417
Feste Fahrbahn Schienen	0,1676	9.329	11.194	746	2.155	23.424
Summe		296.911	354.404	21.499	54.417	727.231
Anteile		40,8 %	48,7 %	3,0 %	7,5 %	100 %

Die 4 Zusatztunnel, welche das Projekt Stuttgart 21 ergänzen sollen, würden für die Emission von fast 730.000 t Treibhausgas verantwortlich sein, die bei der Produktion des benötigten Betons und Bewehrungsstahls sowie des Stahls für Schienen aus den Zementfabriken und Stahlwerken in die Atmosphäre entweichen und somit die Erdüberhitzung weiter vorantreiben würden. Hierbei sind nur die Emissionen berücksichtigt, die allein durch das Baumaterial für die unterirdischen Abschnitte entstehen. Knapp die Hälfte dieser Emissionen (48,7 %) entfallen wegen dessen großer Länge auf den Bilgertunnel, der nur wenig kürzere Nordzulauftunnel wird für rund 41 % des Treibhausgasausstoßes verantwortlich sein, während die Emissionen der relativ kurzen Tunnel P-Option und Gäubahnzuführung bei 3 % bzw. bei 7,5 % liegen werden. Wenn genaue und vollständige Pläne für die 4 Zusatztunnel vorliegen würden - was bekanntlich derzeit nicht der Fall ist - und auf Basis dieser Detailpläne die Berechnung des THG-Ausstoßes vorgenommen würde, wäre als Ergebnis die Gesamtmenge dieser emittierten klimaschädlichen Gase möglicherweise doppelt so hoch.

Doch auch die ermittelte Menge von rund 730.000 t Treibhausgas ist beachtlich: Sie erreicht fast das Niveau des jährlichen THG-Ausstoßes durch alle PKW, welche derzeit in Stuttgart zugelassen sind und insgesamt ungefähr 900.000 t Treibhausgas pro Jahr emittieren.²⁴

²⁴ VIEREKG-RÖSSLER GmbH: Quantifizierung der Treibhausgasemissionen des Projekts Stuttgart 21, Auftraggeber: Aktionsbündnis gegen Stuttgart 21, 25.10.2017, Seite 53

Auf jeden Fall sind die genannten Emissionen von Treibhausgas angesichts der drohenden Klimakatastrophe ein Schritt genau in die falsche Richtung. Richtig wäre es hingegen, jeglichen THG-Ausstoß zu vermeiden, indem man auf THG-intensive Projekte völlig verzichtet. Darüber hinaus müsste versucht werden, emittiertes Treibhausgas der Atmosphäre zu entziehen und es entweder dauerhaft einzulagern oder es beispielsweise als Grundstoff für die Herstellung von synthetischem Treibstoff zu verwenden, der somit klimaneutral verwendet werden könnte.

6. Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse

Für alle 4 Zusatztunnel zusammen liegen die geschätzten Baukosten zur Halbzeit der Bauphase (2037) bei fast 5,5 Mrd €. Davon rund die Hälfte, nämlich 2,73 Mrd €, entfallen auf den längsten Tunnel, den Bilgertunnel. Die Kosten des Nordzulauftunnels werden auf gut 2 Mrd € geschätzt. Dagegen liegen die Investitionen in die Tunnel der P-Option und der Gäubahnzuführung in den S-21-Tunnelbahnhof bei 180 Mio € bzw. 270 Mio €. Dieser Baukostenschätzung liegt eine jährliche Kostensteigerung bis zur Halbzeit der Bauphase von 3,5 % zugrunde. Falls diese Rate jedoch doppelt so hoch sein sollte, ist mit Gesamtkosten von über 10 Mrd € zu rechnen.

Das ohnehin aufwändige Projekt Stuttgart 21, dessen Baukosten heute von der DB AG noch mit 8,2 Mrd € kalkuliert und vom Bundesrechnungshof seit längerem schon auf rund 10 Mrd € geschätzt werden, verteuert sich durch die 4 Zusatztunnel um gut 5 Mrd €, wobei der Preisstand allerdings in der Zukunft liegt, nämlich in den 2030er Jahren. Betrachtet man nur grob die Größenordnung der geschätzten Kosten, so ist eine Verdopplung der Baukosten gegenüber dem ursprünglichen Vorhaben durch die Ergänzungsprojekte nicht auszuschließen. Dabei ist selbst die Finanzierung von Stuttgart 21 bei der immer noch aktuellen Bausumme von 8,2 Mrd € in keiner Weise gesichert. Vielmehr streitet die DB AG mit den anderen Projektpartnern wie Baden-Württemberg und Stadt Stuttgart über die Aufteilung der zu erwartenden Kosten. Würden auch die Zusatztunnel realisiert, so würde sich dieser Konflikt weiter verschärfen, sofern nicht der Bund aufgrund des sog. "Deutschlandtakts" alle Mehrkosten der Ergänzungen übernimmt. In jedem Fall ist also davon auszugehen, dass die steuerzahlenden Bürger*innen in Stuttgart, im Land Baden-Württemberg bzw. im gesamten Bundesgebiet für diese Kosten aufkommen müssen.

Für den Bau der 4 Zusatztunnel ist mit einer Treibhausgasmenge von rund 730.000 t zu rechnen. Bezieht man diese Menge auf die Gesamtlänge der Tunnelröhren von ca. 47 km, so fallen pro Kilometer Tunnelröhre fast 16.000 t THG an. Im Vergleich dazu ist das Projekt S 21 mit rund 58 km Tunnelröhren, wenn es zu Ende gebaut wird, für insgesamt fast 1,7 Millionen t an THG-Emissionen ²⁵ verantwortlich: Dies würde auf den ersten Blick über 29.000 t THG pro Kilometer S-21-Tunnelröhre ergeben, also deutlich mehr als bei den 4 Zusatztunnels. Doch diese Grobrechnung ist irreführend, und zwar aus zwei Gründen:

Die erste Ursache für diesen auffälligen Unterschied des THG-Ausstoßes pro Kilometer (wie auch der Kosten pro Tunnelkilometer) zwischen den Zusatztunnels und S 21 liegt darin, dass das Projekt S 21 gleich drei unterirdische Bahnhöfe mit zusammen 11 Gleisen

²⁵ Rößler, Karlheinz: Quantifizierung der Treibhausgasemissionen des Projekts Stuttgart 21, Auftraggeber: Aktionsbündnis gegen Stuttgart 21, 25.10.2017, Tab.2

enthält, darunter den Tunnel-Hauptbahnhof, der mit fast 30 Kelchstützen sehr Materialaufwändig ist. Dagegen umfassen die Zusatztunnel nur einen einzigen Bahnhof mit 4 Gleisen; alle rund 150 Stützpfiler dieses Tunnelbahnhofs haben zusammen in etwa nur so viel Masse wie eine einzige S-21-Kelchstütze, die aus 2.000 t Stahlbeton besteht.

Der zweite und vermutlich wichtigste Grund für den großen Unterschied bezüglich der Treibhausgasemissionen pro Kilometer lässt sich folgendermaßen beschreiben: Während bei der Studie von 2017 sämtliche Planungsunterlagen in einem Detaillierungsgrad vorlagen, wie dies für die Planfeststellung erforderlich war, existieren für die 4 Zusatztunnel noch keinerlei detaillierte Pläne. Die jetzige Untersuchung musste sich deshalb notgedrungen auf die reinen Tunnelstrecken beschränken, während 2017 sämtliche Projektteile von S 21 betrachtet werden konnten. In Kapitel 2 wurden bereits Bauwerke und Anlagen bzw. Arbeitsvorgänge genannt, die eigentlich zu den Ergänzungsprojekten gehören würden, aber wegen der (noch) nicht vorhandenen Planungsunterlagen keine Berücksichtigung finden konnten. Hierbei handelt es sich um 17 Punkte, die unberücksichtigt bleiben mussten (siehe Kapitel 2).

Deshalb ist zu erwarten, dass auf Basis von vollständigen und detaillierten Planungsunterlagen diese Zusatztunnel pro Kilometer Tunnelröhre tendenziell zu einer ähnlich hohen Treibhausgasbelastung führen wie Stuttgart 21 und dass die abzuschätzenden Baukosten vermutlich noch wesentlich höher ausfallen würden, als dies in der vorliegenden Studie nun ausgewiesen werden konnte.

Angesichts der hohen Baukosten, mit denen zu rechnen ist, und angesichts des beträchtlichen Ausstoßes von klimaschädlichen Gasen bei der Herstellung der Baumaterialien, sind die 4 Zusatztunnel nicht zu rechtfertigen. Dies gilt umso mehr, als ihr Nutzen äußerst fraglich ist. Für die beiden langen Tunnel (Nordzulauf- und Bilgertunnel) wird als Begründung bekanntlich angeführt, nur durch diese Tunnel lasse sich die im Rahmen des Deutschlandtaktes notwendige Fahrzeit von unter 30 Minuten bis zum nächsten Knotenbahnhof erreichen. Doch die Nennung dieser Fahrzeit zwischen zwei Knotenbahnhöfen ist per se eine willkürliche Vorgabe. Ebenso könnte man eine Fahrzeit von 45 Minuten zwischen zwei wichtigen Bahnhöfen anstreben, die zugleich einen zeitlichen Puffer bei Verspätungen bildet. Dabei ist es aus Sicht der Fahrgäste im System des deutschlandweiten Personenverkehrs auf der Schiene weniger bedeutsam, wie lange die Fahrt von Knoten zu Knoten dauert, als vielmehr, ob erstens die benutzten Züge überhaupt pünktlich ankommen und zweitens wieviel Zeit insgesamt für die gesamte Fahrt vom Start- bis zum Zielbahnhof aufzuwenden ist, wobei der Zeitaufwand für das Umsteigen zwischen den Zügen inkl. der Wartezeit auf Anschlusszüge von größter Bedeutung ist. Um diese Umsteigezeiten zu minimieren, gibt es das Konzept des Integralen Taktfahrplan (ITF), das seit 1970 in den Niederlanden und seit 1982 auch in der Schweiz praktiziert wird. Hierbei halten in den Knotenbahnhöfen alle Züge parallel nebeneinander zur selben Zeit, um ein zeitlich optimales Umsteigen innerhalb von wenigen Minuten zu ermöglichen.

Dies setzt jedoch Bahnhöfe mit einer möglichst hohen Zahl von Bahnsteiggleisen voraus, wie dies der vorhandene Kopfbahnhof in Stuttgart mit 16 Gleisen (ursprünglich sogar 17) bietet, während der im Bau befindliche S-21-Bahnhof mit nur noch 8 Gleisen viel zu knapp bemessen ist. Die meisten Züge müssen deshalb in diesen kleinen Bahnhof nacheinander einfahren und nach sehr kurzer Haltezeit auch nacheinander weiterfahren, so dass für die wenigsten Züge die Gelegenheit besteht, nebeneinander stehen zu bleiben. Für viele Fahrgäste wird sich somit die äußerst frustrierende Situation ergeben, dass sie ihren eigentlichen Anschlusszug, der sie ihrem gewünschten Ziel näher bringen würde, selbst

bei Einhaltung des Fahrplans um wenige Minuten verpassen und sie relativ lang auf den nächsten Zug warten müssen - bei einem Stundentakt fast eine ganze Stunde, beim 30-Minuten-Takt immerhin fast eine halbe Stunde. Bei einer Verspätung des Zubringerzuges ist das Risiko, den Anschlusszug zu verpassen, noch größer, und dieses Risiko wird durch die angestrebten, knapp bemessenen Fahrzeiten ohne Verspätungspuffer weiter erhöht. Im Gegensatz dazu stehen beim Integralen Taktfahrplan in einem Knotenbahnhof die Anschlusszüge immer bereit, wenn man mit dem Zubringerzug ankommt. Ist dieser Zug verspätet, so können die Anschlusszüge warten, sofern der Knotenbahnhof über eine ausreichende Zahl an Bahnsteiggleisen verfügt, was jedoch im S-21-Tunnelbahnhof unmöglich ist.

In übrigen beinhaltet das aktuelle Konzept des Deutschlandtaktes lediglich, die derzeit fehlende Vertaktung der Fernzug-Fahrpläne deutschlandweit einzuführen. Mit dem Begriff "Deutschlandtakt" ist keineswegs der Integrale Taktfahrplan (nach niederländischem oder Schweizer Vorbild) gemeint, auch wenn das deutsche Konzept die Einführung des ITF möglicherweise suggeriert.

7. Kurzfassung

Die Befürworter des Projekts Stuttgart 21 schlugen 2020 den Bau von 4 zusätzlichen Tunnel als Ergänzung von S 21 vor, wobei die Protagonisten einzelne Projekte befürworteten, andere jedoch ablehnten. Dadurch sollen von Stuttgart aus nach Mannheim und Zürich kürzere Fahrzeiten erreicht werden, wie sie der Deutschlandtakt des Bundesverkehrsministeriums, so wie er dort gedeutet wird, erfordert.

Deshalb wird **erstens** für den Nordzulauf zum S-21-Hauptbahnhof ein 10 km langer Tunnel vorgeschlagen, der nordwestlich der Autobahn A 81 aus der von Mannheim kommenden Schnellfahrstrecke abzweigt und unter dem Killesberg in den im Bau befindlichen Tunnel Feuerbach einmündet.

Zum zweiten soll ein 12 km langer Tunnel entstehen, der östlich von Sindelfingen von der bestehenden Gäubahn abzweigen, zunächst in West-Ost-Richtung verlaufen und schließlich über einen Halbkreisbogen von Osten her den im Bau befindlichen Flughafen-Fernbahnhof unter den Messehallen erreichen soll. Da dieser Vorschlag von Steffen Bilger, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesverkehrsministerium, stammt, wird dieses Vorhaben auch als "Bilgertunnel" bezeichnet.

Das dritte Ergänzungsprojekt ist ein als "P-Option" bekannter Vorschlag für zwei zusätzliche Gleise ab Feuerbach, die zunächst gemeinsam in der heutigen Oströhre des Pragtunnels verlaufen, um dann mit einem 0,8 km langen neuen Tunnel in den im Bau befindlichen Fernbahntunnel von und nach Bad Cannstatt einzumünden.

Der vierte Vorschlag umfasst einen unterirdischen Endbahnhof für die Gäubahn, deren direkter Anschluss entgegen bisherigen S 21-Planungen erhalten bleiben soll. Es soll sich hierbei um einen neuen Kopfbahnhof mit 4 Bahnsteiggleisen und einen rund 1 km langen Zulauftunnel handeln.

Mit Ausnahme des letztgenannten Bauwerks werden alle Tunnel jeweils aus zwei getrennten Röhren bestehen, so dass sich die Gesamtlänge der Tunnelröhren auf rund 47 km, mit den bisherigen 58 Tunnelkilometern von S 21 (ohne Neubaustrecke Wendlingen-Ulm) zusammengerechnet, auf über 100 km summieren würde.

In der vorliegenden Studie wurden auftragsgemäß die zu erwartenden Baukosten abgeschätzt, die zur Hälfte der Bauphase in den 2030er Jahren - nach einer mehrjährigen Planungs- und Bauzeit - anfallen würden. Der zweite Auftragsbestandteil bestand darin, den zusätzlichen Ausstoß von Treibhausgas (THG) zu bestimmen, der durch diese vier Zusatztunnel verursacht würde, und zwar im Wesentlichen durch die Herstellung von Beton und Bewehrungsstahl für die Tunnelbauwerke sowie Stahl für die Eisenbahnschienen.

Für diese Zusatztunnel existieren noch keinerlei Baupläne. Deshalb kann die Abschätzung der Baukosten und der anfallenden Treibhausgasemissionen lediglich relativ grobe Daten liefern. Wegen der fehlenden Detailpläne beschränkt sich die vorliegende Betrachtung auf die reinen Tunnelstrecken. Dagegen werden zahlreiche Bauwerke und Anlagen bzw. Arbeitsvorgänge, die notwendigerweise zu den Ergänzungsprojekten hinzukommen, wegen der nicht vorhandenen Planungsunterlagen gar nicht berücksichtigt. Dadurch wird in Kauf genommen, dass die am Ende ausgewiesenen Baukosten und Emissionen eine deutliche Unterschätzung darstellen.

Als Ersatz für die fehlenden Pläne orientiert sich die Kostenschätzung wie auch die Betrachtung der Treibhausgasmengen an ähnlichen Tunnelprojekten, die in jüngster Vergangenheit fertiggestellt wurden oder sich noch im Bau befinden. Um den THG-Ausstoß zu ermitteln, werden zum einen die THG-Emissionsfaktoren bezüglich der Baumaterialherstellung herangezogen (Treibhausgasmenge pro Tonne Material) - diese Daten stammen vor allem aus Untersuchungen des deutschen Öko-Instituts und des Umweltbundesamtes der Jahre 2013 bis 2015. Zum anderen werden die Materialmengen selbst als Berechnungsgrundlage verwendet und mit den Emissionsfaktoren multipliziert.

Als maßgeblich für die Höhe der endgültigen Baukosten wird der Preisstand zur Halbzeit der Bauphase (2037) angenommen, wobei einheitlich 2031 als Jahr des Baubeginns unterstellt wird und eine Baukosteninflation von durchschnittlich 3,5 % pro Jahr angenommen wird. Diese Steigerungsrate kann als moderat betrachtet werden, verglichen mit der aktuellen jährlichen Zunahme der Baupreise um 5 % pro Jahr.

Für alle 4 Zusatzprojekte zusammen werden die Baukosten 5,5 Mrd € betragen. Davon entfallen rund die Hälfte auf den längsten Tunnel, den Bilgertunnel. Die Kosten des Nordzulauf隧nells werden auf gut 2 Mrd € geschätzt. Dagegen liegen die Investitionen in die beiden kurzen Tunnel - P-Option und unterirdische Gäubahnzuführung - bei 180 Mio € bzw. 270 Mio €. Zu bedenken ist außerdem, dass es sich hierbei, besonders im Blick auf die angedachte unterirdische Ergänzungsstation, um reine Tunnelbaukosten handelt. Unberücksichtigt bleiben hierbei alle anderen Komponenten der Bauwerke, welche weitere Kosten verursachen. Und es kommen noch Einflussfaktoren auf die Kostenentwicklung hinzu, die sich während der relativ langen Planungs- und Bauzeit auswirken können, beispielsweise Erkenntnisse, die erst während der laufenden Bauarbeiten bezüglich der geologischen Situation im Untergrund zu gewinnen sind. Die Werte der Kostenschätzung stellen also lediglich die untere Grenze dar.

Der Bau der 4 Zusatztunnel erfordert fast 3,5 Mio t Material, im wesentlichen Stahlbeton für die Tunnelwände, -böden und -decken, und zu einem sehr geringen Teil auch reinen Stahl für die Schienen innerhalb der Tunnel. Die Produktion dieses Materials in Zementfabriken und Stahlwerken wird für den Ausstoß von rund 730.000 t Treibhausgas verantwortlich sein, wobei rund 90 % dieser Emissionen auf den Nordzulauf- und den Bilgertunnel wegen deren großen Tunnellängen entfallen. Die genannte THG-Menge ist auf jeden Fall dazu geeignet, die Erdüberhitzung weiter voranzutreiben und würde somit Öl ins Feuer der drohenden Klimakatastrophe gießen statt sie zu stoppen. Treibhausgasintensive Projekte wie die vorgeschlagenen Zusatztunnel müssen angesichts der dramatischen Erdüberhitzung als anachronistisch bezeichnet werden.

Anhang

Tab. A.1: Merkmale der Tunnelprojekte, die zur Orientierung betr. Vermaßung und Baukosten dienen:

Katzenbergtunnel:

- Länge: 9.385 m, was in etwa der Länge des Nordzulauftunnels entspricht
- Tunnelröhren im Abstand von 26 m, von Gleismitte zu Gleismitte gerechnet
- Innendurchmesser: 9,4 m
- Außendurchmesser: 10,6 m
- Netto-Querschnittsfläche jeder Röhre: 62 m²
- Ausbruchs-Querschnitt: 88,25 m²
- Ausbruchs-Volumen: 828.226 m³
- Tunnelschale aus Tübbing von 60 cm Dicke
- Überdeckung des Tunnels: 23 m bis 110 m
- bergmännische Bauweise mit Tunnelbohrmaschinen
- alle 500 m ein Querschlag zwischen den beiden Tunnelröhren, Länge je Querschlag: 15,4 m, Innendurchmesser: 4,0 m, Außendurchmesser: 5,2 m, Querschnittsfläche der Betonschale: 8,67 m², Volumen pro Querschlag: 133,53 m³
- Feste Fahrbahn
- Höchstgeschwindigkeit der Züge im Tunnel: 250 km/h
- Planungszeit: 1977 - 2002 (25 Jahre)
- Bauzeit: 2002 - 2012 (10 Jahre)
- Baukosten pro km Tunnel inkl. Streckenausrüstung und Planungskosten: 47 Mio €
- Preisstand: 2012

Bahnhof Köln/Bonn Flughafen:

- Bahnhof in Tieflage
- Lage der Gleise: 18 m unter Geländeniveau
- 2 Mittelbahnsteige
- Bahnsteiglänge: 405 m
- Bahnsteigbreite: 9,40 m
- Bahnsteigbereich auf 150 m Länge nach oben hin offen und mit einem tonnenartigen Glasdach bedeckt
- am Nord- und Südkopf jeweils eine Trompete von ca. 150 m Länge zur Aufweitung des Tunnels von 2 auf 4 Gleise bzw. entsprechender Verengung
- Planungszeit: 1994 - 2002 (8 Jahre)
- Bauzeit: 2002 - 2004 (2 Jahre)
- Baukosten: 58,3 Mio €
- Preisstand: 2004

Fernbahnanbindung Bad Cannstatt:

- Innendurchmesser der Ein-Gleis-Röhren: 8,10 m
- Wandstärke: ca. 65 cm, bestehend aus einer Ortbetoninnenschale von 40 cm Dicke und einer Außenschale aus ca. 25 cm starkem Spritzbeton.²⁶
- Außendurchmesser: 9,5 m

²⁶ DB Netze: Bahnprojekt Stuttgart-Ulm, Planfeststellungsabschnitt 1.5 – Zuführung Feuerbach und Bad Cannstatt, Präsentation am 23.05.2014, Seite 14f

Anmerkung:

Die Fernbahnanbindung Bad Cannstatt besteht westlich des Rosensteinparks aus zwei kreisförmigen Tunnelröhren für jeweils ein Gleis, während im anschließenden Tunnelabschnitt unter dem Rosensteinpark eine gemeinsame Tunnelröhre für beide Gleise entsteht. Aus den zugänglichen Unterlagen der DB AG lassen sich die wichtigsten Maße des Tunnels nur unvollständig entnehmen, so dass einige Daten bezüglich der Tunnelvermessung aus den von der DB AG präsentierten Skizzen durch Abmessen bestimmt werden müssen, was zu einer gewissen Ungenauigkeit führen kann.

S-Bahn-Tunnel Richtung Mitternachtstraße:

- eine Tunnelröhre für beide Gleise
- offene Bauweise, die einen rechteckigen Tunnelquerschnitt zur Folge hat
- Innenbreite: 9,80 m
- Innenhöhe: 6,64 m
- Gesamthöhe (außen): 10,19 m
- Wandstärke: ca. 1,00 m²⁷

Tab.A.2: Mengengerüst der 4 Zusatztunnels und Rechengänge betr. Material-Massen

Nordzulauftunnel:

- Baumethode: Tunnelbohrmaschinen auf voller Länge = 10 km Tunnel
- Gesamtlänge Tunnelröhren: 20 km
- Innendurchmesser: 9,4 m
- Außendurchmesser: 10,6 m
- Tunnelschale aus Tübbing von 60 cm Dicke
- Querschnittsfläche jedes Rings aus Tübbing: 18,85 m²
- Volumen eines 2 m breiten Rings der Innenschale: 2 m x 18,85 m² = 37,70 m³
- Dichte inkl. Bewehrungsstahl: 2,596 t/m³
- Anzahl Tübbing-Ringe: 10.000
- Masse aller Tübbing-Ringe: 978.700 t
- Querschläge: Innenradius: 2 m, Dicke der Betonschale: 60 cm, Querschnittsfläche: 8,67 m², Volumen pro m: 8,67 m³, Länge Querschlag: 15,4 m, Volumen: 133,52 m³, Dichte Stahlbeton 2,57 t/m³, Masse pro Querschlag: 343,1 t
- 19 Querschläge zu je 133,53 m³ = 6.520,23 t

Bilgertunnel:

- Baumethode: Tunnelbohrmaschinen auf 11 km Länge, konventioneller Tunnelbau auf 1 km Länge (Halbkreis zum Flughafenbahnhof)
- Gesamtlänge Tunnelröhren: 24 km
- Innendurchmesser: 9,4 m
- Außendurchmesser: 10,6 m
- Tunnelschale aus Tübbing für 11 km Tunnellänge:
 - o Anzahl Tübbing-Ringe für 2 x 11 km Tunnel = 11.000
 - o Gesamtmasse aller Tübbing-Ringe: 1.079.416 t
- sonstiger Stahlbeton für 1 km Tunnellänge:
Dichte des Betons: 2,4 t/m³; zusätzlich 170 kg Stahl pro m³ Beton => Dichte Stahlbeton 2,57 t/m³;

²⁷ DB Netze, wie 24, Seite 19

- Innendurchmesser: 8,2 m
- Außendurchmesser: 9,5 m
- Querschnittsfläche Tunnelschale: 18,07 m²
- Volumen eines 1 m breiten Rings der Tunnelschale: 18,07 m³
- Masse pro Ring: 46,44 t
- Masse Stahlbeton für 2 x 1.000 m Halbkreis des Bilgertunnel: 92.880 t
- 23 Querschläge (Maße wie Nordzulauftunnel): 3.071,2 m³ = 7.892,96 t

Tunnel der P-Option:

- Gesamtlänge Tunnelröhren: 1,6 km
- Innendurchmesser: 8,2 m
- Außendurchmesser: 9,5 m
- Volumen eines 1 m breiten Rings der Tunnelschale: 18,07 m³
- Masse pro Ring: 46,44 t
- Masse Stahlbeton für 2 x 0,8 km m Tunnel: 74.304 t
- 1 Querschlag = 343,17 t

Gäubahnzuführung inkl. Bahnhof:

- Länge des 2-gleisigen Zulauftunnels: 1.040 m
- Innenbreite des Tunnels: 9,80 m
- Länge der Trompete im Tunnel: 150 m
- Bahnsteiglänge: 410 m
- 2 Mittelbahnsteige
- Breite der Bahnsteige: 10 m
- lichte Breite des Tunnelbahnhofs: 34 m
- Schienenoberkante (SOK) des Tunnelbahnhofs: 236 m über N.N.
- Innenhöhe ab SOK: 6,54 m
- pro Bahnsteig eine Reihe von Stützpfeilern aus Stahlbeton im Abstand von 5,32 m in der Bahnsteigmitte (Gesamtzahl der Stützpfeiler: 2 x 76 = 152)
- Orientierung am Tunnelbahnhof Rosenheimer Platz der Münchener S-Bahn
- Dicke aller Wände, Decken und Böden im Untergrund: 1 m
- Ausgang vorbei an den Prellböcken zum Zwischengeschoß des S-21-Tunnelbahnhofs
- Ausgang zur Wolframstraße über jeweils eine rollstuhl-taugliche Rampe ab Ende des Mittelbahnsteigs, Rampenlänge: 90 m, Höhendifferenz: 5,34 m, Steigung unter 6 % (zulässige Maximalsteigung: 6 %)²⁸

Berechnung von Volumen und Masse betr. Gäubahnzuführung:

- Rechteckform des Tunnels
- Gesamthöhe: 8,54 m
- Seitenwände:

Tunnel:	2 x 1040 x 8,54 m ³	= 17.763 m ³
Trompete:	2 x 150,5 x 8,54 m ³	= 2.571 m ³
Bahnhof:	2 x 410 x 8,54 m ³	= 7.003 m ³
Vorderwand Bf.:	34 x 8,54 m ³	= 290 m ³

Summe Volumen Außenwände:	27.627 m ³
Masse Außenwände:	71.001 t

²⁸ <https://nullbarriere.de/rampen-steigung.htm>

- Bodenplatte (Dicke: 1 m):

Tunnel:	1040 x 9,80 x 1 m ³	= 10.192 m ³
Trompete:	150 x 9,80 x 1 m ³	= 1.470 m ³
	+ 150 x 12,1 x 1 m ³	= 1.815 m ³
Bahnhof:	410 x 34 m ³	= 13.940 m ³

Summe Volumen Bodenplatte:	27.417 m ³
Masse Bodenplatte:	70.462 t
Tunneldecke (alle Maße wie Bodenplatte)	70.462 t

 Summe Masse Gäubahnzuführung: 211.925 t

- Stützpfeiler entlang der Bahnsteigmitten: 2 x 76 Pfeiler à 1,04 m² Querschnitt und 5 m Höhe: 790,4 m³
- Dichte Stahlbeton: 2,57 t/m³
- Summe Pfeilermasse: 2.030,3 t
- Fußgängerrampen zur Wolframstraße:
- Anzahl: 2, Gradiente: 6 %, Hubhöhe: 5,34 m, Rampenlänge: 90 m, Breite je Rampe: 4 m, Dicke: 0,5 m
- Volumen: 90 x 2 x 4 x 0,5 = 360 m³, Masse an Stahlbeton: 360 m³ x 2,57 t/m³ = 925,2 t

Füllbeton (im Nordzulauf-, Bilger- und P-Options-Tunnel): Dichte: 2,4 t/m³
 Querschnittsfläche: 8 m² pro m.

Nordzulauf:	2 x 10.000 x 8	= 160.000 m ³ = 384.000 t
Bilgertunnel:	2 x 12.000 x 8	= 192.000 m ³ = 460.800 t
P-Option:	2 x 800 x 8	= 12.800 m ³ = 25.600 t

Feste Fahrbahn:

- Masse: 2.783 t pro Gleis-km, THG-Emissionsfaktor: 0,1676 t/t

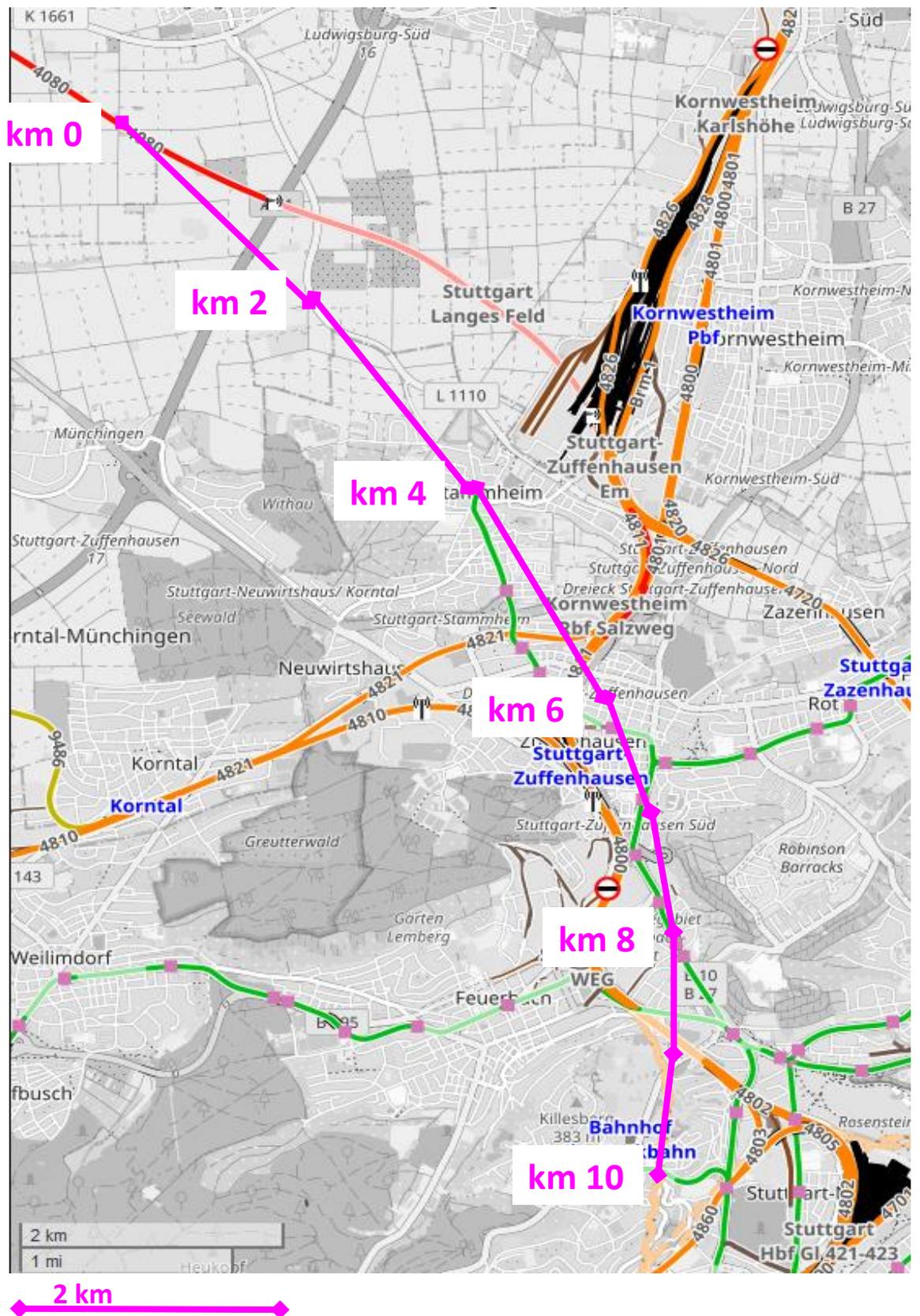
Schienen:

- Masse: 120 t pro Gleis-km

Anmerkung:

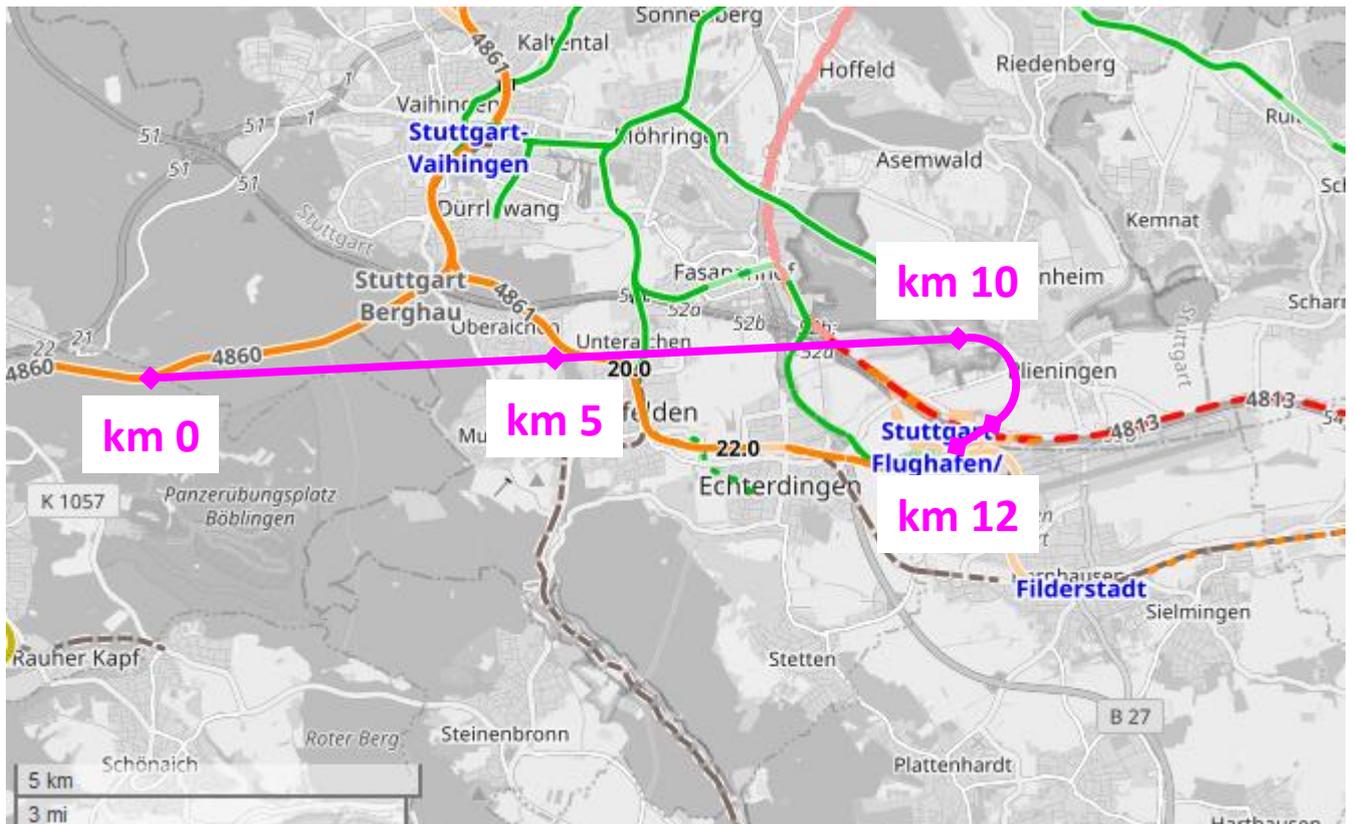
- Länge und Masse der Schienen werden nur für die unterirdischen Abschnitte inkl. Bahnhof berechnet.
- Es wird einheitlich die Feste Fahrbahn zugrunde gelegt, entsprechend dem heutigen Standard in längeren Tunnels, da so die Gleise mit Straßenfahrzeugen (bei Reparaturarbeiten oder bei Notfalleinsätzen) befahrbar sind.

Abbildung 1: Zusatztunnel für Stuttgart 21
 Nordzulauftunnel über ca. 10 Kilometer



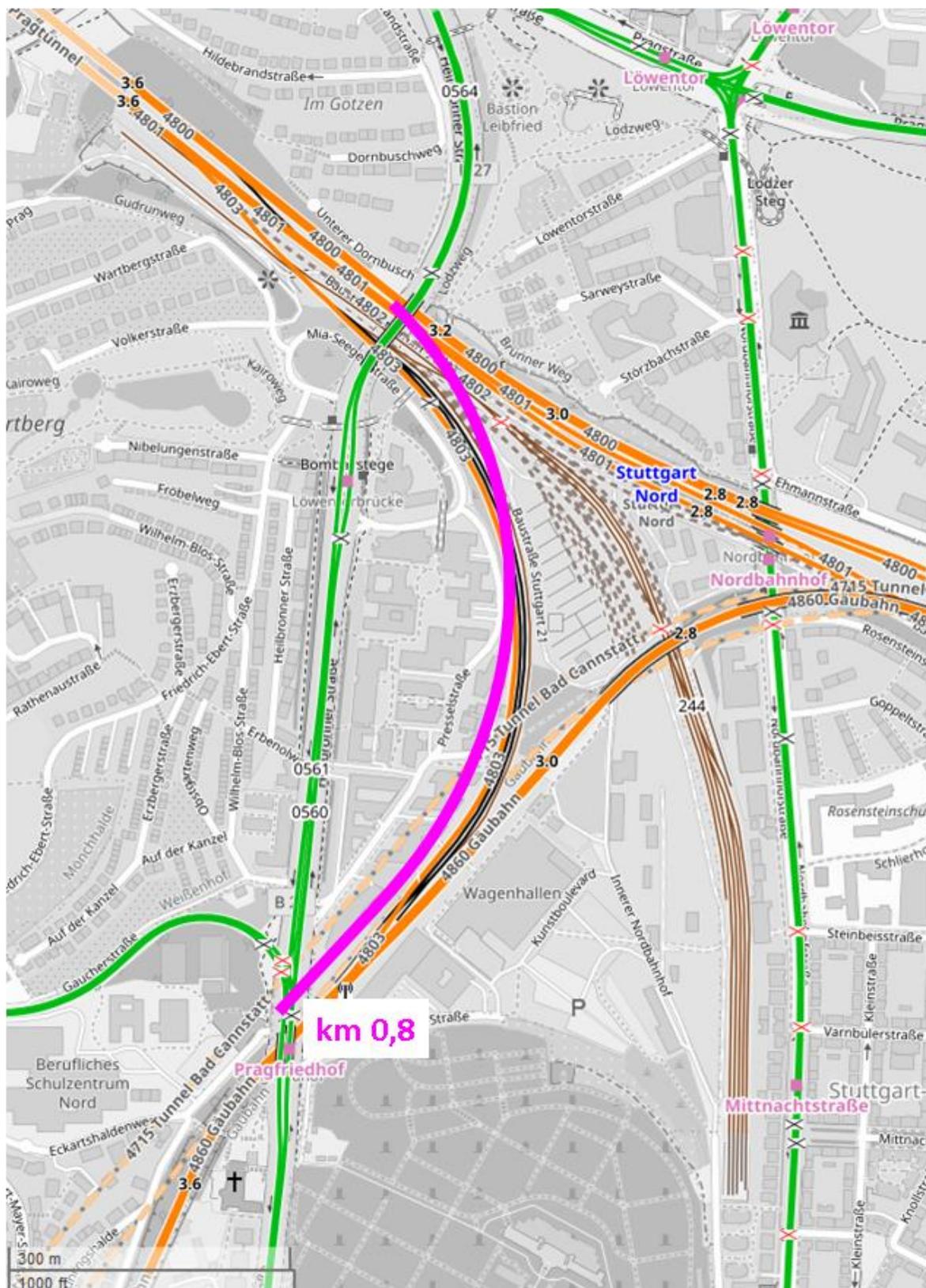
Denkbarer Verlauf des zusätzlichen Nordzulauftunnels zwischen Schnellfahrstrecke nach Mannheim und derzeit im Neubau befindlicher Zufahrt von Feuerbach zum S21-Tiefbahnhof. Eingezeichnet in einen Kartenauszug aus Open Railway Map, Stand 08.02.2021.

Abbildung 2: Zusatztunnel für Stuttgart 21
 Gäubahntunnel („Bilgertunnel“) über ca. 12 Kilometer



Denkbarer Verlauf des zusätzlichen Gäubahntunnels zwischen Böblingen und Flughafen-Fernbahnhof, beginnend etwa bei km 21.8 der Bahnstrecke Nr. 4860 (Gäubahn) bis zur Einschleifung in die von Wendlingen kommenden Zulaufgleise in den Flughafen-Fernbahnhof. Eingezeichnet in einen Kartenauszug aus Open Railway Map, Stand 08.02.2021

Abbildung 3: Zusatztunnels für Stuttgart 21
 Verbindung Feuerbach–Zulauftunnels Cannstatt („P-Option“)



Der für die P-Option notwendige Tunnel würde von der Unterführung der Löwentorbrücke bis zu den in den Tunnels von und nach Bad Cannstatt vorgesehenen Anschlusspunkten führen. Eingezeichnet in einen Kartenauszug aus Open Railway Map, Stand 08.02.2021.

Zusammenfassung der Quellenangaben:

- 1 Milankovic, Christian: Bahnverkehr in Stuttgart, Bund plant neuen Bahntunnel im Norden, in: STUTTGARTER ZEITUNG, 12. 3. 2020
- 2 Schunder, Josef: Staatssekretär verspricht Gäubahn-Tunnel, in: STUTTGARTER ZEITUNG, 6. 7. 2020
- 3 DB AG: DB Bahnprojekt Stuttgart – Ulm: Die Erweiterungsoptionen von Stuttgart 21, o. J., Seite 2
- 4 Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg: PLANUNG – Ergänzende Infrastruktur für den Schienenknoten Stuttgart, o. J., Seite 3, <https://vm.baden-Wuerttemberg.de/de/mobilitaet-verkehr/schiene/stuttgart21/ergaenzende-infrastruktur/?type=9>
- 5 Rößler, Karlheinz: Quantifizierung der Treibhausgasemissionen des Projekts Stuttgart 21, Auftraggeber: Aktionsbündnis gegen Stuttgart 21, 25. 10. 2017, Tab. 2
- 6 DB AG: DB Bahnprojekt Stuttgart – Ulm: Die Erweiterungsoptionen von Stuttgart 21, o. J., Seite 2
- 7 Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Katzenbergtunnel>
- 8 Wikipedia:
https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnhof_K%C3%B6ln/Bonn_Flughafen
- 9 mit "Trompete" wird im Tunnelbau die Aufweitung des Tunnels in der Breite bezeichnet, um so im Untergrund den notwendigen Platz für die Verzweigung von Gleisen oder für Bahnsteige zu erhalten
- 10 VIIEGG-RÖSSLER GmbH: Aktualisierung der Baukosten-Prognose von 2008 für das Projekt Stuttgart 21, Auftraggeber: Aktionsbündnis gegen Stuttgart 21, 15. 12. 2015, Seite 17
- 11 Vieregg, Martin: Die Zweite S-Bahn-Stammstrecke in München – eine unendliche Geschichte, in: Eisenbahn-Revue International 1/2021, Seite 53
- 12 VIIEGG-RÖSSLER GmbH: Ermittlung der wahrscheinlichen Kosten des Projektes Stuttgart 21, Auftraggeber: Fraktion Bündnis 90 / DIE GRÜNEN im Gemeinderat der Stadt Stuttgart, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) e. V., Landesverband Baden-Württemberg, Juli 2008, Seite 22
- 13 <https://bki.de/zur-prognose-der-baukosten.html>
- 14 Nachrichtenportal "Salzburg 24", 28. 10. 2020, <https://www.salzburg24.at/news/oesterreich/brenner-basistunnel-vertrag-mit-porr-aufgekuendigt-94814872>
- 15 Schmied, Martin / Mottschall, Moritz (Öko-Institut e. V.): Treibhausgasemissionen durch die Schieneninfrastruktur und Schienenfahrzeuge in Deutschland (FKZ 363 01 244), in Kooperation mit dem DB Umweltzentrum, Berlin, Dezember 2013; Mottschall, Moritz / Bergmann, Thomas (Öko-Institut e. V.): Treibhausgasemissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland, Auftraggeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Dezember 2013; Umweltbundesamt (Hrsg.):

- Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger – Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2013, Autoren: Michael Memmler et al., CLIMATE CHANGE 29/2014, Dessau-Roßlau, 2014; Bergmann, Thomas / Bleher, Daniel / Jenseit, Wolfgang (Öko-Institut e.V.): Ressourceneffizienzpotenziale im Tiefbau – Materialaufwendungen und technische Lösung, Redaktion: VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE), Berlin 2015, S.104
- 16 Schmied, Martin / Mottschall, Moritz (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch die Schieneninfrastruktur und Schienenfahrzeuge in Deutschland (FKZ 363 01 244), in Kooperation mit dem DB Umweltzentrum, Berlin, Dezember 2013, S.18f
- 17 a. a. O. , S.3
- 18 Mottschall, Moritz / Bergmann, Thomas (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland, Auftraggeber: Umweltbundesamt, Tabelle 86, S.170, Dessau-Roßlau, Dezember 2013
- 19 ebenda
- 20 Schmied, Martin / Mottschall, Moritz (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch die Schieneninfrastruktur und Schienenfahrzeuge in Deutschland (FKZ 363 01 244), in Kooperation mit dem DB Umweltzentrum, Berlin, Dezember 2013, Tab. 16, S.34
- 21 ebenda, S.27
- 22 Mottschall, Moritz / Bergmann, Thomas (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland, Auftraggeber: Umweltbundesamt, Tabelle 86, S.170, Dessau-Roßlau, Dezember 2013
- 23 Schmied, Martin / Mottschall, Moritz (Öko-Institut e.V.): Treibhausgasemissionen durch die Schieneninfrastruktur und Schienenfahrzeuge in Deutschland (FKZ 363 01 244), mit DB Umweltzentrum, Berlin, Dez. 2013, S.50
- 24 VIAREGG-RÖSSLER GmbH: Quantifizierung der Treibhausgasemissionen des Projekts Stuttgart 21, Auftraggeber: Aktionsbündnis gegen Stuttgart 21, 25.10.2017, Seite 53
- 25 Rößler, Karlheinz: Quantifizierung der Treibhausgasemissionen des Projekts Stuttgart 21, Auftraggeber: Aktionsbündnis gegen Stuttgart 21, 25.10.2017, Tab.2
- 26 DB Netze: Bahnprojekt Stuttgart-Ulm, Planfeststellungsabschnitt 1.5 - Zuführung Feuerbach und Bad Cannstatt, Präsentation am 23.05.2014, Seite 14f.
- 27 DB Netze, wie 24, Seite 19
- 28 <https://nullbarriere.de/rampen-steigung.htm>