



Ermittlung der wahrscheinlichen Kosten des Projekts 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

München, im Juli 2008



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Titelseite	1
Inhaltsverzeichnis	2
1. Ausgangssituation und Zielsetzung der Untersuchung	4
2. Vorgehensweise und Gegenstand der Untersuchung	6
3. Vorbemerkungen zur Projektkostenermittlung	9
3.1 Grundlegende Methodik der Ermittlung von Bau- und Projektkosten	9
3.2 Wahl der Tunnelbaumethoden	11
3.2.1 Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT)	12
3.2.2 Vortrieb mit Tunnelbohrmaschinen (TBM)	13
3.2.3 Historischer Abriß zur Wahl der Bauverfahren TBM versus NÖT am Beispiel U-Bahn-Bau in München	15
3.2.4 Wahl der Bauverfahren des Projekts Stuttgart 21	16
3.3 Berücksichtigung von Baupreis-Steigerungen	21
3.4 Zur Frage der Behandlung der Umsatzsteuer	24
4. Wahrscheinliche Kosten des Projekts Stuttgart 21	25
4.1 Kostenermittlung mit Preisstand 2006	25
4.1.1 Kostenfaktoren der unterirdischen Strecken und Bahnhöfe	25
4.1.2 Projektkosten von Stuttgart 21 mit Preisstand 2006	27
4.2 Kostenermittlung unter Berücksichtigung der Baupreis-Steigerungen ab 2006 sowie der schon angefallenen Planungskosten	32
5. Validierung der Kostenermittlung durch alternative Rechenwege	35
5.1 Hochrechnung der Projektkosten anhand der Planung des Jahres 1994	35
5.2 Hochrechnung der Projektkosten anhand der bisherigen Planungskosten	40
5.3 Herleitung der Tunnelbaukosten von Stuttgart 21 aus den Kosten des geplanten Zweiten S-Bahn-Tunnels in München	41

6. Kurzfassung	44
Quellenangaben	50
Zur VIEREGG-RÖSSLER GmbH	51

Abbildungen in separater PDF-Datei:

Abb. 1: Stuttgart 21 - Aktueller Planungsstand

Abb. 2: Unterstellte Tunnelbauverfahren

Abb. 3: Querschnitte von Tunnelstrecken

Abb. 4: Tunnelbaukosten pro mü Volumen

Abb. 5: Stuttgart 21 Planungsstand 1994

Abb. 6: Stuttgart 21 Vergleich Planungsstand 1994 mit aktueller Planung

1. Ausgangssituation und Zielsetzung der Untersuchung

Vor gut 14 Jahren, nämlich im April 1994 wurde das Projekt Stuttgart 21 vom damaligen Vorstandsvorsitzenden der DB AG, Heinz Dürr, zusammen mit dem damaligen Ministerpräsidenten Erwin Teufel, dem damaligen Bundesverkehrsminister Matthias Wissmann, dem damaligen Oberbürgermeister Manfred Rommel und weiteren damaligen Politikern des Landes erstmals der Öffentlichkeit präsentiert.¹ Diese Präsentation fand damals eine große, positive Resonanz unter Fachleuten und Journalisten.² Doch bereits im Oktober 1990 hatten die drei Stadtplaner Hansjörg Bohm, Klaus Gurk und Christian Wendt+ im Prinzip denselben Vorschlag vorgelegt³, allerdings ohne auf vergleichbares öffentliches Interesse zu stoßen. Die Investitionskosten für das Projekt Stuttgart 21 wurden 1994 von der DB AG mit ca. 4,8 Mrd DM (ca. 2,45 Mrd EUR) beziffert, wobei der Preisstand des Jahres 1993 zugrunde gelegt wurde.⁴ Auch 13 Jahre später, nämlich Mitte 2007, wurden die Projektkosten von Stuttgart 21 nur geringfügig höher veranschlagt, und zwar mit 2,8 Mrd EUR,⁵ was nur durch eine durchschnittliche Preissteigerung von unter 1% pro Jahr erklärbar wäre.

Seit der öffentlichkeitswirksamen Präsentation 1994 und deren positives Echo in Politik und Medien stößt das Projekt Stuttgart 21 in der politischen Diskussion zunehmend auf Kritik, wobei es vor allem um Aspekte wie Erlebnisqualität und Sicherheit der Fahrgäste, verkehrlicher Nutzen, Architektur, Stadtentwicklung, Denkmalschutz und Belastungen der öffentlichen Haushalte geht. Diese Kritik gipfelt in folgender Aussage:

"Wir sind der Meinung, dass weitgehend in Tunnels geführter Bahnverkehr, ein unterirdischer anonymer Bahnhof, im Keller, im Schattenreich, der Entzug der Landschaft, der Städte, der sichtbaren Welt, den Reisenden/den Menschen nicht zugemutet werden kann und darf."⁶

Im November 2007 zeigten mehr als 60.000 Bewohner aus Stuttgart im Rahmen eines Bürgerbegehrens (Mindestzahl: 20.000 Unterschriften) ihre Ablehnung des Projekts. Wenige Monate zuvor, nämlich im Juli 2007, war ein Memorandum of Understanding zwischen Bund, Land, Stadt Stuttgart und DB AG zur Realisierung von Stuttgart 21 unterzeichnet worden. Unmittelbar nach der Sommerpause 2008 soll nun zwischen den genannten Partnern eine endgültige Vereinbarung zur Finanzierung des Projekts Stuttgart 21 abgeschlossen werden. Der Beginn der Bauarbeiten ist für das Jahr 2010 angesetzt.

In einem Memorandum of Understanding vom Juli 2007 ist vorgesehen, daß die für das Projekt Stuttgart 21 genannte Investitionssumme von 2,8 Mrd EUR folgendermaßen aufgebracht werden sollte: 1,4 Mrd EUR durch die DB AG, 0,5 Mrd EUR durch die Bundesrepublik Deutschland, rund 0,7 Mrd EUR durch das Land Baden-Württemberg zusammen mit Region und Stadt Stuttgart sowie rund 0,2 Mrd EUR durch die Europäische Union.⁷ Zugleich erklärten die Vertragspartner, daß eventuelle Mehrkosten von bis zu 1,3 Mrd EUR durch das Land Baden-Württemberg und die Stadt Stuttgart gemeinsam zu tragen seien. Völlig ungeklärt ist hingegen, wer für die Mehrkosten aufkommt, welche die Summe von 1,3 Mrd EUR übersteigen.⁸ Mit drastischen Mehrkosten ist allein schon deshalb zu rechnen, weil die Baupreise seit 2006 überproportional stark angestiegen sind und diese Preissteigerung wegen der wachsenden Preise für Rohstoffe und Energieträger möglicherweise in den kommenden Jahren, also während der geplanten Realisierungsphase von Stuttgart 21, weiter anhalten wird.

Die Erfahrungen mit zahlreichen Eisenbahn-Großprojekten der letzten Jahre zeigen, daß sich die Investitionskosten für derartige Bauvorhaben in der Zeit von der Konzeptionalisierung bis zur Fertigstellung meist verdoppeln bis verdreifachen, insbesondere wenn der Anteil von Tunnelbauwerken am Gesamtprojekt sehr hoch ist. Als Beispiele hierfür seien die tunnelreiche ICE-Neubaustrecke Nürnberg - Ingolstadt sowie der Berliner Nord-Süd-Fernbahntunnel incl. neuer Hauptbahnhof genannt - beide Projekte wurden 2006 fertiggestellt.

Die erste Kostenermittlung für Stuttgart 21 stammt aus den neunziger Jahren (Preisstand 1993), als die Planung für dieses Projekt bei weitem noch nicht den heutigen Detaillierungsgrad hatte und weniger Tunnelstrecken als nach dem aktuellen Planungsstand umfaßte. Zugleich war damals der technische Fortschritt, der seither beim bergmännischen Vortrieb von Tunneln eingetreten ist und der dämpfend auf den Preisanstieg der Baukosten wirkt, noch nicht absehbar.

Angesichts der großen finanziellen Unwägbarkeiten ist es notwendig, noch vor Abschluß der anstehenden Finanzierungsvereinbarung und insbesondere vor dem Baubeginn eine realistische Kostenermittlung für das Projekt Stuttgart 21 durchzuführen, um ggfs. die politische Entscheidung noch rechtzeitig revidieren zu können. Deshalb erhielt die VIEREGG-RÖSSLER GmbH am 6.5.2008 von der Fraktion Bündnis 90 / DIE GRÜNEN im Gemeinderat der Stadt Stuttgart und dem BUND Landesverband Baden-Württemberg den Auftrag, die wahrscheinlichen Kosten des Projektes Stuttgart 21 zu ermitteln. Diese Untersuchung wird im folgenden beschrieben.

2. Vorgehensweise und Gegenstand der Untersuchung

Um eine verlässliche Kostenschätzung für das Projekt Stuttgart 21 zu erreichen, ist eine **Vorgehensweise in mehreren Schritten** notwendig:

Schritt 1: Analyse der Planfeststellungsunterlagen

Alle für die Kostenermittlung relevanten Unterlagen, die vom Vorhabens-träger im Planfeststellungsverfahren eingereicht wurden, sowie eventuelle Planänderungen in den bereits abgeschlossenen Planfeststellungsverfahren für einzelne Planungsabschnitte wurden ausgewertet. Hierbei wurden insbesondere

- Lagepläne
- Aufrißzeichnungen (Höhenprofile der Trassen)
- Querschnittszeichnungen der Trassen, insbesondere von Tunnelstrecken
- Querschnittszeichnungen der unterirdischen Bahnhöfe
- geologische Längsschnitte
- erläuternde Texte, vor allem zur geologischen Struktur und zu den möglichen Tunnelbauverfahren

herangezogen. Aus diesen Unterlagen wurde die Dimensionierung der einzelnen Komponenten von Stuttgart 21 abgeleitet, beispielsweise die Bauwerkslängen und die Länge sowie der Ausbruchsquerschnitt von Tunnels und Tunnelbahnhöfen.

Schritt 2: Recherchen zu den Kosten vergleichbarer Projekte

Die VIEREGG-RÖSSLER GmbH, die sich seit fast zwei Jahrzehnten schwerpunktmäßig mit Eisenbahn-Großprojekten beschäftigt, verfügt über eine Vielzahl von Basisdaten zur Baukostenermittlung von Eisenbahn-Bauwerken (Tunnels, Brücken, Dämme, Einschnitte, Bahnhöfe, ebenerdige Trassen, Streckenausrüstung etc.). Darüberhinaus wurden zusätzliche Recherchen durchgeführt, um noch präzisere und detaillierte Grundlagendaten über die geologischen Strukturen zu gewinnen, in denen die Tunnels des Projekts Stuttgart 21 verlaufen sollen. Hierzu wurden auch Daten ausgewertet, die beim Auffahren des S-Bahn-Tunnels von der Stuttgarter Stadtmitte in Richtung Vaihingen (Hasenbergstunnel) gewonnen wurden.⁹ Eine wichtige

Datenbasis stellen auch die Planungen zum Zweiten S-Bahn-Tunnel in München dar, zu dessen wahrscheinlichen Baukosten die VIEREGG-RÖSSLER GmbH parallel zu der vorliegenden Studie ebenfalls eine Untersuchung durchführte.¹⁰

Schritt 3: Kalkulation der Projektkosten zum Preisstand 2006

Die Projektkosten von Stuttgart 21 werden zum Preisstand des Jahres 2006 ermittelt.

Schritt 4: Kalkulation der Projektkosten zum aktuellen Preisstand 2008

Basierend auf den ermittelten Kosten zum Preisstand 2006 wird anhand der seither stattgefundenen Preissteigerung bei ähnlichen Bauvorhaben eine Kalkulation zum aktuellen Preisstand, also für das Jahr 2008, vorgenommen.

Schritt 5: Prognose der Projektkosten bis zur Fertigstellung

Es wird eine Prognose erstellt, in welcher Höhe eine weitere Preissteigerung aufgrund allgemein steigender Baupreise bis zum Abschluß des Projektes möglich ist. Hierbei wird ein unterer und ein oberer möglicher Eckwert für künftige Preissteigerungen in Prozent pro Jahr angenommen.

Der **Gegenstand dieser Untersuchung** sind die Kosten aller Baumaßnahmen des Projekts Stuttgart 21, das sich folgendermaßen gliedern läßt, wobei weitgehend die Unterteilung in die 7 Planfeststellungsabschnitte (PFA) zugrundegelegt wurde:

- Talquerung mit unterirdischem Hauptbahnhof (PFA 1.1)
- Umbau der vorhandenen Gleisanlagen des heutigen Hauptbahnhofs während der Bauzeit (ebenfalls PFA 1.1)
- Eisenbahn-Neubaustrecke vom Südostkopf Hauptbahnhof auf die Fildern (Fildertunnel PFA 1.2)
- oberirdische Eisenbahn-Neubaustrecke entlang der A8 im Bereich Flughafen sowie unterirdischer Flughafen-Fernbahnhof (PFA 1.3)
- Anbindung der Gäubahn mit Schleife vom S-Bahnhof Flughafen an die Neubaustrecke sowie Rohrer Kurve (ebenfalls PFA 1.3)
- oberirdische Eisenbahn-Neubaustrecke entlang der A8 im Bereich Denkendorf bis kurz vor Wendlingen (PFA 1.4)
- Eisenbahn-Neubaustrecke vom Hauptbahnhof-Nordwestkopf nach Feuerbach (PFA 1.5)
- Eisenbahn-Neubaustrecke vom Hauptbahnhof-Nordwestkopf nach Bad Cannstatt (ebenfalls PFA 1.5)
- S-Bahn-Neubaustrecke vom nördlichen Hauptbahnhof über Mittnachtstraße nach Bad Cannstatt mit Abzweig zum Pragtunnel im Bereich Mittnachtstraße (ebenfalls PFA 1.5)
- Eisenbahn-Neubaustrecke vom Hauptbahnhof-Südostkopf nach Oberürkheim mit Abzweig von Wangen nach Untertürkheim sowie Neubau oberirdischer Gleisanlagen im Bereich Daimler Motorenwerk (PFA 1.6a)
- Bau des Abstellbahnhofs Untertürkheim (PFA 1.6b)
- Neubau des U-Bahn-Tunnels unter der Heilbronner Straße
- Neubau der U-Bahn-Station Staatsgalerie mit Anschlußstrecken sowie Verlängerung des Straßentunnels am Gebhard-Müller-Platz
- Ersatzmaßnahmen für Gebäude, die dem Bau von Stuttgart 21 im Wege stehen
- Abtragen der heutigen Bahndämme im Bereich Mittnachtstraße
- Transport eines Teils des Tunnelaushubs zu einer Deponie in Sachsen-Anhalt.

Die Ermittlung der Baukosten für die Neubaustrecke ab Wendlingen nach Ulm ist nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Eine Übersicht über die Planfeststellungsabschnitte des Projekts Stuttgart 21 findet sich in Abb. 1.

3. Vorbemerkungen zur Projektkostenermittlung

3.1 Grundlegende Methodik der Ermittlung von Bau- und Projektkosten

Als Grundlage für die Ermittlung der Investitionskosten für Stuttgart 21 stehen empirisch gewonnene und somit gesicherte Daten zu den Kosten von einzelnen Baumaßnahmen zur Verfügung. Diese Kosten, die bei zahlreichen anderen, bereits fertiggestellten Eisenbahnprojekten angefallen sind, werden in pauschalisierter Form verwendet, nämlich bezogen auf das Bauwerks-Volumen, die Bauwerkslänge, die Bauwerks-Fläche, die Stückzahl usw. Beispiele für derartige **Kostenpauschalen** sind:

- Kosten pro Kubikmeter Tunnelvolumen bei einer bestimmten Tunnelbauweise und bei bestimmten Bedingungen der Grundwasserhaltung und der Geologie
- Kosten pro Meter Gleis incl. anteilige Kosten für Elektrifizierung und Signaltechnik
- Kosten pro Weiche mit einem bestimmten Weichenradius
- Kosten pro Rolltreppe, unterschieden nach deren Länge usw.

Insgesamt wurden 63 unterschiedliche Kostenpositionen erfaßt.

Nicht berücksichtigt sind hingegen die Kosten, die durch die Beseitigung der vorhandenen Gleisanlagen des Stuttgarter Hauptbahnhofs incl. Abstellbahnhof und "Tunnelgebirge" verursacht werden. Denn es ist davon auszugehen, daß der hierbei gewonnene Stahl der abzubauenen Schienen, Oberleitungsmasten und anderer Anlagenteile verkauft wird, so daß die erzielbaren Erlöse zumindest in größeren Teilen die anfallen Kosten des Infrastruktur-Abbaus kompensieren werden. Ebenfalls nicht berücksichtigt sind die Baukosten für neue Hochbauten, die nicht unmittelbar dem Betrieb von Schienenfahrzeugen (Regional-, Fernzüge, S-Bahn, U-Bahn) dienen, wie z.B. das geplante nordöstliche Empfangsgebäude des Hauptbahnhofs und das geplante oberirdische Empfangsgebäude des Flughafen-Fernbahnhofs.

Die einzelnen Kostenpauschalen wurden anhand einer Vielzahl von Projekten erhoben, die überwiegend zwischen 1997 und 2005 realisiert wurden. Der Zeitraum von 2000 bis 2005 weist nahezu konstante Preise im Baubereich aus, mit geringfügigen Steigerungen um 2000 (Konjunktur-Boomphase) und leicht rückläufigen Preisen in der Rezessionsphase von 2002 bis 2004. Kostenpauschalen anhand älterer Projekte wurden an den aktuellen Preisstand angepaßt. Die Methodik der Preisanpassung wird in Kapitel 3.3 beschrieben.

Neben einzelnen Posten für konkrete Baumaßnahmen werden außerdem noch **pauschale Zuschläge** berücksichtigt:

- 3% für Umweltschutzaufgaben; dieser Wert ist aufgrund der weitgehend unterirdischen Streckenführung geringer als bei Eisenbahn-Projekten mit ganz oder überwiegend oberirdischem Trassenverlauf
- 7% für Eingriffe in "Anlagen Dritter", beispielsweise den Ersatz von kleineren Gebäuden, für Spartenverlegung und insbesondere für die Wiederherstellung der Oberfläche nach dem Tunnelbau bei offener Bauweise sowie beim bergmännischen Vortrieb an den Stellen, wo zuvor Angriffsschächte für den Tunnelvortrieb gebaut worden waren. Der genannte Wert von 7% ist aus Erfahrungen beim Münchner U-Bahn-Bau ermittelt worden.
- 10% für "Unvorhergesehenes" sowie für Kleinbauwerke, deren Kostenerfassung zu aufwendig wäre bzw. die aufgrund der noch fehlenden künftigen Ausführungsplanung auch noch nicht im Detail festgelegt sind (z.B. Lärmschutzwände, Entrauchungsschächte)
- 10% für die Planungskosten incl. Bauüberwachung nach HOAI-Honorartafel § 55.

Aus diesen pauschalen Einzelzuschlägen läßt sich folgender Gesamtzuschlag zu den Baukosten errechnen:

$$1,03 \times 1,07 \times 1,10 \times 1,10 = 1,334.$$

Somit enthalten die Projektkosten einen Zuschlag von 33,4% zu den Kosten aller Einzelbauwerke, die einzeln erfaßt wurden. Oder anders ausgedrückt: Die Gesamtkosten des Projekts Stuttgart 21 liegen um ein Drittel höher als die Kosten aller einzeln erfaßten Baumaßnahmen zusammen.

Bei der Abgrenzung der Erfassung von Einzelmaßnahmen wurde darauf geachtet, daß die üblichen Zuschläge für "Anlagen Dritter" in der genannten Höhe von 7% vergleichbar mit anderen Projekten sind: So wurde bei-

spielsweise der Neubau des Nesenbach-Kanals - dieser hat die Dimensionen eines 1-gleisigen U-Bahn-Tunnels - als Einzelmaßnahme erfaßt, während der Neubau des deutlich kleineren Kanals "Hauptsammler West" absichtlich nicht erfaßt wurde, um den angesetzten üblichen Zuschlag für "Anlagen Dritter" rechtfertigen zu können.

Die hier gewählte Vorgehensweise zur Ermittlung von Kosten mit Hilfe von Zuschlägen ist ein gängiges Verfahren. Die DB AG rechnet in ihren Kostentabellen für Eisenbahn-Neubaustrecken mit vergleichbaren Werten.

3.2 Wahl der Tunnelbaumethoden

Beim Projekt Stuttgart 21 fallen, wie später noch dargestellt wird, 88% der Gesamtkosten für den Bau der Tunnels und Tunnelbahnhöfe an, z.B. für den Rohbau der Tunnelröhren, für den Innenausbau der Tunnels, Rolltreppen für Tunnelbahnhöfe, zusätzliche Kosten für Sicherheitsmaßnahmen usw. Maßgeblich für eine korrekte Kostenermittlung ist deshalb die detaillierte Auseinandersetzung mit den möglichen Kosten von Tunnelstrecken, und hier ganz besonders mit den Rohbaukosten der Tunnels. Der Einfluß der tunnel-unabhängigen Kosten (Gleise, Weichen, Kosten für oberirdischen Bahnsteig am neuen S-Bf Mittnachtstraße) auf die Kosten des Gesamtprojektes ist dagegen nur gering.

Beim Tunnelbau unterscheidet man offene und bergmännische Bauweisen. Bei der offenen Bauweise wird das darüberliegende Gelände freigeräumt und anschließend eine offene Baugrube gegraben, in welcher sodann die Sohle, die Seitenwände und die Decke des Tunnel gebaut werden. Bei dieser Methode entsteht ein rechteckiger Tunnelquerschnitt. Die verschiedenen Baumethoden innerhalb der offenen Bauweise sind in der vorliegenden Studie nicht weiter von Belang.

Bei den bergmännischen Bauweisen wird die Oberfläche nur an einzelnen Angriffspunkten tangiert, die eigentliche Tunnelbaustelle liegt unterirdisch. Man unterscheidet im wesentlichen zwei Methoden: Die Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT), auch Spritzbetonbauweise oder "konventioneller Vortrieb" genannt, sowie den automatisierten Tunnelvortrieb mit Tunnelbohrmaschinen (TBM). Beide bergmännische Methoden werden nachstehend erläutert.

3.2.1 Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT)

Das Bauverfahren NÖT stammt, wie der Name schon sagt, aus Österreich und wird in Deutschland seit den 70er Jahren eingesetzt. In den 80er Jahren wurde es de-facto zum Standard des Tunnelbaus in Deutschland. Die bergmännischen Abschnitte der Tunnels der DB-Neubaustrecken Mannheim - Stuttgart und Hannover - Würzburg sind praktisch vollständig in NÖT errichtet worden. Bei der NÖT geht man davon aus, daß die den aufzufahrenden Tunnel umgebenden Gesteinsmassen vorübergehend standfest sind. In der Regel wird mit konventionellen Mitteln (z.B. Tunnelbagger, teilweise auch Sprengung) jeweils ein relativ kurzes Stück der Tunnelröhre (im Meterbereich) vorgetrieben, dann die freigelegte künftige Tunnelwand mit Stahlmatten bewehrt und anschließend ohne Verschalung mit Spritzbeton gesichert. Der flüssige Beton wird hierbei mit großem Druck an die Tunnelwand gespritzt, daher der Name Spritzbetonbauweise. Nach Aushärten des Betons ist somit ein kurzer Abschnitt der Außenschale des Tunnels fertiggestellt und die Gefahr des Hereinbrechens des umgebenden Gesteins dauerhaft gebannt. Danach wird das nächste kurze Stück der Tunnelröhre ausgebrochen.

Nachdem die Tunnelröhre mit Hilfe der Spritzbeton-Außenschale kurzfristig gesichert ist, wird mit einem Schalwagen die sog. Innenschale eingebracht, die wesentlich dicker ist als die genannte Außenschale. Erst diese Schale schafft die dauerhafte Standsicherheit und ggfs. die Dichtheit des Tunnels gegenüber Wassereintritten.

Ist die Standhaftigkeit des umgebenden Gesteins - in der Bergmannsprache als "Gebirge" bezeichnet - nicht sichergestellt (z.B. Sandboden, Kiesboden), so muß mit vorausgehenden "Injektionen" in das Erdreich ein temporäres unterirdisches "Dach" erzeugt werden, und zwar entweder durch Einbringung von Beton oder durch Gefrieren des umgebenden wasserhaltigen Gesteins. Diese ggfs. erforderlichen Injektionen sind wiederum ein wichtiger Aspekt bei der Kostenermittlung.

Bei der Erstellung großer Tunnelquerschnitte, z.B. bei zweigleisigen Tunnels, muß der Vortrieb per NÖT quasi in nebeneinander liegenden "Einzeltunnels", den sog. Ulmen-, Kalotten- und Strossen-Stollen vorgenommen werden und nach Auffahren der einzelnen Stollen wird das noch stehengebliebene säulenförmige Gestein bzw. die Tunnelzwischenwand entfernt. Meist wird bei der Methode NÖT ein halbkreisförmiger (sog. "Maulprofil") bis ovaler Tunnelquerschnitt errichtet. Wenn der Gesteins- oder Wasserdruck sehr hoch ist, werden auch kreisrunde Querschnitte gewählt.

Die Vortriebsgeschwindigkeit ergibt sich aus der Standhaftigkeit des Gebirges. Wenn das Gebirge nicht standhaft ist bzw. ein möglicher Gesteins-Einbruch in den bereits gegrabenen Stollen zu schweren Schäden führen würde, weil Häuser darüber liegen, darf nur eine Tunnelstrecke von maximal 1 m Länge oder sogar weniger in einem Stück ausgebrochen und betoniert werden. Ist das Gebirge standfest, kann der Tunnelvortrieb in einem Stück auch eine Länge von mehreren Metern haben. Aus diesem Sachverhalt ergibt sich auch die Faustregel, daß Tunnelbau in Städten, bezogen auf das Tunnelvolumen, deutlich teurer ist als in der freien Natur, in der die sog. Setzungen - das über dem Stollen liegende Gestein sinkt ein und im Extremfall bildet sich an der Oberfläche sogar ein Krater - eher toleriert werden können als in bebautem Gelände.

Ein Nachteil der Bauweise NÖT gegenüber dem Einsatz von TBM ist, daß im Bereich des Tunnelvortriebes der Stollen gegenüber dem Erdreich nicht abgedichtet ist, so daß Wasser eindringen kann. Deshalb muß, wenn der Vortrieb unterhalb des Grundwasserspiegels stattfindet, was meistens der Fall ist, durch Grundwasserabsenkung oder -entspannung, kombiniert mit dem Vortrieb unter Druckluft, das Eindringen des Grundwassers vermieden werden. Vortrieb unter Druckluft bedeutet, daß der gesamte fertige Tunnel unter Überdruck gesetzt wird und jedes Fahrzeug, jede Baumaschine sowie jeder Bauarbeiter eine Schleuse passieren muß. Beim Verlassen der Baustelle müssen die Bauarbeiter sogar ca. 2 Stunden in einer Druckkammer verbringen, um keine Taucherkrankheit (Ansammlung von Stickstoff im Blut) zu bekommen.

Die Kosten pro m³ eines Vortriebes der Bauweise NÖT werden somit in erster Linie durch die örtliche Grundwassersituation sowie die Standfestigkeit des Gesteins bestimmt.

3.2.2 Vortrieb mit Tunnelbohrmaschinen (TBM)

Alternativ zur NÖT kann der Vortrieb von bergmännischen Tunnels mit Tunnelbohrmaschinen geschehen. Diese werden meist als "TBM" oder als "TVM" (Tunnelvortriebsmaschinen) bezeichnet. Meist haben diese Bohrmaschinen vorne ein Schild in Form des späteren Tunnels, weshalb sie auch "Schildbohrmaschinen" genannt werden, und besitzen in jedem Fall ein rotierendes Schneidrad am vorderen Ende. Tunnelbohrmaschinen haben eine Länge von bis zu 200 m und eine kreisrunde Form, entsprechend dem kreisförmigen Querschnitt der Tunnelröhre, die sie ausbrechen. Es gibt unterschiedliche Ausführungen von Tunnelbohrmaschinen, je nach verwendeter Geologie und Wasserführung des umgebenden Gesteins.

Die Schneidräder der Hartgesteinsmaschinen sind mit Diamanten bestückt, das harte Gestein wird relativ feinkörnig gemahlen und mit Förderbändern, mit Loren auf Gleisen oder mit LKWs abtransportiert. Das andere Ende der Skala der möglichen technischen Ausführungen ist der sog. Hydroschild, der erst in den letzten Jahren eingesetzt wird. Hierbei wird das Ausbruchsmaterial zunächst relativ fein gemahlen, dann mit einer Flüssigkeit vermischt und in Rohren abgesaugt. Das Schneidrad der TBM befindet sich zugleich im Wasser bzw. in einer Flüssigkeit, die den selben Druck aufweist wie das umgebende Wasser.

Bei stark wechselnden geologischen Verhältnissen kommen in letzter Zeit auch TBM mit sog. Mixschilden zum Einsatz: Die technische Ausrüstung der TBM ist austauschbar, so daß sie an die jeweiligen Gesteinsformationen angepaßt werden kann. Allerdings ist diese Umrüstung der TBM zeit- und kostenintensiv.

Der Vortrieb mit TBM geschieht folgendermaßen: Mit Hydraulikpressen schiebt sich die TBM vom schon gegrabenen Tunnel aus mit sich drehendem Schneidrad ins Gestein nach vorne, und zwar jeweils um ca. 1 m. Der so entstehende freie Raum befindet sich innerhalb des zylinderförmigen Schildes, so daß vom bereits vorhandenen Hohlraum aus keine Verbindung zum umgebenden Gestein besteht. Die Hydraulikpressen werden daraufhin zurückgefahren, und sog. Tübbings - das sind Betonfertigteile (Teil-Ringe) der künftigen Tunnelwand - werden im Schutz des zylinderförmigen Schildes in Position gebracht und durch Schrauben mit dem zuletzt eingesetzten Segment der Tunnelwand verbunden. Die Maschine schiebt sich anschließend erneut mit Hilfe der Hydraulikpressen ein weiteres Stück nach vorne, wobei sich die Pressen an den soeben eingesetzten Tübbings abstößt.

Die Kosten des Vortriebes mit TBM sind weniger stark von den geologischen und hydrogeologischen Bedingungen abhängig wie die Bauweise NÖT, als weitere Einflußgröße kommt jedoch die Vortriebslänge hinzu. Denn für den TBM-Vortrieb ist nicht nur die Tunnelbohrmaschine erforderlich, sondern auch eine Art "Fabrik" oder "Logistikzentrum" an der Oberfläche, und zwar unabhängig von der Länge der Vortriebsstrecke. Das bedeutet: Bei einer relativ großen Vortriebslänge amortisiert sich die Verwendung der TBM eher als bei einer kurzen Vortriebsstrecke.

3.2.3 Historischer Abriß zur Wahl der Bauverfahren TBM versus NÖT am Beispiel U-Bahn-Bau in München

In München, einer Stadt mit einer kontinuierlichen U-Bahn-Bauaktivität von ca. 1965 bis heute, bei der praktisch dieselbe Generation von Planungsingenieuren von den Anfängen bis heute tätig ist und außerdem im Untergrund des gesamten Stadtgebiets ähnliche geologische Bedingungen vorherrschen, kann in geradezu idealer Weise die Entwicklung der Bauverfahren beobachtet werden. Grundlegend beim U-Bahn-Bau in München war und ist ein Planfeststellungsverfahren, das sowohl das eigentliche Bauverfahren prinzipiell offen läßt als auch in der Ausschreibung von Tunnelbauten keine Festlegung der Baumethode trifft. Das heißt, daß die Baufirmen mit unterschiedlichen Bauverfahren um den Auftrag konkurrieren und somit der technische Fortschritt jederzeit in die Bauvorhaben einfließen kann. In Einzelfällen wird nicht einmal festgelegt, ob die offene Bauweise oder die bergmännische Bauweise anzuwenden ist.

Beim U-Bahn-Bau in München hat sich folgender Wechsel der Bauverfahren ergeben:

- In den 60er Jahren wurden nahezu alle bergmännischen Tunnels mit TBM vorgetrieben, wobei die Tunnels in der sog. zweischaligen Bauweise erstellt wurden: Hierbei besteht die äußere Schale aus Tübbings, während die innere Schale später mit einem Schalwagen betoniert wird, ähnlich der Bauweise NÖT.
- 70er Jahre: Das Verfahren NÖT wurde in München erstmals 1973 eingesetzt und verdrängte recht schnell die TBMs. Lediglich ein Baulos wurde noch mit TBM aufgeföhren, und zwar mit der zum damaligen Zeitpunkt neuartigen einschaligen Bauweise, bei der die Tübbings gleichzeitig Außen- und Innenhaut der Tunnelwand darstellen. Dieses Verfahren hat sich jedoch in den 80er Jahren nicht weiter durchgesetzt.
- In den 80er Jahren war die NÖT klar vorherrschend.
- In den 90er Jahren gab es ein Nebeneinander von NÖT und TBM in einschaliger Bauweise.
- Seit Ende der 90er Jahre ist die Baumethode mit TBM eindeutig vorherrschend. NÖT wird nur noch dort eingesetzt, wo TBM aus technischen Gründen nicht in Frage kommen.

3.2.4 Wahl der Bauverfahren des Projekts Stuttgart 21

Bauverfahren laut Planfeststellungsunterlagen

Technisch gesehen, kann jedes bergmännische Tunnelvorhaben in der Bauweise NÖT erstellt werden. Die Bauweise TBM kann dagegen grundsätzlich nur bei kreisrunden Tunnelquerschnitten zum Einsatz kommen, denn die Bohrmaschine ist wegen ihres rotierenden Schneidrades kreisrund. Es ist außerdem nicht möglich, den Ausbruchquerschnitt in einem TBM-Tunnel auf halber Strecke zu vergrößern oder zu verkleinern. Ganz anders die NÖT: Hier sind beliebige Querschnittsformen bautechnisch realisierbar: Wenn das Grundwasser oder andere Kräfte auf den Tunnel einwirken, werden auch bei NÖT kreisförmige Querschnitte gewählt. Am häufigsten werden jedoch mit der NÖT ovale Querschnitte hergestellt, insbesondere im Bereich von unterirdischen Bahnsteigen oder bei Tunnelröhren mit 2 oder mehr Gleisen. Anders ausgedrückt: Überall dort, wo man vom kreisrunden Tunnelquerschnitt abweichen muß, führt dies zwangsläufig zur Verwendung der NÖT anstelle von TBM.

Die Planung des Projekts Stuttgart 21 fiel in die zweite Hälfte der 90er Jahre und somit eine Zeit, als NÖT und TBM bei Tunnelprojekten "Kopf an Kopf" lagen. Es ist deshalb nachvollziehbar, daß sämtliche Planfeststellungsunterlagen von Stuttgart 21 die Bauweise NÖT unterstellen, zumal aufgrund der häufig wechselnden geologischen Verhältnisse im Stuttgarter Untergrund und den zu erwartenden Schwierigkeiten durch den unausgelaugten Gipskeuper im Anhydrit (näheres siehe unten) mit der konventionellen Bauweise NÖT leichter auf veränderte geologische Verhältnisse reagiert werden kann, auch wenn der meist unterstellte kreisrunde Querschnitt geradezu prädestiniert ist für den Einsatz von TBM.

Inzwischen hat sich das Verhältnis NÖT versus TBM grundlegend geändert: Bei allen hinsichtlich der Bautechnik offenen Ausschreibungen fiel in den letzten Jahren die Wahl fast nur noch auf die Methode TBM. Nach dem Gebot der Sparsamkeit ist es somit naheliegend, daß die bergmännischen Tunnels von Stuttgart 21 nicht mehr ausschließlich für das Verfahren NÖT geplant und ausgeschrieben sowie später mit NÖT gebaut werden. Denn dies würde zu wesentlichen Mehrkosten gegenüber der Baumethode TBM führen. Ein Indiz dafür, daß das Projekt vermutlich an die neuen technischen Gegebenheiten angepaßt wird, ist die Tatsache, daß der TBM-Hersteller Herrenknecht mit Sitz in Offenburg dem "Förderkreis Stuttgart 21" angehört.

Da die vorgelegten Planfeststellungsunterlagen das Bauverfahren NÖT unterstellen, sind bei einer Umstellung von NÖT auf TBM in den betroffenen Tunnelabschnitten vermutlich Planänderungsverfahren einzuleiten. Es ist durchaus möglich, daß dann auf die bislang geplanten, relativ flach verlaufenden, langen Zwischenangriffsstollen verzichtet werden kann. Als Ersatz dafür sind einige wenige Zwischenangriffspunkte mit kurzen, senkrechten Schächten als Start- bzw. Zielpunkte der TBM erforderlich, was weitaus geringere Baukosten verursacht als die genannten Stollen der NÖT.

Bauverfahren nach VIEREGG-RÖSSLER

Bezüglich einer fundierten Kostenschätzung von Stuttgart 21 ist es unumgänglich, daß für die einzelnen Tunnelabschnitte des Gesamtprojektes das jeweils geeignetere und somit kostengünstigere Bauverfahren zugrunde gelegt wird. Anhand der sehr umfangreichen geologischen Karten sowie ausführlichen tunnelbautechnischen Gutachten ist eine solche Prognose durchaus möglich. Im einzelnen werden von der VIEREGG-RÖSSLER GmbH folgende Tunnelbau-Techniken zugrunde gelegt:

Beim **Fildertunnel** (PFA 1.2) werden im unteren Teil (vom Talkessel bis Degerloch/Hoffeld) zwei kreisrunde Tunnels mit je einem Gleis im anhydritführenden unausgelaugten Gipskeuper gebaut. Hier ist der Vortrieb mit TBM technisch anspruchsvoll, denn angesichts der zu erwartenden hohen Gebirgsdrücke benötigt man eine wesentlich dickere Tunnelwand als sonst üblich. Das heißt, daß entweder relativ dicke Tübbings verbaut werden müssen oder daß man, falls der erhöhte Gebirgsdruck kurzfristig - während der Bauzeit - noch nicht auftritt, sondern erst später zu erwarten ist, nachträglich eine dicke Innenschale erstellt wird. Doch dies birgt das Risiko von Bauschäden während der Bauzeit, weil nicht auszuschließen ist, daß noch vor Einbringen der starken Innenschale die dünne Außenschale vom Gebirgsdruck beschädigt wird.

Es ist deshalb anzunehmen, daß in diesem Tunnelabschnitt aufgrund der genannten geologischen Schwierigkeiten der Kostenvorteil der TBM gegenüber NÖT deutlich geringerer ausfällt, als dies sonst beim Einsatz der TBM unter für diese Methode eher idealen geologischen Bedingungen der Fall ist, jedoch trotzdem noch ein Vorteil für TBM gegenüber NÖT verbleibt.

Im oberen Abschnitt des Fildertunnels (Degerloch - Fasanenhof) ist der Einsatz von TBM angesichts des wasserführenden, nicht völlig standfesten Gebirges geradezu ideal. Hier kann möglicherweise der moderne Hydrochild zur Anwendung kommen. Die Kosteneinsparungen gegenüber der Bauweise NÖT sind hier signifikant, vor allem angesichts der großen Tunnellänge von 4 bis 5 km.

Der geplante Zwischenangriffstollen auf halber Strecke des Fildertunnels kann bei Einsatz der TBM in jedem Fall entfallen. Stattdessen kann ein Mixschild auf gesamter Strecke eingesetzt werden, das unterhalb von Degerloch/Hoffeld umgerüstet wird. Hierbei ist jedoch mit einer sehr langen Bauzeit zu rechnen. Alternativ kann auch zwischen Degerloch und Hoffeld über der geplanten Trasse ein senkrechter Schacht hergestellt werden, bei dem die vom Hauptbahnhof ankommende, auf anhydritführendes Gestein spezialisierte Tunnelbohrmaschine wieder an die Oberfläche gebracht wird und von hier aus der Vortrieb mit Hydroschild in Richtung Fasanenhof stattfindet. Die Vortriebe wären dann in beiden Fällen "steigend". Das bedeutet: Der Tunnel wird ansteigend und nicht im Gefälle ("fallender Vortrieb") aufgeföhren. Der steigende Vortrieb ist im Fall von Wassereinbrüchen vorteilhaft, weil dann die TBM nicht vom eindringenden Wasser überflutet werden kann, da das Wasser durch den schon fertiggestellten Tunnelabschnitt abläuft. Alternativ könnte der obere Abschnitt auch vom nördlichen Ende südlich Fasanenhof aus im fallenden Vortrieb errichtet werden, was den genannten Schacht entbehrlich machen würde, aber den Nachteil des fallenden Vortriebes mit sich bringen würde.

Auf der **Filderebene** (PFA 1.3) ist ein bergmännischer Vortrieb für den künftigen Fernbahnhof unter der Messe samt den beiden Anschlußstrecken zur oberirdisch verlaufenden Neubaustrecke vorgesehen. Ein Vortrieb mit TBM ist nicht sinnvoll, denn der unterirdische Flughafen-Fernbahnhof samt Weichenverbindungen läßt sich aufgrund der wechselnden ovalen Querschnitte ohnehin nur in NÖT aufföhren. Die Längen der beiden Streckentunnels vor und nach diesem Tunnelbahnhof sind zu kurz, als daß sich ein Vortrieb mit TBM lohnen würde.

Im PFA 1.4 (NBS Denkendorf - Wendlingen) sind keine bergmännischen Tunnels vorgesehen.

Der **Fernbahntunnel nach Feuerbach** (PFA 1.5) durchfährt häufig wechselnde geologische Schichten. Beim Einsatz einer TBM würde nur ein sog. Mixschild in Frage kommen. Laut tunnelbautechnischem Gutachten der Planfeststellungsunterlagen wäre jedoch eine achtmalige Umrüstung des Mixschildes mit abschnittsweiser Durchföhren von anhydritführendem unausgelaugten Gipskeuper erforderlich, was nicht wirtschaftlich sein dürfte bzw. keine Einsparung gegenüber der NÖT erwarten läßt. Deshalb wird hier das Bauverfahren NÖT mit wechselnden Tunnelquerschnitten unterstellt, abhängig von der geologischen Situation (Anhydrit ja/nein).

Beim **Fern- und S-Bahn-Tunnel nach Bad Cannstatt** (ebenfalls PFA 1.5) ist auf einem mittleren Abschnitt, und zwar unter dem Kriegsberg (von km -1,0 bis km -2,2, Bereich Heilbronner Straße) ein Einsatz von TBM technisch möglich und sinnvoll. Aufgrund der geringen Streckenlänge ist der Kostenvorteil gegenüber der Bauweise NÖT jedoch nicht so hoch wie z.B. im oberen Abschnitt des Fildertunnels. Zwischen dem Hauptbahnhof und km -1,0 unter dem Kriegsberg ist die Strecke für einen TBM-Vortrieb zu kurz sowie aufgrund der Anhydrit-Problematik nur erschwert möglich. Für den Abschnitt unter dem Rosensteinpark ist ein Einsatz von TBM aufgrund des vorgesehenen zweigleisigen Tunnels mit ovaler Form nicht möglich. Dasselbe gilt auch für den hier parallel verlaufenden 2-gleisigen S-Bahn-Tunnel. Theoretisch wäre eine Umplanung auf vier eingleisige Streckentunnels denkbar (2 Röhren für die Fernbahn, 2 Röhren für die S-Bahn), doch dies würde zusätzlich auch eine Umplanung der Brücke über den Neckar erfordern. Angesichts der relativ geringen Tunnellängen wäre der Vorteil bei Einsatz von TBM insgesamt nur gering. Somit wird im PFA 1.5 lediglich im Mittelabschnitt des Fernbahntunnels nach Bad Cannstatt der Einsatz von TBM unterstellt, während für alle anderen Abschnitte die Bauweise NÖT beibehalten bleibt.

Der **Fernbahntunnel nach Obertürkheim** (PFA 1.6a) verläuft wie der untere Teil des Fildertunnels durch anhydritführenden unausgelaugten Gipskeuper. Vom Stuttgarter Talkessel bis zum Zwischenangriffsschacht Ulmer Straße bei Wangen unterscheiden sich die geologischen Bedingungen gegenüber dem Fildertunnel insoweit, als sich das anhydritführende Gestein über zwei getrennte Streckenabschnitte und nicht nur über einen längeren zusammenhängenden Abschnitt erstreckt. Hier ist jeweils aufgrund der erforderlichen dickeren Tunnelwände ein größeres Tunnelprofil erforderlich. Bei Einsatz einer TBM ist jedoch ein Wechsel des Querschnitts nicht möglich bzw. nicht wirtschaftlich. Deshalb erhalten auch die kürzeren, dazwischen liegenden Abschnitte ohne anhydritführendes Gesteine zwangsläufig ein größeres Tunnelausbruchsprofil, als eigentlich notwendig ist. Nach eigenen Berechnungen ist dieses Bauverfahren trotzdem gegenüber der NÖT deutlich vorteilhafter, auch wenn in den nicht anhydritführenden Gesteinsschichten quasi Tunnelausbruchsvolumen "verschenkt" wird. Um steigende Vortriebe zu erzielen, sollte ein Vortrieb vom Zwischenangriff Ulmer Straße in beiden Richtungen - also sowohl zum Stuttgarter Talkessel hin als auch unter dem Neckar hindurch nach Obertürkheim - stattfinden. Da im Abschnitt von Ulmer Straße bis Obertürkheim kein anhydritführendes Gebirge durchfahren werden muß und somit an keiner Stelle der vergrößerte Querschnitt mit dickeren Tunnelwänden erforderlich ist, kann dieser Streckenabschnitt durchgängig mittels einer TBM mit kleinerem Durchmesser aufgefahren werden als zwischen Ulmer Straße und Stuttgarter Talkessel. Der beim TBM-Vortrieb wichtige Zwischenangriffspunkt Ulmer Straße sollte so umgeplant werden, daß er über dem künftigen Tunnel zu liegen

kommt, möglichst im Bereich der Streckenverzweigung, und eine ausreichend große Fläche für die Bauzeit zur Verfügung steht, denn von hier aus werden dann insgesamt 4 Streckentunnels mit TBM aufgefahren.

Für die relativ kurze Zweigstrecke zum künftigen Abstellbahnhof nach Untertürkheim sowie für den Bereich der Streckenverzweigung wird aufgrund der kurzen Streckenlängen bzw. wechselnden Querschnitte das Verfahren NÖT unterstellt.

Im Bereich der Ausrichtung der Tunnels quer zum Grundwasser im Neckartal kann es erforderlich werden, nachträglich Düker vorzusehen, mit denen das Grundwasser über das sonst als "Staumauer" wirkende Tunnelbauwerk geleitet wird. Bei der Bauweise NÖT können durch entsprechende Verbreiterung des Tunnelquerschnitts mit nur geringen Mehrkosten diese Düker in den bergmännischen Tunnel integriert werden. Im Falle des TBM-Vortriebes werden hierfür kleine Schächte (ca. 3 m Durchmesser) von der Oberfläche bis an die Tunneldecke gegraben und von hier aus Rohre schräg nach unten vorgetrieben, in denen dann künftig das Wasser über den Tunnel laufen kann. Ob und in welcher Menge solche Bauwerke erforderlich sind, kann aus heutiger Sicht noch nicht gesagt werden. Deshalb werden keine Mehrkosten für Düker angesetzt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß sich die beiden längsten Tunnels des Projekts Stuttgart 21, nämlich der Fildertunnel sowie der Tunnel nach Obertürkheim, fast auf voller Länge für den Einsatz der kostengünstigeren TBM anstelle der NÖT eignen. Aufgrund der geologischen Bedingungen (sehr dicke Tunnelwände im Anhydrit) ist hier das Einsparpotential gegenüber NÖT in den betroffenen Teilabschnitten nicht so groß wie bei anderen geologischen Verhältnissen. Beim Fernbahntunnel nach Bad Cannstatt kann das Verfahren TBM immerhin im Mittelabschnitt des Tunnels sinnvoll eingesetzt werden, während beim Fernbahntunnel nach Feuerbach sowie beim S-Bahn-Tunnel nach Bad Cannstatt weiterhin nur die Bauweise NÖT zweckmäßig erscheint. Eine Übersicht über die gewählten Tunnelbaumethoden, bezogen auf die einzelnen Tunnelabschnitte, findet sich in Abb. 2.

3.3 Berücksichtigung von Baupreis-Steigerungen

Baukosten im Jahr 2008

Nach einer Boomphase in den 90er Jahren mit steigenden Baupreisen, vor allem zwischen 1993 und 1997, nicht zuletzt aufgrund der Wiedervereinigung Deutschlands, blieben die Baupreise von 2000 bis 2005 nahezu konstant. Dagegen fand ab 2006 bis heute wieder eine deutliche Steigerung der Baupreise statt. Diese Preissteigerung wird vom Statistischen Bundesamt für unterschiedliche Bereiche des Bauwesens ausgewiesen.¹¹ Inzwischen zeichnet sich allerdings eine leichte Abschwächung dieses Preisanstiegs ab.

Da das Statistische Bundesamt keinen speziellen Baupreisindex für Tunnelstrecken veröffentlicht, wird hilfsweise auf zwei andere Indizes zurückgegriffen, und zwar auf den Index für Straßenbrücken sowie den Index für Kanalarbeiten.¹² Aus diesen beiden Indizes wird ein Durchschnittswert gebildet. Die Steigerung der Baupreise zwischen 1. Quartal 2006 und 2. Quartal 2008 beträgt demnach 12,15%. Dieser ersatzweise verwendete Index enthält jedoch zwei Ungenauigkeiten: Zum einen fällt die Anhebung der Umsatzsteuer von 16% auf 19% in den genannten Zeitraum, so daß die Werte um 2,6% zu hoch angesetzt sind, weil sämtliche in dieser Studie dargestellten Kosten keine Umsatzsteuer enthalten (siehe Kapitel 3.4). Zum anderen wurden bei den genannten Indizes eher arbeitsintensive und weniger rohstoff- und energieintensive Bauvorhaben betrachtet. Große Tunnelbauprojekte sind dagegen vor allem rohstoff- und energieintensiv und weniger arbeitsintensiv, weil die technischen Abläufe sehr automatisiert verlaufen. Da die Preissteigerung nicht in erster Linie durch höhere Lohnkosten, sondern durch höhere Rohstoff- und Energiekosten getrieben wurden, liegt die Preissteigerung für die hier betrachteten großen Tunnelbauwerke deutlich über der von Straßenbrücken und Kanalarbeiten, was den Effekt der Umsatzsteuererhöhung mindestens kompensieren dürfte. Es ist deshalb gerechtfertigt, für große Tunnelbauten eine Preissteigerung von 12,15% ohne Berücksichtigung der erhöhten Umsatzsteuer zu unterstellen.

Ermittlung der Preissteigerung über mehrere Jahrzehnte anhand der Baupreisentwicklung bei der U-Bahn München

Das genannte Verfahren zur Bestimmung des Preisindex für Tunnelstrecken (siehe oben) ist nur geeignet, die Preissteigerungen innerhalb von wenigen Jahren abzuschätzen. Zur Ermittlung längerfristiger Preissteigerungen beim Bau von Bahntunnels bietet es sich hingegen an, die Datenbasis der U-Bahn München heranzuziehen: Hier wurden über mehr als 40 Jahre konti-

nuierlich pro Jahr U-Bahn-Strecke mit einer Länge von 2 bis 3 km gebaut, und dies jeweils in fast gleichen geologischen Strukturen.

Mitte der 70er Jahre wurde in München pro Kilometer U-Bahn-Strecke incl. anteiligen U-Bahn-Stationen und Streckenausrüstung ein Investitionsbetrag von rund 60 Mio DM veranschlagt. Mitte der Achtziger Jahre rechnete man bereits mit 100 Mio DM pro Kilometer, Mitte der 90er mit 120 Mio DM und das neueste und vorläufig letzte U-Bahn-Bauprojekt, die U3 nach Moosach, wird mit 90 Mio EUR pro km veranschlagt. Aus dieser Datenbasis ergibt sich bezüglich Tunnelbau eine Preissteigerung seit 1975 bis 2006 von durchschnittlich 3,5% pro Jahr. Tatsächlich lag diese Steigerungsrate von Anfang der 90er Jahre bis 2006 mit 4,0% etwas höher. Der Unterschied zwischen diesem Wert und dem genannten Durchschnitt ergibt sich daraus, daß Ende der 80er Jahre in Deutschland eine Deflation mit rückläufigen Baupreisen zu beobachten war. Die größte Steigerung von Anfang der 90er Jahre bis heute fand von ca. 1993 bis 1997 aufgrund der erhöhten Bauaktivität in den neuen Bundesländern statt - hier waren aufgrund der extrem hohen staatlichen Nachfrage bei zuerst unverändertem Angebot regelrechte Preissprünge zu beobachten - während die Preise in der Rezession um 2003 und 2004 sogar minimal rückläufig waren.

Plakativ ausgedrückt, entspricht bei Bahnprojekten ein Baupreis von 1 DM im Jahr 1990 einem Baupreis von 1 Euro im Jahr 2007. Die Preissteigerungen ergeben sich hierbei meist in Schüben, die mit Konjunktur-Boomphasen zusammenhängen. Die jährliche Preissteigerung liegt beim Bau von Bahntunnels grundsätzlich höher als beim privaten Konsum, weil der errechnete Preisindex für Konsumgüter trotz steigender Preise für Dienstleistungen und Energie durch im Preis stark fallende Produkte im Statistischen Warenkorb der Privathaushalte (z.B. Computer mit ca. 30% Preisverfall pro Jahr) maßgeblich beeinflusst wird.

In der vorliegenden Studie werden an mehreren Stellen Anpassungen der Preisstände vorgenommen, um Kosten aus unterschiedlichen Jahren oder gar Jahrzehnten miteinander vergleichbar zu machen. Die größte derartige Anpassung wurde nach Auswertung der Literatur über den S-Bahn-Bau in Stuttgart durchgeführt, da die betreffenden S-Bahn-Baumaßnahmen um die Jahre 1976 bzw. 1981 stattfanden. Aber auch beim Vergleich der ursprünglichen genannten Kosten des Projekts Stuttgart 21 (Preisstand 1993) mit den Projektkosten beim heutigen Preisstand müssen derartige Anpassungen vorgenommen werden.

Berücksichtigung der Preissteigerungen während der Bauzeit

Die gesamte Bauzeit bis zur kompletten Fertigstellung des Projekts Stuttgart 21 soll sich laut bisheriger Planung über rund 10 Jahre erstrecken. Bezogen auf die ersten Baumaßnahmen wird die Preissteigerung noch relativ gering sein, aber für die letzten Baumaßnahmen entsprechend hoch, gemessen am heutigen Preisstand. Entscheidend für die Kostenermittlung ist deshalb ein Mittelwert zwischen dem Zeitpunkt des Baubeginns und dem Zeitpunkt des Abschlusses aller Maßnahmen. Wenn man beim Projekt Stuttgart 21 von einer Bauzeit von 2010 bis 2020 ausgeht, liegt die zeitliche Mitte der Bauarbeiten im Jahr 2015, so daß von heute aus betrachtet bis dahin noch 7 Jahre mit steigenden Baupreisen vergehen werden.

In den weiteren Betrachtungen werden zwei unterschiedliche Indizes der zukünftigen Baupreissteigerung pro Jahr zugrunde gelegt: 2,0% als unteren und 5,5% als oberen Eckwert. Eine jährliche Preissteigerung von 2,0% beinhaltet, daß es zu einer weltweiten Rezession kommt, wobei jedoch die Rohstoff- und Energiepreise wegen Verknappungstendenzen weiter steigen, aber nicht mehr in der Stärke wie in den letzten 2 Jahren. Beim oberen Eckwert von 5,5% wird unterstellt, daß die zwischen dem 1. Quartal 2006 und dem 1. Quartal 2008 beobachtete Steigerung der Baupreise von 5,5% pro Jahr während der nächsten Jahre weiter anhalten wird.

Bis 2015 ergeben sich somit zusätzliche Preissteigerungen von 14,9% als unteren bzw. 45,5% als oberen Eckwert gegenüber dem Preisstand 2008.

3.4 Zur Frage der Behandlung der Umsatzsteuer

Bei Großprojekten der Öffentlichen Hand ist es üblich, in Kostenaufstellungen die Umsatzsteuer (auch Mehrwertsteuer genannt) nicht auszuweisen. In der Machbarkeitsstudie aus dem Jahr 1994 zu Stuttgart 21 wird explizit darauf hingewiesen, daß die genannten Preise keine Umsatzsteuer enthalten. In der vorliegenden Studie wird die Umsatzsteuer ebenfalls nicht ausgewiesen.

Die Frage, ob Umsatzsteuer angesetzt werden muß oder nicht, ist ohnedies nicht weiter von Belang. Als kleiner Exkurs sei angemerkt, daß hier unterschiedliche Betrachtungsweisen möglich sind: Aus Sicht des Unternehmens DB AG ist die Umsatzsteuer ein durchlaufender Posten, denn die DB AG ist vorsteuerabzugsfähig. Aus Sicht der Öffentlichen Hand kann die Umsatzsteuer im Prinzip ebenfalls vernachlässigt werden, denn sie muß diese zwar für die Finanzierung eines Projektes bezahlen, aber sie erhält sie anschließend als erhöhtes Steueraufkommen wieder zurück. Diese Sichtweise ist allerdings etwas vereinfacht, weil die Umsatzsteuer weitgehend dem Bund sowie allen Ländern gemeinsam zufällt, während das Projekt Stuttgart 21 zu erheblichen Teilen auch von der Stadt Stuttgart und dem Land Baden-Württemberg, also nur von einem einzigen unter den 16 Bundesländern, finanziert wird, so daß auf Stadt und Land höhere Kosten als die Nettobeträge ohne Umsatzsteuer zukommen. In der Volkswirtschaftslehre wird für den Fall einer vollen Kapazitätsauslastung der Firmen, also in konjunkturellen Boomphasen, unter dem Begriff des "Crowding out" die Meinung vertreten, daß eine staatliche Nachfrage (z.B. nach Bauleistungen) dazu führt, daß die aufgrund der steigenden Nachfrage sich ergebenden steigenden Preise andere potentielle Nachfrager nach Bauleistungen vom Markt verdrängen. Diese nicht-staatlichen Nachfrager hätten der Öffentlichen Hand zusätzliche Umsatzsteuer beschert. Daraus ließe sich ableiten, daß wenn der Staat als Nachfrager von Leistungen auf Märkten auftritt, zumindest in konjunkturellen Boomphasen die Umsatzsteuer auf die Preise hinzugerechnet werden müßten.

4. Wahrscheinliche Kosten des Projekts Stuttgart 21

4.1 Kostenermittlung mit Preisstand 2006

Unterirdische Streckenabschnitte sind ähnlich wie Talbrücken, die jedoch beim Projekt Stuttgart 21 fast nicht vorkommen, die kostenintensivsten Komponenten beim Neubau von Schieneninfrastruktur. Die gesamten Kosten von Tunnelabschnitten liegen, je nach örtlicher Situation, gegenüber den Kosten von oberirdischen Teilstrecken um den Faktor 3 bis 13 höher, bezogen auf den Streckenkilometer. Deshalb wird im folgenden zunächst näher auf die wichtigsten Kostenfaktoren der unterirdischen Verkehrsanlagen (Strecken, Bahnhöfe) eingegangen.

4.1.1 Kostenfaktoren der unterirdischen Strecken und Bahnhöfe

Als Baumethode des Tunnelvortriebs wurde in den Planfeststellungsunterlagen die offene Bauweise für den unterirdischen Hauptbahnhof, für die Gäubahn-Anbindungsschleife zwischen Flughafen-S-Bahnhof und Neubau-strecke, für die Auftauchbereiche der sonst bergmännischen Tunnels und an einigen wenigen anderen Stellen vorgesehen. Sonst überwiegt bei weitem der bergmännische Vortrieb. Für alle bergmännischen Abschnitte der Planfeststellungsunterlagen wurde von der DB AG einheitlich das Verfahren Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT) gewählt. Entsprechend der Ausführungen in Kapitel 3.2.4 wird unterstellt, daß alle geeigneten Teilabschnitte der bergmännischen Tunnels mit der kostengünstigeren Bauweise mit Tunnelbohrmaschinen (TBM) vorgetrieben werden. Rund 60% der geplanten bergmännischen Tunnels werden in der vorliegenden Kostenschätzung mit dem Verfahren TBM kalkuliert.

Querschnitte der Tunnels

Bezüglich der Baukosten von Tunnels ist es entscheidend, wie groß der Tunnelquerschnitt ist, der ausgebrochen und mit einer Beton-Innenschale versehen werden muß und wie dick folglich die Tunnelwand sein wird. Als Extrembeispiele für unterschiedliche Tunnelquerschnitte ist zum einen ein in offener Bauweise gebauter S-Bahn-Tunnel (mit rechteckigem Querschnitt) und zum anderen ein bergmännisch vorgetriebener Tunnel für den ICE- und Regionalverkehr in der geologischen Formation anhydritführender unausgelaugter Gipskeuper zu nennen (siehe Abb. 3): Während der S-Bahn-Tunnel pro Gleis nur einen Querschnitt von 47 m² aufweist, beträgt der Querschnitt eines ICE-Tunnels für ein Gleis 84 m². Dieser Tunnelquerschnitt ist

somit um fast 80% größer als der Querschnitt des S-Bahn-Tunnels pro Gleis. Sowohl die vorgesehenen Querschnitte als auch die Längen der Tunnels ergeben sich aus den Planfeststellungsunterlagen.

Geologie der Tunnels

Die Baukosten von Vergleichsprojekten (siehe Abb. 4) als Datenbasis für die Ermittlung der Baukosten der Tunnels von Stuttgart 21 liegen zwischen 200 EUR pro m³ (Katzenberg-Tunnel der NBS Freiburg - Basel, Finnetunnel der NBS Leipzig - Erfurt) und 800 EUR m³ (unterirdischer Teil von Berlin Hbf). Diese Kostendifferenzen lassen sich im wesentlichen auf die vorhandenen geologischen Strukturen (Art des Gesteins, Maßnahmen zur Grundwasserabsenkung bzw. -entspannung, Vortrieb unter Druckluft bei Bauverfahren NÖT) in Kombination mit der gewählten Baumethode zurückführen. Bei den zuerst genannten Projekten mit Kosten von nur 200 EUR pro m³ beim Einsatz von TBM steht ein Endpreis allerdings noch aus; der oben genannte Angebotspreis kann sich erfahrungsgemäß während der Bauzeit noch deutlich steigern. So sind die meisten der spektakulären Kostensteigerungen bei der ICE-Neubaustrecke Nürnberg - Ingolstadt erst während der Bauzeit erkennbar geworden.

Baumethode TBM

Eine verlässlichere Zahl bezüglich der Kosten des TBM-Vortriebs sind die angefallenen Baukosten des Ende der 90er Jahre fertiggestellten Adlertunnels bei Basel in der Schweiz. Hier liegen die Kosten bei rund 450 EUR pro m³ in Preisen von 2006. Zu einem kleinen Teil verläuft dieser Tunnel in anhydritführendem unausgelaugten Gipskeuper, und im Unterschied zu den Planern von Stuttgart 21, die in den schwierigen geologischen Zonen von vornherein eine verstärkte Tunnelwand unterstellen, hatte man den Adlertunnel lediglich mit einer relativ dünnen Tunnelwand ausgestattet. Dies führte kurz nach Inbetriebnahme des Tunnels zu aufwendigen Sanierungsmaßnahmen, die im genannten Preis nicht enthalten sind.

Aufgrund der beim Bau des Adlertunnels gewonnenen Erfahrungen müssten die Kosten des TBM-Vortriebs im Anhydrit bei über 450 EUR pro m³ liegen, aber unter dem ermittelten Kosten von 640 EUR pro m³, die anhand der Erfahrungswerte mit dem Bau der Wendeanlage Schwabstraße im Anhydrit bei der Bauweise NÖT anfielen. Somit ergibt sich ein plausibler Schätzwert für TBM-Vortriebe im Anhydrit bei verstärkten Tunnelwänden von 550 EUR pro m³.

Für TBM-Vortriebe außerhalb des Anhydrits werden Werte zwischen 320 EUR pro m³ bei langen Vortrieben (Fildertunnel obere Hälfte) und 420 EUR pro m² (Mittlerer Teil Fernbahntunnel nach Bad Cannstatt, Fernbahntunnel von Ulmer Straße bis Obertürkheim) bei Vortriebslängen von nur 1 bis 2 km angesetzt.

Baumethode NÖT

Aus den Kosten pro Kubikmeter beim Bau des Hasenberg隧nells, der abschnittsweise im Anhydrit als auch in einfacheren geologischen Zonen verläuft, sowie der Wendeschleife Schwabstraße, die voll im Anhydrit liegt, kann abgeleitet werden, daß die NÖT folgende Kosten erfordert:

- im Anhydrit 650 EUR pro m³
- außerhalb des Anhydrits 450 EUR pro m³.

Kommen bei Tunnels außerhalb des Anhydrits gleichzeitig zwei erschwerende Faktoren bei der Methode NÖT hinzu (Grundwasser und teilweise nicht standfestes Gebirge oder Bauwerksunterfahrungen), so wird wiederum ein Betrag von 650 EUR pro m³ angesetzt; dieser Kostenansatz wurde für den im Grundwasser liegenden Flughafen-Fernbahnhof unter der Messe in der Bauweise NÖT gewählt.

Baumethode offene Bauweise

Bei der offenen Bauweise wird vor allem auf die jeweilige Grundwassersituation Rücksicht genommen, wobei Kosten von 220 bis 400 EUR pro m³ angesetzt werden. Der Berliner Hauptbahnhof mit Kosten von 800 EUR pro m³ (siehe Abb. 4) ist hier kein geeignetes Vergleichsprojekt, da dort die Grundwasserproblematik extrem verschärft war, wie es in Stuttgart an keiner Stelle zu erwarten ist. So wurde in Berlin die Bodenplatte des künftigen Hauptbahnhofs unter Wasser durch Taucher betonierte.

4.1.2 Projektkosten von Stuttgart 21 mit Preisstand 2006

Zur Kostenermittlung wird das Projekt Stuttgart 21 zunächst in die beiden Rubriken "Neubau von Strecken und Bahnhöfen" und "Sonstige Baumaßnahmen" unterteilt, die sich wiederum aus zahlreichen Einzelposten zusammensetzen.

Neubau von Strecken und Bahnhöfen

Insgesamt fallen für den Strecken- und Bahnhofs-Neubau Investitionen von 4,99 Mrd EUR an, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht:

Tab. 1: Projektkosten von Stuttgart 21 incl. Zuschläge (Preisstand 2006): Neubau von Strecken und Bahnhöfen

Baumaßnahme	Investitionskosten	
	Mio EUR	in %
Tunnelbahnhof Hbf	757	15,2
Fildertunnel	1.294	25,9
Flughafen-Fernbf. incl. Anbindung an die NBS	367	7,4
Gäubahnanbindung an die NBS	177	3,5
NBS Denkendorf - Wendlingen	164	3,3
Fernbahn-Tunnel nach Feuerbach	590	11,8
Fernbahn-Tunnel/-Brücke Ri. Bad Cannstatt	426	8,5
S-Bahn Ri. Bad Cannstatt	251	5,0
Tunnel nach Unter-/Obertürkheim	964	19,3
Summe:	4.990	100,0

Den höchsten Anteil an den Baukosten für Strecken und Bahnhöfe weist der Fildertunnel auf, der mehr als ein Viertel der Kosten beansprucht. Diese hohen Kosten sind auf die große Streckenlänge dieses Tunnels von knapp 10 km sowie auf die großen Tunnelquerschnitte (Lage im Anhydrit bzw. großer Nettoquerschnitt aufgrund geplanter hoher Geschwindigkeiten) zurückzuführen.

An zweiter Stelle ist der Tunnel nach Unter-/Obertürkheim zu nennen, dessen Kostenanteil fast ein Fünftel beträgt. Auch hier ist die gesamte Tunnellänge mit 6,5 km relativ groß und lange Abschnitte verlaufen zusätzlich im Anhydrit; die Unterfahrung des Neckartales ist aufgrund der Grundwassersituation anspruchsvoll.

Der unterirdische Neubau des Hauptbahnhofs - das Herzstück des gesamten Projektes - kommt incl. unterirdischer Gleisvorfelder auf einen Kostenanteil von lediglich knapp einem Sechstel. In diesem Betrag ist die Anpassung der Gleisanlagen des oberirdischen Kopfbahnhofes während der Bauzeit berücksichtigt, denn mit der Rückverlegung der Bahnsteige um ca. 100 Meter muß das Gleisvorfeld mit einem Aufwand von rund 20 Mio EUR größtenteils umgebaut werden, wobei 42 Weichen neu verlegt werden

müssen. Für das architektonisch aufwendig gestaltete Dach, das vom Architekturbüro Ingenhoven entworfen wurde, ist ein pauschaler Zuschlag von 1.200 EUR pro m² angesetzt, was für den gesamten PFA 1.1 zu Mehrkosten von 7,5% führt.

Die Kostenanteile aller anderen Baumaßnahmen liegen jeweils im Bereich von 10% und weniger, gemessen an den gesamten Baukosten der Strecken und Bahnhöfe.

Sonstige Baumaßnahmen

Für alle sonstigen Baumaßnahmen zusammen belaufen sich die Kosten auf rund 600 Mio EUR, was der nachstehenden Tabelle zu entnehmen ist:

Tab. 2: Projektkosten Stuttgart 21 incl. Zuschläge (Preisstand 2006):
Sonstige Baumaßnahmen

Baumaßnahme	Investitionskosten Mio EUR
Abstellbahnhof Untertürkheim	230
Abtragen der alten Dämme	20
Abtransport von 80% der Erdmassen nach Sachsen-Anhalt	146
Verlegung U-Bahn Heilbronner Straße	54
Verlegung U-Bahn Staatsgalerie + Verlängerung Straßentunnel Gebhard-Müller-Pl.	73
Neubau von Gebäuden im Bereich Jägerstraße	87
<hr/>	
Summe:	610

Weit mehr als die Hälfte der Kosten aller sonstigen Baumaßnahmen umfaßt die Summe der Kosten für den Neubau des Abstellbahnhofs in Untertürkheim sowie für den Abtransport des Aushubmaterials zur Deponie in Sachsen-Anhalt. Die übrigen sonstigen Kosten verteilen sich im wesentlichen auf die Verlegung von U-Bahn-Tunnels und den Neubau von Gebäuden im Bereich Jägerstraße, da die hier vorhandenen Gebäude für das Projekt Stuttgart 21 weichen müssen.

Im Einzelnen wurde folgender Rechenweg für die Kostenermittlung gewählt:

Abstellbahnhof Untertürkheim

Für den Abstellbahnhof Untertürkheim (PFA 1.6b) wurden die Planfeststellungsunterlagen Stand Juni 2008 gesichtet. Es wurde keine eigenständige Kostenermittlung durchgeführt, sondern der plausibel erscheinende Kostensatz der DB AG von 1994 übernommen, wobei der Preisstand 1993 auf 2006 mit einer Preissteigerung von 4% pro Jahr hochgerechnet wurde.¹³

Abtragen der alten Bahndämme

Der hohe und breite Damm im Bereich Mittnachtstraße bis Nordbahnhof stellt das größte Einzelvolumen der abzutragenden Dämme dar. Mit Näherungsverfahren wurde ein Dammvolumen von 0,9 Mio m³ ermittelt. Entsprechend der DB-Kostensätze für Erdbewegungen wurde die Bewegung von 1 Mio m³ unterstellt.

Abtransport der Erdmassen

Für die Ermittlung der Kosten des Abtransports von Aushubmassen zur Deponie nach Sachsen-Anhalt wurden Informationen über eine aktuelle Ausschreibung von Ganzzügen ausgewertet, wobei ein Preis von 2,3 ct/tkm ermittelt wurde. Unter Berücksichtigung der Dichte des Gesteins, durch das die geplanten Tunnels verlaufen, errechnet sich incl. des oben genannten abzutragenden Bahndamms eine Gesteinsmasse von 17,25 Mio t. Da angenommen wird, daß 80% des Gesteins diesen Weg nimmt, müssen 13,8 Mio t Gestein abtransportiert werden, und zwar über eine Streckenlänge von rund 460 km.

Verlegung von U-Bahn-Strecken

Die Verlegung der U-Bahn-Strecken wurde mit dem selben detaillierten Verfahren ermittelt wie die übrigen Tunnelbau-Maßnahmen incl. Streckenausrüstung des Projekts Stuttgart 21: Es wurden die Tunnelausbruchsvolumen ermittelt, die Geologie analysiert usw. Pro Kilometer U-Bahn-Gleis samt technischer Ausrüstung wurde gegenüber der Fernbahn mit einem entsprechend reduzierten Kostensatz gerechnet, entsprechend den geringeren technischen Anforderungen und der geringeren Fahrgeschwindigkeit der U-Bahn-Züge.

Neubau von Gebäuden im Bereich Jägerstraße

Anhand von Lageplänen und Fotografien wurde die Bruttogeschoßfläche des zum Abbruch anstehenden alten DB-Präsidiumsgebäudes sowie der Bürobauten Jägerstraße 22 und 24 ermittelt. Die Abbruch- und Neubaukosten wurden pro Quadratmeter Bruttogeschoßfläche mit 1.400 EUR/m² angesetzt. Dieser eher niedrige Kostensatz trägt der Tatsache Rechnung, daß die Gebäude nicht den Wert darstellen, den ein entsprechender Neubau erreichen würde. Ein Neubau der Gebäude in dieser exponierten Lage würde durch die gestiegenen Ansprüche (z.B. Klimaanlage) vermutlich deutlich teurer werden, aber er ist bei einer "Kostenermittlung" im betriebswirtschaftlichen Sinne nicht weiter von Belang. Der gewählte Kostenansatz berücksichtigt somit lediglich einen fiktiven Neubau mit den veralteten geringen Standards.

Summe der Projektkosten

Das Projekt Stuttgart 21 erfordert, bezogen auf den Preisstand des Jahres 2006, ein Investitionsvolumen von 5,6 Mrd EUR. Dies ist genau das Doppelte des Betrags, der bislang von den Befürwortern dieses Projekt angegeben wurde. In den Kosten von 5,6 Mrd EUR sind die schon angefallenen Planungskosten - bis Ende 2007 rund 300 Mio EUR - noch enthalten.

Tab. 3: Summe der Projektkosten Stuttgart 21 (Preisstand 2006):

Baumaßnahme	Investitionskosten	
	Mio EUR	in %
Neubau von Strecken und Bahnhöfen	4.990	89,1
Sonstige Baumaßnahmen	610	10,9
Gesamtsumme:	5.600	100,0

Es zeigt sich hierbei, daß fast 90% der gesamten Projektkosten von Stuttgart 21 auf den Neubau von Strecken, die weitgehend im Tunnel verlaufen, und auf den Neubau von Bahnhöfen entfallen, die - mit Ausnahme der neuen S-Bahn-Station Mittnachtstraße - vollständig unterirdisch liegen werden. Dagegen beträgt der Kostenanteil aller übrigen Baumaßnahmen zusammen, beispielsweise der Neubau des Abstellbahnhofs in Untertürkheim wie auch der aufwendige Transport des Aushubmaterials nach Sachsen-Anhalt zum

Deponieren in einer aufgelassenen Braunkohlegrube sowie der Neubau von zwei U-Bahn-Strecken, nur rund 10%.

4.2 Kostenermittlung unter Berücksichtigung der Baupreis-Steigerungen ab 2006 sowie der schon angefallenen Planungskosten

Baukosten im Jahr 2008

Wie oben bereits dargestellt (siehe Kapitel 3.3), blieben die Baupreise von 2000 bis 2005 nahezu konstant. Dagegen fand ab 2006 bis heute eine deutliche Steigerung der Baupreise statt. Diese Preissteigerung führt dazu, daß nach aktuellem Preisstand (2. Quartal 2008) die Projektkosten von Stuttgart 21 bei knapp 6,3 Mrd EUR liegen. Dies bedeutet eine Kostensteigerung in der relativ kurzen Zeit seit 2006 um fast 700 Mio EUR (siehe Tab. 4).

Tab. 4: Aktualisierung der Projektkosten abzüglich schon verauslagter Planungskosten

	Projektkosten Mio EUR
Preisstand 1. Quartal 2006	5.600
Steigerung bis 2. Quartal 2008 laut Stat. Bundesamt*: 12,15%	676
<hr/>	
Projektkosten Preisstand 2. Quartal 2008	6.280
abzügl. bisherige Planungskosten	-300
<hr/>	
Verbleibende Projektkosten 2. Quartal 2008	5.980

* Durchschnitt aus Preisindizes für "Brücken im Straßenbau" und "Ortskanäle", vgl. Kapitel 3.3

Berücksichtigt man hierbei, daß bisher für das Projekt Stuttgart 21 bereits rund 300 Mio EUR an Planungskosten aufgewendet wurden, so ist aus heutiger Sicht für dieses Vorhaben immer noch ein Finanzvolumen von rund 6 Mrd EUR aufzuwenden. Dies bedeutet gegenüber den bisher von offizieller Seite angegebenen Projektkosten von 2,8 Mrd EUR eine Zunahme der Kosten um Faktor 2,14, also mehr als eine Verdopplung.

Diese Verdopplung der Projektkosten ist nicht außergewöhnlich, da sich die Investitionskosten bei Eisenbahn-Großprojekten mit hohem Anteil von Tunnelbauwerken in der Zeit von der Konzeptionalisierung bis zur Fertigstellung häufig verdoppeln bis verdreifachen, wie die Beispiele ICE-Neubaustrecke Nürnberg - Ingolstadt und Berliner Nord-Süd-Fernbahntunnel incl. neuer Hauptbahnhof zeigen. Im übrigen wurden beide Projekte 2006 fertiggestellt, so daß die kostenintensiven Tunnelbauarbeiten bereits abgeschlossen waren, noch bevor die großen Baupreissteigerungen überhaupt begannen (siehe Kapitel 3.3).

Zugleich läßt sich feststellen: Der Betrag von 6 Mrd EUR ist 20-mal so groß wie die bereits verauslagten Kosten. Anders ausgedrückt: Würde das gesamte Projekt noch 2008 gestoppt, so wäre lediglich ein Zwanzigstel der Gesamtkosten verloren.

Projektkosten bis Fertigstellung

Entsprechend den obigen Ausführungen bezüglich der Preissteigerungen bis zur Fertigstellung des Gesamtprojekts (siehe Kapitel 3.3.) ist 2015 als zeitliche Mitte der Bauarbeiten das Bemessungsjahr für den noch zu erwartenden Kostenanstieg. Unter Berücksichtigung des genannten unteren und oberen Eckwerts für die Inflationsrate (2,0% bzw. 5,5%) ergeben sich bis 2015 zusätzliche Kostensteigerungen von 14,9% bzw. 45,5% gegenüber dem Preisstand 2008.

Tab. 5: Hochrechnung der Projektkosten bis Fertigstellung

	Projektkosten Mio EUR	Faktor gegenüber DB-Kostenschätzung von 2,8 Mrd EUR
Projektkosten 2008 (abzgl. bisher verauslagter Planungskosten)	5.980	2,14
Projektkosten bis Fertigstellung*		
- bei 2,0% Inflation pro Jahr	6.869	2,45
- bei 5,5% Inflation pro Jahr	8.699	3,11

* Baubeginn 2010, 10 Jahre Bauzeit, Mitte der Bauzeit: 2015
ab 2008 noch 7 Jahre bis Mitte Bauzeit

Geht man vom unteren Eckwert der Baupreissteigerung aus, so werden sich die Investitionen, die bis zur vollständigen Inbetriebnahme von Stuttgart 21 noch anfallen, auf knapp 6,9 Mrd EUR belaufen. Dieser Betrag ist rund 2,5-mal so hoch wie die bislang genannte Summe. Wenn es hingegen in den nächsten Jahren beim derzeitigen Baupreisanstieg von 5,5% pro Jahr bleibt, ist mit noch verbleibenden Projektkosten von rund 8,7 Mrd EUR zu rechnen - mehr als dreimal soviel wie bisher von offizieller Seite angegeben.

5. Validierung der Kostenermittlung durch alternative Rechenwege

Um zu überprüfen, ob die beschriebenen Ergebnisse bezüglich der Kosten des Projekts Stuttgart 21 korrekt bzw. plausibel sind, wurden zusätzlich drei unterschiedliche Rechenverfahren verwendet:

- (1) eine Hochrechnung der Projektkosten, ausgehend von der ursprünglichen Planung des Jahres 1994
- (2) eine Hochrechnung der Baukosten auf der Basis der bisher bereits angefallenen Planungskosten
- (3) eine Herleitung der Baukosten von Stuttgart 21 aus den Baukosten des geplanten Zweiten S-Bahn-Tunnels in München.

Diese drei alternativen Rechenwege werden im folgenden näher beschrieben.

5.1 Hochrechnung der Projektkosten anhand der Planung des Jahres 1994

Berücksichtigung der Preissteigerungen

Wie in Kapitel 3.3 beschrieben ist, ist von 1993 bis 2006 mit einer durchschnittlichen Preissteigerung von 4% pro Jahr beim Bau von Eisenbahn-Infrastruktur zu rechnen. Für die Umrechnung der Preise von 1993 in DM auf Preise von 2006 in EUR ergibt sich insgesamt der Umrechnungsfaktor 0,85. Da in der Machbarkeitsstudie von 1994 die Projektkosten von Stuttgart 21 zum Preisstand 1993 mit 4,8 Mrd DM angegeben wurden, belaufen sich die Projektkosten laut damaliger Planung, aber in Preisen von 2006, auf 4,1 Mrd EUR.

Mehrkosten durch längere Tunnelstrecken und aufwendigere Bau- maßnahmen

Seit der Vorstellung des Projektes "Stuttgart 21" wurde dieses Vorhaben planerisch stark verändert. Mit Ausnahme des PFA 1.1, der ursprünglich schon in ähnlicher Form konzipiert war, sind heute alle weiteren Abschnitte des Projektes grundlegend anders konzipiert als damals:¹⁴

- Die heutige Planung sieht einen um 34% längeren Fildertunnel vor, der südlich Fasanenhof endet, während damals eine kürzere Tunnelstrecke geplant war, deren südlicher Tunnelmund zwischen Birkach und Kemnat lag.
- Der ursprünglich entworfene Flughafen-Fernbahnhof, in einfacher Tieflage unter der breiten Straße zwischen Messe und Flughafen gelegen, war für die am Flughafen haltenden ICE-Züge als Bahnhof mit Fahrtrichtungswechsel konzipiert und nicht, wie aktuell vorgesehen, als Durchgangsbahnhof, der in großer Tieflage bergmännisch unter den Messehallen vorgetrieben werden soll.
- Der zur Anbindung der Gäubahn an die ICE-Neubaustrecke geplante aufwendige Schleifentunnel nördlich des Flughafens im Bereich Langwieser See war in der alten Planung nicht enthalten: Die Züge der Gäubahn hätten den genannten Fernbahnhof - und zwar ohne Fahrtrichtungswechsel - mit genutzt und nicht den anzupassenden S-Bahnhof laut aktueller Planung.
- Eine kreuzungsfreie Einfädelung des vom Flughafen kommenden Regional- und Fernbahn-Gleises in die Strecke Stuttgart-Vaihingen - Böblingen (Gäubahn) war ursprünglich nicht vorgesehen, so daß im Bereich Rohr der aktuell geplante Neubau des Richtungsgleises Böblingen - Vaihingen mit einem 0,5 km langen Tunnel nicht erforderlich gewesen wäre.
- Bezüglich der Strecke vom Hauptbahnhof nach Feuerbach, die nach der aktuellen Planung in einem durchgehenden bergmännischen Tunnel bis Bf Feuerbach - zum Teil im Anhydrit - verlaufen soll, war ursprünglich geplant, vom Nordwestkopf des neuen unterirdischen Hauptbahnhofs aus zunächst mit bergmännischem Vortrieb in einer engen S-Kurve nach Nordosten abzuschwenken, wobei im Bereich Heilbronner Straße / U-Bf Türlenstraße die heutige Brachfläche nördlich der LBW (ehemaliges Güterbahnhofs-Gelände) erreicht worden wäre. Ab hier hätte der Tunnel kostengünstig in einfacher Tieflage und in offener Bauweise seine Fortsetzung auf Bahngrund gefunden und wäre in den bestehenden Pragtunnel gemündet. Die Länge des Tunnels nach neuer Planung ist zwar nicht größer als nach alter Planung, aber aufgrund der geologischen Strukturen der nun gewählten Streckenführung (teilweise im Anhydrit) und des nun erforderlichen bergmännischen Tunnelvortriebs mit vergrößertem Tunnelquerschnitt ist mit wesentlichen Mehrkosten zu rechnen.
- Für die Fernbahngleise nach Bad Cannstatt, die nach der aktuellen Planung in einem durchgehenden, weitgehend bergmännisch zu bauenden Tunnel bis zur neuen Neckarbrücke verlaufen sollen, war ursprünglich ein Tunnel in Parallellage unmittelbar neben dem Tunnel der Feuerbacher

Fernbahngleise vorgesehen. Schon am Südenende des heutigen Abstellbahnhofs wären die bestehenden Fernbahngleise nach Bad Cannstatt erreicht worden, wobei der vorhandene Rosensteintunnel sowie die bestehende Neckarbrücke weiterhin genutzt worden wären.

- Für die S-Bahn von Hauptbahnhof nach Bad Cannstatt war wie bei der aktuellen Planung ein Tunnel in einfacher Tieflage auf Bahngrund vom Hauptbahnhof bis zur neuen S-Bahn-Station Mittnachtstraße geplant. Dieser Bahnhof war 4-gleisig vorgesehen, während er bei der aktuellen Planung nur noch 2-gleisig ist. Dies ist eine Stelle, an der die neue Planung zu einer - angesichts der kurzen Streckenlängen geringfügigen - Kostenreduzierung führt. Im weiteren Verlauf war ein bergmännischer Tunnel unter dem Rosensteinpark geplant, und vor der Neckarbrücke wäre wieder die alte Bahntrasse erreicht worden, so daß ein Neubau der Neckarbrücke auch hier nicht erforderlich gewesen wäre.
- Der Tunnel nach Ober- und Untertürkheim wäre noch auf der Westseite des Neckars zu Ende gewesen und die beiden Streckenäste nach Ober- und Untertürkheim hätten, teilweise parallel zu vorhandenen Gütergleisanlagen, den Neckar jeweils auf einer Brücke gequert. Die Verzweigung der beiden Äste nach Ober- bzw. Untertürkheim wäre oberirdisch gelegen. Die zweigleisige bergmännische Tunnelstrecke wäre nur 2,7 km lang gewesen, während nach der aktuellen Planung 6,34 km mit zweifacher Unterfahrung des Neckars in bergmännischer Bauweise vorgesehen sind.
- Die ursprüngliche Planung sah im Bahnsteigbereich des Hauptbahnhofs eine Steigung von rund 20 Promille vor, während die aktuell geplante Steigung auf 15 Promille reduziert ist. Diese Umplanung hat zur Folge, daß für die U-Bahn zwischen Hauptbahnhof und Türlenstraße eine neue Tunnelstrecke gebaut werden muß, da der vorhandene U-Bahn-Tunnel - anders als bei der ursprünglichen Planung - den neuen Fernbahngleisen im Wege wäre.
- Um Güterzüge von Kornwestheim über die Güterumgebungsbahn weiter Richtung Waiblingen leiten zu können, ohne wie heute in Untertürkheim die Fahrtrichtung zu wechseln, war eine eingleisige Verbindungsschleife geplant, die einen 600 m langen Tunnel erfordert hätte. Diese Baumaßnahme ist in der neuen Planung nicht mehr enthalten.

In allen Teilabschnitten des Projekts Stuttgart 21 sind somit erheblich verlängerte bzw. bautechnisch aufwendigere Tunnelstrecken vorgesehen, als ursprünglich geplant war. Lediglich an zwei Stellen, die jedoch relativ kurz sind, wurden in der aktuellen Planung die Baumaßnahmen reduziert bzw.

ganz gestrichen, nämlich bezüglich S-Bahnhof Mittnachtstraße und Verbindungsschleife für Güterzüge bei Untertürkheim. Aus dem Vergleich der Abb. 5 und 6 geht hervor, welche Änderungen die Planung von Stuttgart 21 hinsichtlich Tunnellängen und -bautechnik von 1994 bis heute erfahren hat.

Tab. 6: Vergleich der ursprünglichen mit der aktuellen Planung hinsichtlich Tunnellängen und -bautechnik

	Länge der unterirdischen Gleise		
	ursprüngl. Planung km	aktuelle Planung km	Differenz km
Tunnelbau-Methode:			
offene Bauweise	31,69	22,06	-9,63
bergmännische Bauweise	25,18	51,18	+26,00
Summe:	56,87	73,24	+16,37

Die Gesamtlänge aller unterirdisch verlaufenden Gleise beträgt bei der ursprünglichen Planung knapp 57 km und bei der aktuellen Planung über 73 km. Dies ist eine Steigerung um über 16 km oder 28,8% der Gleislänge im Tunnel. Die Tunnelröhren mit bergmännischem Vortrieb haben nach der ursprünglichen Planung lediglich eine Länge von ca. 25 km, während die entsprechende Länge laut neuer Planung bei über 51 km liegt, also mehr als eine Verdoppelung.

Nicht nur die absolute Zunahme der Länge von Gleisen in Tunnels, sondern vor allem die Zunahme der Streckenlängen in bergmännischer Tunnelbauweise führt zu wesentlichen Mehrkosten: Werden nun die Kosten pro Meter Gleis im Tunnel bei offener Bauweise und in einfacher Tieflage, wie dies bei der ursprünglichen Planung auf großen Längen geplant war, mit den Kosten pro Meter Gleis im bergmännisch gebohrten Tunnel, womöglich im Anhydrit, verglichen, so ergeben sich im Extremfall folgende Kostensteigerungen:

- um Faktor 1,5 wegen des größeren Querschnitts des bergmännisch gebohrten, kreisförmigen Tunnels im Anhydrit, verglichen mit dem Rechteckunnel in offener Bauweise
- um Faktor 2,95 aufgrund der höheren Baukosten (650 EUR/m³ statt 220 EUR/m³) des bergmännischen Tunnels gegenüber der offenen Bauweise

Somit errechnen sich um mehr als Faktor 4 erhöhte Baukosten des bergmännischen Vortriebs.

Wenn man dennoch - als vorsichtige Schätzung - nur von einer Kostenzunahme um Faktor 3 pro Meter bergmännisch erstelltem Tunnelgleis ausgeht, so lassen sich die Mehrkosten des Tunnelbaus nach der aktuellen gegenüber der ursprünglichen Planung bestimmen, indem die reinen Längen der Tunnelgleise bei offener Bauweise mit Faktor 1 und bei bergmännischem Vortrieb mit Faktor 3 gewichtet werden:

ursprüngl. Planung: $1 \times 31,69 + 3 \times 25,18 = 107,23 \Rightarrow 100\%$

aktuelle Planung: $1 \times 22,06 + 3 \times 51,18 = 175,60 \Rightarrow +64\%$

Somit liegen die gewichteten Längen der Tunnelgleise bei der aktuellen Planung um rund 64% höher als bei der ursprünglichen Planung. Dennoch werden die daraus resultierenden Mehrkosten - wiederum als vorsichtige Schätzung - lediglich mit 50% gegenüber der Planung des Jahres 1994 angesetzt. Ausgehend von den Projektkosten der ursprünglichen Planung, aber mit Preisstand 2006 (4,1 Mrd EUR), ergeben sich somit nach der aktuellen Planung für den Tunnelbau Mehrkosten von rund 2,0 Mrd EUR, so daß die Projektkosten bei 6,1 Mrd EUR liegen.

Gegenrechnung: Einsparungen durch technische Fortschritte beim Tunnelbau

Die technischen Fortschritte beim Einsatz von Tunnelbohrmaschinen führen, verglichen mit der in den Planfeststellungsunterlagen festgeschriebenen Neuen Österreichischen Tunnelbauweise (NÖT), zu Einsparungen bei den Baukosten der bergmännische vorgetriebenen Tunnels. Diese Kostenreduktion liegt, grob geschätzt in der Größenordnung von 0,5 Mrd EUR.

Resultat der Hochrechnung

Rechnet man dieses Einsparpotential von 0,5 Mrd EUR gegen die genannten ursprünglichen Kosten plus Baupreissteigerungen plus Tunnelbau-Mehrkosten auf (Projektkosten von 6,1 Mrd EUR, Preisstand 2006), so lassen sich die gesamten Projektkosten mit 5,6 Mrd EUR beziffern. Dieser Betrag ist identisch mit den oben ermittelten Projektkosten von 5,6 Mrd EUR mit Preisstand 2006 (siehe Kapitel 4.1.2). Aus dieser Ableitung läßt sich zugleich auch schließen, daß die damaligen Projektkosten in Höhe von 2,46 Mrd EUR (Planungsstand 1994, Preisstand 1993) plausibel sind.

5.2 Hochrechnung der Projektkosten anhand der bisherigen Planungskosten

Für das Projekt Stuttgart 21 wurden bislang Planungskosten von rund 300 Mio EUR ausgegeben (siehe Kapitel 4.2). Anhand dieser schon verauslagten Kosten ist es nun möglich, eine Hochrechnung der noch anstehenden Kosten des Projekts Stuttgart 21 mit aktuellem Preisstand (2008) vorzunehmen.

Denn laut HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) § 55 werden die Honorare der an der Planung von Infrastrukturprojekten beteiligten Ingenieurbüros und somit die Planungskosten in Form von prozentualen Zuschlägen auf die reinen Baukosten errechnet. Wenn die Baukosten eines solchen Projekts mit 100% angesetzt werden, so ergeben sich folgende Zuschläge für die einzelnen Planungsstufen:

- für Grundlagenermittlung 0,2%
- für Vorplanung 1,5%
- für Entwurfsplanung 3,0%
- für Genehmigungsplanung 0,5%

Diese 4 Stufen der Planung, die in der Summe einen Zuschlag von 5,2% ergeben, wurden beim Projekt Stuttgart 21 bislang absolviert; hierfür fielen Kosten von rund 300 Mio EUR an. Ausgehend von dieser Summe lassen sich die Baukosten ermitteln:

$$\text{Baukosten: } X = 300 \text{ Mio EUR} / 5,2 \times 100 = 5.769 \text{ Mio EUR.}$$

Bis zur Fertigstellung des Gesamtprojekts kommen laut HOAI noch Zuschläge von insgesamt 4,8% hinzu, die im wesentlichen für die Ausführungsplanung, ingenieurtechnische Unterstützung bei der Ausschreibung sowie für die Bauüberwachung aufzuwenden sind. Aus dem genannten Betrag für die reinen Baukosten von 5.769 Mio EUR lassen sich diese zusätzlichen Kosten mit 277 Mio EUR ableiten. Die Baukosten zusammen mit den noch ausstehenden Planungskosten ergeben somit die Summe der verbleibenden Projektkosten:

$$5.769 \text{ Mio EUR} + 277 \text{ Mio EUR} = 6046 \text{ Mio EUR}$$

Das bedeutet, daß die noch nicht verauslagten Kosten des Projekts Stuttgart 21 zum aktuellen Preisstand rund 6 Mrd EUR betragen. Somit

sind die mit Preisstand 2. Quartal 2008 oben ermittelten Projektkosten von 5,98 Mrd EUR (siehe Kapitel 4.2) relativ präzise bestätigt.

Wären die offiziell genannten Projektkosten von 2,8 Mrd EUR korrekt, so würden die bisher angefallenen Planungskosten von 300 Mio EUR, gemessen an den Vorgaben der HOAI, um mehr als Faktor 2 zu hoch sein. In diesem Fall wäre vermutlich gegen diese überhöhten Aufwendungen für die bisherige Planung ein Einspruch durch den Bundesrechnungshof, das Bundesfinanzministerium oder den Haushaltsausschuß des Bundestags erfolgt.

5.3 Herleitung der Tunnelbaukosten von Stuttgart 21 aus den Kosten des geplanten Zweiten S-Bahn-Tunnels in München

In München befindet sich derzeit ein Projekt in Vorbereitung, das sowohl einen ähnlichen Planungsstand wie Stuttgart 21 hat als auch hinsichtlich weiterer Kriterien Ähnlichkeiten mit dem Stuttgarter Projekt aufweist. Es handelt sich hierbei um den geplanten Zweiten S-Bahn-Tunnel in München, auch als "Zweite S-Bahn-Stammstrecke in München" bezeichnet. Demnächst werden von der DB AG in einem Teilabschnitt neue Planungsvarianten vorgelegt; dieser Vergleich bezieht sich auf die alten Planungsunterlagen mit Planungsstand 2005/2006 bei einem Preisstand des Jahres 2006.

Folgende Merkmale haben beide Projekte gemeinsam:

- Beide Projekte wurden Mitte der 90er Jahre konzipiert und seither mehrfach planerisch verändert.
- 88% der kalkulierten Kosten fallen für unterirdische Abschnitte incl. Tunnelbahnhöfe an
- Die Tunnels beider Projekte werden überwiegend bergmännisch vorgerieben, wobei die Methode TBM jeweils auf 60% und die Methode NÖT jeweils auf 40% der Tunnellänge zum Einsatz kommt. Hierbei ist die oben genannte Prämisse bezüglich Stuttgart 21 zugrunde gelegt, daß die laut Planfeststellungsunterlagen vorgesehene NÖT in geeigneten Abschnitten durch TBM ersetzt wird (siehe Kapitel 3.2.4).

Andererseits unterscheidet sich das Projekt in München von Stuttgart 21 in mehreren Punkten:

- Die Grundwassersituation ist in München wesentlich schwieriger als im Untergrund von Stuttgart, was zu erhöhten Kosten beim Tunnelvortrieb führt.
- Andererseits sind die geologischen Bedingungen in München für den Tunnelvortrieb besser als in Stuttgart, da im Untergrund der bayerischen Landeshauptstadt eine vergleichbar problematische Gesteinsformation wie der unausgelaugte Gipskeuper im Anhydrit gar nicht vorkommt. Dadurch kann die grundwasser-bedingte Baukosten-Erhöhung in etwa kompensiert werden.
- Beim Tunnelbau in München hat die kostengünstige offene Bauweise einen noch geringeren Anteil als in Stuttgart.
- Die Vortriebsstrecken, auf denen Tunnelbohrmaschinen eingesetzt werden können, sind in München kürzer als in Stuttgart, so daß pro Tunnelkilometer, der per TBM gebohrt wird, in München wiederum erhöhte Kosten anfallen.

Die Kosten des Projekts Zweite S-Bahn-Stammstrecke in München werden von der DB AG mit rund 1,6 Mrd EUR beziffert, davon 1,4 Mrd EUR allein für die Tunnelbaumaßnahmen. Das Volumen des Tunnelausbruchs in München beträgt 1,6 Mio m³. Daraus ergeben sich Tunnelbaukosten von 875 EUR pro m³ Tunnelvolumen; dieser Wert enthält im Unterschied zu den an anderen Stellen der vorliegenden dieser Studie häufig genannten Baukosten pro m³ Tunnelvolumen nun auch anteilige Kosten für Innenausbau, Gleise, Planung usw.

Legt man bezüglich des Projekts Stuttgart 21 die oben ermittelten Kosten von rund 4,9 Mrd EUR für die Tunnelführung (88% der gesamten Projektkosten von 5,6 Mrd EUR) und das Gesamtvolumen des Tunnelausbruchs von 6,7 Mio m³ zugrunde, so lassen sich durchschnittliche Projektkosten von 731 EUR pro m³ Ausbruch bestimmen. Die Kosten pro Volumeneinheit in München liegen somit, verglichen mit dem Stuttgarter Projekt nach VIEREGG-RÖSSLER, um 20% höher. Diese Differenz ist angesichts der oben genannten Erschwernisse des Tunnelbaus in München (weniger offene Bauweise, kürzere TBM-Vortriebsstrecken am Stück) plausibel.

Die Kosten für den Zweiten S-Bahn-Tunnel in München waren noch 2001 mit rund 583 Mio EUR oder 1,14 Mrd DM angegeben worden,¹⁵ während sie inzwischen mit rund 1,6 Mrd EUR beziffert werden, also eine Kostensteigerung fast um Faktor drei, und dies trotz Streichung mehrerer kostenintensiver Tunnelbahnhöfe gegenüber der ursprünglichen Planung. Dagegen läßt sich aufgrund der offiziellen Angaben beim Projekt Stuttgart 21 trotz stark erhöhter Tunnellängen, verglichen mit dem ursprünglichen Konzept, lediglich eine Kostensteigerung von ursprünglich ca. 2,45 Mrd EUR auf 2,8 Mrd EUR erkennen, was seit 1994 nur eine Zunahme um 14,3% oder Faktor 1,143 bedeuten würde.

Die beschriebene Überprüfung der zuvor ermittelten Kosten des Projekts Stuttgart 21 auf drei vollkommen unterschiedlichen Wegen hat somit den Nachweis erbracht, daß die Projektkosten von 5,6 Mrd EUR zum Preisstand 2006 plausibel sind. Aus diesem Grunde sind die bisher offiziell genannten Investitionen von 2,8 Mrd EUR, aber auch der Betrag von 4,1 Mrd EUR incl. eines Risikozuschlags für Mehrkosten von bis zu 1,3 Mrd EUR, deutlich zu niedrig veranschlagt.

6. Kurzfassung

Ausgangssituation und Zielsetzung der Untersuchung

Im April 1994 und somit vor gut 14 Jahren wurde das Projekt Stuttgart 21 vom damaligen DB-Vorstandsvorsitzenden zusammen mit Spitzenpolitikern des Bundes, des Landes Baden-Württemberg und der Stadt Stuttgart erstmals der Öffentlichkeit präsentiert, nachdem bereits im Oktober 1990 drei Stuttgarter Stadtplaner im Prinzip denselben Vorschlag vorgelegt hatten - allerdings ohne eine so große, positive Resonanz unter Fachleuten und Journalisten zu finden wie die genannte Präsentation vier Jahre später. Die Investitionskosten für das Projekt Stuttgart 21 wurden 1994 von der DB AG mit ca. 4,8 Mrd DM oder ca. 2,45 Mrd EUR veranschlagt. Im Jahr 2007, also 13 Jahre später, wurde eine Summe 2,8 Mrd EUR genannt, die somit nur unwesentlich höher ist als der 14 Jahre alte Kostenansatz. In den vergangenen Jahren nahm die Kritik am Projekt Stuttgart 21 in der politischen Diskussion aus zahlreichen Gründen (Erlebnisqualität und Sicherheit der Fahrgäste, verkehrlicher Nutzen, Architektur, Stadtentwicklung, Denkmalschutz und Belastungen der öffentliche Haushalte) immer mehr zu und gipfelte in einem Bürgerbegehren von mehr als 60.000 Bewohnern aus Stuttgart Ende 2007.

Die Erfahrungen beim Bau von Eisenbahnstrecken mit hohem Tunnelanteil, beispielsweise ICE-Neubaustrecke Nürnberg - Ingolstadt und Berliner Nord-Süd-Fernbahntunnel incl. neuer Hauptbahnhof, zeigen, daß sich die Investitionskosten für derartige Bauvorhaben gegenüber der ursprünglichen Kalkulation bis zur Fertigstellung häufig verdoppeln bis verdreifachen.

In der bisherigen Absichtserklärung (Juli 2007) von DB AG, Bund, Land, Region und Stadt Stuttgart bezüglich der Projektfinanzierung wurden zwar schon mögliche Mehrkosten von 1,3 Mrd EUR berücksichtigt, die vom Land und der Stadt gemeinsam zu tragen wären, aber ungeklärt ist hingegen, wer für die möglichen Mehrkosten aufkommt, welche die Summe von 1,3 Mrd EUR übersteigen.

Angesichts dieser großen finanziellen Unwägbarkeiten erhielt die VIEREGG-RÖSSLER GmbH von der Fraktion Bündnis 90 / DIE GRÜNEN im Gemeinderat der Stadt Stuttgart und vom BUND Landesverband Baden-Württemberg den Auftrag, die wahrscheinlichen Kosten des Projektes Stuttgart 21 zu ermitteln.

Vorgehensweise und Gegenstand der Untersuchung

Die Kostenermittlung für das Projekt Stuttgart 21 erfolgt in 5 Schritten:

- (1) Analyse der Planfeststellungsunterlagen
- (2) Recherchen zu den Kosten vergleichbarer Projekte
- (3) Kalkulation der Projektkosten zum Preisstand 2006
- (4) Kalkulation der Projektkosten zum aktuellen Preisstand (Jahr 2008)
- (5) Prognose der Projektkosten bis zur Fertigstellung.

Gegenstand dieser Untersuchung sind die Kosten aller Baumaßnahmen des Projekts Stuttgart 21, also zwischen Stuttgart-Feuerbach und Wendlingen, während die Neubaustrecke ab Wendlingen nach Ulm ausgeklammert bleibt.

Methodik der Ermittlung von Bau- und Projektkosten

Als Grundlage für die Ermittlung der Investitionskosten stehen bei zahlreichen anderen realisierten Eisenbahnprojekten empirisch gewonnene und somit gesicherte Daten zu den Kosten von einzelnen Baumaßnahmen in pauschalisierter Form zur Verfügung, z.B. Kosten pro Kubikmeter Tunnelvolumen. Insgesamt handelt es sich um 63 unterschiedliche Kostenpositionen. Außerdem werden noch pauschale Zuschläge von 33,4% zu den reinen Baukosten berücksichtigt, beispielsweise für Umweltschutzauflagen, Unvorhergesehenes und Planung.

Bezüglich des Baus der unterirdischen Anlagen (Strecken und Bahnhöfe) wird zwischen der offenen Bauweise und dem bergmännischen Vortrieb unterschieden, der sich wiederum unterteilt in die Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT), auch Spritzbetonbauweise oder "konventioneller Vortrieb" genannt, und in den automatisierten Tunnelvortrieb mit Tunnelbohrmaschinen (TBM). Seit Ende der 90er Jahre ist in Deutschland die Baumethode mit TBM eindeutig vorherrschend, während die NÖT nur noch dort eingesetzt wird, wo TBM aus technischen Gründen nicht in Frage kommen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der automatische Vortrieb in den letzten Jahren eine starke technische Weiterentwicklung erfahren hat, die zu deutlichen Kostenreduktionen beim Einsatz von TBM gegenüber NÖT führt.

Nach dem Gebot der Sparsamkeit ist es somit naheliegend, daß die bergmännischen Tunnels von Stuttgart 21 - anders als nach den Planfeststellungsunterlagen vorgesehen - nicht mehr ausschließlich für das Verfahren NÖT geplant und ausgeschrieben sowie später entsprechend gebaut werden. Deshalb wird in der vorliegenden Kostenkalkulation beim bergmänni-

schen Tunnelvortrieb die Methode TBM überall zugrunde gelegt, wo dies bezüglich der Baukosten von Vorteil gegenüber der NÖT ist. Dies trifft für rund 60% der Tunnelstrecken zu.

Wahrscheinliche Kosten des Projekts Stuttgart 21

Bei Großprojekten der Öffentlichen Hand ist es üblich, in Kostenaufstellungen die Umsatzsteuer (auch Mehrwertsteuer genannt) nicht auszuweisen. Dies wird von der DB AG bezüglich Stuttgart 21 ebenso gehandhabt. Deshalb wird auch in der vorliegenden Studie die Umsatzsteuer nicht ausgewiesen.

Das Projekt Stuttgart 21 erfordert, bezogen auf den **Preisstand 2006**, nach den in der vorliegenden Studie durchgeführten Berechnungen Investitionen von insgesamt 5,6 Mrd EUR. Diese Summe, die um Faktor 2 höher ist als die bisher ausgewiesenen Projektkosten, ergibt sich zu fast 90% aus dem Neubau von Eisenbahnstrecken und Bahnhöfen, die überwiegend im Tunnel verlaufen und somit extrem kostenintensiv sind: Ihre Baukosten betragen 4,99 Mrd EUR.

Den höchsten Anteil von rund einem Viertel der Kosten von Strecken und Bahnhöfen weist der Fildertunnel mit Baukosten von rund 1,3 Mrd EUR auf, und zwar wegen seiner großen Streckenlänge, seines großen Tunnelquerschnitts und seines Verlaufs durch die für den Tunnelbau sehr anspruchsvollen geologischen Formation "anhydritführende unausgelaugter Gipskeuper". An zweiter Stelle ist der Tunnel nach Unter-/Obertürkheim mit einem Kostenanteil von fast einem Fünftel (knapp 1 Mrd EUR) zu nennen. Hier wirkt sich neben der Anhydrit-Problematik auch noch die bautechnisch aufwendige Unterfahrung des Neckartales als kostentreibende Maßnahme aus. Mit Baukosten von rund 0,75 Mrd EUR steht der unterirdische Neubau des Hauptbahnhofs - das Herzstück des gesamten Projektes - mit einem Kostenanteil von lediglich knapp einem Sechstel erst an dritter Stelle unter den Maßnahmen zum Neubau von Strecken und Bahnhöfen. Als wichtigste Kostenfaktoren des Baus der unterirdischen Strecken und Bahnhöfe sind zu nennen: die Größe der Tunnelquerschnitte, die geologischen Bedingungen der Tunnels und die Art der Baumethode (offene Bauweise, NÖT, TBM).

Für alle sonstigen Baumaßnahmen zusammen belaufen sich die Investitionen lediglich noch auf 610 Mio EUR, also nur rund 11% der Gesamtkosten von Stuttgart 21, wobei allein auf den Neubau des Abstellbahnhofs in Untertürkheim sowie den Abtransport des Aushubmaterials zur Deponie in Sachsen-Anhalt zusammen mehr als die Hälfte der Kosten aller sonstigen Baumaßnahmen entfallen.

Da ab 2006 bis heute eine deutliche Steigerung der Baupreise stattfand, nämlich um 12,15%, liegen nach **aktuellem Preisstand** (2. Quartal 2008) die Projektkosten von Stuttgart 21 bei knapp 6,3 Mrd EUR, was eine Kostensteigerung in der relativ kurzen Zeit seit 2006 um fast 700 Mio EUR bedeutet. Berücksichtigt man jedoch, daß für dieses Vorhaben inzwischen schon Planungskosten von rund 300 Mio EUR angefallen sind, die im genannten Betrag von 6,3 Mrd EUR noch enthalten sind, ergeben sich rund 6 Mrd EUR für verbleibende Kosten bei Realisierung von Stuttgart 21. Insgesamt haben sich die Projektkosten seit 1994 bis heute um mehr als Faktor 2 erhöht, obwohl hier die angefallenen Planungskosten schon abgezogen sind.

Die gesamte Bauzeit bis zur kompletten Fertigstellung des Projekts Stuttgart 21 soll sich laut bisheriger Planung über rund 10 Jahre erstrecken. Entscheidend für die Ermittlung der **Kosten bis zur Fertigstellung** des gesamten Vorhabens ist deshalb ein Mittelwert zwischen dem Zeitpunkt des Baubeginns und dem Zeitpunkt des Abschlusses aller Maßnahmen. Wenn man von einer Bauzeit von 2010 bis 2020 ausgeht, liegt die zeitliche Mitte der Bauarbeiten im Jahr 2015, so daß von heute aus betrachtet noch 7 Jahre mit steigenden Baupreisen vergehen werden. Es werden zwei unterschiedliche Indizes der zukünftigen Baupreissteigerung pro Jahr zugrunde gelegt: 2,0% als unteren und 5,5% als oberen Eckwert. Die daraus resultierenden Projektkosten betragen rund 6,9 Mrd EUR bzw. rund 8,7 Mrd EUR. Selbst beim unteren Eckwert der Baupreissteigerung sind somit die Investitionen bis zur Fertigstellung von Stuttgart 21 rund 2,5-mal so hoch wie die bislang offiziell genannte Summe von 2,8 Mrd EUR. Wenn es hingegen in den nächsten Jahren beim derzeitigen Baupreisanstieg von 5,5% pro Jahr bleibt, ist mit noch verbleibenden Projektkosten von rund 8,7 Mrd EUR zu rechnen - mehr als dreimal soviel, wie bisher von offizieller Seite angegeben.

Validierung der Kostenermittlung durch alternative Rechenwege

Um zu überprüfen, ob die beschriebenen Ergebnisse bezüglich der Kosten des Projekts Stuttgart 21 hinsichtlich der Größenordnung korrekt bzw. plausibel sind, wurden zusätzlich drei unterschiedliche Rechenverfahren verwendet:

(1) Hochrechnung anhand der Planung des Jahres 1994:

Es wurde eine Hochrechnung der Projektkosten, ausgehend von der ursprünglichen Planung durchgeführt: Die Planung des Jahres 1994, aber in Preisen von 2006, hätte zu Investitionen von 4,1 Mrd EUR geführt. Aufgrund der seither vorgenommenen umfangreiche Umplanungen - um knapp 10 km weniger unterirdische Gleislänge in offener Bauweise, aber 26 km mehr Gleise, deren Tunnels mit dem kostenintensiven bergmännischem Vortrieb gebaut werden - errechnen sich nach der aktuellen Planung für den Tunnelbau Mehrkosten von rund 2,0 Mrd EUR, so daß die Projektkosten bei 6,1 Mrd EUR liegen.

Wenn man die technischen Fortschritte beim Tunnelbau berücksichtigt, die zu Einsparungen von rund 0,5 Mrd EUR führen, lassen sich die gesamten Projektkosten mit 5,6 Mrd EUR beziffern. Dieser Betrag ist identisch mit den oben ermittelten Projektkosten von 5,6 Mrd EUR mit Preisstand 2006. Aus dieser Ableitung läßt sich zugleich auch schließen, daß die damaligen Projektkosten in Höhe von 2,46 Mrd EUR (Planungsstand 1994, Preisstand 1993) plausibel sind.

(2) Hochrechnung anhand der bisherigen Planungskosten:

Nimmt man eine Hochrechnung der Baukosten auf der Basis der bisher bereits angefallenen Planungskosten von 300 Mio EUR vor, so läßt sich folgendes feststellen: Laut HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) § 55 entsprechen die genannten Planungskosten einem Zuschlag von 5,2% auf die reinen Baukosten. Somit lassen sich diese Baukosten ermitteln:

$$\text{Baukosten: } X = 300 \text{ Mio EUR} / 5,2 \times 100 = 5,769 \text{ Mrd EUR.}$$

Des weiteren stehen noch Honorare für die Ausführungsplanung, für die ingenieurtechnische Unterstützung bei der Ausschreibung sowie für die Bauüberwachung aus, die sich laut HOAI zusammen auf 4,8% der reinen Baukosten summieren, was einen Betrag von 277 Mio EUR ergibt. Somit errechnen sich die verbleibenden Projektkosten mit 6,046 Mrd EUR. Das

bedeutet, daß die mit Preisstand 2. Quartal 2008 ermittelten Projektkosten von 5,98 Mrd EUR relativ präzise bestätigt sind.

Wären die offiziell genannten Projektkosten von 2,8 Mrd EUR korrekt, so würden die bisher angefallenen Planungskosten von 300 Mio EUR, gemessen an den Vorgaben der HOAI, um mehr als Faktor 2 zu hoch sein, was vermutlich zu Einsprüchen von Instanzen wie Bundesrechnungshof oder Haushaltsausschuß des Bundestags führen würde.

(3) Herleitung der Baukosten aus den Baukosten des Zweiten S-Bahn-Tunnels in München:

Der geplante Zweite S-Bahn-Tunnel der Münchner S-Bahn hat einen ähnlichen Planungsstand wie das Projekt Stuttgart 21 und weist auch hinsichtlich weiterer Kriterien Ähnlichkeiten mit dem Stuttgarter Projekt auf. Die Kosten der Tunnelbaumaßnahmen in München werden von der DB AG mit rund 1,4 Mrd EUR beziffert; das Volumen des Tunnelausbruchs beträgt 1,6 Mio m³. Daraus ergeben sich Gesamtkosten von 875 EUR pro m³ Tunnelvolumen.

Legt man bezüglich des Projekts Stuttgart 21, wie oben ermittelt, Kosten von rund 4,9 Mrd EUR für den Tunnelbau und ein Gesamtvolumen des Tunnelausbruchs von 6,7 Mio m³ zugrunde, so betragen die durchschnittliche Kosten 731 EUR pro m³ Ausbruch. Die Kosten pro Volumeneinheit in München liegen somit, verglichen mit dem Stuttgarter Projekt nach VIEREGG-RÖSSLER, um 20% höher. Diese Differenz ist angesichts der Erschwernisse des Tunnelbaus in München (weniger offene Bauweise, kürzere TBM-Vortriebsstrecken am Stück) plausibel.

Die Überprüfung der zuvor ermittelten Kosten des Projekts Stuttgart 21 auf drei vollkommen unterschiedlichen Wegen zeigt somit, daß sich beim Preisstand 2006 die Kosten dieses Projekts auf 5,6 Mrd EUR und nicht nur auf 2,8 Mrd EUR belaufen werden.

Quellenangaben

- 1) Käfer, Armin: Bahn will Stuttgart untertunneln, in: Stuttgarter Zeitung vom 19.4.1994
- 2) o.V.: Vielstimmiger Jubel für das "Jahrhundertprojekt", in: Stuttgarter Zeitung vom 19.4.1994
- 3) Schubert, Dieter: Planer-Vorschlag: Neue Stadt über Bahnhofstunnel, in: Stuttgarter Zeitung vom 19.10.1990
- 4) Deutsche Bahn AG, Geschäftsbereich Netz, Regionalbereich Stuttgart (Hrsg.): "Projekt 'Stuttgart 21', Die Machbarkeitsstudie", 40-seitige Broschüre von 1994
- 5) Dörries, Bernd: Ein Zurück ist kaum mehr möglich, in: Süddeutsche Zeitung vom 14.7.2007
- 6) Aktionsbündnis gegen Tiefbahnhof Stuttgart 21, für Kopfbahnhof Stuttgart K 21, 6.6.2008
- 7) Dörries, Bernd: Mit Tempo 250 über die Schwäbische Alb, in: Süddeutsche Zeitung vom 20.7.2007
- 8) a.a.O.
- 9) Wolfgang Arnold et al.: Der Tunnel - Verbindungsbahn der S-Bahn Stuttgart - Dokumentation ihrer Entstehung, Stuttgart 1985
- 10) Ermittlung der wahrscheinlichen Baukosten des geplanten Zweiten S-Bahn-Tunnels in München im Vergleich zum Ausbau des Eisenbahn-Südrings ohne durchgehende eigene S-Bahn-Gleise, Auftraggeber: Fraktion Bündnis 90 / DIE GRÜNEN im Bayerischen Landtag, Juli 2008
- 11) Statistisches Bundesamt Deutschland: Baupreisindizes, Neubau sonstiger Bauwerke, aktualisiert am 9.7.2008
- 12) a.a.O.
- 13) Deutsche Bahn AG, Geschäftsbereich Netz, Regionalbereich Stuttgart (Hrsg.): "Projekt 'Stuttgart 21', Die Machbarkeitsstudie", 40-seitige Broschüre von 1994, S. 32
- 14) Deutsche Bahn AG, Geschäftsbereich Netz, Regionalbereich Stuttgart (Hrsg.): "Projekt 'Stuttgart 21', Die Machbarkeitsstudie", 40-seitige Broschüre von 1994
- 15) Vergleichende Untersuchung Ausbau S-Bahn-Südring / 2. S-Bahn Tunnel, Zusammenfassung der Machbarkeitsstudie, Auftraggeber: Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung et al., München 2001, S.7

Zur VIEREGG-RÖSSLER GmbH

Die VIEREGG-RÖSSLER GmbH ist ein Beratungsbüro im Bereich Schienenverkehr mit den Schwerpunkten Vor- und Entwurfsplanung von Eisenbahnstrecken sowie eisenbahnbetriebliche Simulationen (Fahrplanerstellung, Kapazitätsberechnung).

Mit der Eisenbahn im Raum Stuttgart beschäftigt sich die VIEREGG-RÖSSLER GmbH schon seit vielen Jahren. Seit 1990 verfolgt sie den Werdegang des Projektes eines Tunnelbahnhofs für Stuttgart, das damals noch "Querdenken" und nicht "Stuttgart 21" hieß. Mit den drei Autoren Bohm, Gurk und Wendt fand damals ein reger Gedankenaustausch statt. 1992 erstellte die VIEREGG-RÖSSLER GmbH über einen Unterauftrag der Fa. Ingenieurgeologische Institute Niedermeier (igi) für die DB AG eine 200-seitige Grundsatzstudie zur Trassenfrage H versus K sowie zum Knoten Stuttgart.

Eine Reihe von DB-Projekten stammt bezüglich der Grundkonzeption von der VIEREGG-RÖSSLER GmbH, beispielsweise die Neubaustrecke Mannheim - Frankfurt oder die Anbindung des Flughafens Köln-Bonn im Nebenschluß an die ICE-Strecke Köln - Rhein/Main.

Letztes Jahr erstellte die VIEREGG-RÖSSLER GmbH, nachdem im Bundesverkehrsministerium vorgeschlagen wurde, die völlig veraltete ICE-Trassenplanung Nürnberg - Erfurt von 1994 zumindest im Abschnitt Coburg - Lichtenfels durch eine zeitgemäßere Linienführung zu ersetzen, in nur wenigen Monaten eine Vorplanung und grobe Entwurfsplanung von 25 km ICE Neubau- und Ausbaustrecke. In diesem relativ dicht besiedelten Abschnitt, auf dem bzgl. der bisherigen Planung noch keine Bautätigkeit herrscht, wurden hinsichtlich der Neuplanung positive Reaktionen aus sämtlichen betroffenen Kommunen erzielt. Die neue Trassen-Variante ist mindestens 500 Mio EUR kostengünstiger als die ursprünglich geplante Planung und bietet für die Region große Vorteile. Dies zeigt, daß man in unserem dicht besiedelten Land eine kosteneffiziente Eisenbahnplanung durchführen kann, die in der Region vor Ort angenommen wird.