Anlage (6) zu Stellungnahme 9A

Autobahndirektion Südbayern

Zentralstelle Brücken- und Tunnelbau

Bürgerverein Heuchelhof

VERMERK

AZ.: Z4/402 München, 12.12.2012

Zu den Fragen der Autobahndirektion Nordbayern zum Tunnel Würzburg nehmen wir wie folgt Stellung:

1. Gibt es bereits Filteranlagen für eine ca. 2 km lange dreistreifige Straßentunnelröhre?

Ja, beispielsweise in dem innerstädtischen Tunnel Festning-Tunnel in Oslo, der über elektrostatische Staubabscheider verfügte, die offensichtlich derzeit nicht mehr in Betrieb sind. Der Tunnel hat zwei Richtungstunnel mit je 3 Fahrstreifen, der DTV wird mit 60.000 Kfz/24h angegeben (2010). Grundsätzlich ist die Installation eines Staubabscheiders al-lein oder zusammen mit einer NO_2-Filterung nicht an die Größe oder die Verkehrsbelastung eines Tunnels gebunden.[1]

2. Können Sie und hierfür die Kosten pro lfd km Tunnel nennen?

Hierzu Angaben zu finden ist nicht leicht, da die Literatur diesbezüglich nicht sehr ergiebig ist. Hinzu kommt, dass die Angaben zu den einzelnen Filtern (Staubabscheidern und NO_2-Filter) teilweise nicht sehr aussagekräftig sind, weil z.B. verschiedenen installierten Tunnelfiltern unterschiedliche Aufgaben zugedacht sind, differierende Grenzwerte gelten oder verschiedene technische Konzeptionen zugrunde liegen.

Grundlegend Unterschiede der Installationen von Staubabscheidern betreffen die Art der Wirkung. So werden Staubabscheider zur Sicherstellung ausreichender Sichtverhältnisse im Tunnel üblicherweise in Bypässen angeordnet, die gereinigte Luft wird in den Tunnel

[1] Information document: The treatment of air in road tunnels, CETU (French tunnel study center), Bron, 2010

zurückgeleitet. Die weit überwiegende Anzahl der installierten Filter arbeiten nach diesem Funktionsprinzip. Daneben werden Staubabscheider auch zur Verbesserung der Luftqualität in der Umgebung von Tunnels verwendet. Hierzu werden sie beim Auslass, also üblicherweise vor einem Abluftkamin angeordnet.

Neben den Staubabscheidern („Partikelfilter“) werden gelegentlich auch noch Filter zur Entfernung von NO_2 aus der Tunnelluft eingesetzt. Dabei handelt es sich in aller Regel um Adsorptionsfilter, die das NO_2 an Aktivkohle anlagern. Dies setzt zwingend einen Staubabscheider voraus, der die Luft vor dem Aktivkohlefilter weitgehend staubfrei macht. In der Mehrzahl der Fälle werden aber nur Staubabscheider eingesetzt.

Die Investitionskosten der Staubabscheider sind von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, insbesondere gibt es verschiedene Bauarten der verwendeten elektrostatischen Abscheideanlagen, jeder Hersteller verwendet eigene Ideen und Erfindungen. So kann die elektrische Ladung der Partikel positiv oder negativ sein, das elektrische Feld zwischen den Kollektorplatten kann mit wechselnder oder konstanter Spannung aufgebaut sein etc. Größere Unterschiede gibt es insbesondere auch bei den Reinigungsverfahren für die Kollektorplatten, es kommen Trocken- und Nassverfahren zum Einsatz, die sich im technischen Aufwand stark unterscheiden.

Wenn man als Vergleich die bekannten Kosten des Tunnels „Le Vigne – Galleria di Cesena“ heranzieht, wo für zwei Anlagen je 2,5 Mio. € (reine Analgenkosten ohne Bauwerke und ohne Lüfter) investiert wurden. Die Länge des Tunnels ist 1581 m, der Quer-schnitt jeder Röhre des Richtungsverkehrstunnels entspricht einem Tunnel mit zwei Fahrstreifen ohne Standstreifen. Die Luftmenge durch jeden Staubabscheider beträgt etwa 250 (nach anderen Quellen 200) m^3/s.[2]

Insgesamt müsste die Luftmenge bei dem bergmännschen Tunnel Würzburg mit einer Tunnellänge von ca. 3000 m (mit Einhausungen und offenen Bauweisen) und dem deutlich größeren Querschnitt wohl deutlich höher sein. Die Investitionssumme für die Staubabscheider würde damit nach unserer Schätzung ca. 3,5 Mio. € pro Staubabscheider betragen, hinzukommen noch die erforderlichen Räume, Ventilatoren und Abluftkamine. Insgesamt werden daher die Kosten für jede der beiden Luftreinigungsanlagen ca. 8-10 Mio. € betragen. Diese Kosten kommen zu der erforderlichen Betriebstechnik hinzu, da die reguläre Tunnellüftung durch Strahlventilatoren dadurch nicht eingespart werden könnte. Sie ist in Kombination mit dem Staubabscheider erforderlich, wenn dieser in Be-

[2] Gemäß “Information document: The treatment of air in road tunnels, CETU (French tunnel study center), Bron, 2010” beträgt die Luftmenge nur 200 m^3/s, gemäß einem Referenzblatt des Herstellers Aigner jedoch 250 m^3/s

trieb ist, sie ist erforderlich für den regulären Betrieb, wenn der Staubabscheider nicht in Betrieb ist und sie ist insbesondere als Brandlüftung erforderlich.
Insgesamt kann man jedoch Tunnelfilter derzeit nicht als Standard bezeichnen. Selbst in Japan, das auf diesem Gebiet führend ist, ist nur etwa ein halbes Prozent der Tunnel mit einer Staubabscheideanlage ausgestattet, davon die meisten zur Sicherstellung einer ausreichenden Sicht im Tunnel und nicht zur Verbesserung von Umweltbedingungen.

3. Gibt es Erkenntnisse über die jährlichen Wartungs- und Betriebskosten einer Tunnelfilteranlage?

Angaben über die Lebenszykluskosten von Staubabscheideanlagen sind aufgrund der wenigen gebauten Anlagen nur sehr spärlich zu erhalten. Für die Betriebskosten ist maßgeblich wie lange die Anlage läuft. Aufgrund der enorm hohen Energiekosten werden die Anlagen im Bypassbetrieb nur dann betrieben, wenn die Sicht im Tunnel bestimmte Grenzwerte überschreitet, bzw. wenn im Umfeld des Tunnels bestimmte Grenzwerte überschritten werden. Die Werte einzelner Tunnel können je nach Umfeld von annähernd 100 % der Zeit bis hin zu 0,15% der Zeit differieren[3]. Entsprechend der differierenden Energiekosten. Über weitere Betriebskosten, etwa im Rahmen von Wartungsverträgen liegen keine Werte vor.
Ein Ansatz von 6-8 % der Installationskosten pro Jahr dürfte allerdings für die gesamten jährlichen Betriebskosten ohne Erhaltungskosten realistisch sein[4]. Im Falle des Würzburger Tunnel wären das Kosten von 600.000 bis 800.000 € pro Jahr, die zu den Kosten für den „normalen“ Betrieb und die Unterhaltung des Tunnels von ca. 500 € pro lfm hinzukommen. Damit wären die jährlichen Betriebs- und Unterhaltungskosten für den ca. 3000 m langen Tunnel Würzburg (bergmännischer Tunnel und eingehauste Brücken und Zwischenstücke) ca. 1,5 Mio. € plus eine Summe von 0,6 bis 0,8 Mio. €, insgesamt also ca. 2,1 bis 2,3 Mio./a.

[3] Information document: The treatment of air in road tunnels, CETU (French tunnel study center), Bron, 2010, Kapitel 2.7.3

[4] Werte ermittelt nach der Broschüre „Was bringt der Tunnelfilter“ Kurzinfo zum Tunneldialog Schwäbisch Gmünd 2012 veröffentlichten Werten.

4. Haben Sie Erkenntnisse über aus Lärmschutzgründen eingehauste Talbrücken?

Nach unseren Recherchen wurden Brücken dieser Größenordnung bisher noch nicht mit einer über das Bauwerk laufenden Lärmschutzeinhausung errichtet. Folgende Grundsätze müssten für diese Bauwerke gelten:

 Ein derartiges Bauwerk muss hinsichtlich der Ausstattung wie ein Tunnel aufweisen und den Anforderungen nach RABT genügen.

 Eine getrennte Konstruktion für die Einhausung – z.B. mit eigenen Pfeilern etc. ist aufgrund der Länge und der Höhe der Brücken nicht möglich. Die Einhausung muss im Prinzip Teil der jeweiligen Brücke sein.

 Das Bauwerk muss prüfbar sein, insbesondere muss auch ein unten liegendes Tragwerk vom Brückenbauwerk aus prüfbar sein. Eine Prüfung vom Talgrund aus ist aufgrund der dort vorhandenen Bebauung, der Höhe der Bauwerke etc. nicht lückenlos möglich.

Unter den Brücken des Würzburg-Tunnels sind keine Gebäude, sondern nur Straßen und die Eisenbahnlinie.

 Im Falle eines Brandes können Teile der Einhausung geschädigt werden; die Sicherheit des gesamten Bauwerks darf dadurch nicht gefährdet sein.

 Im Querschnitt muss ein derartiges Bauwerk der RABT entsprechen, insbesondere muss der Rettungsweg in die andere Röhre zur Verfügung stehen, wenn im Bereich des Bauwerks ein Notausgang erforderlich ist.

 Das Bauwerk muss insbesondere so stabil sein, dass ein Durchbruch und Absturz eines Fahrzeugs in jedem Fall vermieden wird.

 Ein derartiges Bauwerk müsste hohen gestalterischen Ansprüchen genügen.

Aus diesen Grundsätzen ergibt sich folgende Konstruktion:
 Eine nicht transparente Einhausung würde gestalterisch in dem Tal kaum darstellbar sein. Es würde sich bei einer Betonröhre auf der Brücke ein Riegel von ca. 10 bis 12 m hoch über dem Tal ergeben. Bei einer transparenten Röhre sind aber die Anforderungen, die nach RABT an einen Tunnel zu stellen sind kaum lösbar. Selbst bei einer Betonröhre auf der Brücke würde es sehr schwierig sein die Anforderungen nach RABT zu erfüllen. Außerdem gibt es einen Widerspruch zwischen der Befahrbarkeit der Oberseite der Einhausung mit einem Brückenbe-sichtigungsgerät und einer transparenten Gestaltung der Einhausung auf

der Brücke. Es erscheint kaum denkbar, die einander widersprechenden Anforderungen sinnvoll in einer Planung zu harmonisieren

 Die Einhausung muss befahrbar sein, damit ein Brückenbesichtigungsgerät ein-gesetzt werden kann. Die Röhren können damit von Innen – je nach Bauweise -beispielsweise unter Zuhilfenahme eines Tunnelscanners geprüft werden, auf der Einhausung muss aber ein ebener Weg sein, der statisch für ein Tunnelbesichtigungsgerät bemessen ist und auch hinreichend eben ist (keine Lüfternischen), so dass sowohl die Seiten der Einhausung als auch das unten liegende Tragwerk mit dem Brückenbesichtigungsgerät befahren werden können. Auf der Einhausung sind dazu eine Abdichtung und ein Fahrbahnbelag vorzusehen. Außerdem ist ei-ne vorschriftsmäßige Absturzsicherung erforderlich. Zudem muss dieser Deckel so angebunden sein, dass es auch mit schweren Fahrzeugen möglich ist diesen Deckel zu befahren, beispielsweise über eine Zufahrt über eine geeignete Brücke.

Warum muss auf dem Dach der Einhausung mit schweren Fahrzeugen gefahren werden?

 Die Brücke müsste so geplant werden, dass sämtliche Anforderungen an einen Tunnel erfüllt werden können. So sollte eine Schlitzrinne zum Ableiten von Flüssigkeiten vorhanden sein, Notrufstationen im Abstand von 500 m sollten vorgesehen werden, eine Löschwasserleitung sollte verlegt werden etc. und es sollten ausreichend Kabeltrassen zur Verfügung stehen. Wie all diese Anforderungen auf einem Brückenbauwerk erfüllt werden können ist sicher eine spannende Planungsaufgabe. Vorbilder gibt es dafür jedenfalls nach unserer Kenntnis derzeit noch nicht.

Insgesamt müssten aus Sicht der ZBT statt der Kosten für ein konventionelles Brücken-bauwerk dieser Größe von ca. 1500 €/m2 mindestens Kosten von ca. 2500 €/m2 angesetzt werden. Damit würden sich allein für die beiden Brückenbauwerke Kosten von ca. 63 Mio. € ergeben.

Welchen Bauteilen und welchen Maßnahmen sind welche Kosten zuzuordnen?

5. Kostenvergleich „Würzburg Tunnel“

Im vorliegenden Kostenvergleich sind andere Längen zum Tunnel unter dem Heuchelhof angegeben als in den beiliegenden Längsschnitten. In der Kostengegenüberstellung sind Längen von ca. 1760 bis 1800 m angegeben und in den Längsschnitten 1803 m + 75 m offene Bauweise (Fahrtrichtung Frankfurt) und 1862 m + 185 m offene Bauweise (Fahrt-richtung Nürnberg). Der Querschnitt ist mit 153 bis 168 m² angegeben.

Der große Querschnitt ist aufgrund der 3 Fahrstreifen plus Seitenstreifen nötig und führt bei der bergmännischen Bauweise - insbesondere bei geologisch und hydrologisch schwierigem Gebirge - zu erheblichen, kostenintensiven Aufwendungen, da der Vortrieb vielfach nur in

Teilquerschnitten (Ulmenstollen-Vortrieb) aufgefahren werden kann. Zu beachten ist bei derartigen Querschnittsflächen auch das erhöhte Risiko für Setzungen und daraus resultierende Schäden (teilweise direkte Überbauung!). Des Weiteren besteht die Gefahr, dass der Vortrieb bzw. der Tunnel im Endzustand erhebliche Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt hat und beispielsweise das Grundwasser durch die Dränagewirkung irreversibel im Wasserschutzgebiet absenkt. Ohne eine aufwändige temporäre Absenkung des Grundwassers mit entsprechenden Auswirkungen auf die Quelle wird der Tunnel womöglich nicht zu erstellen sein. Im Endzustand wird man einen wasserdichten Ausbau mit einer umlaufenden Dichtung vornehmen können, was aber möglicherweise aufgrund des herrschenden Wasserdrucks und des großen Querschnitts problematisch ist. Soweit ein Wiederaufstau des Grundwassers nicht möglich ist, müsste eine kosten- und wartungsintensive permanente Absenkung vorgesehen werden und es müssten die negativen Auswirkungen auf die Wassergewinnung der Stadt Würzburg dauerhaft hingenommen werden.

Die Tunnelsohle liegt auf 216 bis 228m über NN. Der Grundwasserhorizont liegt bei 180 bis 190m. Der Tunnel liegt also nicht im Grundwasser, sondern ca. 37m höher. In Höhe des Tunnels befinden sich unterschiedlich durchlässige Gesteinsschichten. Das kann zwar zu stauendem Wasser führen, dieses kann aber schadlos nach unten und nach außen abgeführt werden.
Mit den Vermutungen zum Grundwasser wird hier unbegründet Angst gemacht. Die Situation ist in den Unterlagen zu Ausweisung des Wasserschutzgebiets klar erkennbar. Bezüglich der Gips- und Anhydritvorkommen wäre es zweckmäßig gewesen, erst einmal die vorhandenen chemischen Wasseranalysen anzuschauen.

Im vorherrschenden Muschelkalk sind Karsthohlräume zu erwarten, die zu erheblichen Problemen im Tunnelbau führen können und es ist mit Gips- und Anhydritvorkommen zu rechnen, die u. U. ein besonders betonaggressives Grundwasser zur Folge haben und somit ebenfalls besondere Maßnahmen erfordern.
Die Kosten für die bergmännische Bauweise wurden in der vorliegenden Gegenüberstellung auf Grundlage der Kostenberechnung zur offenen Bauweise des Katzenberghang-tunnels ermittelt. Die damit ermittelten Kosten sind nicht aussagekräftig, da es sich bei den zu vergleichenden Tunneln um völlig unterschiedliche Bauwerke mit verschiedenen Problemstellungen handelt.

Trotz unterschiedlicher Bauweisen kann man einen sinnvollen Bezug zwischen den Kosten der offenen und der bergmännischen Bauweise herstellen:
Der Einheitspreis bei offener Bauweise wird umso höher, je tiefer der Bergeinschnitt ist.
Der Einheitspreis bei bergmännischer Bauweise wird umso höher, je kürzer die Röhre ist. Und es gibt eine Linie, wo beide Bauweisen gleich teuer sind. Die ist ein guter Anhaltspunkt für den Vergleich.

sich um gleich-artige Bauverfahren handeln würde. Bei den hier zu vergleichenden

Bauverfahren sind diese Ansätze nicht zielführend. Die Faktoren für die Mehrkosten gegenüber einer offenen Bauweise (+10%), für die Risiken im Wasserschutzgebiet (+3%) und für Setzungs-schäden (+1%) sind ebenfalls willkürlich gewählt und führen zu deutlich zu geringen Kos-ten.

Eine Kostenschätzung ohne nähere Informationen zur Geologie und Hydrologie muss sehr ungenau sein, auch bei gut erkundeten Trassen bleiben bei bergmännisch herzu-stellenden Tunneln stets hohe Kostenrisiken. Die Rohbaukosten für eine Röhre mit ca. 85 m² können bei konventioneller Spritzbetonbauweise in Abhängigkeit zur vorherr-schenden Geologie und Hydrologie mit ca. 25 bis 45 Mio. €/km abgeschätzt werden. Aufgrund der besonderen Querschnittsgröße (153 – 168 m²) müssen diese Ansätze – in Abhängigkeit der möglichen Vortriebskonzepte – jedoch deutlich erhöht werden. Weitere kostensteigernde Faktoren sind die Lage in einem Wasserschutzgebiet und die vorhan-dene Überbauung der Tunneltrasse. Hieraus ergeben sich u. U. erhebliche Mehraufwen-dungen, die ohne nähere Untersuchungen jedoch kaum bezifferbar sind. Bei der vorhan-denen Überbauung sind besondere Maßnahmen zum Schutz vor Beschädigungen durch Setzungen erforderlich, z.B. besondere Vortriebskonzepte oder auch Vorab-Maßnahmen wie Injektionsschirme mit baubegleitenden Hebungsinjektionen. Bei einem bergmännisch aufzufahrenden Tunnel sind auch die herzustellenden Notausgänge (Querschläge) u. U. sehr aufwändig und machen sich in der Kostenberechnung deutlich bemerkbar.

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren ist ein Ansatz von 30 bis 50 Mio. €/Röhren-km für die Rohbaukosten realistisch. Bei den in den Längsschnitten angegebenen Röhrenlängen von 1803 m + 1862 m = 3665 m ergäben sich daher Kosten von <u>rund 130 bis 185 Mio. € allein für den bautechnischen Teil.</u>

Die Tunnelprojektierungsfirma Baucon hat (Anlage(5) zur Stellungnahme 9A) die Kosten des Würzburg-Tunnels ermittelt. Nach Abzug der Tunnelausstattung, umgerechnet auf das Vergleichsjahr 2009 beträgt der Einheitspreis für 1km Röhre 25 Mio € einschließlich eines Risikozuschlags von 28%.

Hinzu kämen deutlich höhere Kosten für die Verkehrs- und Betriebstechnik insbesondere bei der Kombination mit den Einhausungen, da diese verkehrs- und betriebstechnisch wie ein Tunnel bzw. als Tunnelkette betrachtet werden müssten (660 m eingehauste Brücken + 200 m Tunnel Hoher Steig + 220 m eingehauste Strecke + 1800 m Tunnel = 2880 m).

Für die betriebliche Ausstattung können 6 – 9 Mio. €/km näherungsweise angesetzt werden, was bei einer Tunnelkette von insgesamt knapp 2 x 3 km Röhren-Länge Kosten von 36 bis 54 Mio. € bedeuten. Diese Ausstattungselemente verursachen zudem einen hohen Unterhaltungsaufwand (ca. 500 € / lfm bei 2 Röhren → 1,5 Mio. €) und besitzen eine relativ kurze Lebensdauer und müssen daher in regelmäßigen Abständen erneuert bzw. nachgerüstet werden.

Die Filteranlagen sind im Kostenvergleich Stellungnahme 9A nicht mehr enthalten. Ein eigener Nutzen-Kosten-Vergleich zwischen Würzburg-Tunnel mit und ohne Filter ist sinnvoller.

Diese Tunnelkette wäre auch bei einer „Risikoanalyse-Gefahrgut“ im Vergleich zur kurzen Tunnelstrecke im Amtsvorschlag ungünstiger. Derzeit werden zwar Tunnel nicht generell kategorisiert, sondern erst durch Kommissionen im Rahmen von regelmäßigen Tunnelverkehrsschauen bewertet, aber wenn z.B. infolge einer Häufung von Unfällen eine Kategorisierung bezüglich Gefahrgut geprüft werden würde, dann wäre die Konstellation des langen Tunnels gegenüber der Planung der Autobahndirektion deutlich im Nachteil, d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass der lange Tunnel für Gefahrguttransporte gesperrt werden müsste, ist höher als beim kurzen Tunnel, da hier insgesamt eine höhe-re Sicherheit für die Verkehrsteilnehmer vorherrscht.

Die A3 führt Richtung Aschaffenburg bereits durch die Einhausung Hösbach. Sie ist wegen einer Anschlussstelle im Tunnelbereich ein höheres Risiko und damit sicherheitstechnisch das schwächste Glied in der Kette.

Grundsätzlich ist zu bedenken, dass das Kostenrisiko bei bergmännisch hergestellten Tunneln um ein vielfaches höher ist als bei Tunneln in offener Bauweise da sich hier Abweichungen von Prognosen sehr viel stärker auf die Bauabläufe und auch Kosten auswirken. Nicht zu unterschätzen sind auch die Auswirkungen auf die Umgebung bei bergmännischen Tunnelbauvorhaben. Es muss i. d. R. im Durchlaufbetrieb auch an Sonn- und Feiertagen gearbeitet und gesprengt werden und es werden enorme Mengen an Erdmassen (ca. 550.000 m³ Festmasse für bergmännischen Tunnelbau) zwischengelagert und bewegt. Sollte dieser Durchlaufbetrieb allerdings aufgrund der naheliegenden Wohnbebauung nicht möglich sein, hätte dies weitere erhebliche Auswirkungen auf die Kosten.

Die Störungen durch die nachts normal auf der Autobahn fahrenden schweren LKW`s sind bereits so groß, dass sich daran durch die Tunnel-Baustelle nicht viel verändern wird.

6. Fazit

Allein aus den für diesen Vermerk geschätzten Kostengruppen für die Staubabscheideanlagen, die beiden bergmännisch zu erstellenden Tunnelröhren und die Betriebstechnik, sowie die beiden eingehausten Brücken ergibt sich ein Kostenansatz von ca. 245 – 322 Mio. €. Diese Kosten könnten sich im Lauf eines Planungsverfahrens z.B. aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse, der schwierigen Verhältnisse beim Tunnelbau, schwieriger Unterfangungsarbeiten an Bauwerken, die unterfahren werden müssen, etc. noch deutlich erhöhen.

Für den Vermerk
Ettelt, BD, Leiter der ZBT

Für Eintragungen in grün

Bürgerverein Heuchelhof Dipl. Ing. Hermann Wördehoff Tel. 0931/68688 Fax 68655