

## **Stellungnahme zum Gutachten von KPMG und Ernst Basler & Partner zum Sachverhalt Anhydrit**

*Vorbemerkung: Diese Stellungnahme wurde im Auftrag des Aktionsbündnisses gegen Stuttgart 21 erstellt*

Der Bericht von KPMG und Ernst Basler & Partner (in Folge: KPMG) beruht nach KPMG auf internen Unterlagen der Deutschen Bahn AG und Gesprächen mit deren Vertretern, der Firma WBI (Wittke Beratende Ingenieure) und Prof. Anagnostou von der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich.

Das Gutachten wird in Folge thematisch aufgegriffen und durch eigene Recherchen und Berechnungen ergänzt

### Risiko Tunnelbau im Anhydrit

Das Risiko für den Tunnelbau (in Folge:TB) im anhydritführenden Gipskeuper (in Folge: AGK) ist generell sehr hoch und die Prozesse und Voraussetzungen für das Quellen von Anhydrit sind bis heute bei weitem noch nicht vollständig verstanden und variieren von Ort zu Ort in jeglichem Maßstab. AGK stellt deshalb ein besonders hohes technisches und finanzielles Risiko für Tunnelbauwerke (in Folge:TBW) dar. Im Anbetracht der geplanten außergewöhnlich langen, über 14 km Tunnelstrecke im AGK unter einer Großstadt für das Projekt Stuttgart 21 kommt noch das erhebliche Risiko im Bezug auf das Grundrecht auf Unversehrtheit von Leben und Eigentum hinzu.

*„Der Tunnelbau im anhydritführenden Gipskeuper gehört heute noch, trotz hundertjähriger Tunnelbauaktivität in solchem Gebirge, zu den Ingenieuraufgaben, die mit großen inhärenten Unsicherheiten verknüpft sind. Unkontrollierbares Anhydritquellen stellt ein extremes Baurisiko dar und kann sehr ernsthafte Auswirkungen auf Bauwerke und Mensch entfalten, die technisch schwer oder gar nicht beherrschbar sind. Deshalb waren Tunnelvortriebe im anhydritführenden Gipskeuper in der Vergangenheit zur überwiegenden Zahl auf wenige, lineare Einzelbauwerke im nichtstädtischen Bereich beschränkt.“*

*„Zusammenfassend gibt es beim Vorkommen von Anhydrit eine Vielfalt von möglichen Prozessen. Anders als bei reinen Tonsteinen erlaubt die Komplexität der zugrundeliegenden Mechanismen kaum zwingende Rückschlüsse über das makroskopische Verhalten, geschweige denn quantitative Aussagen über Größen, die in die Projektierung einfließen (Quelldehnung, Quelldruck oder deren Beziehung).“*

Prof. Dr.Georgios Anagnostou; ETH Zürich, Institut für Geotechnik

*„Die Planung von Gegenmaßnahmen, welche die Schwellung zu minimieren oder stoppen soll ist extrem schwierig und es ist zur Zeit noch unmöglich das Quellverhalten eines geotechnischen Projekts sicher zu prognostizieren. Einer der Gründe hierfür ist unser begrenztes Wissen über die Prozesse die an der Schwellung von Ton-Sulfat-Gesteinen beteiligt sind, und der geologischen, mineralogischen, chemischen, mechanischen und hydraulischen Steuerung der Schwellung.“*

*Transkription ins Deutsche aus: Swelling of Clay-Sulfate Rocks: A Review of Processes and Controls. Rock Mechanics and Rock Engineering, 4/2016. Autoren: Butscher, Mutschler & Blum; Karlsruhe Institut of Technology*

### Zahlen zum Tunnelbau im Anhydrit

Bis heute gibt es übereinstimmend keine ideale technische Lösung zur Beherrschung des Problems des Anhydritquellens (in Folge: AQ).

Von einer sicheren Beherrschbarkeit kann also keine Rede sein, da zu viele unbekannte Faktoren auf stark variierende geologische Verhältnisse treffen. Die vielen Umplanungen der Tunnelbauweisen bei Stuttgart 21 mit wechselnden technischen Vortriebsmaßnahmen und Sicherungssystemen dokumentieren dies deutlich. Anders lautende Aussagen, wie des Bahngutachters Prof. Wittke (siehe das nachfolgende Zitat) stehen bei einer Übersicht über einschlägige Veröffentlichungen alleine und widersprechen den bisher erzielten Ergebnissen.

*„ Mit dem beschriebenen Modell- und Berechnungsverfahren, das erfolgreich anhand von langjährigen Messreihen kalibriert wurde, steht eine gute Grundlage zur Verfügung, Tunnel im quellfähigen Gebirge in Zukunft sicher und wirtschaftlich zu bemessen. „*  
Wittke & Wittke 2007; WBI

Jeder der zuletzt errichteten 3 modernsten Tunnelbauwerke (in Folge: TBW) im AGK seit 1991, der Engelberg-Tunnel (D), Adler-Tunnel (CH) und der Chienberg-Tunnel (CH), weist erhebliche Quellungs-Schäden auf, die aufwendige Neubauten oder Sanierungen mit längeren Stilllegungszeiten in ihre Folge nach sich ziehen.

Aufgrund dieser Unwägbarkeiten werden TBW in Anhydrit heute nach Möglichkeit vermieden. Diese Tatsache wird nachdrücklich durch die geringe Strecke von insgesamt nur ca. 12 Tunnelkilometern für Verkehrswege im AGK in den letzten 50 Jahren belegt. Mit Ausnahme der mit über 15,3 km extrem langen geplanten Tunnelstrecke im AGK bei Stuttgart 21 sind alle aktuellen Tunnelvortriebe im Gipskeuper Sanierungs- oder Ergänzungsbauwerke für schadhafte Bestandstunnel.

15,3 km Tunnelstrecke im AGK mit mehreren Tunneln sind im Bezug auf das steigende Risiko pro km bei mehrfacher Anhydritdurchfahrung im Grenzbereich zum ausgelaugten Gebirge, der sehr schwierigen Geologie in Stuttgart, der Lage im Zentrum einer Großstadt – und schließlich dem Vergleich mit allen bisherigen Planungen und Projekten extrem risikobehaftet.

Die bisher durchfahrene Strecke im Anhydrit (Tunnel Feuerbach) beträgt 50 m – also lediglich 0,33% der geplanten Gesamtstrecke.

## Risiko von AQ durch Tunnelbau bei Stuttgart 21

Wahrscheinlichkeiten für Quellungsschäden können aufgrund der teilweisen Unkenntnis aller beteiligten Prozesse und ihres Zusammenwirkens nur mit großen Unsicherheiten berechnet werden. Der einfache statistische Vergleich mit einem Überwiegen von Schadensfällen gegenüber schadensfreien Tunneln bei allen Tunnelbauten seit 1960 im AGK ergibt ein einfache Wahrscheinlichkeit von über 50% für den Schadeneintritt durch AQ.

So liegt bei den geplanten Tunneln nach KPMG die Wahrscheinlichkeit für Sohlhebungen bis 10 cm vor dem Einbau der Bahntechnik bei 50-70 % - nach Einbau noch bei 10-20%. Inwieweit auch relativ geringe Hebungswerte bahntechnisch schon überkritisch sein könnten, bleibt dahingestellt.

2

Für Sohlhebungen, die längerfristig 10 cm übertreffen und den Bahnbetrieb unterbrechen würden, liegen die Wahrscheinlichkeiten nach KPMG zwischen 0,5 -13,5 %.

Wie diese Werte ermittelt wurden ist unbekannt. Die tatsächlichen Wahrscheinlichkeiten für Sohlhebungen sind wahrscheinlich noch höher, da wichtige geologische und örtliche Sachverhalte nicht erwähnt wurden oder bekannt waren, wie später noch dargelegt wird.

Nach vorliegenden Berechnungen der Ingenieure22 ([www.ingenieure22.de](http://www.ingenieure22.de)) liegt unter Verwendung der Werte von KPMG der Wahrscheinlichkeitsbereich für extreme bahverkehrskritische Hebungen über 10 cm projektweit zwischen 12,4% und 32,44%.

In Anbetracht der insgesamt doch sehr niedrigen Wahrscheinlichkeit für extreme Sohlhebungen nach KPMG, gerade auch für die objektiv geologisch sehr risikoreichen Fildertunnel PFA 1.2 (Sachverhalt unten) und den allgemein anerkannten, erheblichen Unsicherheiten beim TB im AGK ist unter Berücksichtigung allein dieser Aspekte generell wohl von einem wahrscheinlich höheren Risiko auszugehen. Schon ein Anheben der einzelnen Wahrscheinlichkeitswerte um jeweils 10 % würde eine projektweite Wahrscheinlichkeit einer Sohlhebung über 10 cm von über 40 % bedeuten.

Zum Abschluss der Risikobewertung ist noch der erhebliche zeitliche Faktor von einer angestrebten Bauwerkstandzeit von 100 Jahren zu nennen, in dem der geologische Prozess des AQ auf die geplanten Bauwerke einwirkt. Für viele der bei KPMG genannten Methoden zur Verhinderung des AQ wie Ausweichprinzip, Injektionen existieren bisher nur Erfahrungen von ca. 20 Jahren. Das Risiko des AQ besteht jedoch auch in den folgenden 80 Jahren weiter.

Die von KPMG dargestellte aktuell angewandte Kombination vieler Methoden im Feuerbacher –und Cannstatter Tunnel stellen einen neuen, im Engelberg-Tunnel erprobten Ansatz dar, welcher ansonsten über keine langfristigeren Erfahrungswerte verfügt. KPMG nennt z.B. als mögliche Schwächen dieses neuen Ansatzes für TBW im Anhydrit Nachteile des U-Profiles oder das Risiko einer zu einseitigen Einschätzung der Tunnelbauproblematik und Lösungsansätze im Anhydrit durch nur einen Projekt-Experten. Andere

Experten sehen z.B. eine raschen abstützenden Ringschluss mit Tübbingem oder wechselnde Vortriebsarten als unerlässlich an.

Die bisher bewältigte Strecke im AGK beträgt nur 0,33% der geplanten Gesamtstrecke im AGK für das Projekt Stuttgart 21. Aussagen über die Effektivität oder Sicherheit der verwendeten Vortriebs- und Sicherungstechnik gegenüber AQ sind bei weitem noch nicht möglich.

### Nicht erfasste Bauabschnitte mit hohem Risiko

Weitere, offensichtlich vorhandene Hochrisikobereiche in anderen Planungsabschnitten als PFA 1.5 wurden von KPMG nicht erwähnt und erhöhen die Risikobewertung abermals deutlich (siehe auch oben):

Beim Fildertunnel (PFA 1.2) ist das sehr geringe Risiko von 0,5-1% für für extreme Sohlhebungen über 10 cm durch KPMG anhand der bekannten geologischen Verhältnisse und den geplanten TBW nicht nachvollziehbar oder belegt.

Hier wird insbesondere die geplante großvolumige Wendekaverne in einem besonders kritischen Bereich zwischen Gips- und Anhydritspiegel nicht erwähnt und bewertet, bei jedoch vergleichbarer - wenn nicht deutlich kritischerer Situation als am Feuerbacher- und Cannstatter Tunnel.

Hier im Bereich einer geologischen Verwerfung und Dolinen zwischen Gips- und Anhydritspiegel unter dichter Hangbebauung ist mit einer sehr hohen Eintrittswahrscheinlichkeit von AQ zu rechnen. Ein Vergleich mit dem hochproblematischen Engelberg-Basistunnel ist hier absolut angebracht.

Zudem verläuft der Fildertunnel vom Portal in der Innenstadt in Richtung Flughafen neben und über dem schon quellenden Wagenburgtunnel mit Tunnel-Rekordhebungsraten von über 1m. Der zweite Übergang des Tunnels in AGK bei Stuttgart-Degerloch liegt zudem im Bereich einer bekannten geologischen Störungszone.

### Weitere Versäumnisse und Mängel des Gutachtens

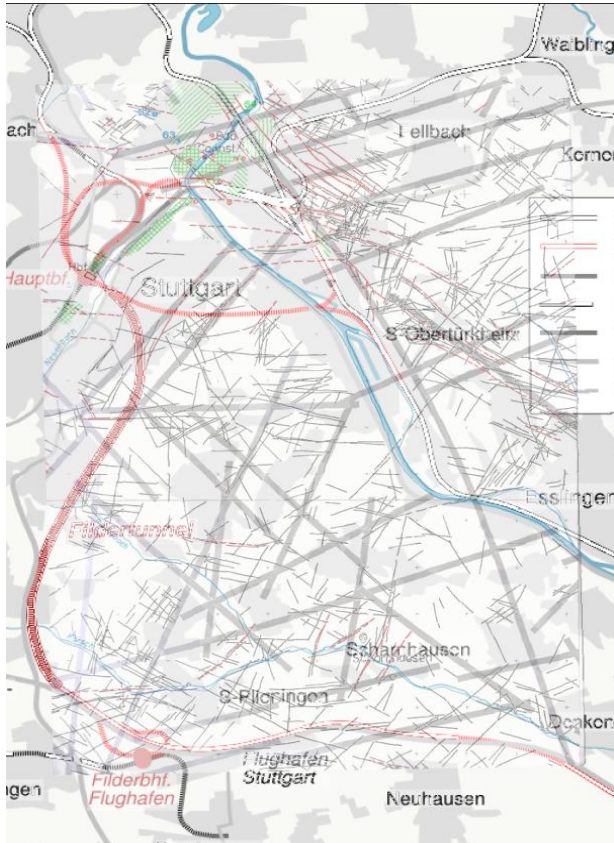
Allgemein wurde von KPMG nicht auf die besonders schwierige, wechselhafte Geologie im Bereich der geplanten Tunnel im AGK hingewiesen.

Die geplanten TBW liegen alle in der bekannten großräumigen, geologischen Störungszone des „Stuttgarter Kessels“(Grafik nächste Seite) mit vielen weiteren, aus Erfahrung für den Tunnelbau sehr problematischen geologischen Erscheinungen, deren kostenmäßige und bautechnische Auswirkungen in die Betrachtung von KPMG gar nicht eingeflossen sind und die im bisherigen Verlauf des Projekts schon lange und kostenintensive Verzögerungen und Umplanungen erzwungen haben. Aktuell ruht z.B. der Vortrieb am Tunnel nach Obertürkheim (PFA 1.6) wegen eines Wassereintrages und mehreren Hohlräumen. Auch technische Probleme sind im Tunnelbau häufig und zeitraubend. I Oktober 2016 kam es zu einem 5-wöchigen Stillstand der

Tunnelbohrmaschine SUSE–angeblich wegen technischer Probleme

Geologische Störungszonen zeigen eine hohe Zerteilung und Lockerung des Gesteinsverbands in zufälliger oft unbekannter Verbreitung und Erstreckung.

Oft beeinflussen Störungen die Lage von Gips- und Anhydritspiegeln – oder stehen im Zusammenhang mit Hohlräumen und Dolinen, die über dem



Gipsspiegel extrem häufig sind.

Die Tunnelachse des gefährdeten Cannstatter Tunnel verläuft teilweise parallel zu einer solchen Störung (grüner Pfeil Abb.1) bis zum Zusammenschluss mit dem Feuerbacher Tunnel (PFA 1.5). In solchen geologischen Verhältnissen ist die Gefahr von AQ am größten.

Die Ermittlung dieser, für den Tunnelbau im Anhydrit äußerst kritischen Trennflächen im Gestein mit ihren potentiellen Wasserwegsamkeiten, wird in neuerer wissenschaftlichen Literatur als wichtige Basisinformation für verlässlichere Prognosen der AQ vermutet. Nach diesen neuen Ansätzen müssten gefügekundliche und hydrogeologische Untersuchungen die chemischen Analysen wirkungsvoll ergänzen. Diese Vorgehensweise ist nach dem Bericht von KPMG bei Stuttgart 21 nicht vorgesehen.

Auch das für den Tunnelbau im AGK offensichtlich zu weitständige und damit ungenaue Erkundungsprogramm für Stuttgart 21, konnte und kann bisher keine ausreichende Datengrundlage liefern und muss deshalb durch eine ständige, baubegleitende Vorauserkundung und Beprobung, wie z.B. beim

Feuerbacher Tunnel (Artikel „Die ersten Meter im Anhydrit sind geschafft“ in der Stuttgart Zeitung vom 7.Juni 2016) ergänzt werden. Dies erhöht das Risiko von „Überraschungen“ signifikant und bedingt somit das zusätzliche Risiko von unvorhersehbaren Vortriebszuständen, Ereignissen oder Fehleinschätzungen im laufenden Vortrieb.

Es scheint nicht, dass all diese geologischen (und menschlichen) Risikofaktoren in die Risikoanalyse von KPMG eingeflossen sind.

### Fazit

Die geotechnische Einschätzung von KPMG im Bezug auf den Tunnelbau im quellfähigen Gipskeuper ist insgesamt sehr fachkundig, klammert jedoch weitere wichtige geologische und bautechnische Aspekte und örtliche Problembereiche im geplanten Tunnelverlauf aus.

Die Bewertung und die Berechnung von Risiken und ihren möglichen Folgen bei der geplanten Vielzahl an Tunnelbauwerken im anhydritführenden Gipskeuper ist dadurch deutlich zu optimistisch. Werte von 0,5-1% sind nicht nachvollziehbar.

Trotzdem ergeben schon die Risikobewertungen von KPMG rechnerisch eine maximale Wahrscheinlichkeit von 32% eines extremen Schadenereignisses mit über 10 cm Sohlhebung, welches nach KPMG den Bahnbetrieb nicht mehr gewährleisten würde.

Bei Einbezug weiterer geologisch kritischer Bauabschnitte wie der geplanten großvolumigen Wendekaverne Fildertunnel, der allgemein schwierigen Geologie oder des Zeitfaktors in die Bewertung, erhöht sich das Risiko des Tunnelbaus im anhydritführenden Gipskeuper für Stuttgart 21 noch deutlich über diesen Wert.



Dr. Ralf Laternser  
Diplom-Geologe