Kommerzialrat Technischer Rat
Dipl. Ing. mont Friedrich Bubendorfer
Allg. beeid. u. gerichtl. zertifizierter Sachverständiger
für Bergbau, Steine, Erden, Sprengarbeiten
A- 6600 R e u t t e, Mühlerstraße 37
☏ ++43 5672 62805, Fax 62870 Handy: 0664 4112437
e-mail: bubendorfer.reutte@tirol.com

Fa.
BBT
Brenner Basistunnel BBT SE
Amraserstraße 8
6020 I n n s b r u c k

Ergänzendes GUTACHTEN

ÖBB

Rettungstollen Tulfes

Auswirkung von Sprengerschütterungen beim Bau des Rettungsstollens auf den Inntaltunnel der ÖBB

Reutte, am 15.10.2013

Dipl. Ing. Friedrich Bubendorfer

1. Einleitung:

Grundlage dieses Gutachtens ist das Gutachten vom 13.04.2013, das die Problematik der Sprengarbeiten im Fensterstollen in Bezug auf den bestehenden Inntaltunnel der ÖBB behandelt.
Von der Firma IC-Consulenten ZT GmbH wurden gutachterlich Schwinggeschwindigkeits- und Beschleunigungsmessungen sowohl durch die Belastungen des Zugsverkehrs im Inntaltunnel, wie auch durch Probesprengungen vorgenommen.
Sowohl die Auswirkungen auf den Oberbau, die Schienen und die Schwellen und eventuelle Auswirkungen auf das Bauwerk selbst wurden dokumentiert.
Diese Unterlagen liegen mir als Spreng-Gutachter vor und werden in diesem Ergänzungsgutachten zum Gutachten vom 13.04.2013 ausgewertet und berücksichtigt.

2. Erschütterung am Betonbauwerk:

Die ÖNORM S9020 teilt Bauwerke in 4 verschiedene Gebäudeklassen ein, wobei die Tunnelwand in die Gebäudeklasse I einzustufen ist.

Gebäudeklasse	Gebäudeart
I	Industrie- und Gewerbebauten - Stockwerkrahmen (mit und ohne Kern) mit tragender Konstruktion aus Stahl oder Stahlbeton - Wandscheibenbauten (Ortbeton, Fertigteil) - Ingenieurmäßige Holzkonstruktionen (Hallen u.ä.)
II	Wohnbauten - Stockwerkrahmen (wie bei I) - Wandscheibenbauten (wie bei I) - Gebäude mit Decken aus Ortbeton, aufgehendes Mauerwerk aus Betonstein, Ziegeln oder anderen künstlichen Bausteinen mit Zement- oder Kalkmörtel - Holzbauten, ausgenommen ausgemauerte Fachwerksbauten
III	Gebäude mit geringerer Rahmensteifigkeit als bei I und II Gebäude mit Kellerdecken aus Beton oder Ziegelgewölbe, in den oberen Stockwerken Fertigteil-, Holzbalken- oder Ziegelfertigteildecken Ausgemauerte Fachwerkbauten
IV	Denkmalgeschützte Gebäude, die hinsichtlich ihrer Bauweise oder ihres Zustandes besonders erschütterungsanfällig sind.

Tabelle 1: Gebäudeklassennach ÖNORM S9020

Die entsprechenden Richtwerte der zulässigen Schwinggeschwindigkeitswerte sind in einer weiteren Tabelle festgehalten. Als Basis wurde in dieser Tabelle eine Wellenausbreitungsgeschwindigkeit Cp von 500 m/sec (Longitudinalwellen) zugrunde gelegt.

Gebäude-klasse	Richtwert $v_{R,max}$ [mm/s] (c_P=500 m/sec)	Richtwert $v_{R,max}$ [mm/s] Reduktion um 20%
I	30	24
II	20	16
III	10	8
IV	5	4

Tabelle 2: Richtwerte (Reduktion bei häufigen Sprengungen)

Die Messungen im Zuge der Probesprengungen ergaben aber eine P-Wellengeschwindigkeit von etwa 4.500 m / bis 5.000 m/sek, sodass der Richtwert der Schwinggeschwindigkeit für Gebäudeklasse I auf einen Wert von **45 mm/sec** festgelegt werden kann. Bei einer Reduktion um 20% für häufige Sprengungen, ergibt dies einen Wert von **36 mm/sec**.
Der Rettungsstollen bewegt sich in entsprechender Distanz zum Inntaltunnel und entfernt sich sogar, während die Querschlagstollen sich dem Inntaltunnel nähern.
Da bei den Probesprengungen alle Frequenzen über 100 Hz und mehr lagen, sind die oben dargestellten Werte auch deswegen anzupassen und vertretbar.
Auch die DIN 4150, in der die Frequenz für die Erschütterungswerte mit einbezogen ist, gibt für Gebäudeklasse I bei Frequenzen von 50 Hz bis 100 Hz eine zulässige Schwinggeschwindigkeit von 40 bis 50 mm/sec an.

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s			
		Fundament			Deckenebene des obersten Voll-geschosses
		Frequenzen			alle Frequenzen
		< 10 Hz	10 bis 50 Hz	50 bis 100*) Hz	
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen **und** besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalsschutz stehend) sind.	3	3 bis 8	8 bis 10	8

*) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

Tabelle 3: Richtwerte der V_{Rmax} nach DIN 4150

Auch die ÖNORM S9020 neu liegt in diesem Bereich:

Gebäude-klasse 1986	Richtwert 1986		Richtwert 2013			Empfind-lichkeits-klasse
	selten	häufig	selten/impuls-förmig	selten/kurzzeitig bis 10 Hz	selten/kurzzeitig ab 40 Hz	
–	–	–	130	98	130	0
I	30	24	70	53	70	1
II	20	16	32	24	32	2
III	10	8	16	12	16	3
IV	5	4	9	6,8	9	4

Tabelle 4: Richtwertvergleich für Beurteilungsstufe S 9020 alt und S 9020 neu

Mit einem entsprechenden **Warnstufenplan** mit Festlegung von Grenzwerten ist die Einhaltung überprüfbar und steuerbar, sodass Schäden am Bauwerk mit Sicherheit auszuschließen sind.

3. Maßnahmen bei Annäherung an die Grenzwerte:

Max. 2 gleiche Zeitstufen für den Einbruch und die erste und zweite Helferreihe;
Erhöhung der Zündzeitstufenzahl;
Verringerung der Abschlagslänge bis auf 1 m;
Änderung des Einbruchverfahrens;
Verwendung von Spezialzündern (z.B. „shokstar dual delay“);
Zum Schluss Umstellen von Sprengarbeit auf mechanischen Vortrieb.

4. Monitoring:

Um exakte und normengemäß richtige Werte zu bekommen, sind die Erschütterungsaufnehmer **fest** mit dem Untergrund zu verankern.

Da ansonsten im Tunnel keine geeigneten Flächen zur Verfügung stehen und der Tunnel nicht laufend befahren werden kann, sind die Messgeräte jeweils in 3 Nischen des Inntaltunnels zu positionieren und immer wieder entsprechend nachzusetzen.

Da sich die Entfernungen zwischen Messung und Sprengort ändern, sind die Werte im Maßstab zu interpolieren.

Die Geräte sind mit einem Modem auszustatten, das die Messwerte auf vorbestimmte PCs oder Laptops sendet und aufzeichnet. Die Empfänger sind festzulegen.

5. Zusammenfassende Feststellung:

Auf Grund der Erfahrungswerte beim Bau der zweiten Röhre bei Straßentunnels der ASFINAG und den Testsprengungen ist es auszuschließen, dass während der Sprengarbeiten der Zugsverkehr angehalten werden muss.

Generell werden im Straßentunnelbau Messwerte bis 70 mm/sec toleriert. Auch Messungen mit Werten über 100 mm/sec hatten keinen negativen Einfluss auf die Innenschale des Tunnels, wenn die Frequenz an die 100 Hz oder darüber lag. Beispiele dafür sind Arbeiten beim Bosrucktunnel, Arlbergtunnel, Roppener Tunnel und Felbertauerntunnel. Siehe Tabelle 5.

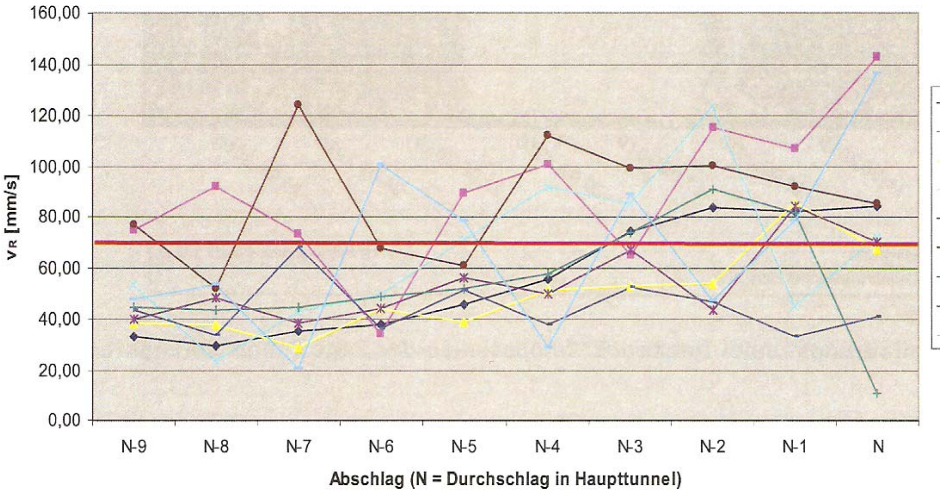

Tabelle 5: Immissionen während der letzten 10 Abschläge in Querschlägen Bosrucktunnel und A9 Pyrhnautobahn

Reutte, am 15.10.2013

Dipl.Ing. Friedrich Bubendorfer