

720 m lange Brücken im Tunnel – Masse-Feder-System Lainzer Tunnel

Dipl.-Ing. Andreas **Pechhacker**, ÖBB Infrastruktur AG

Dipl.-Ing. Dr.techn. Dieter **Pichler**, FCP – Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH

1. Ausgangslage – Projektüberblick

Die Eisenbahnverkehrsinfrastruktur im Großraum Wien ist gekennzeichnet durch die seit der österreichisch-ungarischen Monarchie bestehenden Kopfbahnhöfe von denen aus die Hauptstrecken das ehemalige österreichisch-ungarische Reich erschlossen haben. Diese Grundkonzeption ist auch heute noch, 90 Jahre nach Ende der Monarchie, praktisch unverändert erhalten. Zur Anpassung der Eisenbahninfrastruktur an die modernen Erfordernisse wurde daher in den letzten Jahren ein Großprojekt zur Verbindung der Hauptachsen Westbahn (TEN-Korridor Nr. 17 – Donauachse), Südbahn (TEN-Korridor Nr. 23 – Pontebbana) und Donauländebahn entwickelt.

Dieses Konzept sieht einen Verbindungstunnel quer durch die südlichen Wiener Bezirke Meidling (12. Bezirk), Hietzing (13. Bezirk) und Penzing (14. Bezirk) vor. Das Projekt Lainzer Tunnel unterteilt sich in die vier Bauabschnitte Einbindung Südbahn, Anbindung Donauländebahn, Verbindungstunnel und Verknüpfung Westbahn.

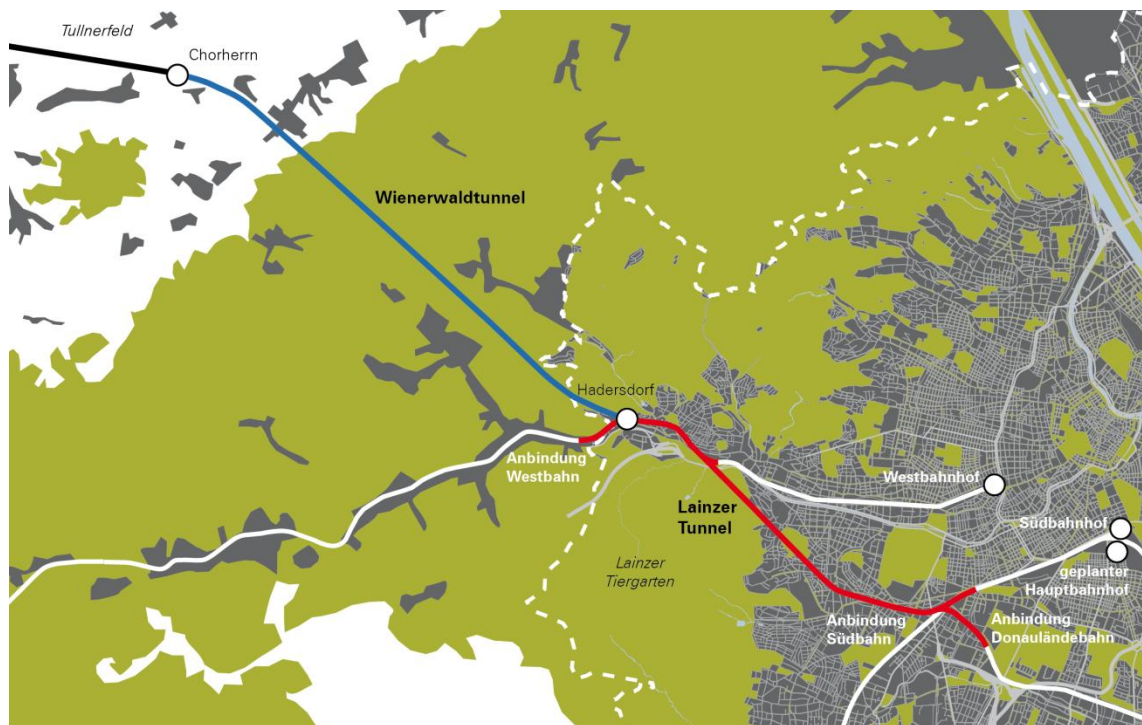


Bild 1: Übersichtslageplan

2. Auslegung der Erschütterungs- und Sekundärschallschutzmaßnahmen

Zur Dimensionierung der erforderlichen Erschütterungs- und Sekundärschallschutzmaßnahmen in Bereichen mit sensibler Bebauung wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, unter anderem bereits vor den Rohbauarbeiten durch Gebäudeaufnahmen und refraktionsseismische Untersuchungen sowie nach Fertigstellung des Tunnelrohbaues durch das sogenannte VibroScan[®]-Verfahren. Bei diesem Verfahren werden im fertig gestellten

Rohbau des Bauwerkes Erschütterungen in die Tunnelsohle eingebracht und die Auswirkungen in den benachbarten Gebäuden gemessen (siehe Bild 2). Die aus den beschriebenen Voruntersuchungen resultierenden Messergebnisse und Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Planung und Konzeption des Erschütterungs- und Sekundärschallschutzes, der durch unterschiedliche Masse-Feder-Systeme realisiert wird.



Bild 2: VibroScan®-Untersuchung im Tunnelbauwerk

Die Grenzwerte, die beim gegenständlichen Projekt hinsichtlich der Immissionen einzuhalten waren, wurden im Zuge des Genehmigungsverfahrens auf Basis der ÖNORM S 9012 „Beurteilung der Einwirkung von Schienenverkehrsimmissionen auf Menschen in Gebäuden – Schwingungen und sekundärer Luftschall“ vorgegeben. Die Auslegung der Systeme hinsichtlich der Anforderungen an den Erschütterungsschutz und den Schutz vor Sekundärschall erfolgte durch das Büro Univ.-Prof. Dr. Peter Steinhauser in Wien.

Im Wesentlichen hat sich bei der Systemauslegung gezeigt, dass für die Erreichung der erforderlichen Dämmleistungen Masse-Feder-Systeme in Kombination mit einem erschütterungsarmen Feste Fahrbahnsystem erforderlich sind. Als Fahrbahnsystem ist das System „elastisch gelagerte Gleistragplatte ÖBB/Porr“ bzw. im Weichenbereichen das System „gummiummantelte Spannbetonschwelle ÖBB/Phönix“ vorgesehen. Diese Systeme stellen für sich bereits sehr leichte Masse-Feder-Systeme dar und tragen daher zum Erschütterungs- und vor allem Sekundärschallschutz entsprechend bei. Die Weichen selbst erhalten bewegliche Herzstückspitzen und ermöglichen somit eine optimale Laufruhe der Fahrzeuge, was eine zusätzliche emissionsmindernde Maßnahme darstellt.

3. Masse-Feder-System als Brücke im Tunnel

Die praktische Ausführung der Masse-Feder-Systeme muss in Analogie zum Fahrweg selbst als elastisch gebetteter Balken erfolgen. Der Übergang vom idealen Einmassenschwinger der Prognose auf den elastisch gebetteten Balken erfolgt so, dass die erste vertikale Eigenfrequenz des Balkens die Eigenfrequenz des Einmassenschwingers darstellt. Zur Vermeidung zusätzlicher Unstetigkeitsstellen und damit zusätzlicher Anregungen wird das Masse-Feder-System als kontinuierlicher Stahlbetonbalken analog zu einer Eisenbahnbrücke ausgebildet. Diese von FCP entwickelte fugenlose Bauweise wurde erstmals im Zuge der Westbahn in Römerbergtunnel in Oberösterreich im Jahr 1996 realisiert und ist seither die Regelbauweise der ÖBB. Im Lainzer Tunnel sind insgesamt 20.762 m Masse-Feder-Systeme mit Abstimmungsfrequenzen zwischen 6,5 Hz und 26 Hz installiert, wobei der längste zusammenhängende Masse-Feder-Abschnitt auf Einzellagern ca. 720 m Länge aufweist.

Die durch die fugenlose Bauweise auftretenden Zwängungen zufolge Temperaturänderungen und Betonschwindens werden durch freie Rissbildung mit entsprechender Beschränkung der Einzelrissbreiten auf 0,25 mm abgebaut. Die Bemessung der Masse-Feder-Systeme erfolgt in Analogie zum Betoneisenbahnbrückenbau, die Lasten werden entsprechend ON EN 1991-2 mit einem α -Faktor von 1,20 angesetzt. Lediglich bei den Temperaturansätzen wird der Situation im

Tunnel Rechnung getragen und die Temperaturänderung mit +/- 10 K ausgehend von + 5 °C Aufstelltemperatur begrenzt. Ein zusätzlicher Temperaturgradient von 5 K wird ebenfalls berücksichtigt. Zur Verminderung der Schwindverkürzungen bzw. vor allem der Temperaturspannungen während des Abbindevorgangs werden in regelmäßigen Abständen Betonierlücken angeordnet, die erst nachlaufend zeitverzögert geschlossen werden. Weiters wird eine Betonrezeptur mit möglichst geringer Temperaturaufstockung während des Abbindevorgangs eingesetzt.

Besondere Anforderungen werden an die Masse-Feder-System Lager gestellt – diese sind nicht nur für die sichere Lastabtragung wie beim Brückenbau verantwortlich sondern müssen auch die entsprechende Eigenfrequenz des Systems ermöglichen, um die geforderte Dämmleistung zu erreichen. Die Lager werden in zwei Reihen in einem Abstand von ca. 3,25 m angeordnet und unterscheiden sich auch dadurch erheblich von Brückenlagern. Im Bereich von Weichen wird der elastisch gelagerte Massebalken entsprechend den geometrischen Anforderungen der Weichen verbreitert, die Lager werden entsprechend bis zu vierreihig angeordnet, der Längsabstand bleibt mit 3,25 m konstant.

4. Bauausführung

Die Ausführungsarbeiten für die 720 m lange Brücke auf Einzellagern haben vor Ort im Jänner 2010 begonnen und sind bereits soweit abgeschlossen, dass der Bereich schienengebunden befahrbar ist.

Die Gesamtfertigstellung ist mit Mitte 2012 vorgesehen, die Gesamtinbetriebnahme erfolgt zusammen mit dem Wienerwaldtunnel und der Neubaustrecke bis St. Pölten mit Fahrplanwechsel Ende 2012.

Bild 3a zeigt die fertig versetzten Einzellager und die Stahlbetonhalbfertigteilplatte (verlorene Schalung) als Teil der Masseplatte. Bild 3b zeigt bereits den nächsten Herstellschritt – die Verlegung der Ortbetonbewehrung für die Masseplatte.



Bild 3a: Einzellager mit Halbfertigteilplatte



Bild 3b: Einbau Ortbetonbewehrung

5. Qualitätssicherung in der Herstellungsphase

Zur Sicherstellung einer hohen Ausführungsqualität wurden spezielle die Qualität sichernde Maßnahmen im Zuge der Ausschreibungsplanungen konzipiert. Diese setzen bereits bei den Bauprodukten an:

Die Einzellager, die maßgebenden Einfluss auf die Qualität des Gesamtsystems haben, werden einer laufenden Qualitätsüberwachung unterzogen. Dabei werden insbesondere die statische und die dynamische Steifigkeit laufend im Herstellerwerk überprüft und zusätzlich werden Vergleichsproben an der TU-München, am Prüfamnt für Verkehrswegebau getestet. Die Entnahme der Proben erfolgt aus der laufenden Produktion, das Prüfprogramm wurde vorab festgelegt. Erst nach erfolgreicher Prüfung werden die Lager zum Einbau freigegeben.

Die Gleistragplatten, die als Fertigteile auf die Baustelle geliefert werden und schlussendlich die Fahrbahn auf der 720 m langen Brücke darstellen, unterliegen ebenfalls einer Qualitätsüberwachung. Die Stahlschalungen wurden hinsichtlich Maßhaltigkeit überprüft, die Betonqualität wird laufend durch eine akkreditierte Prüfanstalt überwacht, die fertigen Platten werden vor dem Einbau stichprobenartig nachvermessen, die elastische Trennschicht, die ebenfalls einer Eignungsprüfung unterzogen wurde, wird visuell vor dem Einbau insbesondere auf Beschädigungen geprüft.

Neben einer örtlichen Bauaufsicht, die den Herstellprozess vor Ort laufend überwacht und auch den Ort beton und die Qualität des Untergusses der Gleistragplatten durch Endoskopuntersuchungen überprüfen lässt, werden nach einzelnen Bauphasen bereits vor Fertigstellung des Gesamtsystems erste Kontrollmessungen an den Masse-Feder-Systemen durchgeführt. Dabei werden insbesondere die Eigenfrequenzen gemessen und rechnerischen Vergleichswerten gegenüber gestellt (Bild 4).

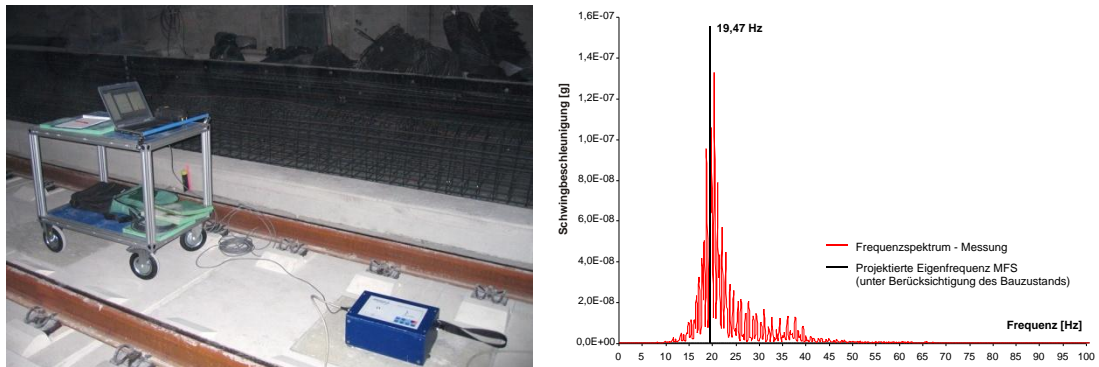


Bild 4: Gegenüberstellung Eigenfrequenzen Kontrollmessung – Rechenwert (Beispiel)

Für eine möglichst hohe Qualität der Festen Fahrbahn und zur Sicherstellung der erforderlichen Genauigkeit der Gleisgeometrie werden Präzisionsvermessungen vor und nach Betonage durchgeführt und statistische Auswertungen entsprechend den Vorgaben im RVE-Entwurf 05.00.03 mit Gegenüberstellungen zu den Sollwerten aufbereitet.

Zusammenfassung

Das Projekt Lainzer Tunnel stellt einen zentralen Teil der Modernisierung des Eisenbahnnetzes im Großraum Wien dar. Die Aufnahme des Vollbetriebs in den beiden Abschnitten wird im Jahr 2012 erfolgen, wobei ein Teilbereich bereits seit Ende 2008 unter Betrieb ist. Die gesamte Tunnelkette wird mit einem schotterlosen Fahrbahnssystem bereichsweise auf Masse-Feder-Systemen ausgestattet. Die Masse-Feder-Systeme sind als fugenlose Balkentragwerke konzipiert. Der längste Abschnitt auf Einzellagern ist dabei 720 m lange und stellt quasi eine lange Brücke im Tunnel dar

Zusammen mit den Sicherheitsausstiegen im Bereich des Lainzer Tunnels wird ein sehr sicherer Fahrweg mit besonders hoher Verfügbarkeit bei geringstmöglichen Instandhaltungserfordernissen errichtet, der auch den Anrainern höchstmöglichen Schutz vor Erschütterungen und Sekundärschall bietet.

Literatur

- [1] ÖNORM S 9012: Beurteilung der Einwirkungen von Schienenverkehrsimmissionen auf Menschen in Gebäuden – Schwingungen und sekundärer Luftschall. Ausgabe 1. August 1996
- [2] ÖNORM S 9012/AC1: Beurteilung der Einwirkungen von Schienenverkehrsimmissionen auf Menschen in Gebäuden – Schwingungen und sekundärer Luftschall (Berichtigung). Ausgabe 2000-05-01
- [3] RVE 05.00.03: *Feste Fahrbahn*. Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr 2006 (Entwurf)
- [4] Pichler, D.; Mechtler, R.; Plank, R.: *Entwicklung eines neuartigen Masse-Feder-Systems zur Vibrationsverminderung bei Eisenbahntunnels*. Bauingenieur 72 (1997), Heft 11, S. 515-521
- [5] HL-AG: *Maßgeschneiderter Erschütterungsschutz*. Bau-Information Lainzer Tunnel, Ausgabe 13, Mai 2004. Eigenverlag
- [6] Schilder, R.: *Ballastless Track: experience gained on ÖBB*. European Slab Track Symposium, Brussels, Belgium, 22 February 2005
- [7] Mayer, H.; Pechhacker, A.; Pichler, D.: *Das Masse-Feder-System im Lainzer Tunnel*. Eisenbahntechnische Rundschau Nr. 09 vom September 2007, S. 560-565
- [8] Kopf, F.; Achs, G.; Bekö, A.; Höllrigl-Binder, M.; Pichler, D.: *Wirkung und Kontrolle von Masse-Feder-Systemen der Eisenbahn*. Eisenbahntechnische Rundschau Nr. 3 vom März 2011 – 60. Jahrgang, S. 68-81

Dipl.-Ing. Andreas **Pechhacker**
 ÖBB Infrastruktur AG
 Tel. +43 1 93000 – 45712
 andreas.pechhacker@oebb.at

Dipl.-Ing. Dr.techn. Dieter **Pichler**
 FCP – Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH
 Tel. +43 1 90 292 – 1127
 pichler@fcp.at