

Paul Berger, Judith Lang, Michael Österreicher, Peter Steinhauser

Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen gegen U-Bahn-Immissionen für den Wiener Musikverein

DI Paul Berger

Wiener Linien GesmbH & Co. KG, Erdbergstraße 202, 1030 Wien

Hon.Prof. DI Dr. Judith Lang

Latschkagasse 4, 1090 Wien

Mag. Michael Österreicher

iC consulenten ZT GmbH, Kaiserstraße 45, 1070 Wien

Univ.Prof. Dr. Peter Steinhauser

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Hohe Warte 38, 1190 Wien

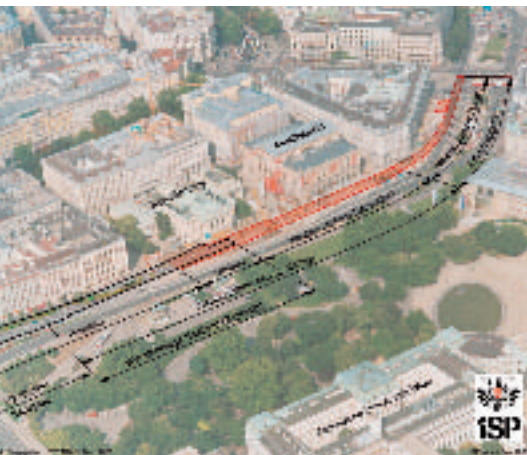


Bild 1: Lage der Tunnel der U2 neben dem Gebäude des Musikvereins
Foto: © ISP

Grundgeräuschpegels in den besetzten und unbesetzten Musiksälen aus dem Jahre 1969 zurückgegriffen werden. Die Zusammenstellung der Messergebnisse führte zu der Aussage, dass für alle drei Varianten jedenfalls die Tunnelbauart und damit die Dicke von Wand und Sohle und der Oberbau so bemessen werden kann, dass eine störende Immission durch Schall und Erschütterungen im Musikvereinsgebäude durch die U-Bahn-Vorbeifahrten ausgeschlossen werden kann. Für die Variante 3, Wendeanlage und das daran anschließende Schadzuggleis, wurde als günstig angeführt, dass die Züge nur mit maximal

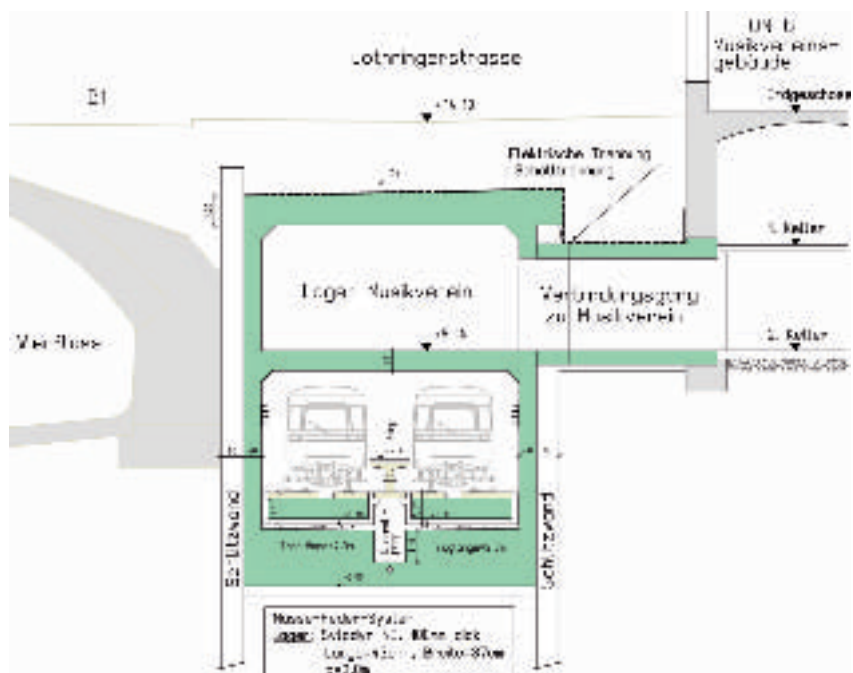
40 km/h bzw. 25 km/h statt auf den Streckengleisen mit 80 km/h fahren. Weiters wurde für diese Variante als vorteilhaft angeführt, dass der Beton-Rechteckentunnel durch den Anschluss an das bestehende Wienflussgewölbe eine sehr hohe Masse erhält. Die Entscheidung fiel schlussendlich auf diese Variante 3. Die Führung der U-Bahn neben dem Musikvereinsgebäude ist in Bild 1 dargestellt, Bild 2 zeigt den Schnitt durch den Tunnel 4 m neben dem Musikvereinsgebäude und das an den Tunnel anschließende Wienflussgewölbe. Die Lage der drei Musiksäle im Gebäude ist in Bild 3 dargestellt.

1 Planung der Verlängerung der Linie U2

1998 wurde die Verlängerung der Linie U2 im Bereich des Musikvereinsgebäudes geplant und es musste eine grundlegende Entscheidung hinsichtlich der günstigsten Trassenführung getroffen werden, wobei drei Varianten zur Überlegung standen.

Die Entscheidung im Hinblick auf die Maßnahmen für den erforderlichen Schall- und Erschütterungsschutz basierte auf zahlreichen Messergebnissen der Versuchsanstalt für Wärme- und Schalltechnik von den Wiener U-Bahn-Linien in Stahlübbings, Beton-Rechteckentunnels und NÖT-Tunnels mit verschiedenen Tunnel-, Wand- und Sohledicken, mit dem hochschalldämmenden Oberbau mit Gleisen auf Schwellen in Gummischuh in Betonplatte auf 5 cm Glaswolleplatte [1]. Darüber hinaus konnte auch auf die Messungen der Körperschallausbreitung im Musikvereinsgebäude und des

Bild 2: Schnitt durch den Tunnel der U2 und das anschließende Gebäude des Musikvereins; das Bild zeigt auch das an den Tunnel anschließende Wienflussgewölbe
Grafik: © ISP



2 Grenzwerte für Schall- und Erschütterungsimmissionen in den Sälen des Musikvereins

Bei der Festlegung der zulässigen Immissionsgrenzwerte war zu berücksichtigen, dass der Musikvereinsaal weltweit zu den Konzertsälen mit der besten Akustik zählt. Deshalb musste grundsätzlich jede wahrnehmbare Veränderung der Immissions-situation vermieden werden.

Die vom U-Bahn-Tunnel ausgehenden seismischen Emissionen können im Gebäude einerseits als fühlbare Erschütterungsimmissionen im Frequenzbereich 1–80 Hz und andererseits als dadurch hervorgerufener sekundärer Luftschall ($f > 16$ Hz) wahrgenommen werden. Neben dem unterschiedlichen Frequenzbereich beider Immissionsformen ist auch die verschiedene Frequenzbewertung zu berücksichtigen, wobei für die Hörbarkeit die tiefen Frequenzen zunehmend an Bedeutung verlieren (A-Bewertung), während die Fühlbarkeit ausschließlich im tieffrequenten Bereich gegeben ist (K_B -Bewertung).

Als Unterlage für die Bemessung des erforderlichen Schall- und Erschütterungsschutzes wurden Messungen über die Ausbreitung von Schwingungen und Körperschall im Musikvereinsgebäude und über die derzeitige Schall- und Erschütterungssituation im Gebäude durchgeführt. Als Grundlage für die Angabe eines Richtwerts für den Schallpegel, der durch eventuelle Schallimmissionen durch den geplanten U-Bahn-Betrieb in den Zuhörerräumen nicht überschritten werden soll, wurden Messungen des Grundgeräuschpegels in mehreren Räumen des Musikvereinsgebäudes zu verschiedenen Tageszeiten durchgeführt [2]. Der Grundgeräuschpegel ist der geringste an einem Ort während eines bestimmten

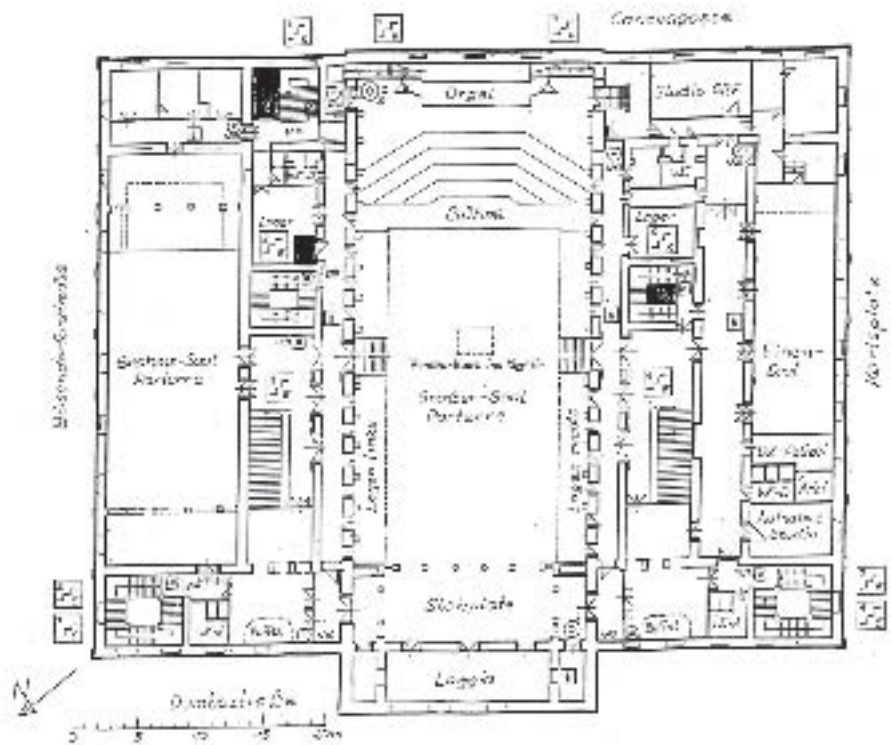


Bild 3: Lage der 3 Säle im Gebäude, neben der Front Karlsplatz verläuft der U-Bahn-Tunnel

Tabelle 1: Grundgeräuschpegel in den Sälen des Musikvereinsgebäudes

Saal		Grundgeräuschpegel A-bewertet (dB)		
		tags	abends	
		unbesetzt	unbesetzt	besetzt
Großer Saal	Parterre	29	24	32
	Direktionsloge	27	26	32
	Galerie	26	26	35
Brahms-Saal	Parterre	34	23	
	Direktionsloge	25		
Einem-Saal		---	21	---

Zeitraumes gemessene A-bewertete Schalldruckpegel, der durch entfernte Geräusche verursacht und bei dessen Einwirkung Ruhe empfunden wird.

Im Hinblick auf das Vorherrschen von – aus akustischer Sicht – sehr tiefen Frequenzen in den Schallimmissionen, die durch seismische Übertragung in Gebäuden nahe Tunnelstrecken entstehen, erfolgte die Auswertung der Terzbandschallpegel für den Frequenzbereich 20 bis 250 Hz. Die Ergeb-

nisse für den A-bewerteten Schallpegel sind in Tabelle 1 zusammengestellt, die Terzbandanalysen (der jeweils kleinste Schallpegel in den einzelnen Terzen) sind beispielsweise für den großen Saal, Parterre in Bild 4 eingetragen. Die Terzbandpegel auf der Galerie lagen bei den tiefen Frequenzen, etwa bis 100 Hz, über den im Parterre gemessenen, bei den höheren Frequenzen waren sie teilweise gleich, teilweise auch unter den im Parterre gemessenen.

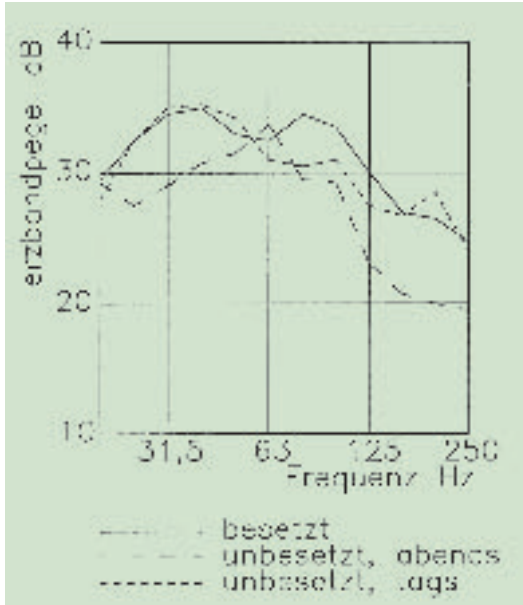


Bild 4: Terzbandanalyse für den Grundgeräuschpegel im Großen Saal, Parterre

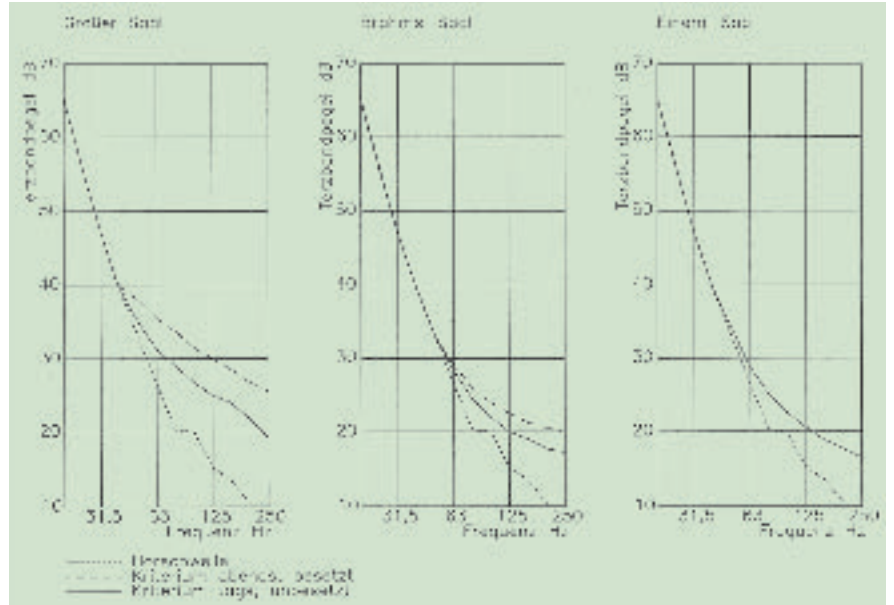


Bild 5: Grenzkurven für die Terzbandpegel in den 3 Sälen

Aus den Messergebnissen kann ein Kriterium für den Terzbandschallpegel abgeleitet werden, der durch Schallimmissionen (sekundärer Luftschall) aus dem U-Bahn-Betrieb nicht überschritten werden soll. Im Hinblick auf die hohe Qualität der Musiksäle ist dabei unbedingt anzustreben, dass eine eventuelle Schallimmission nicht wahrnehmbar ist, das heißt, der Grundgeräuschpegel darf nicht überschritten werden. Dabei ist tagsüber der unbesetzte (Probetrieb) und abends der besetzte Saal zugrunde zu legen.

Der Vergleich der gemessenen Schallpegel zeigt, dass der Grundgeräuschpegel abends im besetzten Saal durch die im Saal anwesenden Zuhörer bestimmt wird und bei Tag im unbesetzten Saal geringer ist. Es ist daher im Hinblick auf einen ungestörten Probetrieb der tags für den unbesetzten Saal gemessene Grundgeräuschpegel der Planung zugrunde zu legen. Damit ist sichergestellt, dass bei einem Konzert am Abend keine Störungen zu erwarten sind.

Die sich damit ergebenden Grenzkurven für Terzbandschallpegel sind für den Großen Saal, den Brahms-Saal, den Einem-Saal für den unbesetzten Saal bei Tag (Probetrieb) und für den besetzten Großen Saal und Brahms-Saal abends in Bild 5 einge-

zeichnet. Mit der Einhaltung dieser Grenzkurven kann jedenfalls auch in den anderen Räumen ausreichender Schallschutz gesichert werden.

Bei den Erschütterungen sind analog zum Schallschutzkriterium nicht fühlbare Immissionen für die Konzertbesucher anzustreben. Gemäß ÖNORM S 9010 liegt die Fühlschwelle des Menschen bei einer bewerteten Schwingstärke $K_B = 0,10$ – allerdings für Personen, die mit konzentrierter Aufmerksamkeit auf Erschütterungsimmissionen warten. Jede Ablenkung, wie das Zuhören im Konzert, vermindert das Wahrnehmungsvermögen beträchtlich. Andererseits sind in einem großen Saal mit zahlreichen Personen Bewegungen unvermeidlich, weshalb gerade spürbare oder schwach spürbare Erschütterungen sehr häufig auftreten. Messungen in Sitzungsräumen zeigen, dass dabei Erschütterungen mit Bewerteten Schwingstärken um $K_{Bmax} = 0,20$ regelmäßig vorkommen. In diesem Sinn ist daher als Grenzwertkriterium für den U-Bahn-Verkehr festgelegt worden, dass die Erschütterungsspitzen den mittleren Schwingstärke-Scheitelwert $K_{BS} = 0,10$ nach ÖNORM S 9012 nicht überschreiten dürfen [3].

3 Bemessung des erforderlichen Schall- und Erschütterungsschutzes

Bei der Bemessung des Schutzes vor U-Bahn-Immissionen sind zu berücksichtigen:

- Schallausbreitung im Gebäude
- Erschütterungsausbreitung im Gebäude
- Schwingungsverhalten des Gebäudes (Baudynamik)
- Schwingungsverhalten des Untergrunds (Geodynamik)

Die geodynamischen Kennwerte des Untergrunds wurden mit einem refraktionsseismischen Profil bestimmt, das entlang der zukünftigen U-Bahn-Trasse vermessen worden ist. Aus den dabei bestimmten Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Druck- und Scherwellen sowie der Tiefe der Schichtgrenzen können analytisch die Eigenfrequenzen des geschichteten Untergrunds berechnet werden. Für die Scherwellen, die für die Schwingungsanregung von Bauwerken maßgeblich sind, ergibt sich dabei $f_{S,max} = 3,0$ Hz. Für Druckwellen ist die Eigenfrequenz $f_{P,max} = 48$ Hz, die im akustisch bereits gut wahrnehmbaren Bereich liegt [3].

Für die erforderlichen Schallpegel- und Erschütterungsmessungen wurden die U-Bahn-Erschütterungen nach dem VibroScan®-Verfahren mit einem Schwingungsgenerator simuliert. Das Ziel des Verfahrens ist es, die Erschütterungen des Schienenverkehrs bezüglich Anregungsform, Frequenzspektrum und Dauer so wirklichkeitsgetreu wie möglich nachzubilden. Dazu wird mit einem 15 t schweren servohydraulischen Schwingungsgenerator der Untergrund ebenso flächenmäßig belastet wie durch einen Zug [4]. Beim Musikverein konnte eine erste Versuchsserie bereits vor Beginn des Tunnelbaus auf der Betonsohle der Wienfluss-Einhausung (Bild 2) durchgeführt werden – und eine zweite nach Errichtung im U-Bahn-Tunnel (Bild 6) selbst.

3.1 Schallausbreitung im Gebäude

Zur Abschätzung der bei Schwingungsanregung am Fundament des Gebäudes in den Sälen zu erwartenden sekundären Luftschallpegel wurde das Gebäude wie zuvor beschrieben zu Schwingungen angeregt und die Terzbandanalyse des durch Körperschallausbreitung in den Räumen entstehenden Luftschalls gemessen. Der Schwingungsgenerator arbeitete auf der Sohle des Wienflussbetts, rund 27 m vom Musikvereinsgebäude entfernt, unmittelbar dem Gebäude gegenüber und 50 m versetzt. An der südlichen, der Anregung nächstliegenden Kelleraußenwand und dem Kellerboden des Musikvereinsgebäudes wurde die dadurch entstehende Körperschallbeschleunigung senkrecht zur Oberfläche an 6 Messpunkten gemessen. Gleichzeitig wurde der Luftschallpegel an jeweils mehreren Positionen im Großen Saal, im Brahms-Saal sowie im Einem-Saal aufgenommen [5].

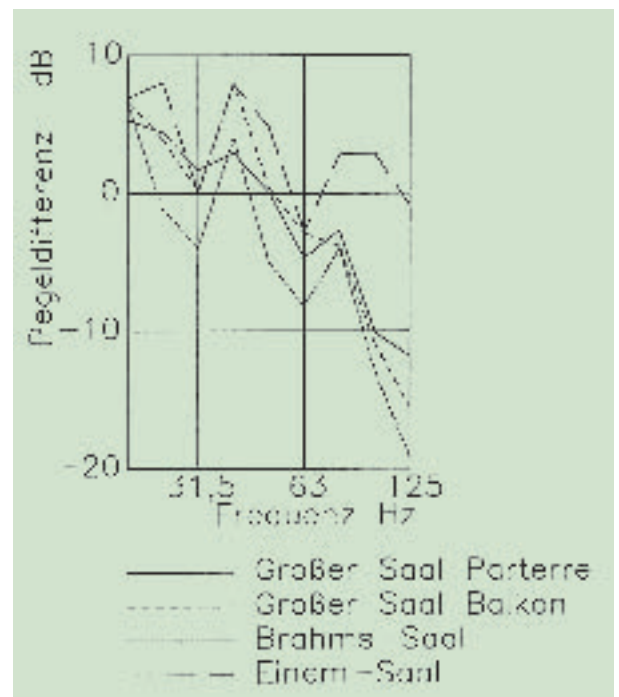
Aus den Terzbandanalysen der Körperschallschnellepegel auf dem Boden des Wienflussgewölbes und im Musikvereinsgebäude wurde die Pegelminderung von der Anregung bis zum Gebäude ausgewertet. Die Differenz der Luftschallpegel in den Räumen gegenüber dem Körperschallschnellepegel an der Kelleraußenwand (Bild 7) lässt mit der Kenntnis der durch die Vorbeifahrten der U-Bahn an der Kelleraußenwand zu erwartenden Körperschallschnellepegel die daraus resultierenden sekundären Luftschallpegel in den Räumen ableiten. Bei Anregung im Wienflussgewölbe 50 m seitlich des Musikvereinsgebäudes waren die Pegel deutlich geringer, die Differenz zwischen den Körperschallschnellepegeln und den Luftschallpegeln war jedoch erwartungsgemäß etwa die gleiche.

Legt man die Körperschallschnellepegel, wie sie an Kelleraußenwänden in Gebäuden nahe von U-Bahn-Beton-Rechtecktunnels mit dem für die Wiener U-Bahn-Strecken

Bild 6: VibroScan-Schwingungsgenerator beim Einhub in den U-Bahn-Tunnel vor dem Musikvereinsgebäude
Foto: © N. Blaumoser



Bild 7: Differenz des Luftschallpegels im Saal gegen den Schnellepegel an der Kelleraußenwand bei VibroScan-Anregung im Wienflussgewölbe



üblichen Oberbau mit Schienen auf Betonplatte schwimmend auf Glaswolleplatte gemessen wurden, zugrunde, so kann der zu erwartende Luftschallpegel in den Musiksälen abgeschätzt werden; dabei wurde ein Zuschlag von 3 dB für die durch die U-Bahn-Vorbeifahrten linienförmige Anregung berücksichtigt. Dieser Luftschallpegel kann mit den Grenzwertkriterien verglichen werden.

Bild 8 präsentiert das Ergebnis für den Großen Saal. Es zeigte sich, dass die zu erwartenden Schallpegel im Bereich der Terzen 40 bis 80 Hz nur knapp unter den Grenzwerten liegen bzw. im dem Tunnel am nächsten liegenden Einem-Saal sogar etwas darüber. Es wurde daraus die Empfehlung abgeleitet, dass statt des üblicherweise eingesetzten Masse-Feder-Systems (Betonplatte auf Glaswolleplatte, Resonanzfrequenz etwa 16 bis 20 Hz) ein solches mit einer niedrigeren Resonanzfrequenz verwendet werden soll.

3.2 Ausbreitung von Erschütterungen im Gebäude

Die Ausbreitung von Erschütterungen im Gebäude wurde ebenfalls mithilfe der Vibro-Scan-Sweeps vom Wienflussbett aus untersucht [3]. Für die Ausbreitung vom Wienflussbett bis zum Gebäude ergab sich eine unterdurchschnittliche Erschütterungsabnahme mit wachsender Entfernung, die darauf hindeutet, dass der Untergrund verhältnismäßig geringe Dämpfungseigenschaften besitzt.

Aus den parallel durchgeführten Erschütterungsregistrierungen im Keller an der dem Tunnel nächstliegenden Fundamentmauer, an welcher die Erschütterungen ins Bauwerk eingeleitet wurden, und in den drei Konzertsälen kann frequenzabhängig die Dämpfung und Aufschaukelung im Gebäude ermittelt werden.

Das Ergebnis ist in Tabelle 2 zusammenfassend dargestellt. Beträge kleiner als

100 % bedeuten Dämmung – und größer als 100 % Aufschaukelung. Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist der Einem-Saal von den Erschütterungsimmissionen verhältnismäßig am stärksten und der Brahms-Saal am wenigsten betroffen. Dies kann nicht weiter überraschen, da der Einem-Saal an der dem Tunnel gegenüberliegenden Gebäudefront und der Brahms-Saal an der abgewandten Gebäudefront liegt. Die maximale Aufschaukelung erfolgt durchwegs bei niedrigen Frequenzen, während maximale Dämmung bei erschütterungsmäßig mittelhohen Frequenzen auftritt.

Die Eigenfrequenzen des gesamten Baukörpers wurden mithilfe von Verfahren aus dem Erdbebeningenieurwesen eruiert. Sie werden in erster Linie von den Bauwerksdimensionen bestimmt. Die Abschätzung ergibt niedrigste Eigenfrequenzen im Bereich von 2,7 und 3,8 Hz, die leider im Bereich des Maximums der S-Wellenübertragungsfunktion des Untergrunds liegen.

Tabelle 2: Resonanzverhalten der Konzertsäle des Musikvereins bei äußerer Schwingungseinwirkung im Verhältnis zu der im Fundament eingeleiteten Erschütterungsintensität ($v_{\text{Saal}} / v_{\text{Fundament}}$ in Prozent)

Saal	max. Dämmung (% der Fundamenterschütterung)	bei Frequenz (Hz)	max. Aufschaukelung (% der Fundamenterschütterung)	bei Frequenz (Hz)
Großer Saal, Parterre	32	80	114	10
Großer Saal, Balkon, Mitte	54	42	103	9
Brahms-Saal, Parterre	35	72	94	18
Einem-Saal	119	72	127	18

Tabelle 3: Spektrale Übertragungseigenschaften vom Tunnel für die mittleren Schwingstärkescheitelwerte K_{BS} ohne immissionsmindernde Maßnahmen

Messpunkt	Bewertete Schwingstärke K_{BS}	vorherrschende Frequenz (Hz)	Nebenmaxima (Hz)
Großer Saal, Parterre	0,33	11	18 und 15
Großer Saal, Balkon, Mitte	0,50	11	9
Einem-Saal	0,28	50	53 und 24

In allen 3 Sälen gibt es weitere Eigenschwingungen, die bei der systematischen Frequenzabtastung durch die VibroScan-Sweeps deutlich hervortreten. Bei externer Schwingungsanregung dominieren in den Sälen des Musikvereinsgebäudes intensitätsmäßig die Terzbänder von 10 bis 16 Hz.

Aus der Analyse der Seismogramme wurde die frequenzabhängige Übertragung der Erschütterungsimmissionen abgeleitet. Damit wurde die bewertete Schwingstärke der U-Bahn-Erschütterungen unter der Annahme eines normalen Schotteroberbaus in den verschiedenen Musikvereinsälen vorhergesagt, die bei vorherrschenden Frequenzen von 9–31 Hz im Bereich von $K_{BS} = 0,16-0,21$ anzusiedeln waren.

Demnach musste bei einer Ausführung der Wendeanlage in konventioneller Schotteroberbauform mit spürbaren Erschütterungsimmissionen durch die U-Bahn-Vorfahrten gerechnet werden. Für die Planung des Tunnels wurden daher die Randbedingungen vorgegeben, den Rechtecktunnel und insbesondere die Tunnelsohle möglichst steif auszuführen und Platz für einen Oberbau in der Form eines überschweren Masse-Feder-Systems mit 9–10 t Masse je Laufmeter und Gleis vorzusehen.

Diese Maßnahmen zum Schutz vor spürbaren Erschütterungsimmissionen sichern jedenfalls auch den Schutz vor hörbaren Schallimmissionen.

3.3 VibroScan-Untersuchung auf der Sohle des Tunnel-Rohbaus

Die Ergebnisse dieser Messungen dienten der endgültigen Frequenzabstimmung des Masse-Feder-Systems unter Berücksichtigung der vorhandenen geo- und baodynamischen Eigenfrequenzen sowie der Identifizierung allfälliger durch die Bauarbeiten hervorgerufener Schwingungsbrücken zwischen Tunnel und Gebäude [6].

Die Auswertungen ergaben bei Schwingungsanregung im 4 m entfernten Tunnel unter der Annahme keiner immissionsmindernder Maßnahmen hohe Werte für die bewertete Schwingstärke in den Sälen, wobei im Großen Saal sehr niedrige Frequen-

zen und im Einem-Saal deutlich höhere Frequenzen dominieren. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse angeführt.

Ursachen für die im Vergleich zur Erstprognose vom Wienflussbett aus höheren K_{BS} -Werte dürften eine nicht ausreichende Berücksichtigung der Dämmwirkung der 7 m breiten Tunnelwand des Wienflussgewölbes sein sowie Schwingungsbrücken, die beim Tunnelbau zum Gebäude hin entstanden sind.

Aufgrund der Messergebnisse wurde der Einbau eines Masse-Feder-Systems mit einer dynamischen Eigenfrequenz von 5,5 Hz mit einer Masse von etwa 10 Tonnen je Laufmeter und Gleis empfohlen. Dabei wird die ungefederte Radsatzmasse mit 1.260 kg angesetzt. Damit ist das Masse-Feder-System im Bereich der 9 Hz Eigenfrequenz des Balkons im Großen Saal bereits wirksam und jedenfalls auch die erforderliche Schallpegelminderung gegeben, wie das berechnete Einfügungsdämm-Maß in Bild 9 zeigt.

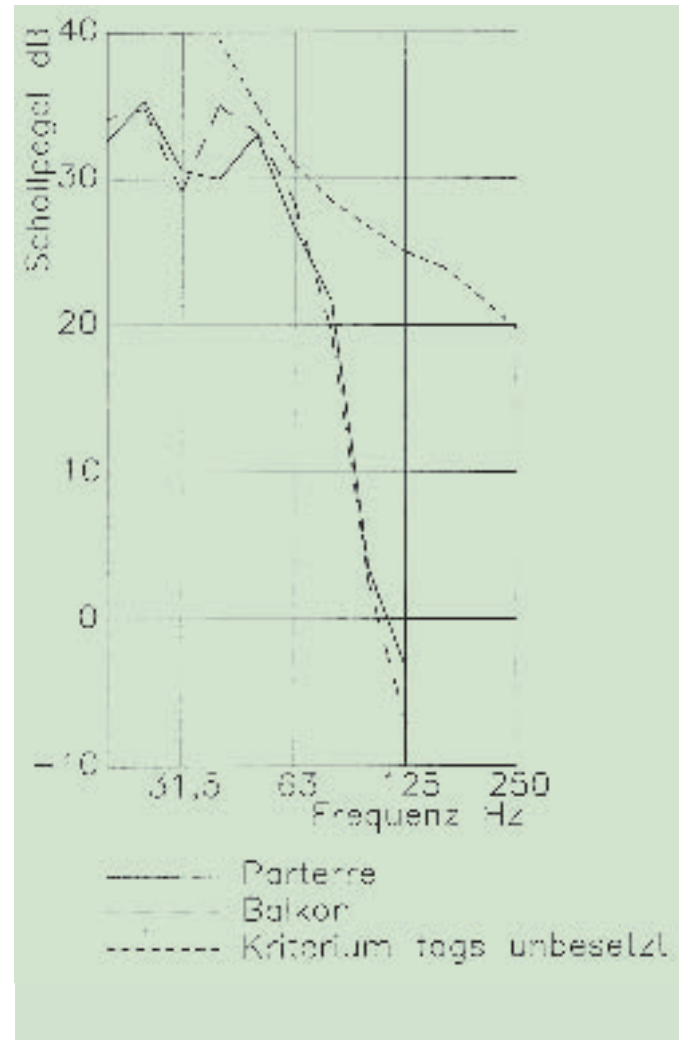


Bild 8: Aus den Messungen mit VibroScan-Anregung im Wienflussgewölbe abgeleiteter zu erwartender Schallpegel im Großen Saal für den Tunnel mit Wiener Oberbau

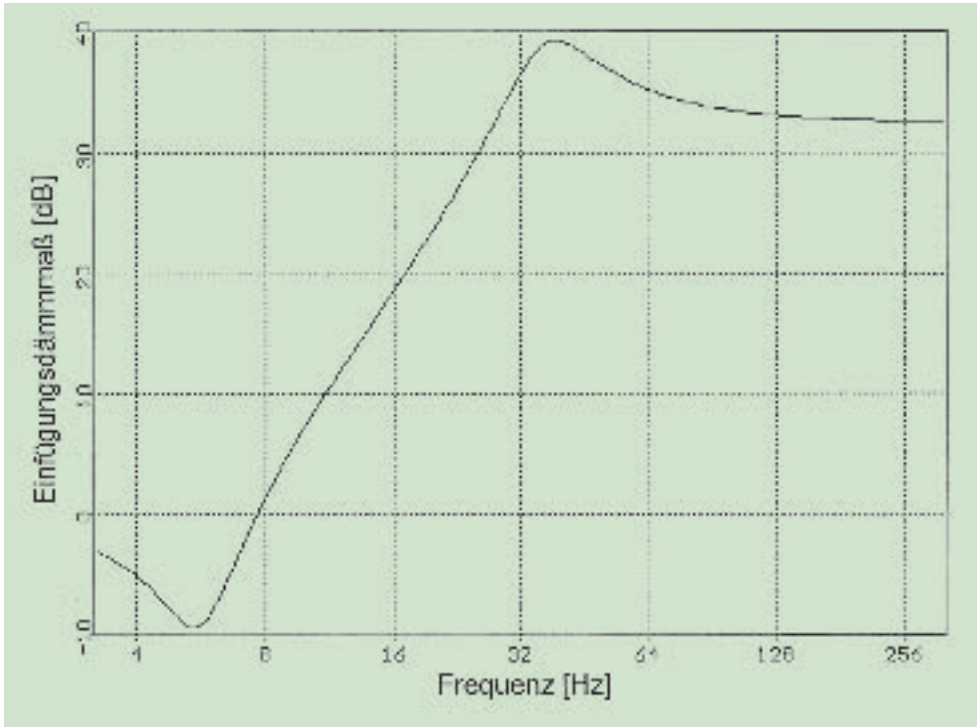


Bild 9: Rechnerisches Einfügungsdämm-Maß für das vorgeschlagene Masse-Feder-System mit einer Resonanzfrequenz von 5,5 Hz

Die aus Bild 9 ersichtlichen hohen Anforderungen an die Dämmleistung des Masse-Feder-Systems führten zu kritischen Kommentaren einzelner Elastomer-Erzeuger. Eine Firma befürchtete sogar, dass in der geplanten Form (Bild 10) keine Dämmwerte von deutlich mehr als 20 dB in der Praxis erzielt werden könnten.

4 Bauweise von Tunnel- und Oberbau

Der im Bereich neben dem Musikvereinsgebäude zweigeschossige Tunnel weist eine Wanddicke von 80 + 60 cm und eine Dicke der Sohle von 2 m auf. Die Dicke der Zwischendecke beträgt 70 cm, die der oberen Decke, einer vollen Betonplatte, 1 m. Die Schienen sind auf elastischen Lagern befestigt. Bei der Gleistragplatte handelt es sich um eine 110 cm dicke Betonplatte, die auf elastischen Einzellagern der Firma Getzner Werkstoffe gelagert ist (Bild 10).

5 Immissionen des U-Bahn-Betriebs im Musikvereinsgebäude

Nach Fertigstellung der Wendeanlage mit Schadzuggleis neben dem Musikvereinsgebäude wurden die durch die Fahrten eines U-Bahn-Zuges verursachten sekundären Luftschallpegel und Erschütterungen in den Musiksälen gemessen [7]. Für die Messfahrten im Bereich der Wendeanlage wurde ein Dreiwagenzug mit Wagen vom Typ U11 mit 40 km/h, im Bereich des Schadzuggleises mit 25 km/h eingesetzt.

5.1 Schallpegel

Bei den Messungen, die zur Vermeidung von Störgeräuschen nachts von 00.15 Uhr bis 03.15 Uhr bei einem Grundgeräuschpegel im Großen Saal von $L_{A,95}$ 24 bis 22 dB durchgeführt wurden, konnten keine Geräusche wahrgenommen werden, die mit Zugvorbeifahrten im Zusammenhang

stehen bzw. durch Zugvorbeifahrten verursacht werden. Bei der Auswertung der Messwerte waren nur in einzelnen Frequenzbändern und nur bei einigen Messfahrten marginale Pegelerhöhungen festzustellen. Die Immissionspegel liegen in allen Terzen unter den Grenzwerten nach Bild 5. Im Einem-Saal konnten ebenfalls trotz des niedrigen Grundgeräuschpegels (mit $L_{A,95} = 24$ bis zu 17 dB) keine Geräusche wahrgenommen werden, die mit Zugvorbeifahrten im Zusammenhang stehen bzw. durch Zugvorbeifahrten verursacht wurden. Fallweise waren Kfz-Geräuschimmissionen deutlich hörbar (trotz sorgfältig geschlossener Fenster).

5.2 Erschütterungen

Mit zwei Messaufnehmern im Großen Saal und einem Messaufnehmer im Einem-Saal wurden die auftretenden Schwingungen, jeweils in Deckenmitte, gemessen. Sowohl

im Großen Saal als auch im Einem-Saal wurden mit Ausnahme interner Ereignisse keine Überschreitungen der untersten Füllschwelle ($K_B = 0,1$) registriert. Zusätzlich wurden auch im Tunnel die Schwingungen der Gleistragplatte und der Tunnelsohle und der Tunnelwand bei den Messfahrten im Bereich der Wendeanlage gemessen. Erwartungsgemäß konnte durch das schwere Masse-Feder-System eine wesentliche Minderung der Schwinggeschwindigkeitspegel schon im tiefsten Frequenzbereich erzielt werden.

Im Vergleich zu den U-Bahn-Erschütterungen auf normalem Schotterbett im unmittelbar benachbarten Streckenbereich ergibt sich von der 40-Hz-Terz aufwärts eine Einfügungsdämmung von mehr als 30 dB, die mit 37 dB bei 80 Hz ihr Maximum

erreicht und somit sehr gut mit der dynamischen Modellrechnung (Bild 9) übereinstimmt.

Die tatsächliche Eigenfrequenz des Masse-Feder-Systems wurde durch Impulsanregung mit 5,4 Hz ermittelt. Somit entspricht die Ausführung des Masse-Feder-Systems in vollem Umfang den Planvorgaben.

6 Zusammenfassende Beurteilung

Zusammenfassend ergibt sich, dass die Extremforderung „keine wahrnehmbare Veränderung der Immissionsituation durch den U-Bahn-Betrieb“ trotz der unmittelbaren Nachbarschaft der Wendeanlage durch die getroffenen Maßnahmen in vollem Umfang erfüllt werden konnte.

Literatur

- [1] Lang J.: Maßnahmen zum Körperschallschutz bei der Wiener U-Bahn. Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, Heft 1, 1992
- [2] Lang J.: Gutachten über den Grundgeräuschpegel in den Sälen des Musikvereinsgebäudes. TGM-VAWS 9780A, 1998
- [3] Steinhauser P.: Schutz des Musikvereins vor Erschütterungsimmissionen. Bericht 678, 1998
- [4] Steinhauser P.: Zur Vorhersage und Reduktion von Erschütterungsemissionen beim Tunnelbau und -betrieb. Felsbau, 5/2002
- [5] Lang J.: Gutachten über die Schallausbreitung im Gebäude des Musikvereins bei Körperschallanregung. TGM-VAWS 9780B, 1998
- [6] Steinhauser, P.: VibroScan-Untersuchung auf der Tunnelsohle der Wendeanlage Karlsplatz U2/12. Bericht 995, 2002
- [7] Österreicher, M.: Kontrollmessung im Musikverein zur Erlangung der Betriebsbewilligung U2/12 Abschnitt Wendeanlage Karlsplatz. Bericht IC-Konsulenten 13x3015/01, 2003

Bild 10: Schnitt durch das Masse-Feder-System Grafik: © ISP

