

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
BAUDYNAMIK & BAUPHYSIK
TECHNISCHE AKUSTIK

Messstelle zur Ermittlung der Emission
und Immission von Geräuschen und
Erschütterungen

Schallschutzprüfstelle DIN 4109
Zertifikat: VMPA-SPG-203-00-HE

Fehlheimer Str. 24 □ 64683 Einhausen
Telefon (06251) 9646-0
Telefax (06251) 9646-46

E-Mail: Info@fritz-ingenieure.de
www.fritz-ingenieure.de

Bericht Nr.: **08245-BVE-1**
Datum: **15.12.2008**

Auftraggeber:

**Vermögen und Bau
Baden-Württemberg
Amt Stuttgart
Rotebühlstraße 100
70178 Stuttgart**

Sachbearbeiter:

**Dipl.-Phys. Peter Fritz
Dipl.-Ing. Philipp Both**

Umfang des Dokumentes

Textteil: 25 Seiten

ANHANG 1: 6 Seiten
ANHANG 2: 4 Seiten
ANHANG 3: 2 Seiten



ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Bauvorhaben:

Neubau Ministerium, Willy-Brandt-Straße in Stuttgart

Untersuchungsumfang:

Prognose und Beurteilung verkehrsinduzierter
Erschütterungen und sekundären Luftschallimmissionen
aus der Verlegung von Stadtbahnachsen im Rahmen des
Planänderungsverfahrens für das Bahnprojekt „Stuttgart 21“
PfA 1.1

INHALT

1	Zusammenfassung	4
2	Sachverhalt und Aufgabenstellung	5
3	Bearbeitungsgrundlagen	6
3.1	Gesetze, Normen, Literaturquellen	6
3.2	Planunterlagen	7
4	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	8
4.1	Emissionen	10
4.2	Transmission	11
4.2.1	Transferfunktion 1	11
4.2.2	Transferfunktion 2	11
4.2.3	Transferfunktion 3	12
4.3	Immissionen	12
4.3.1	Erschütterungen	12
4.3.2	Sekundärer Luftschall	13
4.4	Betriebsparameter	14
5	Anforderungen	15
5.1	Erschütterungen	15
5.1.1	Beurteilung	15
5.1.2	Anhaltswerte	16
5.2	Sekundärer Luftschall	17
5.2.1	Beurteilung	17
5.2.2	Anforderungswerte	18
6	Untersuchungsergebnisse	20
6.1	Querschnitt 1	21
6.1.1	Immissionen ohne Schutzmaßnahme	21
6.1.2	Immissionen mit Schutzmaßnahme	22
6.2	Querschnitt 2	23
7	Abschließende Bemerkungen	25

- ANHANG 1** Ermittlung des maßgeblichen Emissionsspektrums
- ANHANG 2** Darstellung von Transferfunktionen
- ANHANG 3** Beurteilung der Immissionen

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Änderungsverfahrens für den Planfeststellungsabschnitt 1.1 des Vorhabens „Stuttgart 21“ wurde geprüft, ob zukünftig Konflikte infolge Erschütterungs- bzw. sekundärer Luftschallimmissionen aus dem Betrieb der unterirdisch angrenzender Stadtbahnstrecken für den geplanten Neubau eines Ministeriums in der Willy-Brandt-Straße resultieren werden. Hierzu wurde mit Bezug auf die bestehenden und im Zuge des Projektes „Stuttgart 21“ baulich geänderten Stadtbahntunnel eine Prognose der verkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall erstellt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Für den geplanten Neubau des Ministeriums sind ohne Vorsorge- maßnahmen am Oberbau im Bereich der im Zusammenhang mit „Stuttgart 21“ neu zu bauenden Tunnelabschnitte Immissionskon- flikte infolge Erschütterungseinwirkungen nicht auszuschließen. An dem zur Verlegung vorgesehenen Stadtbahntunnel sind daher o- berbautechnische Vorkehrungen zur Konfliktvermeidung erforder- lich.
- Durch den Einsatz von Unterschottermatten, die hinsichtlich ihrer dynamischen Steifigkeit auf eine Oberbaueigenfrequenz von 25 Hz unter Berücksichtigung typischer Betriebslasten abzustimmen sind, kann ein Immissionskonflikt sicher vermieden werden. Der Einbau der Unterschottermatte, der für sämtliche Gleise erforderlich ist, ist von km 0+990 bis km 1+115 bezogen auf Gleisachsachse 32 erfor- derlich.
- Die Anforderungen an Erschütterungsmissionen gemäß DIN 4150-2 werden mit der oben beschriebenen Vorsorgemaßnahme eingehalten. Die prognostizierten Erschütterungsmissionen liegen im Bereich der Fühlschwelle des menschlichen Empfindens bzw. darunter. Diesbezüglich können keine weiterführenden bauseitigen, d.h. am Gebäude zu ergreifenden, Schutzmaßnahmen empfohlen werden.
- Die Anforderungen an zulässige sekundäre Luftschallimmissionen in Anlehnung an die 24. BImSchV werden ebenfalls eingehalten.

Die prognostizierten sekundären Luftschallimmissionen aus einzelnen Zugvorbeifahrten können erfahrungsgemäß akustisch wahrgenommen werden, führen jedoch im Hinblick auf die typischen, der innerstädtischen Lage entsprechenden Umgebungsgeräusche nicht zu nutzungseinschränkenden oder „erheblich belästigenden“ Einwirkungen.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Das Vermögen und Bau Baden-Württemberg Amt Stuttgart plant den Neubau eines Ministeriums auf einer Fläche an der Willy-Brandt-Straße, die im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für den Abschnittes 1.1, des Projektes „Stuttgart 21“ als Freifläche behandelt wurde. Im Bereich der Willy-Brandt-Straße soll nun ein mehrgeschossiges Büro- und Verwaltungsgebäude entstehen. Geplant ist eine Bebauung mit 2 Untergeschossen, Erdgeschoss und 4 Obergeschossen. Das geplante Ministerium wird sich zukünftig im Einwirkungsbereich der bereits vorhandenen, unterirdisch verlaufenden Stadtbahnstrecke in der Willy-Brandt-Straße sowie der im Rahmen des Projektes „Stuttgart 21“ in diesem Bereich verlegten Stadtbahntunnel befinden.

Im Zusammenhang mit dem Planfeststellungsverfahren für das Projekt „Stuttgart 21“ (PFA 1.1) wurden bereits erschütterungstechnische Untersuchungen zu Einwirkungen aus dem zukünftigen Betrieb der Stadt- und Fernbahnstrecken (FRITZ GmbH, Bericht Nr. 97430 vom 26.03.2002) durchgeführt. Hierin wurden bestehende Gebäude im Einwirkungsbereich der Tunnelbauwerke berücksichtigt und für die Ausführung des Oberbaus Schutzmaßnahmen, die mittlerweile auch planfestgestellt sind, empfohlen, um „erheblich belästigende“ Einwirkungen auf schutzwürdige Nutzungen in den Gebäuden zu vermeiden.

In dem Streckenabschnitt der Stadtbahnstrecke in der Willy-Brandt-Straße, der zukünftig im Nahbereich des geplanten Gebäudes verlaufen wird, sind keine erschütterungstechnischen Schutzmaßnahmen vorgesehen, da zum Zeitpunkt der Planfeststellung für dieses Areal keine Bebauung vorgesehen. Da nunmehr eine konkrete Planungsabsicht besteht, kann nicht mehr ausgeschlossen werden, dass es infolge der für das Projekt „Stuttgart 21“ geplanten Stadtbahnverlegung zu Erschütterungen und sekundärer Luftschallimmissionen kommen wird, die zu einem unangemessenen Verlust an der angestrebten Nutzungsqualität führen können.

Sowohl für die geplante Bebauung im zu ändernden Planfeststellungsabschnitts als auch die Bereiche des Gebäudes im Einwirkungsbereich des bestehenden Stadtbahntunnels ist daher zu untersuchen, ob für das geplante Bauwerk die einschlägigen Anforderungswerte erfüllt werden oder ob Vorsorgemaßnahmen erforderlich werden. Soweit Konfliktpotentiale festgestellt werden, sind geeignete Maßnahmen zur Konfliktbewältigung oder zur Konfliktminimierung zu erarbeiten, die im Rahmen des durchzuführenden Planänderungsverfahrens zu definieren sind.

3 Bearbeitungsgrundlagen

3.1 Gesetze, Normen, Literaturquellen

Zur Durchführung der Untersuchungen wurden folgende Gesetze, Verordnungen, Normen, Richtlinien und Literaturquellen herangezogen:

- /1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- /2/ 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990, geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 19. September 2006
- /3/ 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 04. Februar 1997 in ihrer berichtigten Fassung vom 16. Mai 1997
- /4/ DIN 4150, Teil 1
„Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- /5/ DIN 4150, Teil 2
„Erschütterungen im Bauwesen“, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999

-
- /6/ DIN 4150, Teil 3
„Erschütterungen im Bauwesen“, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Februar 1999

 - /7/ DIN 45669 Teil 1
"Messung von Schwingungsimmissionen" Anforderungen an Schwingungsmesser vom Juni 1995

 - /8/ DIN 45669 Teil 2
"Messung von Schwingungsimmissionen";
Messverfahren vom Juni 1995

 - /9/ DIN 45672 Teil 1
„Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“, Messverfahren vom September 1991

 - /10/ DIN 45672 Teil 2
„Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“, Teil 2: Auswerteverfahren vom Juli 1995

 - /11/ DB-Leitfaden für den Planer, Körperschall- und Erschütterungsschutz, Februar 1999

 - /12/ Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Bericht Nr. 107

3.2 Planunterlagen

Folgende Planunterlagen wurden der bauphysikalischen Untersuchung zu Grunde gelegt:

- /13/ Planfeststellungsbeschluss für den Umbau des Bahnknotens Stuttgart „Projekt Stuttgart 21“, Planfeststellungsabschnitt 1.1, Eisenbahn-Bundesamt, Außenstelle Karlsruhe/Stuttgart, 28.01.2005

- /14/ Erschütterungstechnische Untersuchung, Bericht Nr. 97430 vom 26.03.2002, FRITZ GmbH

/15/ Querschnitt km 1.0+15.50, Achse33, Boll und Partner GmbH & Co. KG, Stand 22.10.2008

/16/ Grunderwerbsplan, Boll und Partner GmbH & Co. KG, Stand 22.10.2008

4 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

Beim Betrieb schienengebundener Fahrzeuge kommt es im Kontaktbereich zwischen Rad und Schiene zu Schwingungsanregungen, die auf Störungen des stationären Abrollvorganges zurückzuführen sind. Verantwortlich hierfür sind einerseits Inhomogenitäten der Schiene, andererseits auch das Rad selbst, welches in der Regel einen ungleichmäßigen Verschleiß erfährt. Die impulsförmige Anregung des Radsatzes und des Gleiskörpers wiederum hat die Anregung von Eigenschwingungen des Gesamtsystems zur Folge.

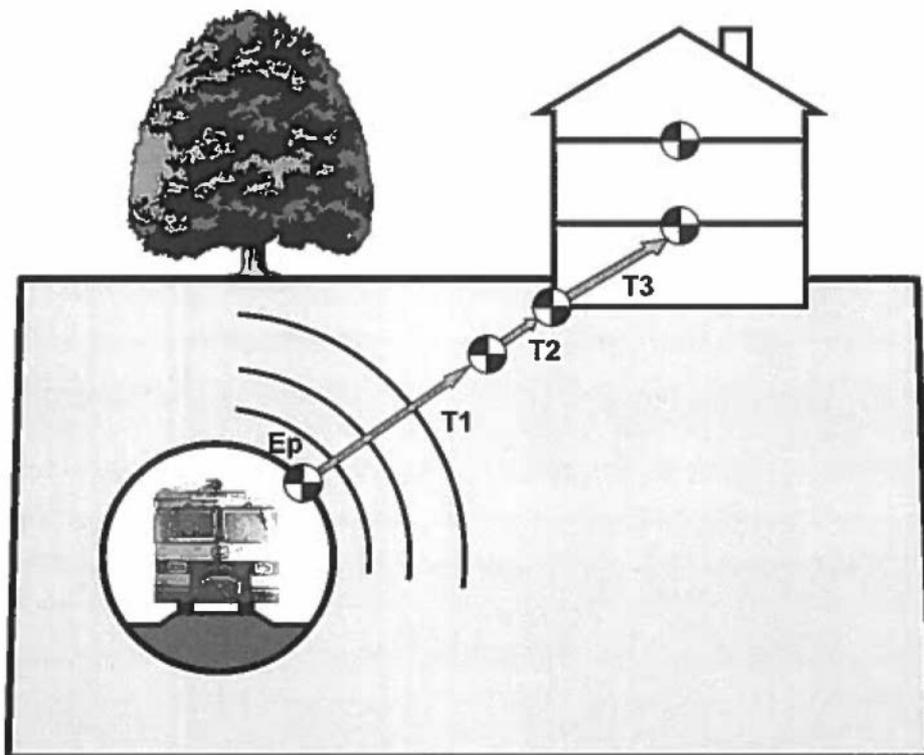
Die aus den dynamischen Lasten resultierenden Schwingungen von Tunnelwänden bzw. Gleiskörper werden über das Erdreich auf nahe stehende Gebäude übertragen, die ihrerseits zu Schwingungen angeregt werden. Die auftretenden Schwingungsamplituden sind in der Regel so gering, dass Bauwerksschäden als Folge der dynamischen Beanspruchung ausgeschlossen werden können. Dennoch können Schwingungen bereits bei geringen Schwingstärken zu Beeinträchtigungen des Wohlbefindens von Menschen in Gebäuden führen. Über die Geschossdecken werden Schwingungen des Gebäudekörpers auf den Menschen übertragen, die vom Körper direkt als mechanische Schwingungen wahrgenommen werden. Weiterhin führen die in ein Bauwerk eingeleiteten Schwingungen zu einer Schallabstrahlung der Raumbegrenzungsflächen in Form von hörbarem (sekundärem) Luftschall. Selbst Immissionen, die als mechanische Schwingungen nicht mehr spürbar sind, können dann akustisch wahrnehmbar sein.

Geräusche und Erschütterungen zählen gemäß **§ 3** des Bundesimmissionsschutzgesetzes (**BImSchG**) je nach Stärke und Wahrnehmbarkeit zu den Immissionen, die geeignet sind, erhebliche Belästigungen für die Betroffenen herbeizuführen.

Zur Prognose der zukünftig auftretenden Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen wird ein Quellen- und Ausbreitungsmodell erarbei-

tet. Auf der Basis von messtechnisch ermittelten Emissionsansätzen und Übertragungsfaktoren wird eine Prognoseberechnung für die durch den zukünftigen Stadtbahnbetrieb hervorgerufenen Immissionen durchgeführt. Für die Ermittlung der nach Fertigstellung von Bauvorhaben auftretenden Schwingungsimmissionen ist neben Kenntnis der zukünftigen Emissionen auch die Kenntnis der Schwingungsübertragungsverhältnisse vom Gleiskörper/Tunnel zu Räumen, in denen sich Menschen aufhalten, erforderlich. Zur Erstellung der Erschütterungsprognosen kann dabei analog zu den früher durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchungen von der in **Abbildung 1** skizzierten Übertragungskette ausgegangen werden.

Abbildung 1:



Legende

Ep: Emissionspunkt an der Tunnelwand.

T₁: Transferfunktion 1; Übertragung im Erdboden.

- T₂:** Transferfunktion 2; Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament
- T₃:** Transferfunktion 3; Übertragung vom Gebäudefundament auf die einzelnen Geschoßdecken

Die dargestellten Übertragungswege werden separat ermittelt und dann zu einer Gesamtübertragungsfunktion überlagert. Im Rahmen dieser Untersuchung kann dabei die geplante Gebäudesubstanz mittels spezifischer, zu ermittelnder Übertragungsfunktionen der einzelnen Bauteile berücksichtigt werden.

Da die Übertragungsfunktionen zum Teil stark frequenzabhängig sind, ist für die Prognose ein Berechnungsverfahren anzuwenden, das sowohl die spektrale Zusammensetzung der Schwingungsemissionen als auch die spektrale Zusammensetzung der einzelnen Transferfunktionen berücksichtigt. Emissionen und Transferfunktionen werden daher als Terzspektren im Frequenzbereich von 5 bis 315 Hz angegeben.

Im Folgenden werden die Einzelkomponenten zur Ermittlung der Erschütterungsimmissionen kurz erläutert.

4.1 Emissionen

Die maßgeblichen Erschütterungsemissionen der zu untersuchenden Stadtbahnstrecken können auf Grundlage vorliegender Messergebnisse von bereits gebauten und in Betrieb befindlichen Tunnelabschnitten der Stadtbahn prognostiziert werden. Hierzu ist es erforderlich die vorliegenden Emissionsdaten durch Korrekturen auf Grundlage allgemeiner Erkenntnisse über Erschütterungsemissionen und -immissionen an die Betriebs- und Umgebungsbedingungen des zu betrachtenden Streckenabschnittes anzupassen.

Als Ausgangsemissionsspektrum können die Emissionsdaten einer durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchung des Streckenabschnittes **Tunnel Weinsteige** in Stuttgart (FRITZ GmbH, Messung vom 10.07.1998) herangezogen werden. Die unkorrigierten Emissionsdaten sind in **Anhang 1.1** dargestellt. Diese Messdaten werden je nach Streckenabschnitt durch Korrekturfunktionen auf den konkret geplanten Verkehrsweg bezogen. Im vorliegenden Fall handelt es sich hierbei um eine

Geschwindigkeitskorrektur (**Anhang 1.2**) sowie insbesondere um einen Zuschlag für geplante Weichen im Bereich des zu verschwenkenden Tunnelabschnittes (**Anhang 1.3**). Im Randbereich des Planfeststellungsabschnittes, im Anschluss an die Bestandstrecke wird lediglich eine Korrektur hinsichtlich der Geschwindigkeit erforderlich. Die so prognostizierten Emissionsspektren werden in **Anhang 1.4** angegeben.

4.2 Transmission

Der Übertragungsweg von schienenverkehrsinduzierten Schwingungen auf die beurteilungsrelevanten Geschossdecken eines Gebäudes wird in einzelne Übertragungsfunktionen (Transferfunktionen) untergliedert.

4.2.1 Transferfunktion 1

Als Transferfunktion 1 wird die entfernungsbedingte Amplitudenabnahme der Schwingschnelle zwischen **Emissionsort** und einem Punkt im Erdreich **unmittelbar an einem Gebäude** bezeichnet. Die entfernungsbedingte Amplitudenabnahme setzt sich zusammen aus geometrischer Ausbreitungsdämpfung und frequenzabhängiger Materialdämpfung.

Im vorliegenden Fall wird sich die zu untersuchende Bebauung zukünftig in einem Abstand von ca. 3 m entlang des von der Willy-Brandt-Straße abzweigenden Stadtbahntunnels erstrecken. Im Bereich des Anschlusses an den bestehenden Stadtbahntunnel weist das Gebäude einen Abstand von ca. 14 m zur Tunnelwand auf.

4.2.2 Transferfunktion 2

Die Transferfunktion 2 beschreibt das Übertragungsverhalten vom **Boden** auf das **Gebäudefundament**. Sie unterliegt für bestimmte Gebäudetypen relativ geringen Schwankungen und weist keine ausgeprägte spektrale Abhängigkeit auf.

Für die vorliegende Untersuchung, für die keine messtechnische Ermittlung der Transferfunktion 2 möglich ist, können für die Transferfunktion empirische Daten aus Messungen an mehrgeschossigen Gebäuden herangezogen werden. Die graphische Darstellung der bei der Prognose berücksichtigten T2-Funktion befindet sich in **Anhang 2.1**.

4.2.3 Transferfunktion 3

Die Transferfunktion 3 beschreibt das Übertragungsverhalten des Gebäudes vom **Fundament** auf die **Geschossdecken** eines Gebäudes. Die Transferfunktion 3 kennzeichnet im Wesentlichen das Resonanzverhalten einer Decke und weist eine starke spektrale Abhängigkeit (ausgeprägte spektrale Maxima bei den Deckeneigenfrequenzen) auf.

In guter Näherung können für das Übertragungsverhalten von Stahlbetondecken empirisch ermittelte Daten dem DB Leitfaden für Planer (Körperschall und Erschütterungsschutz) entnommen werden. Diese Daten können auf die erste Eigenfrequenz (Resonanzfrequenz) konkreter relevanter Decken bezogen werden und beinhalten auch Resonanzerscheinungen höherer Eigenfrequenzen.

Da die Transferfunktion 3 in hohem Maße Einfluss auf das Prognoseergebnis nimmt, werden für die Prognoseberechnungen der geplanten Bebauung drei verschiedene Räume mit Stahlbetondecken üblicher Deckeneigenfrequenzen betrachtet. Eine exemplarische Transferfunktion ist im **Anhang 2.2** dargestellt. Für die untersuchten Räume 1 bis 3 werden die folgenden Deckeneigenfrequenzen angesetzt:

- Raum 1:** $f_1 = 20,0 \text{ Hz}$
- Raum 2:** $f_2 = 31,5 \text{ Hz}$
- Raum 3:** $f_3 = 40,0 \text{ Hz}$

4.3 Immissionen

4.3.1 Erschütterungen

Als Erschütterungsimmissionen werden die bauwerksbezogenen, gemäß DIN 4150-2 in der Mitte von Wohnräumen und vergleichbar genutzten Räumen ermittelten, KB-bewerteten Schwingstärken bezeichnet. Da hier die Vertikalkomponente (Z-Richtung) die Horizontalkomponenten (X-, Y-Richtung) übersteigt, werden die Prognoseberechnungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungsimmissionen durchgeführt. Der Frequenzbereich wird für die erschütterungstechnischen Betrachtungen auf maximal 80 Hz und hinsichtlich des sekundären Luftschalls auf maximal 315 Hz beschränkt.

Im vorliegenden Fall werden die Immissionen für Decken für die drei exemplarischen Räume prognostiziert.

4.3.2 Sekundärer Luftschall

Die Prognose des sekundären Luftschallpegels im Innenraum L_i basiert auf dem zuvor berechneten maximalen zeitbewerteten Körperschallschnellepegel L_v . Dieser entspricht dem Maximalpegel der Schwingstärke, der jedoch im Gegensatz zum $KB_{F_{max}}$ -Wert keiner KB-Bewertung, sondern einer A-Bewertung unterzogen wird. Der theoretische Zusammenhang zwischen ermittelter Körperschallschnelle und sekundärem Luftschall kann wie folgt beschrieben werden:

$$L_{sek} = L_v + 10 \log \sigma + 10 \log (4 S/A)$$

mit

- L_{sek} sekundärer Luftschallpegel des betrachteten Bauteils [dB(A)],
- L_v mittlerer A-bewerteter Körperschallschnellepegel des betrachteten Bauteils [dB(A)],
- σ Abstrahlgrad des betrachteten Bauteils,
- S Fläche des betrachteten Bauteils [m²],
- A äquivalente Absorptionsfläche des Raumes [m²].

In der Praxis lässt sich die genannte Beziehung jedoch nur schwer anwenden, da die Körperschallschnelle nicht nur in Deckenmitte, sondern an allen betrachteten Bauteilen (also auch an Wänden und Raumdecken) gemessen werden müsste. Weiterhin ist die Bestimmung des Abstrahlgrades mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Zur Bestimmung des sekundären Luftschalls wird daher der Leitfaden „Körperschall und Erschütterungsschutz“ der DB AG herangezogen. Hierin ist ein mathematischer Zusammenhang zwischen A-bewerteter Körperschallschnelle und sekundärem Luftschallpegel angegeben. Der Zusammenhang wird für verschiedene Zuggattungen und Deckenkonstruktionen angegeben. Demnach gilt für den sekundären Luftschall aus dem Betrieb von S-Bahnen, die in der vorliegenden Untersuchung ebenfalls für den Stadtbahnbetrieb angesetzt werden können, folgende Beziehung:

Für Betondecken:

$$L_i = 17,6 + 0,62 \cdot L_{vA} \text{ in dB(A).}$$

Dabei bedeuten

L_j: A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel
L_{vA}: A-bewerteter Körperschallschnellepegel

Entgegen der Vorgehensweise bei der Ermittlung der maximalen bewerteten Schwingstärke **KB_{Fmax}**, bei der ein Frequenzbereich zwischen und 4 und 80 Hz untersucht wird, wird der A-bewertete Körperschallschnellepegel **L_{vA}** in einem Frequenzbereich bis zu 315 Hz berechnet.

4.4 Betriebsparameter

Für die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärken und Innenschallpegel ist nicht nur die Kenntnis der Intensität von Schwingungsimmissionen, sondern auch deren Einwirkdauer erforderlich. Die Intensität am Einwirkungsort wird maßgeblich durch die zugspezifische Emission sowie die gelände- und gebäudespezifische Übertragung geprägt. Für den Prognose-Planfall kann je Gleis im Stadtbahntunnel in der Willy-Brandt-Straße, in dem insgesamt 5 Stadtbahnlinien verkehren, gemäß der Erschütterungstechnischen Untersuchungen im Rahmen des Projektes „Stuttgart 21“ ein Verkehrsaufkommen von

N = 940 Zügen

im Tagzeitraum und

N = 180 Zügen

im Nachtzeitraum hergeleitet werden.

Die Einwirkzeit, jeweils bezogen auf den Beurteilungszeitraum Tag (06.00 bis 22.00 Uhr) bzw. Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr) ergibt sich aus der Gesamtzahl der in dem betreffenden Streckenabschnitt innerhalb des Beurteilungszeitraumes verkehrenden Stadtbahnfahrzeuge und deren geschwindigkeitsabhängiger Vorbeifahrzeit. Um zu berücksichtigen, dass Fahrzeuge bereits vor und auch nach der Vorbeifahrt wahrgenommen werden können, wird bei der Bestimmung der Vorbeifahrzeit anhand der gefahrenen Geschwindigkeit die doppelte Zuglänge zu Grunde gelegt. Im Sinne einer oberen Abschätzung wird eine Vorbeifahrzeit von

t = 12 s / Fahrzeug.

angesetzt. Hinsichtlich der Erschütterungen ist bei der Ermittlung der Einwirkdauer das 30-Sekunden-Takt-Verfahren gemäß DIN 4150-2 zu beachten. Demzufolge umfasst die Vorbeifahrzeit eines Zuges keinesfalls mehr als einen 30-Sekunden-Takt.

5 Anforderungen

5.1 Erschütterungen

Derzeit gibt es keine gesetzlichen Bestimmungen, in denen Grenzwerte für Erschütterungsimmissionen festgelegt sind. Daher ist es erforderlich bei der Beurteilung verkehrsinduzierter Erschütterungsimmissionen auf in Fachkreisen allgemein anerkannte Regelwerke zurückzugreifen. Ein solches Regelwerk stellt die DIN 4150-2 („Erschütterungen im Bauwesen- Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“) dar. Hierin werden Angaben zu relevanten Beurteilungsgrößen und quantitative Angaben zu Erschütterungsimmissionen gemacht, bei deren Einhaltung oder Unterschreitung davon ausgegangen werden kann, dass die auftretenden Erschütterungsimmissionen als nicht **erheblich belästigend** empfunden werden. Die „erhebliche Belästigung“ stellt die niedrigste Qualifikationsstufe schädlicher Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes dar. Da Erschütterungen gemäß § 3 BImSchG ebenfalls zu den Immissionen gehören, die schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen können, ist also auch die Beurteilung verkehrsinduzierter Erschütterungsimmissionen auf diesen allgemeinen Grundsatz abzustellen.

Als maßgebliche Beurteilungsgrundlage für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden wird die DIN 4150-2 herangezogen. Diese macht in Abschnitt 6.5.3 Aussagen zur Behandlung der durch Schienenverkehr hervorgebrachten Erschütterungsimmissionen.

5.1.1 Beurteilung

Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen sind zwei Beurteilungsgrößen heranzuziehen:

- die maximale zeit- u. frequenzbewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ,
- die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} .

Beide Beurteilungsgrößen sind getrennt für die drei Richtungskomponenten X, Y (horizontal) und Z (vertikal) zu ermitteln. Der jeweils größte der drei Werte ist der Beurteilung zu Grunde zu legen.

Die Beurteilung erfolgt anhand der Kriterien A_u (für KB_{Fmax}) und A_r (für KB_{FTr}). Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A_u , so werden die Anforderungen der Norm erfüllt. Übersteigt die maximale bewertete Schwingstärke den unteren Anhaltswert, erfolgt die Beurteilung in einem weiteren Prüfschritt auf Basis der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} im Vergleich zu dem Beurteilungsanhaltswert A_r . Die Anhaltswerte werden in Tabelle 1 der DIN 4150-2 jeweils in Abhängigkeit von der Art der baulichen Nutzung der Umgebung des Einwirkungsortes sowie für den Tag- und den Nachtzeitraum unterschieden.

5.1.2 Anhaltswerte

In **Tabelle 1** sind die Anhaltswerte A gemäß DIN 4150-2 für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen angegeben.

Für den Schienenverkehr hat der obere Anhaltswert A_o gemäß Ziffer 6.5.3.5 der DIN 4150-2 nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen jedoch nachts einzelne KB_{FTi} -Werte oberhalb der für ober- bzw. unterirdische Strecken angegebenen Werte, so ist nach der Ursache für die Erschütterungen zu forschen und diese möglichst rasch zu beheben. Öfter wiederkehrende Werte dieser Art werden durch die Beurteilungsschwingstärke erfasst. Daher wird in der DIN 4150-2 zur Beurteilung des Schienenverkehrs von einer scharfen Obergrenze durch den Anhaltswert A_o abgesehen.

Da für die geplante Bebauung kein rechtskräftiger Bebauungsplan vorliegt, werden auf Grund der tatsächlichen Nutzung des Gebäudes die Anhaltswerte für Mischgebiete nach **Tabelle 1 Zeile 3** herangezogen.

Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen nach **DIN 4150-2**, Juni 1999.

Zeile	Einwirkungsort	tags		nachts	
		A _u	A _r	A _u	A _r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichtspersonal und Bereitschaftspersonen untergebracht sind	0,40	0,20	0,30	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	0,30	0,15	0,20	0,10
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	0,20	0,10	0,15	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	0,15	0,07	0,10	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,10	0,05	0,10	0,05

5.2 Sekundärer Luftschall

5.2.1 Beurteilung

Für die Ermittlung und die Beurteilung von Geräuschimmissionen aus sekundärem Luftschall gibt es derzeit weder normative Festsetzungen noch gültige Rechtsverordnungen. Daher ist es erforderlich, sich für eine sachgerechte Beurteilung an andere Gesetze, Verordnungen und Regelwerke auf Grundlage von Plausibilitätsbetrachtungen anzulehnen.

Bei der Beurteilung schienenverkehrsinduzierter sekundärer Luftschallimmissionen ist zunächst zu berücksichtigen, dass es sich hierbei – wenn auch im weiteren Sinne – um Verkehrslärmimmissionen handelt. Demzufolge kann das Bundes-Immissionsschutzgesetz herangezogen werden, das sich in den §§ 41 bis 43 mit Umwelteinwirkungen durch Verkehrsge-

räusche befasst. In § 43 BImSchG wird die Bundesregierung ermächtigt, erforderliche Vorschriften zu erlassen. Hierbei wird explizit darauf hingewiesen, dass den Besonderheiten des Schienenverkehrs Rechnung zu tragen ist.

Ein Anhaltspunkt für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen ergibt sich aus der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (**24. BImSchV**), die – wenn auch indirekt – Vorgaben für zulässige Innenraumpegel aus Verkehrslärmimmissionen in Abhängigkeit von der Raumnutzung angibt. Auch wenn der sekundäre Luftschall streng genommen nicht den Regelungen der 24. BImSchV unterliegt, da deren Anwendung die Überschreitung der Immissionsgrenzwerte nach § 2 der 16. BImSchV durch den Bau oder die wesentliche Änderung einer öffentlichen Straße oder eines Schienenverkehrsweges voraussetzt, scheint es dennoch gerechtfertigt, den aus Tabelle 1 der 24. BImSchV (Korrektursummand **D** zur Berücksichtigung der Raumnutzung) abgeleiteten Innenpegel (Korrektursummand **D** zuzüglich 3 dB(A)) als Beurteilungsmaßstab auch hinsichtlich sekundären Luftschalls heranzuziehen.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass das Heranziehen von Anforderungswerten gemäß Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen implizit die in der Rechtsprechung allgemein anerkannten Zumutbarkeitsschwellen bei Innenraumpegeln von 40 dB(A) tags für Wohnräume und von 30 dB(A) nachts für Schlafräume berücksichtigt. Der Verordnungsgeber der 24. BImSchV hat diese Zumutbarkeitsschwellen ebenfalls zu Grunde gelegt. Diese wurden vom Bundesverwaltungsgericht bereits in der Zeit vor Inkrafttreten der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BImSchV**) am Maßstab des § 74 (2), Satz 2 VwVfG bestimmt. Da die 24. BImSchV nicht nur Anforderungswerte für Wohn- und Schlafräume nennt, sondern ebenfalls Anforderungen für andere Nutzungen, sollen diese Anforderungswerte für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen hilfsweise herangezogen werden.

5.2.2 Anforderungswerte

In der Anlage zur 24. BImSchV sind die mathematischen Beziehungen angegeben, nach denen das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß der gesamten Außenfläche eines Raumes rechnerisch zu ermitteln ist, wenn auf Grund von Grenzwertüberschreitungen dem Grunde nach ein Rechtsanspruch auf Lärmvorsorgemaßnahmen besteht.

Zur Vermeidung von Kommunikationsstörungen wurde festgelegt, dass die Beurteilungspegel im Innenraum von Büroräumen tags 45 dB(A) nicht überschreiten sollten. Für andere schutzbedürftige Räume gelten entsprechende Innenschallpegel. Im Korrektursummanden **D** sind zum einen die Innenraumpegel für die jeweilige Raumart einbezogen, zum anderen eine Korrektur von **3 dB**, die berücksichtigt, dass die Dämmwirkung von Außenbauteilen bei gerichtet einfallendem Schall geringer ausfällt als im diffusen Schallfeld. Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes können die in **Tabelle 2** angegebenen Immissionsrichtwerte für eine Bewertung des Beurteilungs-Innenschallpegels gemäß 24. BImSchV abgeleitet werden:

$$IRW = D + 3 \text{ dB.}$$

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte für die Beurteilung von sekundärem Luftschall gemäß 24. BImSchV

Zeile	Raumnutzung	IRW	
		tags	nachts
1	Räume, die überwiegend zum Schlafen genutzt werden	-	30
2	Wohnräume	40	-
3	Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	40	-
4	Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	45	-
5	Großraumbüros, Schalerräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind	50	-
6	Sonstige Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind	entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen	

Da hinsichtlich der Nutzung des geplanten Ministeriums nicht auszuschließen ist, dass an einige Räume höherer Anforderungen als an **übliche Büroräume** zu stellen sind, werden für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen der exemplarisch untersuchten Räume die Beurteilungspegel in Anlehnung **Tabelle 2 Zeile 3** herangezogen.

6 Untersuchungsergebnisse

Die erschütterungstechnische Untersuchung wird für zwei typische Querschnitte, die im Folgenden als Immissionspunkte (IP) bezeichnet werden, durchgeführt. Hierbei werden die folgenden Bezeichnungen gewählt:

IP 1: Querschnitt 1 – Bereich des zu verlegenden Stadtbahntunnels (Achse 31 bis 34) der den minimalen Abstand zum geplanten Gebäude des Ministeriums aufweist.

IP 2: Querschnitt 2 – Bereich des zu verlegenden Stadtbahntunnels im Anschluss an das bestehende Tunnelbauwerk, d.h. an die Planfeststellungsgrenze.

Die prognostizierten Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall sind in **Anhang 3** für die maßgeblichen Immissionsorte im Einwirkungsbereich des Stadtbahntunnels in der Willy-Brandt-Straße dargestellt. In dem Anhang werden die Ergebnisse der Erschütterungsprognose jeweils getrennt für Tag- und Nachtzeitraum tabellarisch zusammengefasst. Da es sich bei dem Bauvorhaben um ein Verwaltungsgebäude handelt, werden für die Beurteilung ausschließlich die Berechnungsergebnisse tags relevant.

Im ersten Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2 erfolgt eine Bewertung der maximalen Zeit- und Frequenzbewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} mit dem gebietsspezifischen unteren Anhaltswert A_u gemäß Tabelle 1. Grün hinterlegte Felder kennzeichnen jeweils solche Räume, in denen A_u eingehalten oder unterschritten wird und demzufolge die Anforderungen der DIN 4150-2 erfüllt sind.

Sind Felder gelb hinterlegt, so wird ein weiterer Prüfschritt erforderlich. Bei dem die Bewertung der Beurteilungsschwingstärke $KB_{FT,r}$ anhand des gebietsspezifischen Beurteilungsanhaltswert A_r . Auch hier wird die Einhaltung der Anhaltswerte grün dargestellt. Wird A_r überschritten, so werden diese Werte rot hinterlegt. Die Anforderungen der DIN 4150-2 sind dann nicht erfüllt.

Die Vorgehensweise bei der Beurteilung der sekundären Luftschallimmissionen ist ähnlich der bereits beschriebenen Kennzeichnung. Werden aus der Verkehrswegeschallschutzmaßnahmen-Verordnung (24. BImSchV)

abzuleitenden Richtwerte für den Beurteilungs-Innenschallpegel L_{ri} eingehalten oder unterschritten, so sind die entsprechenden Räume im **Anhang 3.2** Grün hinterlegt. Für rote Felder können die Anforderungen der 24. BImSchV nicht erfüllt werden.

6.1 Querschnitt 1

Die geplante Bebauung weist einen minimalen Abstand von ca.

$$d = 3 \text{ m}$$

zur zukünftig nächstgelegenen Wand des Stadtbahntunnels auf. Für die Untersuchung wird davon ausgegangen, dass die geplante Bebauung faktisch direkt angrenzend an den Stadtbahntunnel gebaut wird, jedoch keine bauliche Verbindung zum Tunnelbauwerk besteht.

Im zu ändernden Tunnelabschnitt sind zukünftig Weichen vorgesehen, von denen erhöhte Erschütterungsemissionen ausgehen.

6.1.1 Immissionen ohne Schutzmaßnahme

Für die Gebäudeteile im Einwirkungsbereich des Stadtbahntunnels im PFA 1.1 werden **ohne** Schutzmaßnahmen am Oberbau für die exemplarisch untersuchten Räumen maximale bewertete Schwingstärken KB_{Fmax} zwischen

$$KB_{Fmax} = 0,373 \dots 0,461$$

prognostiziert. Schwingstärken dieser Größenordnung sind im Allgemeinen wahrnehmbar. Der untere Anhaltswert für Einwirkungsorte mit Mischgebietsnutzung (MI) liegt gemäß Tabelle 1 bei

$$A_u = 0,200$$

für den Tag. Die unteren Anhaltswerte werden somit deutlich überschritten. Zur weiteren Beurteilung der Einwirkungen wird der zweite Schritt gemäß DIN 4150-2, d.h. die Bildung der Beurteilungsschwingstärke, erforderlich. In den unter beiden Tabellen des **Anhangs 3.1** sind die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken bzw. die Ausschöpfung der diesbezüglichen Anhaltswerte zusammengefasst. Die Schwingungsimmisionen

ohne Schutzmaßnahmen erreichen maximale Beurteilungsschwingstärken von

$$KB_{FTT} = 0,233 \dots 0,289.$$

Das Ergebnis zeigt, dass die Beurteilungswerte gemäß DIN 4150-2 überschritten werden.

Die Beurteilungspegel für das Innengeräusch der sekundären Luftschallimmissionen sind in **Anhang 3.2** tabellarisch aufgeführt. Es ergeben sich maximale Beurteilungspegel im Tagzeitraum von bis zu

$$L_{r,T} = 42,2 \text{ dB(A)}.$$

Die aus der 24. BImSchV abzuleitenden Immissionsrichtwerte für Unterrichts- bzw. Büronutzungen im Tagzeitraum von

$$IRW = 40 \text{ (A)}$$

werden demzufolge ebenfalls verfehlt. Der Immissionsrichtwert wird um

$$\Delta L_r = 2,2 \text{ dB(A)}$$

überschritten.

Zur Vermeidung von Immissionskonflikten ist im Bereich des Tunnelabschnittes (Querschnitt 1) eine Vorsorgemaßnahme am Oberbau der Stadtbahnstrecke erforderlich.

6.1.2 Immissionen mit Schutzmaßnahme

Als Schutzmaßnahme im Bereich des Tunnelabschnittes von km 0+990 (Gleisachseachse 32) bis km 1+115 (Gleisachseachse 32) kommen Unterschottermatten in Frage. Die Unterschottermatten sind hinsichtlich ihrer dynamischen Steifigkeit auf eine Oberbaueigenfrequenz von 25 Hz unter Berücksichtigung typischer Betriebslasten abzustimmen. Geeignete Systeme müssen eine im **Anhang 1.5** dokumentierte Einfügungsdämmung aufweisen. Unter Berücksichtigung dieser Schutzmaßnahme werden für die exemplarisch untersuchten Räume maximale bewertete Schwingstärken KB_{Fmax} zwischen

$$KB_{Fmax} = 0,104 \dots 0,125$$

prognostiziert. Dieser Wert liegt im Bereich der **Fühlschwelle** des menschlichen Empfindens. Der untere Anhaltswert des hier in Betracht zu ziehenden Schutzniveaus gemäß Tabelle 1 Zeile 3 liegt bei

$$A_u = 0,200$$

für den Tag. Der untere Anhaltswert wird somit deutlich unterschritten. Eine weitere Beurteilung nach DIN 4150-2, d.h. eine Berücksichtigung der Häufigkeit einzelner Vorbeifahrtseignisse, ist nicht erforderlich.

Die Beurteilungspegel für sekundäre Luftschallimmissionen sind in **Anhang 3.2** tabellarisch aufgeführt. Es ergeben sich maximale Beurteilungspegel im Tagzeitraum von bis zu

$$L_{r,T} = 35,8 \text{ dB(A)}.$$

Die aus der 24. BImSchV abzuleitenden Anforderungswerte von

$$IRW = 40 \text{ (A)}$$

können demzufolge sicher eingehalten werden. Der Immissionsrichtwert wird um

$$\Delta L_r = - 4,2 \text{ dB(A)}$$

unterschritten. Demzufolge sind zukünftig keine Immissionen aus sekundärem Luftschall zu erwarten, die als „erheblich belästigend“ einzustufen wären. Ungeachtet dessen ist zu berücksichtigen, dass kurzzeitigen Spitzenpegel beim Vorbeifahren von Zügen im Stadtbahntunnel durchaus im Bereich über 40 dB(A) liegen werden. Die Vorbeifahrten einzelner Züge werden daher im Ministerium akustisch wahrnehmbar sein.

6.2 Querschnitt 2

Im Anschlussbereich des PFA 1.1 an das bestehende Tunnelbauwerk wird die geplante Bebauung einen minimalen Abstand von ca.

$$d = 14 \text{ m}$$

zur äußeren Tunnelwand aufweisen. Der Oberbau der bestehenden Stadtbahnstrecke weist dabei keine Schutzmaßnahmen auf, verläuft jedoch annähernd gerade und weist keine Weichen auf.

Für die Gebäudeteile im Einwirkungsbereich des Anschlusses der Stadtbahnstrecke an den bestehenden Stadtbahntunnel werden für die exemplarisch untersuchten Räumen maximale bewertete Schwingstärken KB_{Fmax} zwischen

$$KB_{Fmax} = 0,058 \dots 0,072$$

prognostiziert. Diese Werte liegen im Bereich unterhalb der **Fühlschwelle** des menschlichen Empfindens und sind als unkritisch anzusehen. Der untere Anhaltswert für Einwirkungsorte mit Mischgebietenutzung (MI) liegt gemäß Tabelle 1 bei

$$A_u = 0,200$$

für den Tag bzw. die Nacht. Die unteren Anhaltswerte werden somit deutlich unterschritten. Eine weitere Beurteilung nach DIN 4150-2 ist nicht erforderlich.

Hinsichtlich der sekundären Luftschallimmissionen ergeben sich für Räume im Nahbereich der bestehenden Stadtbahnstrecke maximale Beurteilungspegel im Tagzeitraum von bis zu

$$L_{r,T} = 34,5 \text{ dB(A)}.$$

Der aus der 24. BImSchV abgeleitete Anforderungswert von

$$IRW = 40 \text{ dB(A)}$$

wird demzufolge eingehalten. Der Immissionsrichtwert wird um

$$\Delta L_r = - 5,5 \text{ dB(A)}$$

unterschritten. Demzufolge sind zukünftig keine Immissionen aus sekundärem Luftschall zu erwarten, die als „erheblich belästigend“ einzustufen wären. Ungeachtet dessen ist zu berücksichtigen, dass kurzzeitige Spit-

zenpegel durchaus im Bereich über 40 dB(A) liegen werden. Die Vorbeifahrten einzelner Züge werden daher auch in diesem Teil des geplanten Gebäudes wahrnehmbar sein.

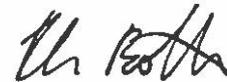
7 Abschließende Bemerkungen

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass aus dem Betrieb der Stadtbahnstrecke keine Nutzungseinschränkungen in dem geplanten Ministerium bestehen. Gebäudeseitige Vorsorgemaßnahmen am geplanten Ministerium sind somit grundsätzlich nicht erforderlich. Durch den Einsatz von Unterschottermatten im Oberbau sämtlicher Gleise der verlegten Stadtbahnstrecken kann ein Immissionskonflikt vermieden werden.

Als Vorsorgemaßnahme sind Unterschottermatten geeignet, die hinsichtlich ihrer dynamischen Steifigkeit auf eine Oberbaueigenfrequenz von 25 Hz unter Berücksichtigung typischer Betriebslasten abzustimmen sind. Der Einbau der Unterschottermatte, der für sämtliche Gleise zu erfolgen hat, ist von km 0+990 bis km 1+115 bezogen auf Gleisachsachse 32 erforderlich.



Dipl.-Phys. Peter Fritz



Dipl.-Ing. Philipp Both

ANHANG

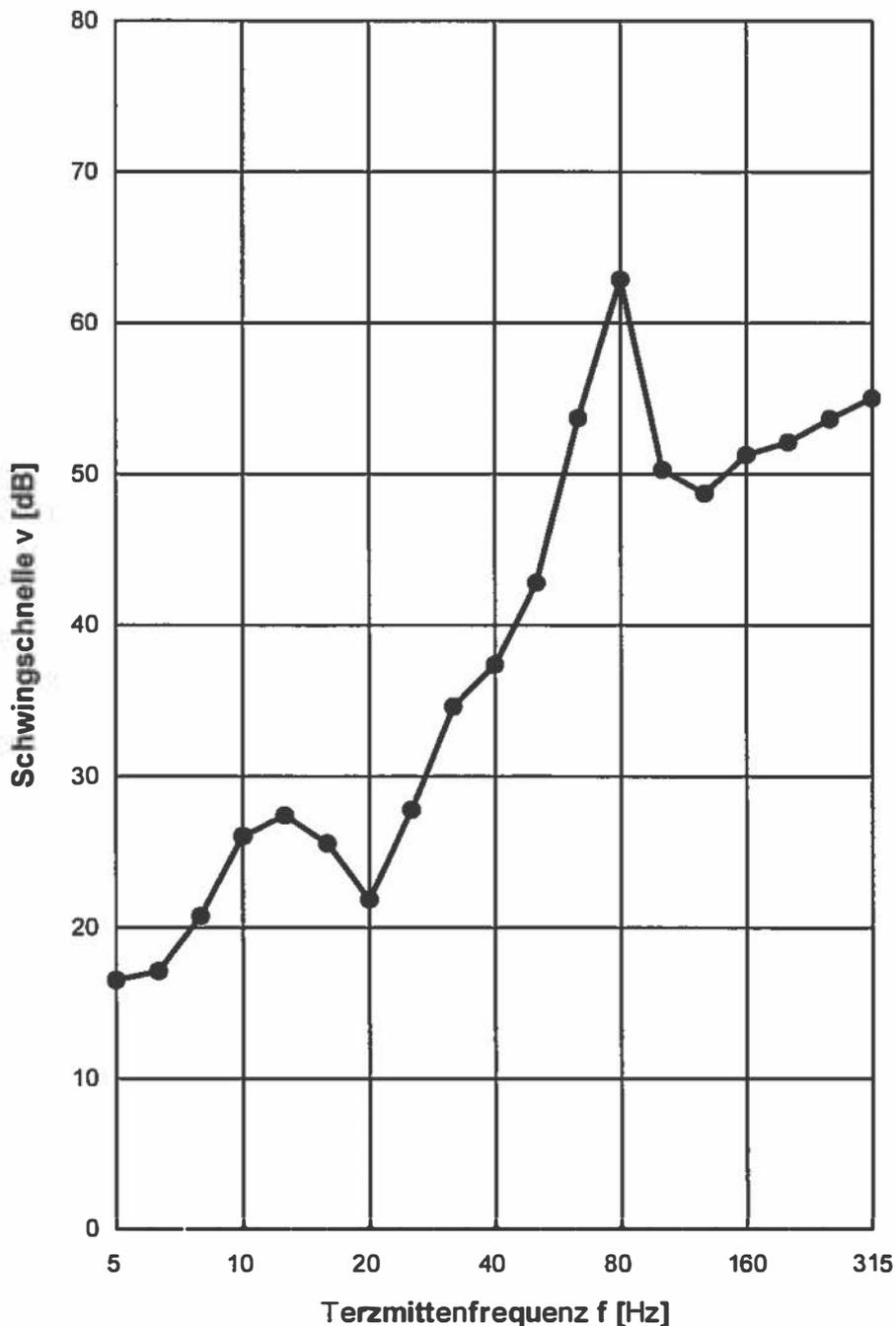
Emissionsspektrum Stadtbahnfahrzeug unkorrigiert

N:\2008\08245-BBD-Bau und Vermögen-Neubau Ministerium in Stuttgart\C-Bearbeitung\Prognose Weiche mit USM.xls\Emission

Quelle Erschütterungstechnische Untersuchung, Tunnel Weinsteige
Fritz GmbH, Messung vom 10.07.1998

Zugart DT8 (2 Wagen)
Oberbau Schotteroberbau
Geschwindigkeit $v_m = 45 \text{ km/h}$

Meßpunkt Tunnelwand
Messverfahren: Max-Hold
Tunnelquerschnitt: 2-gleisiger Maulquerschnitt



Referenz:

$$v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$$

Anhang 1.1

Korrekturfunktion Geschwindigkeit

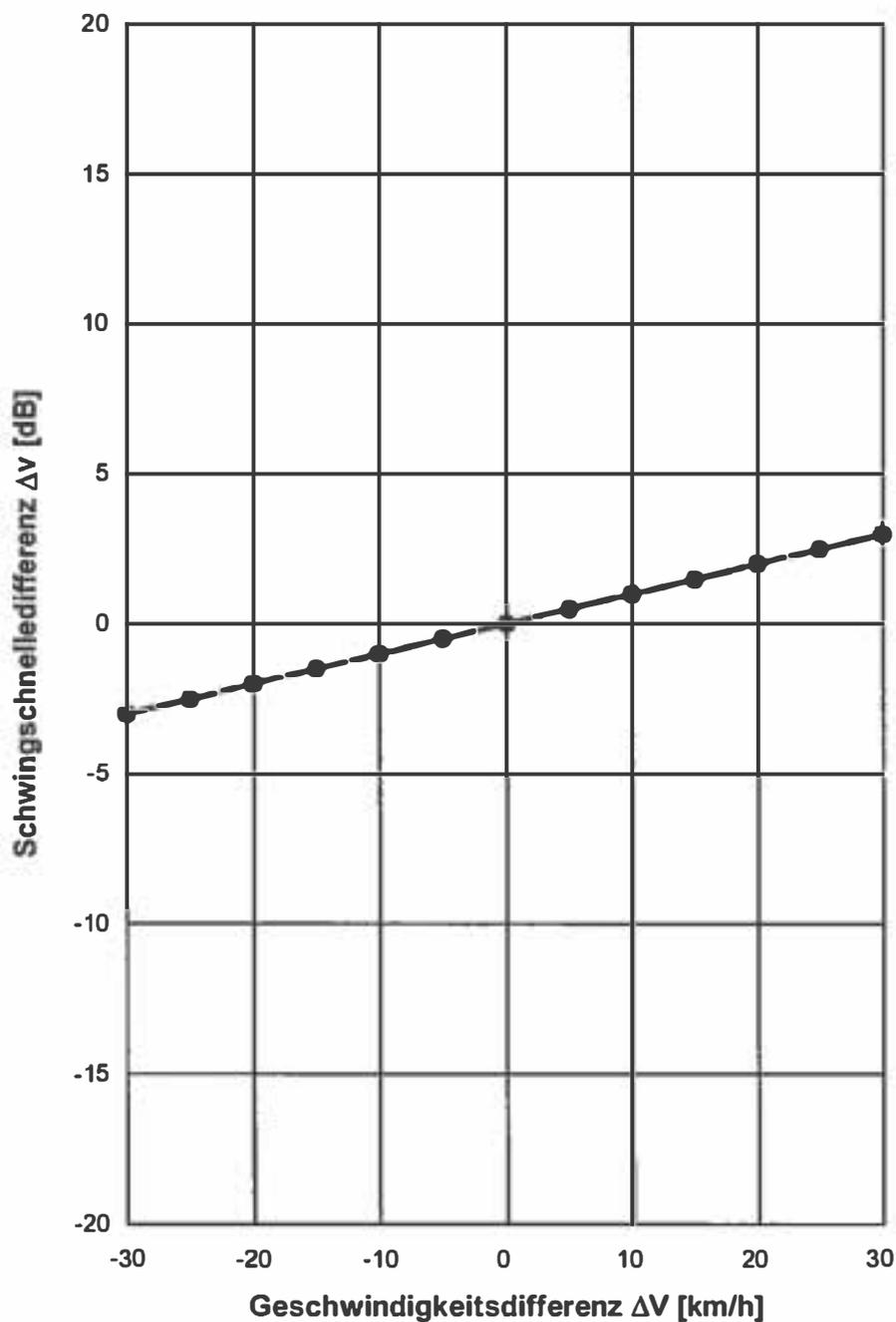
N 1200808245-BBD-Bau und Vermögen-Neubau Ministerium in Stuttgart|C-Bearbeitung|Prognose Weiche mit USM.xls|Emission

Quelle empirisch

Bezugsspektrum A

Bezugsspektrum B

Schwingungsrichtung vertikal (z)

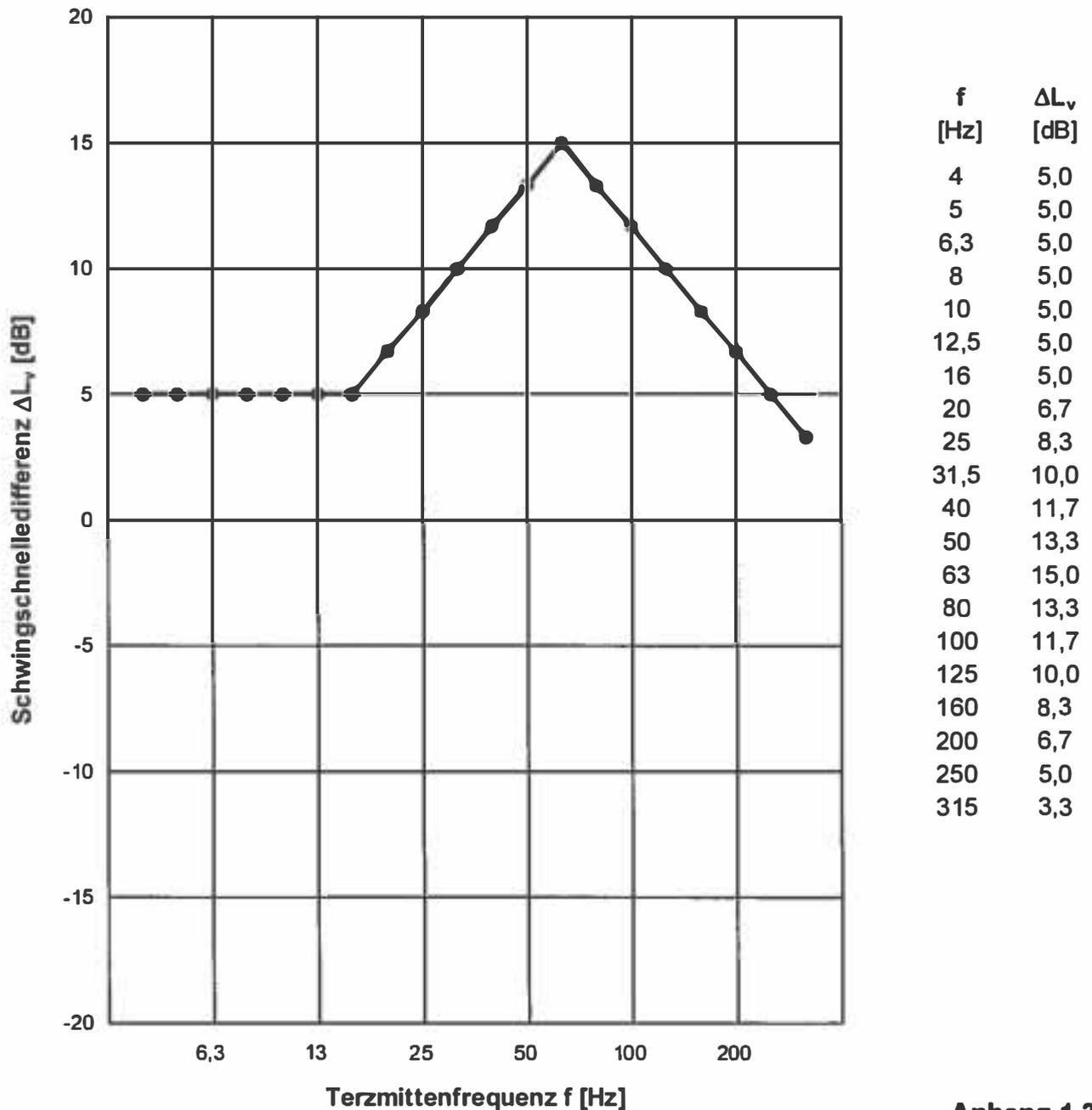


Anhang 1.2

N:\2008\08245-BBD-Bau und Vermögen-Neubau Ministerium in Stuttgart\C-Bearbeitung\Prognose Weiche mit USM.xls\Emission

Quelle: Handbuch Schall und Erschütterungen beim Schienennahverkehr
Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V. (STUVA), Kö
F. Krüger, 1993
Tabelle 11.1: Mittlere relative Einflüsse verschiedener Parameter

Schwingrichtung: vertikal (z)



Ermittlung des Emissionsspektrum

Bereich PFA 1.1

N:\2008\08245-BBD-Bau und Vermögen-Neubau Ministerium in Stuttgart\C-Bearbeitung\Prognose Weiche mit USM.xls\res. Emission

Parameter		Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn DT8
K2		Geschwindigkeit	45 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein
K4		Weichenbereich	ja
K5		Oberbau	Schotteroberbau
K6	Tunnel	Tunnelform	
K7	Bauwerk	Wandstärke	
K8		Tunnelgründung	
K9		Bodenverhältnisse	
K10		Emissionspunkt	Wand
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold
K12			
K13			
K14			
K15			

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	16,5	17,1	20,8	26,1	27,4	25,6	21,9	27,8	34,6	37,4	42,8	53,7	62,9	50,3	48,7	51,3	52,1	53,7	55,0	65,1

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L _{K1}																				
L _{K2}	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
L _{K3}																				
L _{K4}	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,7	8,3	10,0	11,7	13,3	15	13,3	11,7	10,0	8,3	6,7	5,0	3,3	
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}																				
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	23,0	23,6	27,3	32,6	33,9	32,1	30,1	37,6	46,1	50,6	57,6	70,2	77,7	63,5	60,2	61,1	60,3	60,2	59,8	78,9

Anhang 1.4.1

Ermittlung des Emissionsspektrum Bestandsstrecke

N:\2008\08245-BBD-Bau und Vermögen-Neubau Ministerium in Stuttgart\IC-Bearbeitung\Prognose ohne USM.xls\res. Emission

	Parameter	Ausgangs-Spektrum A	Prognose-Spektrum P
K1	Betrieb	Zuggattung	Stadtbahn DT8
K2		Geschwindigkeit	45 km/h
K3	Fahrtweg	Kurvenbereich	nein
K4		Weichenbereich	nein
K5		Oberbau	Schotteroberbau
K6	Tunnel	Tunnelform	
K7	Bauwerk	Wandstärke	
K8		Tunnelgründung	
K9		Bodenverhältnisse	
K10		Emissionspunkt	Wand
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold
K12			
K13			
K14			
K15			

Ausgangsspektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
A	16,5	17,1	20,8	26,1	27,4	25,6	21,9	27,8	34,6	37,4	42,8	53,7	62,9	50,3	48,7	51,3	52,1	53,7	55,0	65,1

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
L _{K1}																				
L _{K2}	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}																				
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

Prognosespektrum in dB

Referenz: $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Σ
P	18,0	18,6	22,3	27,6	28,9	27,1	23,4	29,3	36,1	38,9	44,3	55,2	64,4	51,8	50,2	52,8	53,6	55,2	56,5	66,6

Anhang 1.4.2

Einfügungsdämmung typischer Unterschottermatten (USM)

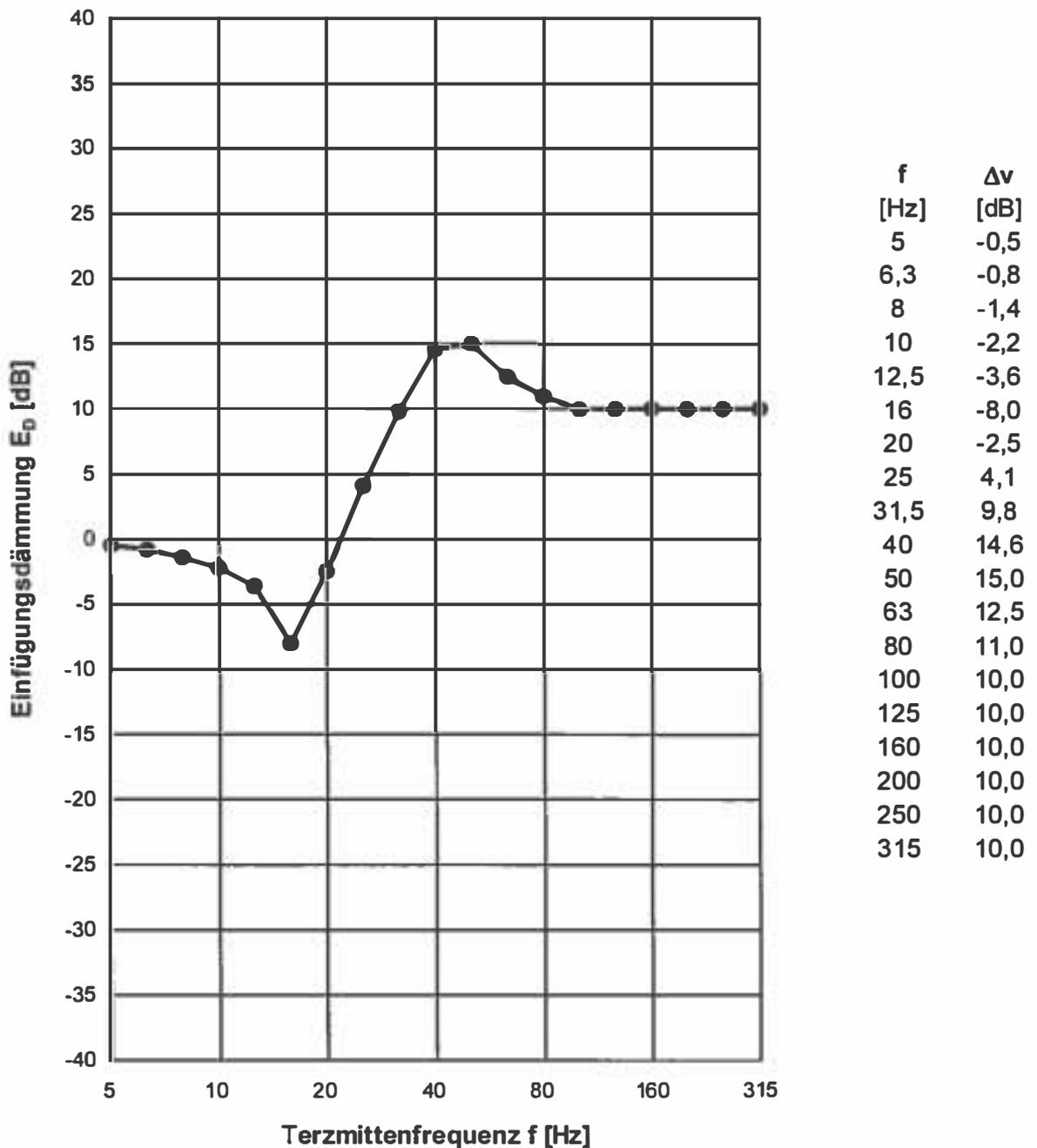
N:\2008\08245-BBD-Bau und Vermögen-Neubau Ministerium in Stuttgart\C-Bearbeitung\Prognose Weiche mit USM.xls\Emission

Quelle Prognoseberechnung

System Gleitstragplatte/Schotteroberbau auf USM, steifer Untergrund

Systemeigenfrequenz
 $f_0 = 20 \text{ Hz}$

Schwingungsrichtung vertikal (z)



Anhang 1.5

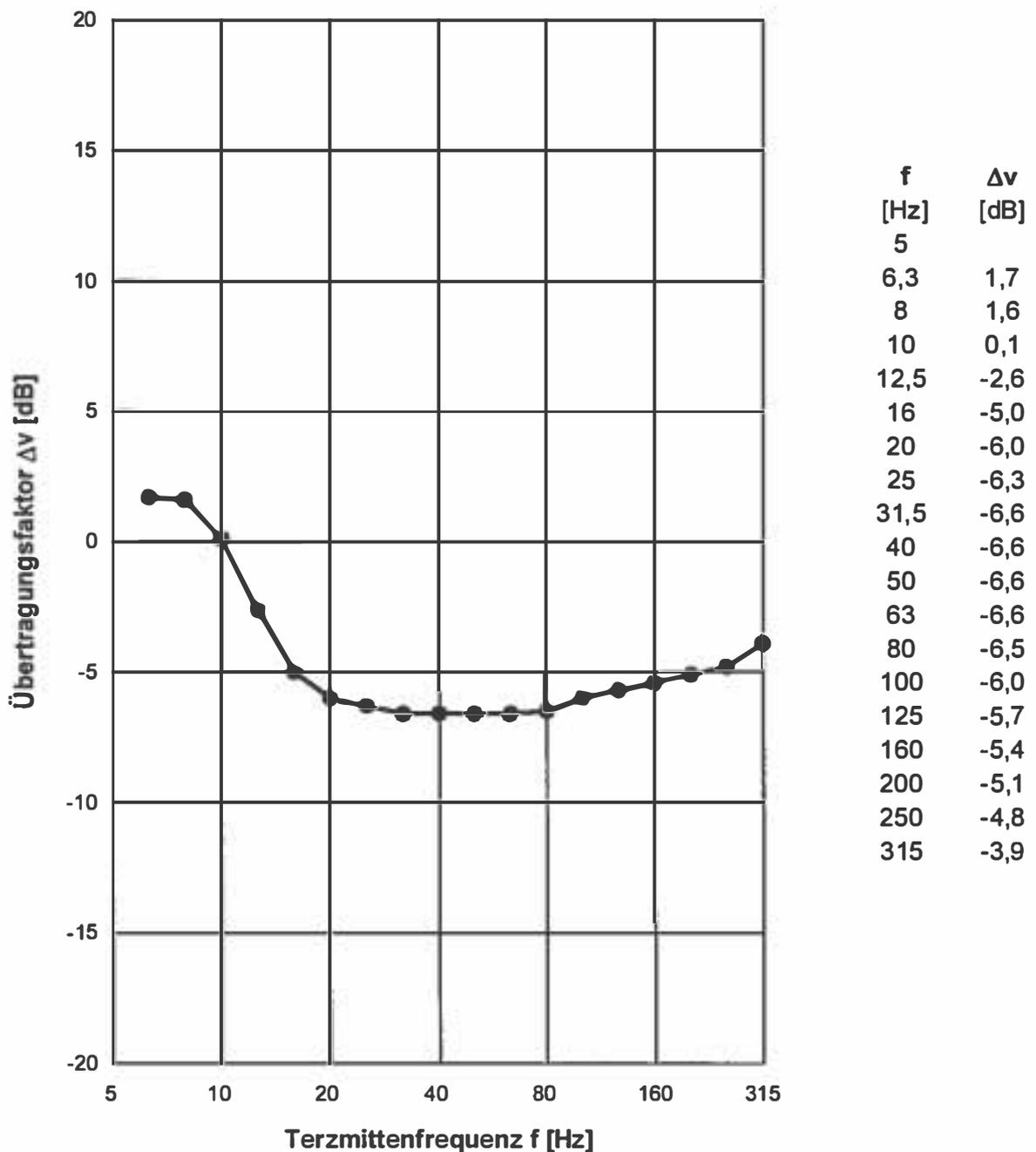
Übertragungsfunktion Erdreich-Fundament (T2) mehrgeschossige Gebäude

N:\2008\08245-BBD-Bau und Vermögen-Neubau Ministerium in Stuttgart\IC-Bearbeitung\Prognose Weiche mit USM.xls\res. Emission

Quelle Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen
Landesamt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Nr. 107
J. Melke, 1992
Bild 7.8 a: Typische Minderung bei Übertragung von Erschütterungen vom Erdreich auf das Gebäudefundament

Gebäudetyp Gebäude mit über 2 Geschossen

Schwingungsrichtung vertikal (z)



Anhang 2.1

Übertragungsfunktion Fundament - Decken (T3)

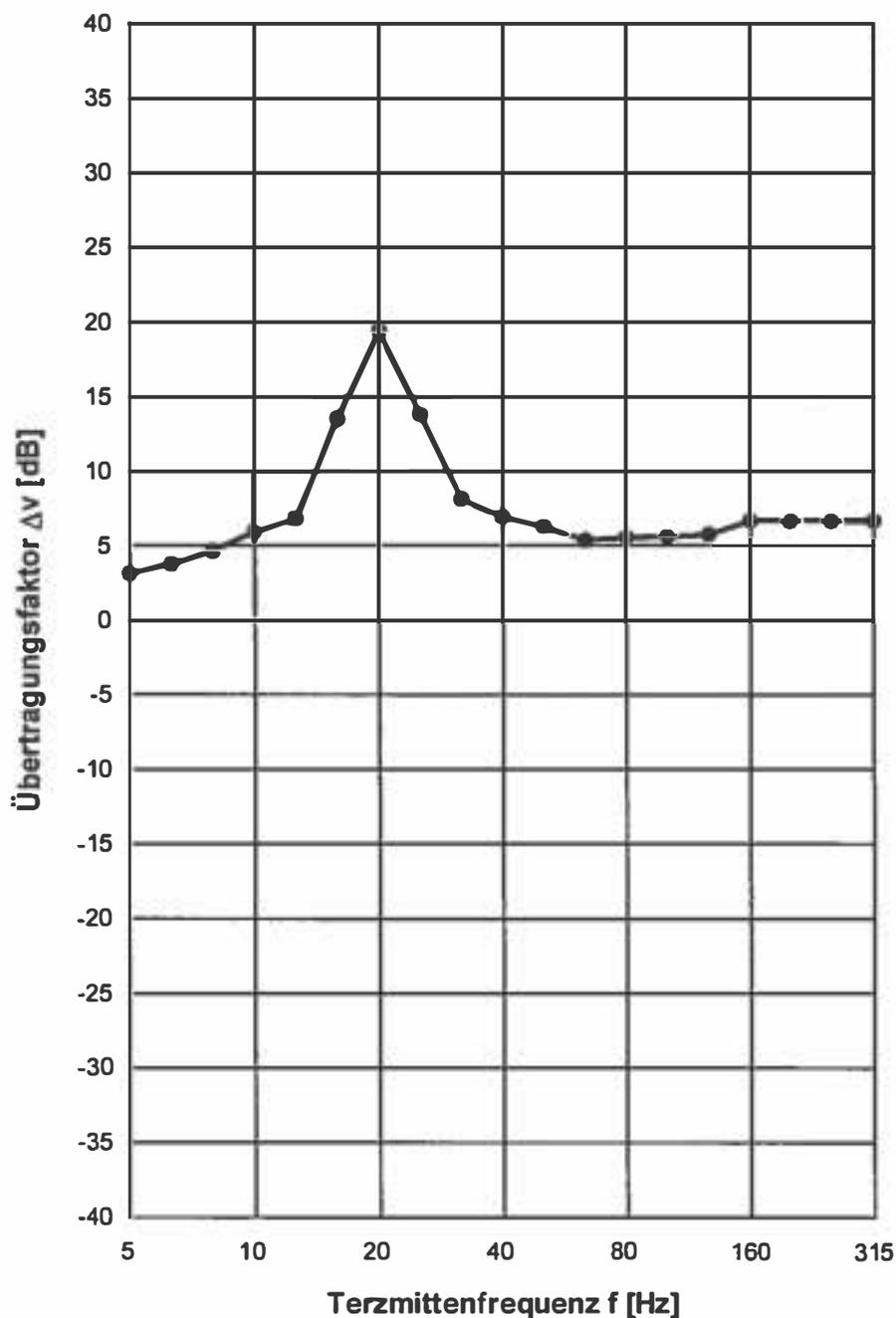
N:\2008\08245-BBD-Bau und Vermögen-Naubau Ministerium in Stuttgart\C-Bearbeitung\Prognose Weichheit USM.xls]res Emission

Quelle DB Leitfaden für den Planer
Körperschall- und Erschütterungsschutz

Deckenart Stahlbetondecke

Resonanzfrequenz d. Decke
 $f = 20 \text{ Hz}$

Schwingungsrichtung vertikal (z)



Anhang 2.2

Übertragungsfunktion Fundament - Decken (T3)

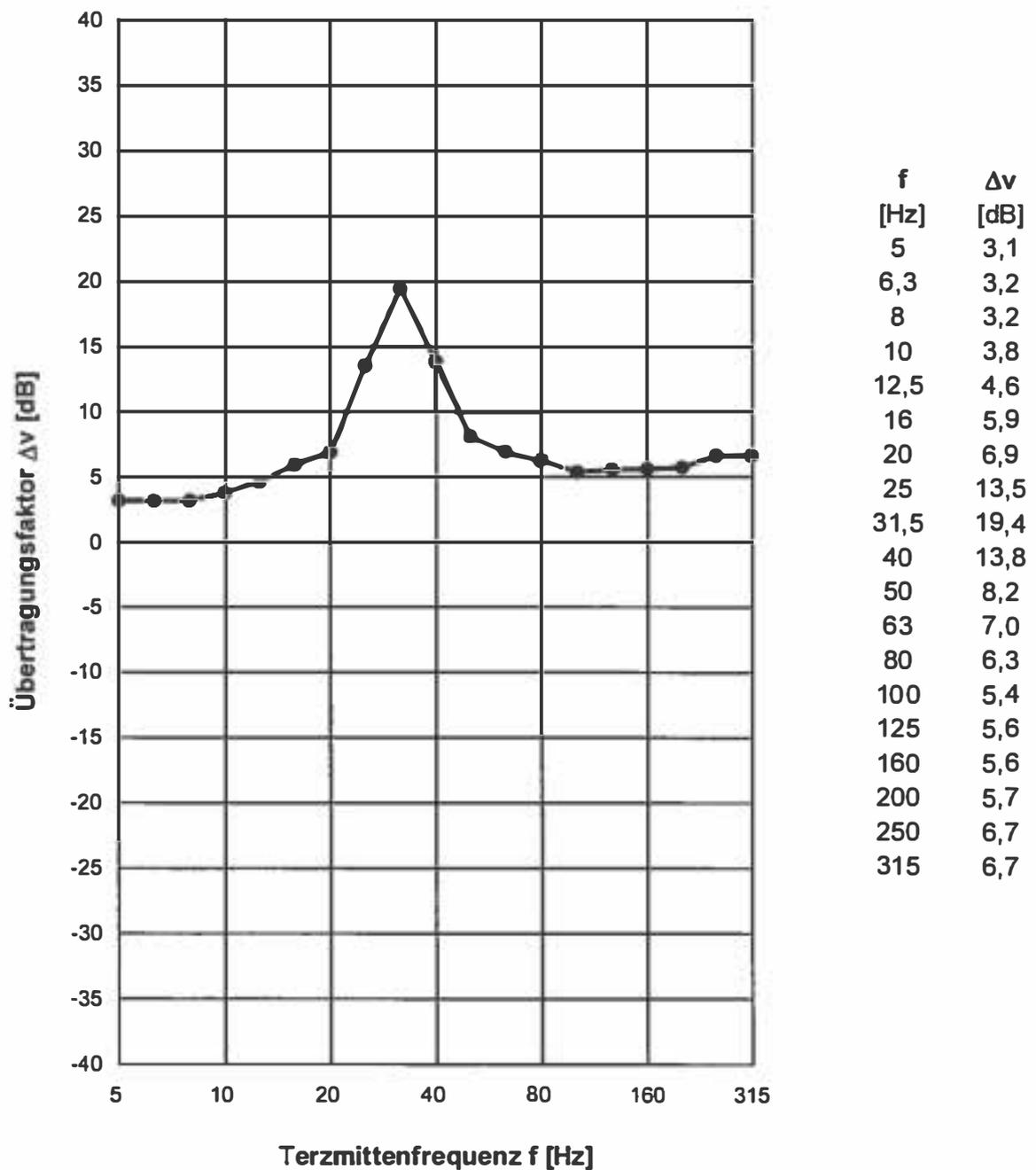
N:\2008\08245-BBD-Bau und Vermögen-Neubau Ministerium in Stuttgart\C-Bearbeitung\Prognose Weiche mit USM.xls]res Emission

Quelle DB Leitfaden für den Planer
Körperschall- und Erschütterungsschutz

Deckenart Stahlbetondecke

Resonanzfrequenz d. Decke
 $f = 31,5 \text{ Hz}$

Schwingungsrichtung vertikal (z)



Anhang 2.3

Übertragungsfunktion Fundament - Decken (T3)

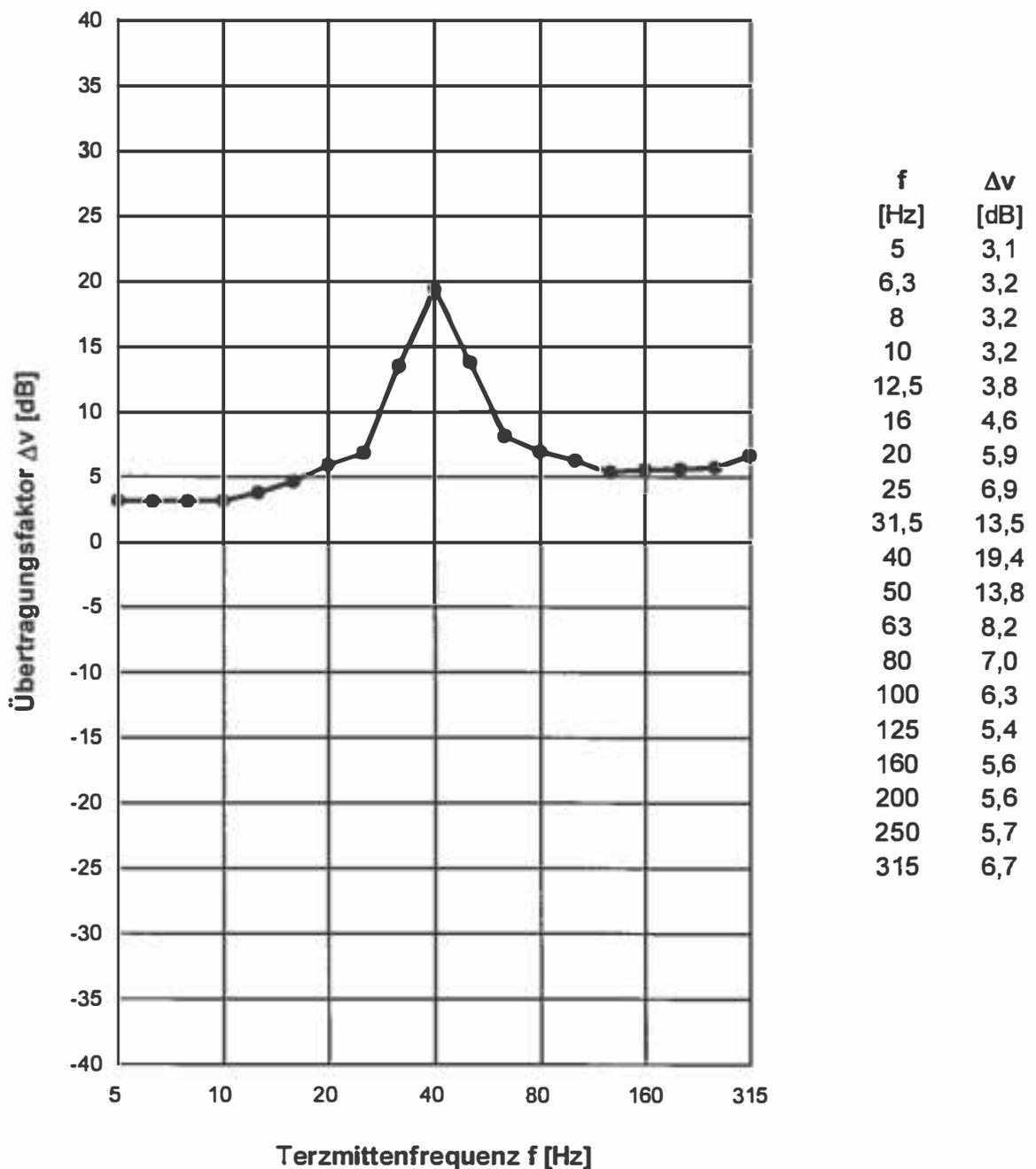
N:\2008\08245-BBD-Bau und Vermögen\Neubau Ministerium in Stuttgart\C-Bearbeitung\Prognose Weiche mit USM.xls\res. Emission

Quelle DB Leitfaden für den Planer
Körperschall- und Erschütterungsschutz

Deckenart Stahlbetondecke

Resonanzfrequenz d. Decke
 $f = 40 \text{ Hz}$

Schwingungsrichtung vertikal (z)



Anhang 2.4

1. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Bereich	Nutzung	r [m]	maximale bewertete Schwingstärke KB _{Fmax}					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1.1	Tunnelblöcke 50 bis 60 ohne USM	MI	3	0,373	0,373	0,416	0,416	0,461	0,461
1.2	Tunnelblöcke 50 bis 60 mit USM	MI	3	0,104	0,104	0,114	0,114	0,125	0,125
2	Tunnelblöcke 48 / 49 ohne USM	MI	14	0,058	0,058	0,065	0,065	0,072	0,072

 Der untere Anhaltswert A_v wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.

 Der untere Anhaltswert A_v wird überschritten, es wird ein weiterer Prüfschritt erforderlich.

2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2

IP Nr.	Bereich	Nutzung	r [m]	Beurteilungsschwingstärke KB _{FTr}					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1.1	Tunnelblöcke 50 bis 60 ohne USM	MI	3	0,233	0,125	0,260	0,139	0,289	0,155
1.2	Tunnelblöcke 50 bis 60 mit USM	MI	3	0,065	0,035	0,071	0,038	0,078	0,042
2	Tunnelblöcke 48 / 49 ohne USM	MI	14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Ausschöpfung der Beurteilungsanhaltswerte A_r

IP Nr.	Bereich	Nutzung	r [m]	Ausschöpfung in %					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1.1	Tunnelblöcke 50 bis 60 ohne USM	MI	3	233%	179%	260%	199%	289%	221%
1.2	Tunnelblöcke 50 bis 60 mit USM	MI	3	65%	50%	71%	55%	78%	60%
2	Tunnelblöcke 48 / 49 ohne USM	MI	14	0%	0%	0%	0%	0%	0%

 Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird eingehalten oder unterschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt.

 Der Beurteilungsanhaltswert A_r wird überschritten, die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht erfüllt.

Bereich Immissionsbereich

Nutzung Art der baulichen Nutzung
in Anlehnung an die BauNVO
MI Mischgebiet

r

KB_{Fmax}
KB_{FTr}

Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]

maximale bewertete Schwingstärke [-]

Beurteilungsschwingstärke [-]

Sekundärer Luftschall, beurteilt nach 24. BImSchV

N:\2008\08245-BBD-Bau und Vermögen-Neubau Ministerium in Stuttgart\IC-Bearbeitung\Ergebnisse.xls\Sek.Luftschall

IP Nr.	Bereich	Nutzung	r [m]	Beurteilungs-Innenschallpegel L _{r1,24} [dB(A)]					
				Raum 1		Raum 2		Raum 3	
				Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1.1	Tunnelblöcke 50 bis 60 ohne USM	MI	3	42,1	36,7	42,2	36,8	42,2	36,8
1.2	Tunnelblöcke 50 bis 60 mit USM	MI	3	35,8	30,4	35,8	30,4	35,8	30,4
2	Tunnelblöcke 48 / 49 ohne USM	MI	14	34,5	29,1	34,4	29,0	34,4	29,0

- Die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt.
- Die Anforderungen der 24. BImSchV sind nicht erfüllt.
- keine schutzwürdige Nutzung im Beurteilungszeitraum

Bereich Immissionsbereich
Nutzung Art der baulichen Nutzung in Anlehnung an die BauNVO
 MI Mischgebiet

r
 L_{r1,24} Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse [m]
 Beurteilungs-Innenschallpegel mit Schienenbonus [dB(A)]