

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Vorhaben:

Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart („Stuttgart 21“)
Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg,
Bereich Stuttgart – Wendlingen mit Flughafenanbindung

Abschnitt:

Planfeststellungsabschnitt 1.1
Talquerung mit neuem Hauptbahnhof
Bahn-km -0,4-42,0 bis Bahn-km +0,4+32,0

Untersuchungsumfang:

Ermittlung und Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen
aus dem Baustellenbetrieb auf die Arbeitsplätze im Gebäude
der LBBW unter Berücksichtigung der Ausführungsplanung
und einer weiter konkretisierten Verkehrsprognose

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
BAUDYNAMIK & BAUPHYSIK
TECHNISCHE AKUSTIK

Messstelle zur Ermittlung der Emission
und Immission von Geräuschen und
Erschütterungen nach § 26 BImSchG

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.: **97400-ABE-6**
Datum: **30.07.2014**

Auftraggeber:

**DB Projekt
Stuttgart-Ulm GmbH
Räpplenstraße 17
70191 Stuttgart**

Sachbearbeiter:

**Dipl.-Phys. Peter Fritz
Dipl.-Ing. Rolf Schneider**

Qualitätskontrolle:

Dipl.-Phys. Heike Kaiser

Umfang des Dokumentes

Textteil: 23 Seiten

ANHANG 1: 1 Seite
ANHANG 2: 1 Seite
ANHANG 3: 3 Seiten
ANHANG 4: 1 Seite

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Zusammenfassung | 4 |
| 2 | Sachverhalt und Aufgabenstellung | 6 |
| 3 | Bearbeitungsgrundlagen | 8 |
| 4 | Anforderungen an den Erschütterungsschutz | 10 |
| 4.1 | Anforderungen des Planfeststellungsbeschlusses | 10 |
| 4.2 | Bedeutung der Anhaltswerte | 11 |
| 5 | Die Baustraßen B und C | 12 |
| 5.1 | Technische Ausführung der Baustraßen | 12 |
| 5.2 | Das Verkehrsaufkommen | 14 |
| 6 | Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise | 14 |
| 6.1 | Emission | 15 |
| 6.2 | Transmission | 15 |
| 6.2.1 | Transferfunktion T1 | 15 |
| 6.2.2 | Transferfunktionen T2 und T3 | 16 |
| 6.3 | Immissionen | 17 |
| 7 | Untersuchungsergebnisse | 18 |
| 7.1 | Spektraler Emissionsansatz | 18 |
| 7.2 | Immissionen | 19 |
| 7.2.1 | Bereich Baulogstraße B | 20 |
| 7.2.2 | Bereich Baulogstraße C | 21 |
| 8 | Schutzvorkehrungen | 22 |
| 9 | Abschließende Bemerkungen | 23 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-------------|---------------------------|----|
| Abbildung 1 | Ursachen-Wirkungs-Prinzip | 15 |
|-------------|---------------------------|----|

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabelle 1 | Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen | 10 |
|-----------|--|----|

Anhänge

| | |
|----------|---|
| Anhang 1 | Übersichtslageplan |
| Anhang 2 | Emissionen |
| Anhang 3 | Transmissionen |
| Anhang 4 | Beurteilung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------------|---|
| A | Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-] |
| AEG | Allgemeines Eisenbahngesetz |
| A_r | Beurteilungs-Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-] |
| A_u | unterer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-] |
| BauNVO | Baunutzungsverordnung |
| BImSchG | Bundes-Immissionsschutzgesetz |
| [dB] | Dezibel |
| f | Frequenz [Hz] |
| f_0 | Deckeneigenfrequenz [Hz] |
| [Hz] | Hertz, Schwingung je Sekunde |
| KB_{Fmax} | maximale bewertete Schwingstärke [-] |
| KB_{FTr} | Beurteilungsschwingstärke [-] |
| LBBW | Landesbank Baden-Württemberg |
| n | Abnahmeexponent [-] |
| N | Anzahl der LKW [-] |
| r | Abstand [m] |
| r_0 | Referenzabstand [m] |
| T | Übertragungsfunktion |
| v_0 | Referenzwert für die Schwingschnelle [$5 \cdot 10^{-8}$ m/s] |

1 Zusammenfassung

Im Rahmen vorliegenden detaillierten erschütterungstechnischen Untersuchung wurde geprüft, ob die verkehrsinduzierten Erschütterungsimmissionen infolge des Schwerlastverkehrs auf den Baulogstraßen B und C zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden – konkret an den Arbeitsplätzen im Verwaltungsgebäude der LBBW – führen werden. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplante Streckenführung der **Baustraße B** weist zu dem Büro- und Verwaltungsgebäude der LBBW einen minimalen Abstand von ca.

$$r \geq 4 \text{ m}$$

auf. Hierbei handelt es sich lediglich um einen kurzen Streckenabschnitt, der die südwestlich gelegene Gebäudeecke tangiert. Aus dem zukünftigen Schwerlastverkehr auf der nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik hergestellten und instandgehaltenen Baustraße resultiert in den zur **Baustraße B** nahe gelegenen Büroräumen eine maximale bewertete Schwingstärke von

$$KB_{F_{\max}} \leq 0,220.$$

Diese Schwingstärke liegt im gerade spürbaren Bereich des menschlichen Empfindens. Demgemäß ist davon auszugehen, dass einzelne LKW-Vorbeifahren innerhalb des Gebäudes in den zur **Baustraße B** besonders exponiert gelegenen Büroräumen wahrgenommen werden können.

- Der prognostizierte $KB_{F_{\max}}$ -Wert unterschreitet den unteren Anhaltswert A_u der **DIN 4150-2**, Tabelle 1, Zeile 2. Für Einwirkungsorte, in deren Umfeld vorwiegend gewerbliche Anlagen vorhanden sind, gibt die DIN 4150-2 einen unteren Anhaltswert von 0,3 an. In Anbetracht der signifikanten Unterschreitung dieses Wertes ist somit nachgewiesen, dass die aus dem Baustellenbetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen in den Geschäftsräumen der LBBW nicht als „erheblich belästigend“ einzustufen sind. Gemäß den Nebenbestimmungen im Planfeststellungsbeschluss /2/, Ziffer VIII.3.3.2 sind für

Erschütterungseinwirkungen, die länger als 78 Tage andauern, die Anhaltswerte der **DIN 4150-2**, Tabelle 1, die den Immissionswerten der LAI-Richtlinie /3/, Tabelle 2 entsprechen, zur Beurteilung heranzuziehen.

- In Anbetracht des Sachverhaltes, dass die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen auf Arbeitsräume im Einwirkungsbereich der **Baustraße B** den für die Geschäftsräume der LBBW gültigen unteren Anhaltswerte unterschreiten, ist eine Ermittlung der Beurteilungsschwingstärke zur abschließenden Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen nach DIN 4150-2 nicht erforderlich. Gleichwohl werden diese Werte, auch wenn es hierauf nach DIN 4150-2 nicht mehr ankommt, zur Orientierung ermittelt.

Bei einer durchschnittlichen Verkehrsstärke auf der **Baustraße B** während des Tagzeitraums (06.00 Uhr bis 22.00 Uhr) von

$$N = 540 \text{ LKW / Tag}$$

ergibt sich eine Beurteilungsschwingstärke von

$$KB_{FT} \leq 0,118.$$

Der hier gemäß **DIN 4150-2**, Tabelle 1, Zeile 2 gültige Beurteilungsanhaltswert A_r von 0,15 wird somit deutlich unterschritten und lediglich zu **79 %** ausgeschöpft. Die Erschütterungsimmissionen resultierend aus dem Schwerlastverkehr auf der **Baulogstraße B** sind somit im Sinne der **DIN 4150-2** als **nicht** erheblich belästigend einzustufen.

- Die geplante Streckenführung der **Baustraße C** weist zum Verwaltungsgebäude der LBBW einen minimalen Abstand von ca.

$$r \geq 7 \text{ m}$$

auf. Der genannte Abstand bezieht sich auf die Mitte des nächstgelegenen Fahrstreifens der **Baustraße C**. Die einzelnen vorbeifahrenden voll beladenen LKW führen in den im Einwirkungsbereich der Baustraße gelegenen Räumen der LBBW zu maximalen bewerteten Schwingstärken in einer Größenordnung von

$$KB_{F_{\max}} \leq 0,110.$$

Diese Schwingstärke liegt im Bereich der menschlichen Föhlschwelle und ist somit als gerade noch spürbar einzustufen. Der $KB_{F_{\max}}$ -Wert unterschreitet, wie bereits oben dargelegt, den unteren Anhaltswert A_u der **DIN 4150-2** für Einwirkungsorte in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind.

Insgesamt kann also erwartet werden, dass im Einwirkungsbereich der Baustraße C LKW-Vorbeifahrten lediglich vereinzelt wahrnehmbar sein werden. In jedem Fall ist nachgewiesen, dass die im Bereich der Baustraße C imitierten Erschütterungen aufgrund der zu erwartenden geringen Intensität als nicht erheblich belästigend einzustufen sind. Demgemäß ist bereits aufgrund der geringen Intensität der Erschütterungsereignisse die Anforderung der DIN 4150-2 erfüllt.

- Auch für den Einwirkungsbereich der **Baustraße C** wird orientierend die Beurteilungsschwingstärke ermittelt. Bei einer maximalen Verkehrsstärke während des Tagzeitraums (06.00 Uhr bis 22.00 Uhr) von

$$N = 1546 \text{ LKW / Tag}$$

ergibt sich eine Beurteilungsschwingstärke zu

$$KB_{F_{Tr}} \leq 0,099.$$

Der Beurteilungsanhaltswert A_r gemäß **DIN 4150-2**, Tabelle 1, Zeile 2 von 0,15 wird demzufolge um maximal **66 %** ausgeschöpft. Die Erschütterungsimmissionen resultierend aus dem Schwerlastverkehr auf der **Baulogstraße C** sind somit im Sinne der **DIN 4150-2** als **nicht** erheblich belästigend einzustufen.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für den Planfeststellungsabschnitt (PFA) 1.1 wurden die Belange des Erschütterungsschutzes im Hinblick auf baubetriebsbedingte Erschütterungseinwirkungen untersucht. Die durchgeführten Untersuchungen basieren auf der ehemaligen Genehmi-

gungsplanung und den in diesem Rahmen erstellten Prognosen zu dem zu erwartenden Schwerlastverkehrsaufkommen auf den Baulogistikstraßen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in **Anlage 17.2 /8/** der Planfeststellungsunterlagen dokumentiert. Hierin wird aufgezeigt, dass das Verwaltungsgebäude der Landesbank Baden-Württemberg (LBBW) hinsichtlich möglicher Erschütterungseinwirkungen aus dem Schwerlastverkehr auf den Baustraßen B und C besonders exponiert ist. Dort wurden Beurteilungsschwingstärken infolge des Schwerlastverkehrs von maximal

$$\mathbf{KB_{FT} \leq 0,3}$$

prognostiziert. Diese überschreiten den Beurteilungsanhaltswert A_r gemäß **DIN 4150-2**, Tabelle 1, Zeile 2 für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind, um den Faktor 2. Demgemäß kann im Lichte dieser Erkenntnisse nicht ausgeschlossen werden, dass die Erschütterungsimmissionen eine erheblich belästigende Wirkung für Personen im Verwaltungsgebäude entfalten.

Der Planfeststellungsbeschluss reagiert auf das in der Untersuchung grob skizzierte Konfliktpotenzial mit der Auflage, dass die Vorhabenträgerin verpflichtet wird, die gültigen Anhaltswerte nach Maßgabe der **DIN 4150, Teil 2**, Tabelle 1 einzuhalten. Für das Gebäude der LBBW bedeutet dies konkret, dass die Anhaltswerte gemäß Tabelle 1, Zeile 2 maßgebend sind. Von Seiten der LBBW besteht somit ein Anspruch darauf, dass durch die Baumaßnahmen für das Vorhaben „Stuttgart 21“ der Anhaltswert für die Beurteilungsschwingstärke $\mathbf{KB_{FT}}$ für den Tag von

$$\mathbf{A_r = 0,15}$$

nicht überschritten wird. Faktisch liegt also der im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens prognostizierte Wert um den Faktor 2 oberhalb des hier maßgebenden Anforderungswertes.

In Anbetracht dieses Sachverhaltes enthält der Planfeststellungsbeschluss die Auflage zur Erstellung so genannter Detailgutachten. In diesen Detailgutachten zum Baubetrieb sollen die Belange des Immissionsschutzes (Schallschutz, Erschütterungsschutz) nochmals unter Berücksichtigung des erweiterten Kenntnisstandes aus der Ausführungsplanung geprüft werden. Hiermit soll erreicht werden, dass die Genauigkeit der Immissionsprognosen im Vergleich zu den Prognosen, die im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens erstellt wurden, deutlich erhöht wird.

Auf Basis dieser aktuellen Randbedingungen werden die aus dem LKW-Verkehr resultierenden Erschütterungsimmissionen erneut prognostiziert und hinsichtlich erheblicher Belästigungen von Personen, die sich in den Geschäftsräumen der LBBW aufhalten, gemäß den Anforderungen der **DIN 4150-2** beurteilt.

In der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung wurden ausschließlich die Einwirkungen durch den Schwerlastverkehr auf den Baulogstraßen im Bereich der LBBW berücksichtigt, da gemäß Planfeststellungsbeschluss nur solche Einwirkungen, die länger als 78 Tage zusammenhängend auftreten, gemäß den vorgenannten Anhaltswerten der **DIN 4150-2**, Tabelle 1 zu beurteilen sind. Die relevanten Einwirkungen infolge des Schwerlastverkehrs finden innerhalb eines Zeitraums von deutlich mehr als 78 Tagen statt.

Die Gründungsarbeiten zur Herstellung des Trogbauwerkes hingegen wurden in diesem Zusammenhang nicht berücksichtigt, da diese im Nahbereich der LBBW innerhalb eines Zeitraumes von deutlich weniger als 78 Tagen zu relevanten Erschütterungseinwirkungen führen. Diese Einwirkungen sind dann nicht mit den Anhaltswerten der **DIN 4150-2**, Tabelle 1 zu beurteilen, sondern entsprechend den Vorgaben unter Ziffer 6.5.4.2 der **DIN 4150-2** mit den Anhaltswerten der **DIN 4150-2**, Tabelle 2.

3 Bearbeitungsgrundlagen

Der durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchung liegen die folgenden Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Planunterlagen und Satzungen zu Grunde:

- /1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- /2/ Planfeststellungsbeschluss nach § 18 Abs. 1 Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) für den Umbau des Bahnknotens Stuttgart „Projekt Stuttgart 21“, Planfeststellungsabschnitt 1.1 (Talquerung mit neuem Hauptbahnhof) von Bahn-km – 0,4-42,0 bis Bahn-km + 0,4+32,0 in Stuttgart, Eisenbahn-Bundesamt, Az.: 59160 Pap-PS 21-PFA 1.1 (Talquerung), 28. Januar 2005

-
- /3/ Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (Erschütterungs-Leitlinie), Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI), Mai 2000
 - /4/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
 - /5/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
 - /6/ Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Bericht Nr. 107
 - /7/ DB-Richtlinie 800.2502 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“, Netzinfrastruktur Technik entwerfen, 27.11.2006
 - /8/ Erschütterungstechnische Untersuchung zu Einwirkungen aus dem Baustellenbetrieb im Planfeststellungsabschnitt 1.1 des Projektes „Stuttgart 21“ unter Berücksichtigung der Baustellenlogistik, FRITZ GmbH, Bericht Nr. 97440 vom 26.03.2002
 - /9/ Schwingungsuntersuchungen in den Räumen der LBBW bei Anregung mittels Unwuchterreger / LKW-Verkehr, Müller-BBM, Bericht Nr. M97822/02, 28. November 2013
 - /10/ Erschütterungsüberwachung während der Bauarbeiten zu S21 LBBW / Finanzinformatik, Anregung durch Walzenzug, Testmessungen am 10.07.2012, Müller-BBM, Bericht Nr. M95252/08, 20. Juli 2013
 - /11/ Eigene erschütterungstechnische Untersuchung zu den Einwirkungen aus dem Schwerlastverkehr, FRITZ GmbH, 2005
 - /12/ Angaben zum täglichen LKW-Verkehrsaufkommen auf den Baulogstraßen B und C, DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH, April 2014

4 Anforderungen an den Erschütterungsschutz

4.1 Anforderungen des Planfeststellungsbeschlusses

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für den Planfeststellungsabschnitt 1.1 wurde eine erste Einschätzung von aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen vorgenommen. Die Vorgehensweise und die Untersuchungsergebnisse sind in **Anlage 17.2** der Planfeststellungsunterlagen /8/ dokumentiert.

Der Planfeststellungsbeschluss für den Planfeststellungsabschnitt 1.1 /2/ fordert in den Nebenbestimmungen unter Ziffer VIII.3.3.2, dass für Bautätigkeiten, die länger als 78 Tage andauern, durch geeignete Maßnahmen anzustreben ist, dass die Anhaltswerte gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1 eingehalten werden. Demgemäß ist im Lichte einer weiteren Verdichtung der Planunterlagen, insbesondere unter Berücksichtigung einer weiter präzisierten Prognose des Verkehrsaufkommens auf dem Straßennetz der baustelleninternen Logistik zu prüfen, ob die Vorgabe des Planfeststellungsbeschlusses, das heißt die Einhaltung der erschütterungstechnischen Anhaltswerte nach DIN 4150-2, Tabelle 1 erreicht werden kann. Die Anforderungswerte sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 1 Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

| 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 |

| Zeile | Einwirkungsort | tags | | nachts | |
|-------|---|------|------|--------|------|
| 5 | Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen | 0,10 | 0,05 | 0,10 | 0,05 |

Bei der Ermittlung der Schutzbedürftigkeit von Personen innerhalb des Verwaltungsgebäudes der LBBW ist zu berücksichtigen, dass sich der Gebäudekomplex auf einem Siedlungsareal befindet, auf dem vorwiegend gewerbliche Nutzungen untergebracht sind. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die schutzbedürftigen Nutzungen im Gebäude der LBBW ausschließlich innerhalb des Tagzeitraumes vorhanden sind.

Demgemäß ist im vorliegenden Fall der Nachweis zu führen, dass die im folgenden genannten erschütterungstechnischen Anhaltswerte für den Tagzeitraum (06.00 Uhr bis 22.00 Uhr) gemäß Tabelle 1, Zeile 2 eingehalten oder unterschritten werden:

$$A_u = 0,30 \text{ (Beurteilung } \mathbf{KB}_{F_{\max}})$$

$$A_r = 0,15 \text{ (Beurteilung } \mathbf{KB}_{F_{Tr}})$$

Die genannten Anforderungswerte gelten für die Summe aller erschütterungstechnisch relevanten Einwirkungen auf schutzbedürftige Räume im Verwaltungsgebäude der LBBW. Hierbei sind alle maßgeblichen Beiträge aus dem Schwerlastverkehr auf den in unmittelbarer Nähe zum Gebäude verlaufenden Logistikstraßen zu berücksichtigen. Im Sinne des Planfeststellungsbeschlusses wird eine abschnittsübergreifende und somit auch eine baulosübergreifende Ermittlung und Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen gefordert.

4.2 Bedeutung der Anhaltswerte

Für die Ermittlung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden ist das 2-stufige Beurteilungsverfahren der **DIN 4150-2 /5/** anzuwenden. Hierbei wird im ersten Schritt die maximale Intensität einzelner Erschütterungsereignisse beurteilt. Nur wenn die Intensität einzelner Erschütterungsereignisse den so genannten „unteren Anhaltswert“ überschreitet, ist ebenfalls die Einwirkungszeit, das heißt in der Regel die Anzahl erschütterungstechnisch relevanter Ereignisse, in die Betrachtung einzubeziehen.

Konkret sind die Beurteilungsgrößen KB_{Fmax} und KB_{FTr} mit den Anhaltswerten der Norm zu vergleichen. Zunächst erfolgt ein Vergleich der für den Baubetrieb erwarteten maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} mit den Anhaltswerten A_u der DIN 4150-2, Tabelle 1. Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem Anhaltswert A_u , dann ist die Anforderung der Norm eingehalten. Für Einwirkungen, bei denen KB_{Fmax} größer als A_u , aber kleiner als A_o ist, ist in einem weiteren Prüfschritt die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. Ist KB_{FTr} kleiner oder gleich A_r , sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

Soweit die Anforderungen der Norm eingehalten sind, kann aufgrund allgemeiner Erfahrungsgrundsätze gemäß **DIN 4150-2** davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungsimmissionen nicht als „erheblich belästigend“ einzustufen sind. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass Erschütterungsimmissionen, die nicht als „erheblich belästigend“ einzustufen sind, allgemein als zumutbar erachtet werden. Demgemäß lösen Erschütterungsimmissionen in diesem Fall auch keinen Anspruch auf zusätzliche technische Vorsorgemaßnahmen oder auf Entschädigungsleistungen aus. Erschütterungsimmissionen, die im Sinne der **DIN 4150-2** als nicht erheblich belästigend einzustufen sind, können jedoch durchaus spürbar sein.

5 Die Baustraßen B und C

5.1 Technische Ausführung der Baustraßen

Aus den bereits durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchungen ist bekannt, dass die aus dem Schwerlastverkehr resultierenden Schwingungseinträge im Gebäude der LBBW zu Beurteilungsschwingstärken führen können, die oberhalb des hier maßgebenden Anhaltswerts liegen. Demgemäß besteht im Rahmen der Ausführungsplanung das Erfordernis, geeignete Maßnahmen (baulicher Art, organisatorischer Art) vorzusehen, so dass eine Einhaltung des hier nach Maßgabe des Planfeststellungsbeschlusses geschuldeten Anhaltswerts nach Möglichkeit eingehalten wird.

Die vom Schwerlastverkehr erzeugten Erschütterungsemissionen resultieren aus den dynamischen Radkräften, die von den fahrenden Lastkraftwagen auf den Belag der jeweiligen Baulogistikstraße übertragen werden.

Die Höhe der dynamischen Zusatzlast bzw. der dynamischen Radkraft kann durch den so genannten „Stoßfaktor“ k beschrieben werden.

$$k = 1 + F_{z,dyn} / F_{stat}$$

Dieser Stoßfaktor hängt zum einen von der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs und zum anderen von der Welligkeit des befahrenen Fahrbahnbelages ab. Insbesondere Wellenlängen des Fahrbahnbelages, die größer als die Radaufstandsfläche sind, oder Störstellen wie höhenversetzte Fugen, Kanten und Absätze im Fahrbahnbelag führen zu besonders hohen Stoßfaktoren.

Demgemäß sieht die Ausführungsplanung für die **Baulogistikstraßen B** und **C** in unmittelbarer Nachbarschaft zum Verwaltungsgebäude der LBBW eine massive Betonfahrbahn mit hohen Anforderungen an die Qualität des Fahrbahnbelags vor. Die Fahrbahndeckschicht wird unter Berücksichtigung des gegenwärtigen Standes der Technik mit maximaler Oberflächenqualität hergestellt. Hiermit wird erreicht, dass – bedingt durch die hohe Oberflächenqualität – die vom gummibereiften Verkehr ausgehenden Erschütterungsemissionen auf das technische Mindestmaß reduziert werden und – bedingt durch die Betonbauweise der Fahrbahn – dies auch dauerhaft, das heißt für die gesamte Nutzungsdauer der Baustraßen gewährleistet werden kann.

Ergänzend zu der oben skizzierten bautechnischen Maßnahme wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge im Nahbereich von schutzbedürftigen Nutzungen, insbesondere im Bereich der LBBW, auf

$$v = 30 \text{ km/h}$$

begrenzt. Die örtliche Bauüberwachung wird durch geeignete Maßnahmen die Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit prüfen.

Unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen kann erwartet werden, dass von den gummibereiften LKWs tatsächlich deutlich geringere Emissionen ausgehen werden, als sie im Rahmen der Untersuchung im Planfeststellungsverfahren unterstellt wurden.

5.2 Das Verkehrsaufkommen

Bei der Prognose der Erschütterungseinwirkungen wurde im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens von folgenden LKW-Verkehrsstärken ausgegangen:

- ❑ **Baulogstraße B: N = 750 LKW / Tag**
- ❑ **Baulogstraße C: N = 3.100 LKW / Tag**

Nach dem gegenwärtigen Planungsstand für das Baulogistikkonzept sind die oben genannten Verkehrszahlen deutlich zu hoch. Nach den aktuellen Verkehrsprognosen werden sich die maximalen Verkehrsstärken für den Tagzeitraum im Sinne der AVV Baulärm (07.00 Uhr bis 20.00 Uhr) auf

- ❑ **Baulogstraße B: N = 540 LKW / Tag**
- ❑ **Baulogstraße C: N = 1.546 LKW / Tag**

belaufen. Es fällt auf, dass die aktuelle Verkehrsprognose für die Baulogistikstraßen von einem deutlich niedrigeren Verkehrsaufkommen ausgeht, als dies im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens angenommen wurde. Dies ist im Wesentlichen dem Sachverhalt geschuldet, dass im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens sämtliche prognostischen Unsicherheiten zu Gunsten möglicher Schutzansprüche berücksichtigt wurden.

Im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchung wird im Sinne einer oberen Abschätzung mit den vorgenannten Maximalbelastungen im Tagzeitraum für die Baulogstraßen B und C von 540 LKW / Tag bzw. 1.546 LKW / Tag gerechnet. Entgegen der AVV Baulärm ist der Tag gemäß **DIN 4150-2** über den Zeitraum von 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr (16 h) definiert.

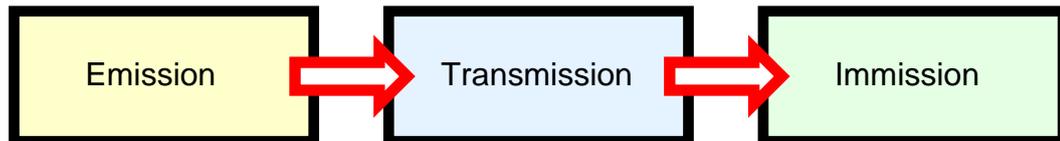
6 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

Die Ermittlung und Beurteilung der aus dem LKW-Verkehr auf den Baulogstraßen zu erwartenden Erschütterungsimmissionen wird getrennt für jeweils einen Querschnitt mit dem geringsten Abstand der Baulogstraßen zum Gebäude LBBW prognostiziert. Die Berechnung der Erschütterungsimmissionen infolge des Schwerlastverkehrs auf den Baustraßen im Gebäude der LBBW erfolgt anhand eines Ausbreitungs- und Übertragungsmodells. Hierbei wird für die Übertragung der Schwingungen stets von

dem in **Abbildung 1** dargestellten Ursachen-Wirkungsprinzip ausgegangen.

Nachfolgend werden die einzelnen Komponenten der Ursachen Wirkungskette näher erläutert.

Abbildung 1 Ursachen-Wirkungs-Prinzip



Schwingungseinträge
aus dem Umfeld in den
Untergrund

Übertragung der Schwin-
gungen über den Unter-
grund auf das Gebäu-
defundament und inner-
halb des Gebäudes

Schwingungseinwir-
kungen auf Menschen
in Gebäuden

6.1 Emission

Die Emission beschreibt die in einem Referenzabstand zur Quelle gemessene Schwingstärke, die in den Boden eingeleitet wird. Der Referenzabstand bezieht sich im vorliegenden Fall auf die Mitte des nächstgelegenen Fahrstreifens und beträgt in der Regel 8 m.

6.2 Transmission

6.2.1 Transferfunktion T1

Für die T1-Funktion wird die entfernungsbedingte Erschütterungsabnahme nach **DIN 4150-1** zu Grunde gelegt. Hierin ist die geometrische Amplitudenabnahme berücksichtigt, die durch die Verminderung der Energiedichte mit wachsender Entfernung von der Erschütterungsquelle hervorgerufen wird und die vom Quellentyp und der Ausbreitungsform (Wellenart) abhängig ist. Im vorliegenden Fall wird die Amplitudenabnahme der Erschütterungen gemäß DIN 4150-1 /4/ mit nachfolgender Beziehung bestimmt:

$$v_R = v_{R_1} \cdot (R/R_1)^{-n}$$

mit: R Abstand des Gebäudes von der Quelle [m]
R₁ Bezugsabstand [m]

n Abnahmeexponent nach DIN 4150-1 [-]

Die aus dem LKW-Verkehr resultierenden Erschütterungsemissionen stellen im Sinne der DIN eine impulsförmige Punktquelle dar. Da die Übertragung der Schwingungen sowohl als Raum- als auch als Oberflächenwellen in das Gebäude der LBBW eingetragen werden, wird gemäß Bild 1 der **DIN 4150-1** für den Abnahmeexponenten **n** der Mittelwert von Raum- und Oberflächenwelle berücksichtigt. Der Abnahmekoeffizient beträgt somit

$$n = 1,25.$$

6.2.2 Transferfunktionen T2 und T3

Die Übertragung von Erschütterungen vom Boden auf ein Gebäudefundament der LBBW (T2-Funktion) wird mit der in **Anhang 3.1** angegebenen Übertragungsfunktion für gewerblich genutzte Gebäude gemäß LIS 107 /6/ berücksichtigt.

Die T3-Funktion beschreibt das Übertragungsverhalten vom Gebäudefundament auf die jeweiligen Geschossdecken. Innerhalb von Gebäuden unterscheidet sich das Übertragungsverhalten je nach Bauart der Geschossdecken. Für die Geschossdeckenkonstruktion der LBBW kann davon ausgegangen werden, dass hier nur Stahlbetondecken vorhanden sind, was durch die von Müller-BBM durchgeführten Schwingungsmessungen /9//10/ in einzelnen Räumen der LBBW belegt wird.

Der im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchung berücksichtigte Frequenzbereich der Geschossdecken basiert ebenfalls auf den von Müller-BBM messtechnisch erhobenen Geschossdeckenresonanzfrequenzen. Diese lagen im Frequenzbereich von

$$f_0 = 10 \dots 30 \text{ Hz.}$$

Da hier nur vereinzelte exemplarische Deckenfelder berücksichtigt wurden, werden im Rahmen dieser Untersuchung für die Prognose im Sinne einer oberen Abschätzung die üblicherweise in Gebäuden in Stahlbetonskelettbauweise vorkommenden Eigenfrequenzen im Bereich von

$$f_0 = 8 \text{ Hz} \dots 40 \text{ Hz}$$

behandelt.

Die normierten Übertragungsfunktionen sind in **Anhang 3.2** und **Anhang 3.3** gemäß den Vorgaben der DB-Richtlinie 800.2502 /7/ dargestellt. Hierbei wird für den Frequenzbereich von 8 Hz bis 25 Hz eine maximale Verstärkung von **15 dB**, für den Frequenzbereich von 31,5 Hz bis 40 Hz eine maximale Verstärkung von **9,5 dB** berücksichtigt.

6.3 Immissionen

Für die von dem LKW-Verkehr auf den Betonfahrbahnen der Baulogstraßen induzierten Schwingungen werden unter Zugrundelegung des Emissionsspektrums (**Anhang 1.1**) und der angegebenen Transferfunktionen (T_1 bis T_3 -Funktionen) die gemäß **DIN 4150-2** relevanten Beurteilungsgrößen, die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} , ermittelt. Die Berechnung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} erfolgt gemäß DIN 4150-2, Abschnitt 6.4, Gleichung (4a) mit

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \sum_j T_{ej} KB_{FTm,j}^2}$$

mit

- T_r Beurteilungszeit (tags 16 h)
- T_e Einwirkzeit der LKW-Vorbeifahrten
- KB_{FTm} Taktmaximal-Effektivwert

Die Beurteilungszeit T_r für den Tagzeitraum beträgt gemäß DIN 4150-2 16 Stunden. Diese entspricht

$$T_r = 57600 \text{ s.}$$

Für die Einwirkzeit der LKW-Vorbeifahrten auf den Baulogstraßen wird das 30-Sekunden-Taktverfahren gemäß DIN 4150-2 angewandt. Jede LKW-Vorbeifahrt wird einem 30-Sekunden-Takt zugewiesen. Im Sinne einer oberen Abschätzung werden hierbei voll beladene und leere LKWs gleichermaßen als voll beladen berücksichtigt. Ferner wird für sich kreuzende LKW-Vorbeifahrten ebenfalls nur ein 30-Sekunden-Takt berücksichtigt.

Für die **Baulogstraße B** mit 540 LKW / Tag wurde folglich eine Einwirkzeit von

$$T_e = 540 \bullet 30 \text{ s} = 16.200 \text{ s}$$

und für die **Baulogstraße C** eine Einwirkzeit von

$$T_e = 1.546 \bullet 30 \text{ s} = 46.380 \text{ s}$$

bei der Berechnung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} berücksichtigt.

7 Untersuchungsergebnisse

7.1 Spektraler Emissionsansatz

Das für die Prognose angewandte Emissionsspektrum ist in **Anhang 2** als Emission mittels Terzbandspektrum der Schwingschnelle dargestellt. Die angegebene Schwingschnelle bezieht sich auf eine Messposition im Boden und in 8 m Abstand zum Emittenten (Referenzabstand). Das Emissionsspektrum wurde aus durchgeführten Messungen von LKWs mit einer Gesamtlast von 30 t bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h ermittelt.

Bei dem angewandten Emissionsspektrum wurde berücksichtigt, dass die beiden Baulogstraßen B und C mit Betonfahrbahnen ausgebildet werden. Diese weisen nach den anerkannten Regeln der Technik weder Wellen noch Störungen auf und führen somit zu deutlich geringeren Emissionen als die üblicherweise geschotterten Baustraßen. Dieser Emissionsansatz gilt nur, wenn die vorgenannten Anforderungen an die Baustraße erfüllt werden. Sollte dies nicht der Fall sein, sind höhere Emissionen und somit auch höhere Immissionen durch den Schwerlastverkehr im Gebäude der LBBW zu erwarten.

Das für die Prognose berücksichtigte Emissionsspektrum wurde aus Messungen von LKW-Fahrten auf intakter Fahrbahn ermittelt /10/ /11/. Hierbei wurden die Ausgangsspektren auf einen Referenzabstand von 8 m mit folgender Beziehung gemäß **DIN 4150-1** umgerechnet und anschließend gemittelt:

$$v_R = v_{R_1} \cdot (R/R_1)^{-n}$$

mit

R Abstand des gemessenen Spektrums [m]

R₁ Referenzabstand (R₁ = 8 m)

n Abnahmeexponent gemäß DIN 4150-1, n = 1,25 (siehe hierzu auch Kapitel 5.2.1)

Das Emissionsspektrum findet sich in **Anhang 2**. Es wird für den Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz dargestellt. Für die Prognose wird im Sinne einer oberen Abschätzung der Emissionen der Mittelwert zzgl. der Standardabweichung berücksichtigt. Die Geschwindigkeit der Fahrzeuge beträgt

$$v = 30 \text{ km/h.}$$

Der Summenpegelwert ergibt sich zu

$$L_v = 61,7 \text{ dB.}$$

Das Maximum liegt bei einer Terzmittenfrequenz von

$$f = 16 \text{ Hz.}$$

7.2 Immissionen

Die Lage des Gebäudekomplexes der LBBW und der Baulogstraßen B und C ist im Übersichtslageplan in **Anhang 1** dargestellt. Es werden hierbei immer minimale Abstände der Baulogstraßen zum Gebäude LBBW untersucht. Für die **Baulogstraße C** ergibt sich ein minimaler Abstand im Bereich der Ostfassade entlang des Karoline-Kaulla-Weges im nördlichen Bereich des LBBW Gebäudes von

$$r \geq 7 \text{ m.}$$

Für die **Baulogstraße B** beträgt der minimale Abstand im Bereich der Gebäudeecke im Südosten ca.

$$r \geq 4 \text{ m.}$$

In dem Übersichtslageplan ist ebenfalls die **Baulogstraße A** dargestellt. Wie zu erkennen ist, mündet diese im Nahbereich der LBBW in die **Baulogstraße C**. Der Abstand zu dem Gebäude der LBBW ist in diesem Bereich jedoch deutlich größer als die untersuchten minimalen Abstände. Somit sind die aus dem Schwerlastverkehr auf der **Baulogstraße A** resultierenden Erschütterungsimmissionen mit Sicherheit geringer als die für die minimalen Abstände untersuchten Einwirkungen. Daher wurden diese im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchung nicht näher betrachtet.

Die Untersuchungsergebnisse für die unterschiedlichen Geschossdeckentypen sind getrennt für die beiden berücksichtigten Baulogstraßen in **Anhang 4** tabellarisch zusammengefasst. Angegeben sind jeweils die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} , KB_{FTr} sowie die prozentuale Ausschöpfung des Beurteilungsanhaltswertes A_r der **DIN 4150-2**. Bei **grün** hinterlegten Feldern sind die Anforderungen der **DIN 4150-2** erfüllt. Sind Felder **gelb** dargestellt, so wird ein weiterer Prüfschritt erforderlich. Bei **rot** hinterlegten Feldern sind die Anforderungen der **DIN 4150-2** nicht erfüllt. Bei der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen werden die Anhaltswerte der **DIN 4150-2**, Tabelle 1, Zeile 2 zu Grunde gelegt.

7.2.1 Bereich Baulogstraße B

Die Baulogstraße B verläuft südwestlich des Gebäudes der LBBW mit einem minimalen Abstand von ca.

$$r = 4 \text{ m.}$$

Wie in **Anhang 3** zu erkennen ist, ergibt sich eine maximale bewertete Schwingstärke bis zu

$$KB_{Fmax} = 0,222.$$

Schwingstärken in dieser Größenordnung liegen im gerade spürbaren Bereich des menschlichen Empfindens. Dies bedeutet folglich, dass die Schwingungen infolge der Logistikkbewegungen im Gebäude durchaus spürbar sind. Der untere Anhaltswert für Immissionsorte nach Tabelle 1, Zeile 2 der **DIN 4150-2** wird mit

$$A_u = 0,3$$

angegeben. Somit unterschreitet der KB_{Fmax} -Wert den unteren Anhaltswert gemäß **DIN 4150-2**. Dies bedeutet, dass die Anforderungen der **DIN 4150-2** bereits im ersten Schritt der Beurteilung erfüllt sind.

Dennoch werden die Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} ausgewiesen und beurteilt. In der mittleren Tabelle wird für eine Deckeneigenfrequenz von 12,5 Hz eine maximale Beurteilungsschwingstärke von

$$KB_{Fmax} = 0,118$$

ermittelt. Dieser schöpft den Beurteilungsanhaltswert gemäß **DIN 4150-2** von

$$A_r = 0,15$$

zu **79 %** aus. Somit sind infolge der verkehrsinduzierten Erschütterungsimmersionen auf der **Baulogstraße B** keine erheblichen Belästigungen im Sinne der **DIN 4150-2** im Gebäude der LBBW zu erwarten.

7.2.2 Bereich Baulogstraße C

Die Baulogstraße C verläuft östlich des Gebäudes der LBBW mit einem minimalen Abstand von ca.

$$r = 7 \text{ m.}$$

und mündet südöstlich der LBBW in die Baulogstraßen A und B. Wie in **Anhang 3** zu erkennen ist, berechnet sich die maximale bewertete Schwingstärke zu maximal

$$KB_{Fmax} = 0,110.$$

Die Schwingstärke liegt im Bereich der Fühlschwelle des menschlichen Empfindens. Dies bedeutet, dass die Schwingungen im Gebäude wahrgenommen werden können. Der untere Anhaltswert für Immissionsorte nach Tabelle 1, Zeile 2 der **DIN 4150-2** wird mit

$$A_u = 0,3$$

angegeben. Somit unterschreitet der KB_{Fmax} -Wert den unteren Anhaltswert gemäß **DIN 4150-2** um annähernd den Faktor 3. Dies bedeutet, dass

die Anforderungen der **DIN 4150-2** ebenfalls bereits im ersten Schritt der Beurteilung erfüllt sind.

Dennoch werden die Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} ausgewiesen und beurteilt. In der mittleren Tabelle wird für eine Deckeneigenfrequenz von 12,5 Hz eine maximale Beurteilungsschwingstärke von

$$KB_{FT} = 0,099$$

ermittelt. Dieser schöpft den Beurteilungsanhaltswert A_r gemäß **DIN 4150-2** von

$$A_r = 0,15$$

zu **66 %** aus. Erhebliche Belästigungen infolge der verkehrsinduzierten Erschütterungsimmissionen auf der **Baulogstraße C** sind im Gebäudekomplex der LBBW folglich **nicht** zu erwarten.

8 Schutzvorkehrungen

Die **Baulogistikstraßen B** und **C** sind in unmittelbarer Nachbarschaft zum Verwaltungsgebäude der LBBW als massive Betonfahrbahnen auszuführen, die hinsichtlich der Anforderungen an den Fahrbahnbelag dem gegenwärtigen Stand der Technik und hierbei insbesondere den Anforderungen, die für Bundesfernstraßen gelten, entsprechen müssen. Die Fahrbahndeckschicht ist unter Berücksichtigung des gegenwärtigen Standes der Technik mit maximaler Oberflächenqualität herzustellen. Hiermit wird erreicht, dass – bedingt durch die hohe Oberflächenqualität – die vom gummibereiften Verkehr ausgehenden Erschütterungsemissionen auf das technische Mindestmaß reduziert werden und – bedingt durch die Betonbauweise der Fahrbahn – dies auch dauerhaft, das heißt über die gesamte Nutzungsdauer der Baustraßen gewährleistet werden kann.

Des Weiteren ist eine regelmäßige Qualitätskontrolle der Fahrbahndecke erforderlich. Diese Kontrollen sollen in Zeitabständen von 4 Wochen erfolgen. Hierbei findet zum einen eine optische Beurteilung der Fahrbahndeckschicht statt. Zum anderen wird eine Befahrung mit einem Referenzfahrzeug, konkret einem Messanhänger, der mit Schwingungssensoren ausgestattet ist, durchgeführt. Anhand der so erhobenen Messwerte zum Schwingungsverhalten des Messanhängers bei dynamischer Anregung durch die Fahrbahndecke ist ebenfalls eine quantitative Beurteilung der

Qualität des Fahrbahnaufbaus möglich. Sämtliche Prüfläufe sind in einem Prüfbericht zu dokumentieren und auf Verlangen betroffenen Dritten wie z. B. der LBBW vorzulegen.

9 Abschließende Bemerkungen

Die erschütterungstechnische Untersuchung zu den zu erwartenden verkehrsinduzierten Immissionen durch den LKW-Verkehr auf den Baulogstraßen im Bereich der LBBW zeigen, dass unter Berücksichtigung der Ausführung der Baustraßen als Betonfahrbahnen mit einer hohen Oberflächenqualität die Anforderungen der **DIN 4150-2** im gesamten Gebäude der LBBW sicher eingehalten werden können. Erhebliche Belästigungen im Sinne der **DIN 4150-2** sind nicht zu erwarten.

Die Gewährleistung einer dauerhaft einwandfreien Qualität der Betonfahrbahnen der Baustraßen B und C sollte anhand von monatlichen Sichtprüfungen und anhand von Schwingungsmessungen mit einem Referenzfahrzeug erfolgen.



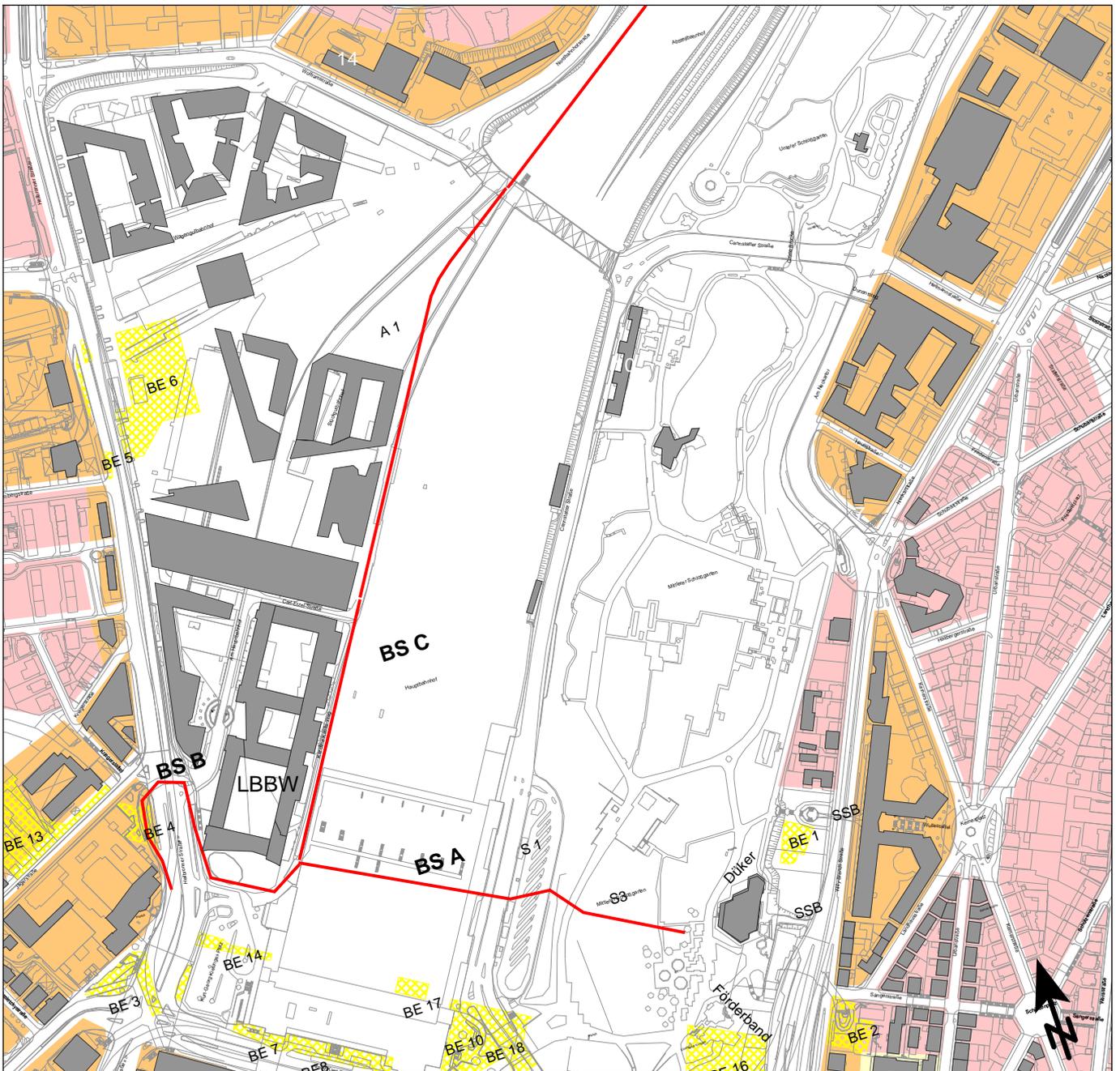
Dipl.-Phys. Peter Fritz



Dipl.-Ing. Rolf Schneider



ANHANG



Maßstab 1:6000

0 30 60 120 180 240
m

- BE-Flächen
- Baustraße
- Mischgebiete
- Allgemeine Wohngebiete
- Gemeinbedarf

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

Fehlheimer Straße 24
64683 Einhausen
Telefon (06251) 96 46-0
Fax (06251) 96 46-46
E-Mail: Info@Fritz-Ingenieure.de

Projekt 97760: Erschütterungstechnische Untersuchung

DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH

Umgestaltung des Bahnknoten Stuttgarts
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH

Bereich LBBW

- ÜBERSICHTSLAGEPLAN -

ANHANG 1

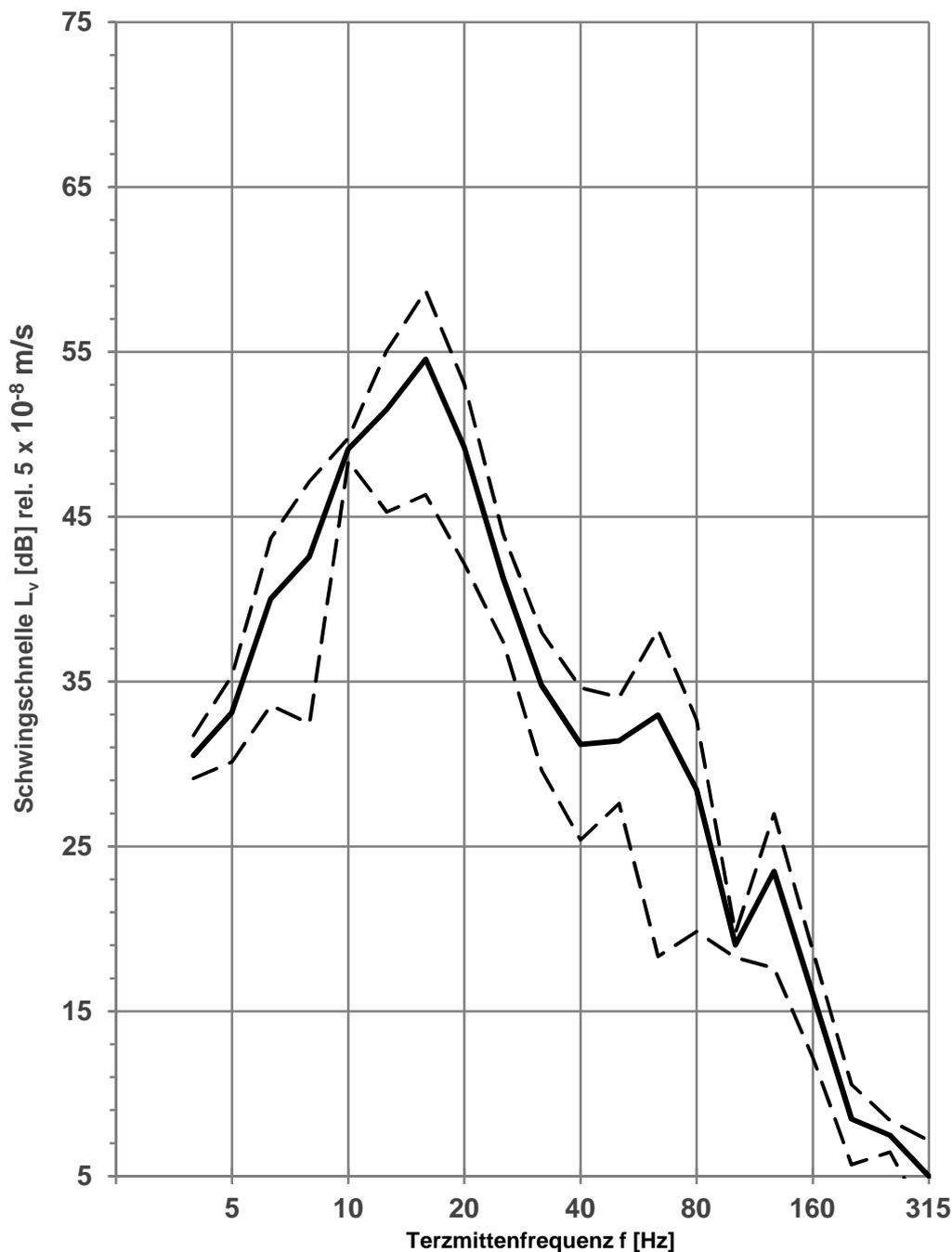
Emissionsspektren

LKW auf Betonfahrbahn

X:\Projekte\2\1997\97700-DBPSU-IBS21\PFA 1.1\B-Anfragen\24-Detailgutachten ES Baulogistik\B-Bearbeitung\Emissionen.xlsx\Graphik-LKW v=30kmh

Fahrzeugtyp LKW - 30 to
Geschwindigkeit 30 km/h
Messposition 8 m von nächstgelegene Fahrstreifenachse
Schwingrichtung z

Mittelwert + / - Standardabweichung



| MW + Lv [dB] | f [Hz] |
|--------------------|----------------------------|
| 31,7 | 4 |
| 35,4 | 5 |
| 43,7 | 6,3 |
| 47,1 | 8 |
| 49,8 | 10 |
| 55,1 | 12,5 |
| 58,7 | 16 |
| 53,1 | 20 |
| 43,9 | 25 |
| 38,0 | 31,5 |
| 34,6 | 40 |
| 34,0 | 50 |
| 38,1 | 63 |
| 32,7 | 80 |
| 19,7 | 100 |
| 27,0 | 125 |
| 18,6 | 160 |
| 10,6 | 200 |
| 8,4 | 250 |
| 7,2 | 315 |
| 61,7 | Σ |
| 0,061 | v_{eff,lin} |

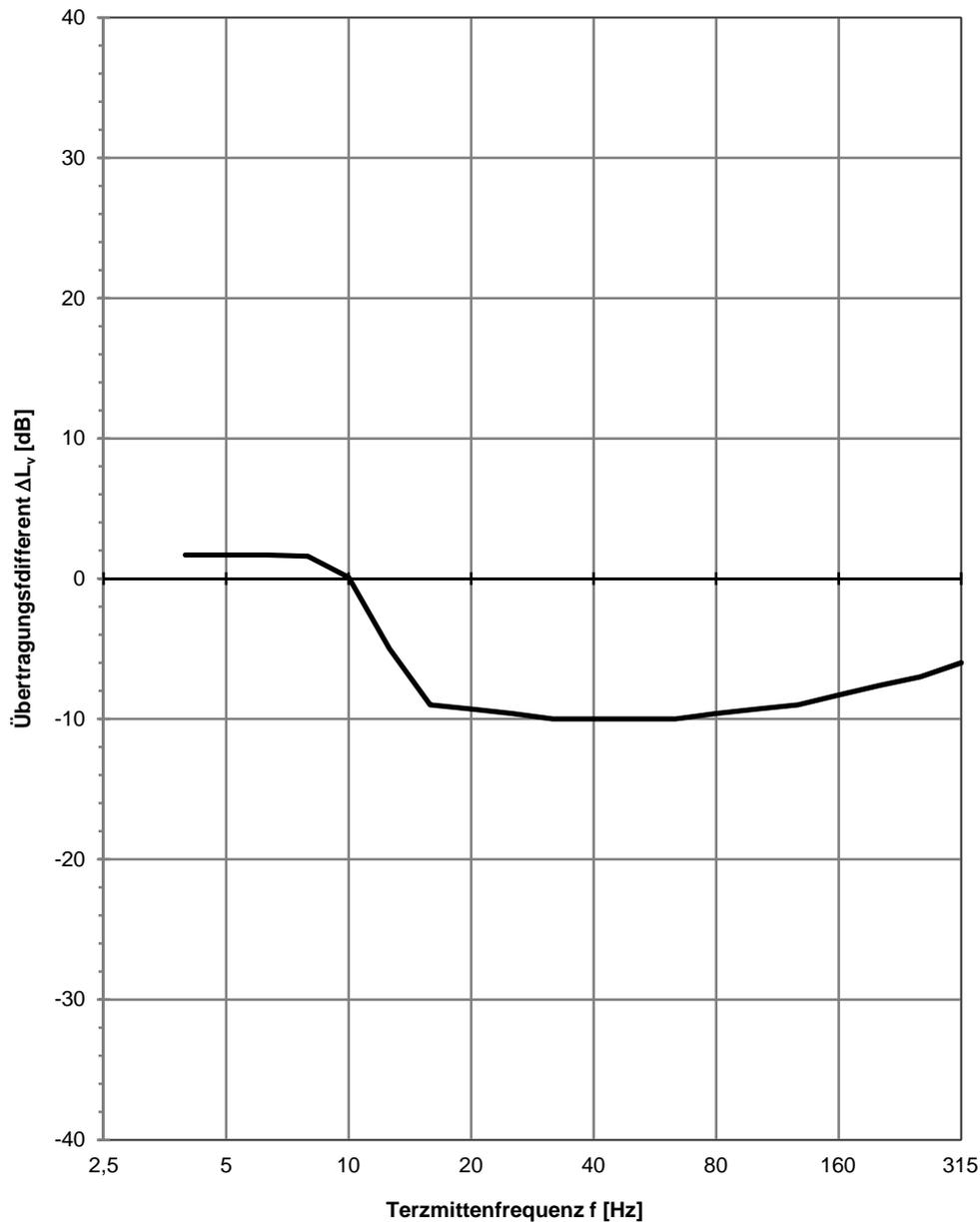
Referenz:
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

T2-Funktion

Übertragung Erdreich - Fundament

X:\Projekte\21997\97700-DBPSU-IBS21\PPFA 1.1\B-Anfragen\24-Detailgutachten ES Bauphysik\B-Bearbeitung\Transferfunktionen.xlsx\T2 -Prognose 2014

Gebäudetyp: gewerblich genutzte Gebäude in Massivbauweise
Schwingrichtung: z



| ΔL_v [dB] | f [Hz] |
|----------------------|-----------|
| 1,7 | 4 |
| 1,7 | 5 |
| 1,7 | 6,3 |
| 1,6 | 8 |
| 0,1 | 10 |
| -5,0 | 12,5 |
| -9,0 | 16 |
| -9,3 | 20 |
| -9,6 | 25 |
| -10,0 | 31,5 |
| -10,0 | 40 |
| -10,0 | 50 |
| -10,0 | 63 |
| -9,6 | 80 |
| -9,3 | 100 |
| -9,0 | 125 |
| -8,3 | 160 |
| -7,6 | 200 |
| -7,0 | 250 |
| -6,0 | 315 |

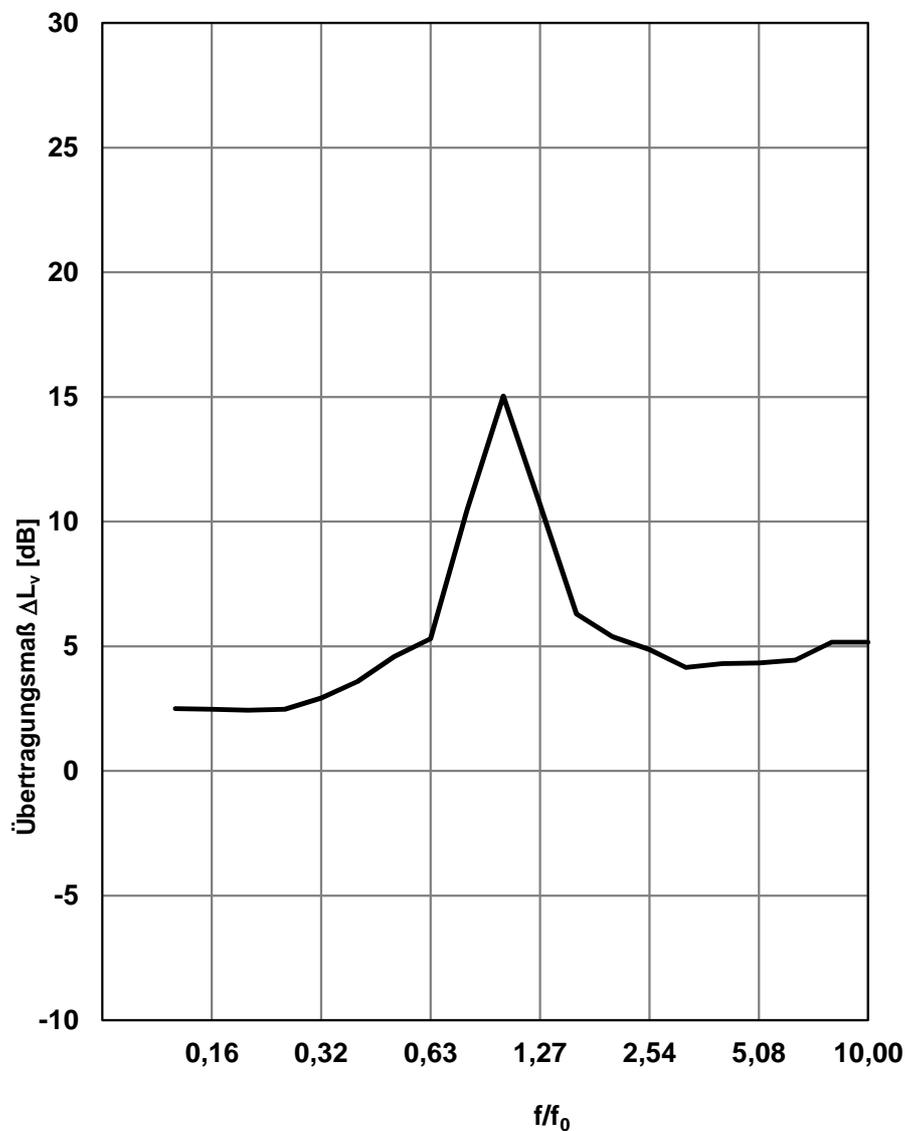
Übertragungsfunktion T3

normiert DB Richtlinie 800.2501

X:\Projekte\21997\97700-DBPSU-IBS21\PFA 1.1\B-Anfragen\24-Detailgutachten ES Bauphysik\B-Bearbeitung\Transferfunktionen.xlsx\T3-Normiert_MW+StAbw-2014

Quelle: DB Richtlinie 800.2501 - Erschütterungen und sekundärer Luftschall
Stand 2006 - Netzinfrastruktur Technik entwerfen

Deckenart: Stahlbetondecken
Resonanzfrequenz: 8 Hz bis 25 Hz
Schwingrichtung: vertikal (z)



| DL _v [dB] | f/f ₀ [-] |
|-------------------------|-------------------------|
| 2,5 | 0,1 |
| 2,5 | 0,2 |
| 2,4 | 0,2 |
| 2,5 | 0,3 |
| 2,9 | 0,3 |
| 3,6 | 0,4 |
| 4,6 | 0,5 |
| 5,3 | 0,6 |
| 10,5 | 0,8 |
| 15,0 | 1,0 |
| 10,7 | 1,3 |
| 6,3 | 1,6 |
| 5,4 | 2,0 |
| 4,9 | 2,5 |
| 4,2 | 3,2 |
| 4,3 | 4,0 |
| 4,3 | 5,1 |
| 4,4 | 6,3 |
| 5,2 | 7,9 |
| 5,2 | 10,0 |

f₀ = Resonanzfrequenz

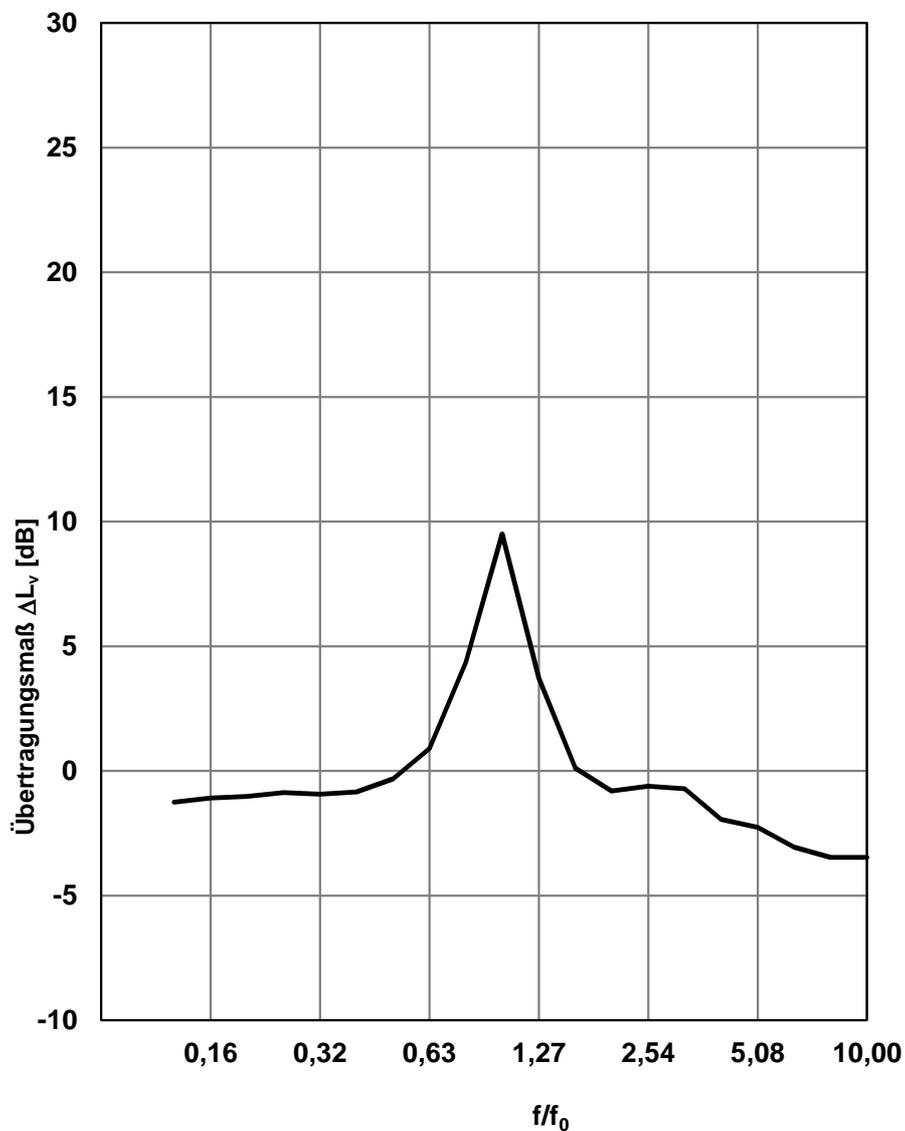
Übertragungsfunktion T3

normiert DB Richtlinie 800.2501

X:\Projekte\21997\97700-DBPSU-IBS21\PFA 1.1\B-Anfragen\24-Detailgutachten ES Baulogistik\B-Bearbeitung\Transferfunktionen.xlsx\T3-Normiert_MW+StAbw-2014 (2)

Quelle: DB Richtlinie 800.2501 - Erschütterungen und sekundärer Luftschall
Stand 2006 - Netzinfrastruktur Technik entwerfen

Deckenart: Stahlbetondecken
Resonanzfrequenz: 31,5 Hz bis 40 Hz
Schwingrichtung: vertikal (z)



| DL_v [dB] | f/f_0 [-] |
|----------------|----------------|
| -1,3 | 0,1 |
| -1,1 | 0,2 |
| -1,0 | 0,2 |
| -0,9 | 0,3 |
| -0,9 | 0,3 |
| -0,9 | 0,4 |
| -0,3 | 0,5 |
| 0,9 | 0,6 |
| 4,4 | 0,8 |
| 9,5 | 1,0 |
| 3,7 | 1,3 |
| 0,1 | 1,6 |
| -0,8 | 2,0 |
| -0,6 | 2,5 |
| -0,7 | 3,2 |
| -1,9 | 4,0 |
| -2,3 | 5,1 |
| -3,1 | 6,3 |
| -3,5 | 7,9 |
| -3,5 | 10,0 |

f_0 = Resonanzfrequenz

Erschütterungsimmissionen

Beurteilung gemäß DIN 4150-2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

X:\Projekte2\1997\97700-DBPSU-IBS21\PFA 1.1\B-Anfragen\24-Detailgutachten ES Baulogistik\B-Bearbeitung\Immissionen Erschütterungen.xlsx\Tabelle1

Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} [-] - Tagzeitraum

| Bereich | Abstand [m] | Nutzung | Deckeneigenfrequenzen | | | | | | | |
|-------------|-------------|---------|-----------------------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|
| | | | 8 Hz | 10 Hz | 12,5 Hz | 16 Hz | 20 Hz | 25 Hz | 31,5 Hz | 40 Hz |
| Baustraße C | 7 | GE | 0,086 | 0,103 | 0,110 | 0,107 | 0,069 | 0,042 | 0,033 | 0,032 |
| Baustraße B | 4 | GE | 0,174 | 0,207 | 0,222 | 0,216 | 0,139 | 0,085 | 0,066 | 0,065 |

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} [-] - Tagzeitraum

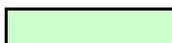
| Bereich | Abstand [m] | Nutzung | Deckeneigenfrequenzen | | | | | | | |
|-------------|-------------|---------|-----------------------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|
| | | | 8 Hz | 10 Hz | 12,5 Hz | 16 Hz | 20 Hz | 25 Hz | 31,5 Hz | 40 Hz |
| Baustraße C | 7 | GE | 0,000 | 0,092 | 0,099 | 0,096 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Baustraße B | 4 | GE | 0,092 | 0,110 | 0,118 | 0,115 | 0,074 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Ausschöpfung des Beurteilungswertes A_r in % - Tagzeitraum

| Bereich | Abstand [m] | Nutzung | Deckeneigenfrequenzen | | | | | | | |
|-------------|-------------|---------|-----------------------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|
| | | | 8 Hz | 10 Hz | 12,5 Hz | 16 Hz | 20 Hz | 25 Hz | 31,5 Hz | 40 Hz |
| Baustraße C | 7 | GE | 0% | 62% | 66% | 64% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Baustraße B | 4 | GE | 62% | 73% | 79% | 76% | 49% | 0% | 0% | 0% |

Gebietseinstufung

GE Gewerbegebiet



die Anforderungen der **DIN 4150-2** sind erfüllt