

Mess-Stelle nach §§ 26, 28 BImSchG

Dipl.-Ing. Thomas Hoppe
ö.b.v. Sachverständiger für Schallimmissions-
schutz Ingenieurkammer Niedersachsen

Dipl.-Phys. Michael Krause

Dipl.-Geogr. Waldemar Meyer

Dipl.-Ing. Clemens Zollmann
ö.b.v. Sachverständiger für Lärmschutz
Ingenieurkammer Niedersachsen

Dipl.-Ing. Manfred Bonk bis 1995

Dr.-Ing. Wolf Maire bis 2006

Dr. rer. nat. Gerke Hoppmann bis 2013

Rostocker Straße 22
30823 Garbsen
05137/8895-0, -95Bearbeiter: Dipl.-Phys. M. Krause
Durchwahl: 05137/8895-23
m.krause@bonk-maire-hoppmann.de

27.03.2016

- 14146/e -

Erschütterungstechnische Untersuchung

zum Bebauungsplan Nr. 220

„Ausstellungszentrum für das Bauhaus“

der Stadt Dessau-Roßlau

Anlage 4.6 zur BV/145/2016/III-61

Inhaltsverzeichnis Seite

Anlagenverzeichnis	3
Liste der verwendeten Abkürzungen und Ausdrücke	4
1. Auftraggeber	5
2. Aufgabenstellung	5
3. Grundlagen	6
4. Örtliche Verhältnisse	7
5. Beurteilung Erschütterungen und sekundärer Luftschall	8
5.1 Mess- und Beurteilungsverfahren nach DIN 4150 Teil 2 (Einwirkung auf Menschen in Gebäuden)	8
5.2 Anforderungen sekundärer Luftschall	11
6. Anforderungen Erschütterungen und sekundärer Luftschall für das Bauvorhaben	12
6.1 Anforderungen Erschütterungen für das Bauvorhaben	12
6.2 Anforderungen sekundärer Luftschall	12
7. Durchführung und Auswertung der Emissionsmessung	12
7.1. Datum	12
7.2 Mess- und Auswertegeräte	12
7.3 Messpunkte	13
7.4 Ablauf und Auswertung der Messung	13
7.5 Darstellung der Messergebnisse	14
8. Prognoseverfahren zur Ermittlung der Erschütterungen	15
9.1 Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke	17
9.2 Berechnung der Beurteilungspegel sekundärer Luftschall	18
10. Ergebnisse der Prognoseberechnung und Beurteilung	19
11. Zusammenfassung und Hinweise für die Ausführung	24
Quellen, Richtlinien, Verordnungen	26

Dieses Gutachten umfasst:

26 Seiten Text

6 Anlagen auf 17 Seiten

Datei:14146_e_ga, Autor: Dipl.-Phys. M. Krause

Anlagenverzeichnis

Anlage A	Lageplan Messpunkte
Anlage M	Photographische Dokumentation Messpunkte
Anlage E	Ergebnistabellen KB_{Fmax} ;
Anlage D	Terzspektren Schwinggeschwindigkeit L_v (Max-Hold);
Anlage P	Ergebnisse der Prognoseberechnung Erschütterung und Beurteilung;
Anlage P.1	Exemplarische Darstellung Prognoseberechnung.

Liste der verwendeten Abkürzungen und Ausdrücke

Zeichen	<u>Einheit</u>	<u>Bedeutung</u>
A_o, A_u, A_r	-	Anhaltswerte DIN 4150, Teil 2
KB_{Fmax}		Die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist nach DIN 4150, Teil 2 der Maximalwert von $KB_F(t)$ der während der jeweiligen Beurteilungszeit auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist
KB_{Fti}		Die Messzeit wird nach DIN 4150, Teil 2 in Takte von je $T = 30 \text{ sec}$ eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ zugeordnet, im folgenden bezeichnet als KB_{Fti} . Der Index i nummeriert die Takte
KB_{FTr}		Der Wert für die Beurteilungs-Schwingstärke ist nach DIN 4150, Teil 2 ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit
KB_{FTm}		Quadratischer Mittelwert über die Taktmaximalwert KB_{FTi}
$KB_{F(t)}$		Die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ nach DIN 4150, Teil 2 ist der gleitende Effektivwert mit der Zeitbewertung „Fast“ des frequenzbewerteten Erschütterungssignals
L_v	dB	Körperschallschnellepegel
$L_v(f)$	dB	Spektraler Körperschallschnellepegel
MP	-	Messpunkt
N_t	-	Anzahl Zugvorbeifahrten tags
N_n	-	Anzahl Zugvorbeifahrten nachts
v	km/h	Zuggeschwindigkeit
$v(f)$	mm/s	Effektivwert der Schwingschnelle, spektral
v_e	mm/s	Effektivwert der Schwingschnelle
v_o	mm/s	Bezugsschnelle

1. Auftraggeber

**Büro für Stadtplanung
Dr.-Ing. W. Schwerdt GbR
Humperdinckstraße 16
06844 DESSAU-ROßLAU**

2. Aufgabenstellung

Die STADT DESSAU-ROßLAU beabsichtigt mit der Aufstellung des Bebauungsplans Nr. 220 die planungsrechtlichen Voraussetzungen zur Errichtung eines Ausstellungszentrums für das *Bauhaus* zu schaffen. Beabsichtigt ist die Ausweisung einer Fläche für Gemeinbedarf (FGB gem. BauGB) mit der Zweckbestimmung „Kulturellen Zwecken dienende Gebäude und Einrichtungen“ Bauhaus Museum.

Im Rahmen der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung sollen die auf den Geltungsbereich einwirkenden Erschütterungsimmissionen der angrenzenden Straßen bzw. der benachbarten Stadtbahnlinien ermittelt und beurteilt werden. Da sich die Einwirkung von Erschütterungen aus den genannten Quellen nur auf bestehende oder in Planung befindliche Gebäude beziehen kann, wird hier die vorgesehene Lage für das Ausstellungszentrum aus dem präferierten Entwurf des Architektenwettbewerbes (Entwurf GONZALES-HINZ-ZABALA) bei der weiteren Bearbeitung zu Grunde gelegt.

Die geplante Lage des Ausstellungszentrums zur Bahntrasse und Straße ist in dem Lageplan der Anlage A dargestellt. Vorgesehen sind zwei unterkellerte zweigeschossige Kerngebäude die mittels eines schwebenden massiven Baukörpers verbunden werden. Die Kerngebäude befinden sich jeweils an den Enden des geplanten Gesamtgebäudes. Der geplante Baukörper wird von einer gläsernen Fassade umgeben.

Im Rahmen der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung soll geprüft werden, ob die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 (Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden) im Bereich des geplanten Bauvorhabens unter Berücksichtigung der Erschütterungen aus dem Bahnbetrieb eingehalten werden. Dabei wird auch die Einwirkung des sekundären Luftschalls ermittelt und beurteilt.

Um die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen zu ermitteln, wurden auf dem Baugelände Erschütterungsmessungen durchgeführt. Auf Grundlage der Ergebnisse der Erschütterungsmessungen wurden die zu erwartenden Erschütterungen prognostiziert und nach der DIN 4150, Teil 2 für Erschütterung und für den Sekundären Luftschall in Anlehnung an die VDI-2719¹ beurteilt.

3. Grundlagen

Bei der Bewegung von Schienenfahrzeugen auf den Gleisanlagen bzw. von Fahrzeugen auf Straßen werden zeitlich veränderliche Kräfte auf die Fahrweggründung übertragen und in den Boden eingeleitet. Dabei werden im Bereich der Fahrweggründung Schwingungen emittiert, die sich dann im Boden ausbreiten. Die Ausbreitung ist abhängig von der Bodenbeschaffenheit, Quellengeometrie und der Frequenz der Schwingungen, diese klingen mit zunehmendem Abstand von der Quelle ab.

Die Bodenschwingungen werden auf Gebäude in Fahrwegnähe übertragen (Schwingungsimmissionen) und als Erschütterungen bezeichnet. Zunächst werden die Erschütterungen vom Baugrund auf das Fundament übertragen. Dabei werden sie abgeschwächt. Maßgebend für die Einwirkung von Erschütterungen ist dann der weitere Übergang auf die Geschossdecken, bei dem die Erschütterungen gegenüber dem Fundament und dem Baugrund i.d.R. in einem hohen Maße verstärkt werden. Das Maß, mit dem die Schwingungen in ein Gebäude übertragen werden, ist stark abhängig von dessen Bauweise. Hier sind insbesondere die schwingungstechnischen Eigenschaften der Gebäudedecken in Bezug auf deren Eigenfrequenz und Dämpfung entscheidend. Diese sind in einem hohen Maße von der Bauweise (z.B. Beton oder Holzbalkendecke), der Deckenstärke, den geometrischen Ausmaßen und den Auflagerbedingungen abhängig.

Unter Körperschall versteht man generell mechanische Schwingungen, die sich in einem festen Medium oder an dessen Oberfläche ausbreiten. Erschütterungen fallen in die Kategorie des tieffrequenten Körperschalls, den der Mensch mit seinem ganzen Körper wahrnehmen kann. Der Frequenzbereich der wahrnehmbaren Erschütterungen erstreckt sich von 4 Hz bis etwa 80 Hz.

¹ VDI-Richtlinie 2719 *Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen* (8/87)

Als Maß für die Stärke der Schwingungen dient nachfolgend die Schwinggeschwindigkeit (auch als Körperschallschnelle bezeichnet) mit der Einheit [mm/s].

Zur Bewertung von Erschütterungen, insbesondere hinsichtlich ihrer Wirkungen auf den Menschen, werden diese in sogenannte KB-Schwingstärken ausgedrückt. Dazu wird das Zeitsignal der Schwinggeschwindigkeit bandbegrenzt und eine Frequenzbewertung (KB-Filterung) zur Berücksichtigung der frequenzabhängigen menschlichen Wahrnehmungsstärke durchgeführt. Aus der weiteren Berechnung des gleitenden Effektivwertes mit der Zeitbewertung „FAST“ errechnet sich die bewertete Schwingstärke $KB_{F(t)}$; der während einer Messung bestimmte höchste KB-Wert wird als maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} bezeichnet. Dieser Wert ist neben der Beurteilungs-Schwingstärke die maßgebliche Beurteilungsgrundlage.

Bei der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} handelt es sich um einen zeitlichen Mittelwert analog dem Beurteilungspegel zur Bewertung von Schallimmissionen.

Während für die Berechnung der Schallemission und -ausbreitung ein verallgemeinertes Rechenmodell vorhanden ist, sind die Gesetzmäßigkeiten bei der Entstehung, Ausbreitung und Wirkung der Erschütterungen so vielgestaltig, dass ein verbindliches Berechnungsmodell nicht existiert. Daher sind Erschütterungsmessungen erforderlich, um bestimmte Zusammenhänge der Ausbreitung im Boden und in den Gebäuden genauer beschreiben zu können. Unter Berücksichtigung der vorgenannten messtechnisch bestimmten Parameter kann dann eine Erschütterungsprognose erstellt werden.

4. Örtliche Verhältnisse

Die örtliche Situation ist dem Lageplan der Anlage A zu entnehmen. Der Geltungsbereich des betrachteten Bebauungsplans befindet sich in *Dessau-Roßlau*, südwestlich des Einmündungsbereichs der *Friedrichstraße* in die *Kavalierstraße*. Im Bereich dieses Straßenzuges verläuft die Trasse der Stadtbahnlinien 1, 3 und 4.

Die vorhandene Bebauung an der *Friedrichstraße* bzw. der *Kavalierstraße* bildet die nördliche bzw. östliche Grenze des Untersuchungsbereichs. Südlich bzw. westlich schließen sich, innerhalb des Stadtparks, Grünflächen mit verschiedenen Freizeitanlagen – u.a. ein Kleinspielfeld - an das Plangebiet an.

Unter Beachtung des vorliegenden Bebauungsentwurfs ist innerhalb des Baufeldes die Errichtung eines langgestreckten Baukörpers parallel zur *Kavalierstraße* vorgesehen. Beabsichtigt ist die Ausweisung einer Fläche für Gemeinbedarf (FGB gem. § 9 BauGB) mit der Zweckbestimmung „Kulturelle Einrichtung“.

5. Beurteilung Erschütterungen und sekundärer Luftschall

5.1 Mess- und Beurteilungsverfahren nach DIN 4150 Teil 2 (Einwirkung auf Menschen in Gebäuden)

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz können grundsätzlich Immissionen durch Erschütterungen schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen. Gesetzliche Regelungen für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen gibt es dagegen noch nicht. Das Regelungsdefizit begründet sich in der Verordnungsermächtigung des § 43 Abs. 1 BImSchG, in dem die Einwirkung von Erschütterungen nicht angesprochen sind.

Aufgrund fehlender gesetzlicher Grenzwerte gilt die DIN 4150, Teil 2, "Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" als Äußerung einschlägigen Sachwissens und als geeignete, wenn auch unverbindliche Grundlage für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen. Dieses Normblatt nennt für Erschütterungsimmissionen Anhaltswerte, bei deren Einhaltung nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist. Die DIN 4150-2 vom Juni 1999 stellt hierzu den aktuellen Kenntnisstand dar.

Nachfolgende **Tabelle 1** enthält Anhaltswerte A der bewerteten Schwingstärke KB_F , zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen. Sie beziehen sich wie folgt auf die beiden Beurteilungsgrößen:

- KB_{Fmax} - die maximale bewertete Schwingstärke,
- KB_{FTr} - die Beurteilungs-Schwingstärke, siehe unten.

Tabelle 1:

Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen aus der DIN 4150 T 2

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO).	0.4	6	0.2	0.3	0.6	0.15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO).	0.3	6	0.15	0.2	0.4	0.1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO).	0.2	5	0.1	0.15	0.3	0.07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeines Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO).	0.15	3	0.07	0.1	0.2	0.05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0.1	3	0.05	0.1	0.15	0.05

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung - BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Die in der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2, enthaltenen Zahlenwerte werden wie bereits erwähnt als „Anhaltswerte“ bezeichnet. Damit wird klargestellt, dass es sich bei diesen Werten um empfohlene Werte und nicht um gesicherte Grenzwerte handelt. Bei Einhaltung der Anhaltswerte können erhebliche Belästigungen der in den Gebäuden lebenden Menschen im Allgemeinen ausgeschlossen werden.

Die beiden Beurteilungsgrößen sind in der Regel getrennt für die drei Richtungskomponenten x , y (horizontal) und z (vertikal) zu ermitteln, wobei die jeweils größte der drei der Beurteilung zugrunde zu legen ist. In Räumen von Wohnungen wird jedoch im Allgemeinen nur die vertikale Komponente gemessen und ausgewertet, da diese bei Deckenschwingungen i.d.R. die größte ist.

Da unter Zugrundelegung der Messergebnisse unter anderem die Erschütterungen aus dem Straßenbahnverkehr in der Beurteilung berücksichtigt werden, sind die Sonderregelungen zur Beurteilung des Schienenverkehrs bei deren Beurteilung zu beachten. Danach erfolgt die Beurteilung ausschließlich anhand der Kriterien A_u (für KB_{Fmax}) und A_r (für KB_{FTr}). Dies gilt insbesondere für neu zu bauende Strecken und

bei städtebaulichen Planungen. Die (oberen) Anhaltswerte A_o erhalten beim Schienenverkehr eine andere Bedeutung als in der übrigen Norm. Für den Schienenverkehr hat der obere Anhaltswert A_o für den Nachtzeitraum dabei nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten anzusehen sind. Für oberirdisch geführte Schienenverkehrswege gilt nachts:

$$A_o = 0.6 \text{ (gebietsunabhängig).}$$

Liegen jedoch nachts einzelne KB_{Fmax} - Werte über $A_o = 0.6$, so sind die Ursachen zu erforschen. Diese hohen KB_{Fmax} - Werte sind bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} mit zu berücksichtigen.

Für die Erschütterungen aus dem Betrieb der Straßenbahn sind die Sonderregelungen für den Schienenverkehr unter Berücksichtigung des den ÖPNV zu berücksichtigen. Damit sind bei der Beurteilung die um einen Faktor 1.5 erhöhten Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 anzusetzen.

Bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} für den Schienenverkehr werden die Zuschläge für Ruhezeiten nicht angewandt.

Für den Straßenverkehr gelten die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2, die Zuschläge für Ruhezeiten sind nicht anzusetzen.

Zur Beurteilung der KB-Werte ist die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} mit den Anhaltswerten A_u (unterer Anhaltswert) und A_r für neu zu bauende Bahnanlagen und städtebauliche Planungen nach der folgenden Methodik zu vergleichen:

- ist $KB_{Fmax} \leq A_u$, so ist die Anforderung der Norm eingehalten,
- Für häufigere Einwirkungen (und hierzu zählt in der Regel Schienenverkehr), bei denen KB_{Fmax} größer als A_u ist, ist ein weiterer Prüfschritt für die Entscheidung erforderlich, nämlich die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} . Ist KB_{FTr} nicht größer als der Anhaltswert A_r nach Tabelle 1 der DIN-Norm 4150, Teil 2, sind die Anforderungen der Norm ebenfalls eingehalten.

Das A_r -Kriterium dient einer angemessenen Beurteilung von häufig, aber unregelmäßig wiederkehrenden Erschütterungen; es entspricht dem Grundgedanken des Mittelungspegels beim Schall.

Analog zu den Regelungen der 16. BImSchV werden die Erschütterungen aus dem Straßenbahn- und dem Straßenverkehr jeweils für sich beurteilt.

5.2 Anforderungen sekundärer Luftschall

Das in der 16. BImSchV (Anlage 2 zu § 3) festgelegte Verfahren zur Ermittlung und Berechnung des Beurteilungspegels stellt allein auf den primären Luftschall ab. Entsprechende gesetzliche und normative Festlegungen zum sekundären Luftschall liegen derzeit nicht vor.

Einen Anhaltspunkt zur Beurteilung der Immissionen des sekundären Luftschalls bietet hier die VDI-2719². Danach sind für die möglicherweise vorgesehenen Nutzungen folgende Anhaltswerte für den Beurteilungspegel $L_{A,m}$ und den mittleren Maximalpegel L_{Amax} vorgesehen:

Tabelle 2:

Zulässige Innenpegel sekundärer Luftschall in Anlehnung an die VDI 2719 in dB (A)

Raumnutzung	Beurteilungspegel $L_{A,m}$	mittlerer Maximalpegel L_{Amax}
Räume, die überwiegend zum Schlafen genutzt werden	30	40
Wohnräume	40	50
Behandlungs- und Untersuchungsräume im Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	40	50
Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	45	55

² VDI-Richtlinie 2719 *Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen* (8/87)

6. Anforderungen Erschütterungen und sekundärer Luftschall für das Bauvorhaben

6.1 Anforderungen Erschütterungen für das Bauvorhaben

Da in der DIN 4150, Teil 2 für Flächen für Gemeinbedarf mit der Zweckbestimmung Museum im Sinne des BauGB keine Angaben vorliegen werden für das geplante Ausstellungszentrum entsprechend der Nutzung die Anhaltswerte nach Zeile 4 der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 für Wohngebiete zugrunde gelegt. Entsprechend der Nutzung als Ausstellungszentrum erfolgt die Beurteilung ausschließlich für den Tageszeitraum. Bei der Beurteilung sind dabei die Sonderregelungen für den Straßenbahn- bzw. den Straßenverkehr zu berücksichtigen

Tabelle 3: Anforderungsprofil Erschütterungen.

Anforderungen	DIN 4150, Teil 2 Straßenbahn unter Berücksichtigung ÖPNV
WA	Beurteilung nach Zeile 4 Tabelle 1 (WA): tags: $A_u = 0.225$, $A_r = 0.105$
Anforderungen	DIN 4150, Teil 2 Straßenverkehr
WA	Beurteilung nach Zeile 4 Tabelle 1 (WA): tags: $A_u = 0.15$, $A_r = 0.07$

6.2 Anforderungen sekundärer Luftschall

Bei der Beurteilung werden entsprechend der vorgesehenen Nutzungen die Pegel nach Tabelle 2 für Konferenz- und Vortragsräume zu Grunde gelegt.

7. Durchführung und Auswertung der Emissionsmessung

7.1. Datum

- 16.02.2016 von 12:30 – 17:00 Uhr.

7.2 Mess- und Auswertegeräte

- 9 Kanal - Schwingungsmesssystem BEITZER S9000;

Zur Messung der Erschütterungen werden Geophone eingesetzt, die nach elektrodynamischen Verfahren zur Schwinggeschwindigkeit proportionale

elektrische Werte liefern. Der Frequenzbereich der eingesetzten Geophone liegt zwischen 1 Hz und 320 Hz. Die Erschütterungssignale werden von einem Messrechner aufgezeichnet, die Auswertung erfolgt durch den Rechner.

Das eingesetzte Messsystem wird alle zwei Jahre durch den Hersteller überprüft und kalibriert. Die aktuelle Kalibrierung erfolgte im Oktober 2014

7.3 Messpunkte

Zur Bestimmung der auf das vorgesehene Baugelände einwirkenden Erschütterungsemissionen wurden auf dem vorgesehenen Baugelände Messungen durchgeführt.

Die Messungen wurden an sieben Messpunkten im Gelände durchgeführt. Die Lage der Messpunkte ist in dem Lageplan der Anlage A dargestellt und in den Bildern der Anlage M dokumentiert. Die Messpunkte wurden gleichmäßig über die der Straßenbahn bzw. der Straße nächstgelegenen vorgesehen Gebäudegrenze verteilt.

Die Geophone wurden auf dem Baugrund mittels eines Erdspießes angekoppelt.

Die Messungen wurden für die vertikale Messrichtung (z) durchgeführt.

7.4 Ablauf und Auswertung der Messung

Für die gemessenen Ereignisse (Zugvorbeifahrten) wurden folgende Informationen aufgezeichnet:

- per Protokoll:
 - Straßenbahn: Zugart, Gleis, Geschwindigkeit (Radarmessung), Zeitpunkt;
 - Straßenverkehr: Fahrzeugart, Zeitpunkt, Fahrspur, Straße, Fahrrichtung;
- per Computer:
 - zeitlicher Verlauf des Erschütterungssignals, Zeitpunkt.

Für jedes Ereignis wurde der zugehörige Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ für das Ereignis aus den aufgezeichneten Erschütterungssignalen bestimmt. Zusätzlich wurden Frequenzanalysen für das gemessene Schwinggeschwindigkeitssignal zur Bestimmung der Schwinggeschwindigkeitsspektren durchgeführt.

Die gefahrenen Geschwindigkeiten der Straßenbahn bzw. des Straßenverkehrs entsprachen den üblichen Geschwindigkeiten. Behinderungen, die zu einer Reduzierung der Geschwindigkeiten geführt haben könnten, lagen nicht vor.

Die Anzahl der für die jeweilige Ereignisgruppe (z.B. Straßenbahn Gleis 1 etc.) durchgeführten Messungen kann den Ergebnistabellen der Anlage E entnommen werden.

Die spektralen Schwingschnellepegel L_v [dB] werden nach folgender Beziehung bestimmt:

$$L_v = 20 \log [v_e/v_0]$$

v_e : Effektivwert der Schwingschnelle

v_0 : Schwingschnelle-Bezugsgröße, $5 \cdot 10^{-8}$ [m/s]

Die spektralen Schwingschnellepegel L_v nach obiger Funktion wurden mit dem Schwingungsmesssystem BEITZER S9000 nach dem Max-Hold Verfahren als Terzspektren aus dem während Messung aufgenommenen Zeitverlauf des Erschütterungssignals bestimmt. Dieses Auswerteverfahren entspricht von der Zeitbewertung her dem Verfahren, das bei der Bestimmung des KB_{Fmax} – Wertes angewandt wird.

7.5 Darstellung der Messergebnisse

Die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen sind für die untersuchten Messpunkte und Ereignisgruppen (Zugart und Gleis) in den Tabellen der Anlage E aufgeführt. In den Tabellen sind aufgeführt:

- der KB_{Fmax} – Wert, für das gemessene Ereignis;
- Uhrzeit der Messung;
- die minimalen und maximalen Werte KB_{Fmax} je Ereignisgruppe;
- der quadratische Mittelwert (Effektivwert) $\langle KB_{Fmax} \rangle$ aus den für die jeweiligen Ereignisgruppen gemessenen Werten für KB_{Fmax} mit der Standardabweichung s .

Die Terzspektren für den Pegel der Schwinggeschwindigkeit L_v für die Messpunkte-

und Richtungen werden als energetischer Mittelwert, über die für die jeweilige Ereignisgruppe bestimmten Spektren berechnet. Über die Messpunkte wurde wie folgt gemittelt:

- Mittelwert MP Az/Bz im Bereich der Kurve (Kavalier-/Friedrichstrasse);
- Mittelwert MP Cz/Dz im Bereich vor der Kurve (Kavalier-/Friedrichstrasse);
- Mittelwert MP Ez/Fz/Gz im Bereich Kavalierstrasse;

Die frequenzabhängige Darstellung ist für die o.g. Mittelwerte in den Diagrammen der Anlage D dargestellt.

8. Prognoseverfahren zur Ermittlung der Erschütterungen

Ziel der Erschütterungsprognose ist die Ermittlung der in geplanten Ausstellungszentrum zu erwartenden Erschütterungsimmissionen und des damit verbundenen Sekundären Luftschalls aus der Straßenbahn und dem Straßenverkehr.

Die Werte für die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen werden rechnerisch auf Basis der prognostizierten Immissionsspektren der Schwinggeschwindigkeit ermittelt. Ausgewertet wird der Frequenzbereich von 1 – 400 Hz.

Bei der hier durchgeführten Erschütterungsprognose werden Messergebnisse rechnerisch verarbeitet. Das schwingungstechnische Gesamtsystem von der Erschütterungsquelle bis zum Immissionsort wird dabei in mehrere entkoppelte Teilsysteme unterteilt:

- a. Emissionsquelle mit der Ankopplung an den Erdboden
- b. Ausbreitung der Erschütterungen im Erdboden bis vor das Gebäude
- c. Übergang der Erschütterungen vom Erdboden auf das Gebäudefundament
- d. Übergang der Erschütterungen vom Gebäudefundament auf die Geschossdecke(n).

Für die Ermittlung der zukünftigen Schwingungsimmissionen sind demnach folgende Kenngrößen erforderlich:

- (1) Die Spektren der Erschütterungsimmissionen der Ereignisklassen (Straßenbahn, Straßenverkehr) auf dem Baugelände. Diese wurden bei den

durchgeführten Emissionsmessungen ermittelt. Hier ist der Einfluss der Teilsysteme a und b enthalten. Hier wird bei der Berechnung der Mittelwert über alle Messpunkte zu Grunde gelegt.

(2) Schwingungsausbreitung vom Baugrund auf die Geschossdecken des Gebäudes:

Bestimmend für den Übergang der Schwingungen vom Fundament auf die Geschossdecken sind deren Eigenfrequenzen und Dämpfung. Hier werden die für das Bauvorhaben zu erwartenden Eigenfrequenzen von 8 – 40 Hz angenommen. Die entsprechenden Übertragungsfunktionen beruhen auf statistischen Ermittlungen und sind dem Leitfaden Körperschall und Erschütterung der DB AG entnommen. In diesen Übertragungsfunktionen ist der Einfluss der Teilsysteme c und d enthalten.

(3) Sekundärer Luftschall:

Die Pegel für den sekundären Luftschall werden nach einem empirischen Ansatz (Leitfaden Körperschall und Erschütterung der DB AG) berechnet. Als Ausgangsgröße dient der Schwinggeschwindigkeitspegel L_v , der für die Schwingung des Fußbodens im untersuchten Raum repräsentativ ist. Durch A-Bewertung und energetische Addition aller Terzpegel im Frequenzbereich von 20 Hz bis 400 Hz wird der Gesamtpegel gebildet. Der Pegel des sekundären Luftschalls ergibt sich über spezielle Zusammenhänge in Abhängigkeit der Art des Deckenaufbaus. Eine Berechnung für den sekundären Luftschall wurde dabei nur für die Deckeneigenfrequenz von 40 Hz vorgenommen. Bei den darunter liegenden Deckeneigenfrequenzen sind geringere Werte zu erwarten

Durch Addition der oben beschriebenen Spektren ergibt sich nunmehr das zukünftig zu erwartende Immissionsspektrum der Erschütterungen bzw. der Pegel des Sekundären Luftschalls.

Die Ergebnisse sind in der Anlage P für die Deckeneigenfrequenzen von 8 – 40 Hz aufgeführt. In dem Diagramm der Anlage P1 ist die Berechnung für eine Deckeneigenfrequenz von 8 und 12.5 Hz für Straßenbahn Gleis 1 exemplarisch dargestellt.

9. Berechnung der Beurteilungsgrößen

9.1 Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke

Bei Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTTr} ist neben den gemessenen Mittelwerten für $\langle KB_{Fmax} \rangle$ auch die Anzahl der Ereignisse für den Tag- und Nachtzeitraum mit zu berücksichtigen. Die entsprechenden Ausgangsdaten sind in der Tabelle zur Darstellung der Ergebnisse der Prognoseberechnung aufgeführt. Das Betriebsprogramm ist in der Anlage P zur Berechnung der Beurteilungsschwingstärke und Ergebnisdarstellung enthalten.

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTTr} wird für den Schienen- und den Straßenverkehr nach folgender Beziehung ermittelt:

$$KB_{FTTr} = \sqrt{\frac{1}{N_r} \cdot \sum_{j=1}^L (M_j \cdot KB_{FTmj}^2)}$$

N_r : Anzahl der 30 – Sekunden – Takte im Beurteilungszeitraum;
tags $N_r = 1920$ Takte
nachts $N_r = 960$ Takte

KB_{FTmj} : Taktmaximal-Effektivwerte der Zugklasse j, entspricht dem für die Zugklasse aus den KB_{Fmax} der einzelnen Vorbeifahrten berechneten quadratischen Mittelwert $\langle KB_{Fmax} \rangle$.

M_j : Anzahl der durch die Zugklasse j während der Beurteilungszeit belegten Takte.

L: Anzahl der unterschiedlichen Zugklassen.

Der quadratische Mittelwert (Effektivwert) $\langle KB_{Fmax} \rangle$ für die jeweilige Ereignisklasse wird aus den Prognoseberechnungen ermittelt.

Die Zugzahlen für die Straßenbahn beruhen auf Mitteilung des Verkehrsbetreibers DVV (v. 07.03.2016) und auf Auswertung der Fahrpläne der Linien 1 und 3.

Die Angaben zum Straßenverkehr der benachbarten Straßen erfolgt auf Grundlage von Verkehrsmengenangaben der STADT DESSAU-Roßlau. Dabei ist für den „Planfall“ der „Netzfall 16“ zu Grunde zu legen, der die Teilentlastung der *Kavalierstraße* – vor Fertigstellung der Ostrandstraße – einschließlich des mit dem Ausstellungszentrum neu entstehenden Ziel- und Quellverkehrs berücksichtigt. Darüber hinaus wird zum Vergleich die auf Ergebnissen einer Verkehrszählung beruhenden „Bestandssituation“ („Ist-Situation 2014“), unter Beachtung der derzeitigen Verkehrsführung, gegenübergestellt.

Diese Angaben umfassen den gesamten LKW – Verkehr und damit auch kleinere Fahrzeuge. Für Erschütterungen aus dem Straßenverkehr ist jedoch nur der Anteil des Schwerlastverkehrs von über 12 t relevant. Dieser Anteil kann im Allgemeinen mit bis zu 20 % des gesamten LKW – Verkehrs angegeben werden. Dieser % - Anteil wird i.d.R. auch bei vergleichbaren Untersuchungen berücksichtigt.

Danach ist für den Bereich des hier untersuchten Gebäudes mit folgenden Verkehrszahlen für den Schwerlastverkehr (> 12 t) Verkehr im beurteilungsrelevanten Tageszeitraum zu rechnen:

Friedrichstrasse (Abschnitt 3 siehe Anlage A):

Istzustand 2014:

Tageszeitraum (6:00 – 22:00 Uhr) 37 LKW- und Busvorbeifahrten

Planfall:

Tageszeitraum (6:00 – 22:00 Uhr) 46 LKW- und Busvorbeifahrten

Kavalierstrasse (Abschnitt 2 siehe Anlage A):

Istzustand 2014:

Tageszeitraum (6:00 – 22:00 Uhr) 141 LKW- und Busvorbeifahrten

Planfall:

Tageszeitraum (6:00 – 22:00 Uhr) 46 LKW- und Busvorbeifahrten

Diese Zahlen werden bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke für den Schwerlastverkehr konservativ zugrunde gelegt.

9.2 Berechnung der Beurteilungspegel sekundärer Luftschall

Der bei der Beurteilung maßgebende Beurteilungspegel L_m -Tag/Nacht für den betrachteten Raum wird gemäß folgender Gleichung berechnet:

$$\text{Tag:} \quad L_{m\text{-tag}} = L_{\text{sek}} + 10 \log \frac{t_{\text{zug}} * N_t}{57600} \text{ [dB(A)]}$$

$$\text{Nacht:} \quad L_{m\text{-nacht}} = L_{\text{sek}} + 10 \log \frac{t_{\text{zug}} * N_n}{28800} \text{ [dB(A)]}$$

N_t : Anzahl Zugereignisse Tag (Zeitraum 6:00 bis 22:00 Uhr)

N_n : Anzahl Zugereignisse Nacht (Zeitraum 22:00 bis 6:00 Uhr)

t_{zug} : Einwirkungsdauer der Zugvorbeifahrt

10. Ergebnisse der Prognoseberechnung und Beurteilung

Für das Bauvorhaben wurden bei der Prognoseberechnung folgende Randbedingungen zugrunde gelegt:

- Unterkellertes Gebäude;
- maximal zwei Geschosse (ohne Kellergeschosse);
- Betondecke (Deckenstärke 18 cm) für Deckeneigenfrequenzen von 8 – 40 Hz;
- Eine Berechnung für den sekundären Luftschall wurde nur für die Deckeneigenfrequenz von 40 Hz vorgenommen. Bei den darunter liegenden Deckeneigenfrequenzen sind geringere Werte zu erwarten.

Die oben angenommenen Randbedingungen beziehen sich auf Gebäude in üblicher Ausführung. Eventuelle Besonderheiten des geplanten Ausstellungszentrums sind nicht berücksichtigt, da hier noch keine entsprechenden Angaben vorliegen.

Beurteilung der Einwirkung von Erschütterungen

In den Tabellen der Anlage P sind die Ergebnisse der auf Grundlage der durchgeführten Emissionsmessungen und unter Berücksichtigung der oben dargestellten Randbedingungen durchgeführten Prognoseberechnung in Abhängigkeit von der Eigenfrequenz und Zugklasse dargestellt. In der Tabelle sind folgende Angaben enthalten:

- Der quadratische Mittelwert $\langle KB_{Fmax} \rangle$ (Effektivwert) der Ereignisgruppe für jede Deckeneigenfrequenz;
- die bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke zugrunde gelegten Verkehrszahlen (Tag) der jeweiligen Straßenbahn/Schwerlastverkehr;
- die aus den Werten $\langle KB_{Fmax} \rangle$ der Zugklassen und den Zugzahlen des Betriebsprogramms berechnete Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} für die untersuchten Deckeneigenfrequenzen;
- Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 2;
- Beurteilung nach DIN 4150, Teil 2, für den Tages- und Nachtzeitraum nach Zeile 3 für MI, und nach Zeile 4 für WA.

In der nachfolgenden Tabelle sind die für die Beurteilung maßgebenden Werte der

Beurteilungs-Schwingstärke und die sich daraus ergebende Beurteilung für die in Abhängigkeit von der Deckeneigenfrequenz für das geplante Ausstellungszentrum für eine Beurteilung als Wohngebiet angegeben. Bereiche für die die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 nicht eingehalten werden, sind grau unterlegt.

Tabelle 4: Prognose und Beurteilung nach DIN 4150, Teil 2, Straßenbahn, Beurteilung nach Zeile 4 von Tabelle 1 DIN 4150 Wohngebiet unter Berücksichtigung Sonderregeln ÖPNV

Eigenfrequenz Decke [Hz]	Prognose Erschütterung Betondecke Tag 6:00 – 22:00 Uhr	
	KB _{FTR} Tag	Anforderungen DIN 4150 Teil 2 tags eingehalten ja/nein A _r = 0.105
8	0.036	ja
10	0.056	ja
12.5	0.068	ja
16	0.057	ja
20	0.045	ja
25	0.041	ja
31.5	0.041	ja
40	0.044	ja

Tabelle 5: Prognose und Beurteilung nach DIN 4150, Teil 2, Straßenverkehr, Beurteilung nach Zeile 4 von Tabelle 1 DIN 4150 Wohngebiet Istzustand 2014

Eigenfrequenz Decke [Hz]	Prognose Erschütterung Betondecke Tag 6:00 – 22:00 Uhr	
	KB _{FTR} Tag	Anforderungen DIN 4150 Teil 2 tags eingehalten ja/nein A _r = 0.075
8	0.043	ja
10	0.067	ja
12.5	0.073	ja*
16	0.055	ja
20	0.033	ja
25	0.024	ja
31.5	0.021	ja
40	0.018	ja

)* im Rahmen der Messgenauigkeit von 15 % eingehalten

Tabelle 6: Prognose und Beurteilung nach DIN 4150, Teil 2, Straßenverkehr, Beurteilung nach Zeile 4 von Tabelle 1 DIN 4150 Wohngebiet Planfall

Eigenfrequenz Decke [Hz]	Prognose Erschütterung Betondecke Tag 6:00 – 22:00 Uhr	
	KB _{FTR} Tag	Anforderungen DIN 4150 Teil 2 tags eingehalten ja/nein A _r = 0.075
8	0.029	ja
10	0.046	ja
12.5	0.050	ja
16	0.038	ja
20	0.023	ja
25	0.017	ja
31.5	0.015	ja
40	0.013	ja

In der Zusammenfassung lassen sich unter Bezug auf die durchgeführten Prognoseberechnungen folgende Aussagen in Hinsicht auf die Einwirkung von Erschütterungen für das geplante Ausstellungszentrum machen:

- Die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 für Wohngebiete für das Ausstellungszentrum werden für alle untersuchten Deckeneigenfrequenzen für Erschütterungen aus dem Betrieb der Straßenbahn eingehalten.
- Für die Erschütterungen aus dem Strassenverkehr (Schwerlastverkehr / Busse) werden die Anforderungen sowohl für den Istzustand 2014 als auch den Planfall eingehalten.
- Bei den vorgenommenen Bewertungen ist zu beachten, dass sowohl der Oberbau der Straßenbahn als auch der Zustand der Straße in einem Unterhaltungszustand waren, bei dem höhere Erschütterungen die Folge sind. Nach Ausführung der Maßnahmen zum Planfall sind hier auf Grund des neuen Oberbaus der Straßenbahn sowie der neuen Fahrbahnoberfläche der Straße i.V. mit der niedrigeren Fahrgeschwindigkeit geringere Erschütterungen zu erwarten.
- Bezogen auf die Ergebnisse der Prognose ist festzustellen, dass diese für einen Massivbau in üblicher Ausführung berechnet wurden. Mögliche Abweichungen von einer üblichen Bauweise die Aufgrund des Entwurfes zu erwarten sind, konnten hier nicht berücksichtigt werden. Auch wenn die

Ergebnisse erwarten lassen das die Anforderungen für das Ausstellungszentrum eingehalten werden, sollte die Ergebnisse nach Vorliegen der Tragwerksplanung überprüft werden. Sinnvollerweise sollten im Rahmen der Tragwerksplanung auch die für das Gebäude zu erwartenden Eigenfrequenzen ermittelt werden.

Beurteilung sekundärer Luftschall

Die Beurteilung für den sekundären Luftschall wird nur für die Straßenbahn vorgenommen, da aus dem Straßenverkehr keine beurteilungsrelevanten Immissionen des sekundären Luftschalls in dem geplanten Ausstellungszentrum zu erwarten sind, da hier in den höheren Frequenzbereichen ab 30 Hz sehr geringe Werte vorliegen.

Die Berechnung des Beurteilungspegels für den sekundären Luftschall wurde daher nur für die Straßenbahn für den ungünstigsten Fall vorgenommen. D.h. es wurde der höchste Wert für den Vorbeifahrpegel aus Gleis 1 zu Grunde gelegt. Der höchste Werte für den Vorbeifahrtpegel liegt bei einer Deckeneigenfrequenz von 40 Hz bei 39 dB(A). Bei Berechnung des Beurteilungspegels wurde für die Straßenbahn eine Vorbeifahrzeit von 30 s über das gesamte Gebäude angenommen. Der mittlere Maximalpegel beträgt $L_{\text{amax}} = 46 \text{ dB(A)}$. Der ermittelte Beurteilungspegel für den Sekundären Luftschall und dessen Beurteilung ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 7: Prognose und Beurteilung sekundärer Luftschall Beurteilungspegel $L_{A,m}$

Beurteilung sekundärer Luftschall Beurteilungspegel			
Eigenfrequenz Decke [Hz]	Beurteilungspegel sekundärer Luftschall Tag $L_{A,m}$ [dB(A)]	Anhaltswert $L_{A,m}$ [dB(A)] Tag	Anforderungen sekundärer Luftschall Tag erfüllt ja / nein
40 Hz	31	45	ja

Die Anforderungen für den Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls werden für die angenommene Nutzung als Konferenz- und Vortragsräume eingehalten.

Der nachfolgenden Tabelle ist die Beurteilung für den mittleren Maximalpegel L_{max} für Wohnräume entnehmen.

Tabelle 8: Prognose und Beurteilung sekundärer mittlerer Maximalpegel $L_{\max}$

Beurteilung sekundärer Luftschall Beurteilungspegel Deckeneigenfrequenz 50 Hz			
Nutzung	Mittlerer Maximalpegel sekundärer Luftschall $L_{\max}$ [dB(A)]	Anhaltswert $L_{A,m}$ [dB(A)]	Anforderungen sekundärer Luftschall Tag/ Nacht erfüllt ja / nein
Konferenz- und Vortragsräume	46	55	ja

Die auf die Einwirkung des sekundären Luftschalls bezogenen Anforderungen werden eingehalten.

Bezogen auf die Ergebnisse der Prognose für den sekundären Luftschall ist festzustellen, dass diese für einen Massivbau in üblicher Ausführung berechnet wurden. Dabei wurden nur die in geschlossenen Innenräumen zu erwartenden Pegel für den sekundären Luftschall für die maximale zu erwartende Deckeneigenfrequenz von 40 Hz berechnet.

Um die möglichen Auswirkungen für den von der vorgesehen Glasfassade umschlossenen Bereich zu ermitteln, wurde eine Berechnung für eine Eigenfrequenz von 80 Hz, bei der die höchsten Werte für den Sekundären Luftschall zu erwarten sind durchgeführt. In den nachfolgenden Tabellen sind die Ergebnisse dargestellt.

Tabelle 9: Prognose und Beurteilung sekundärer Luftschall Beurteilungspegel $L_{A,m}$ für Glasfassade Eigenfrequenz 80 Hz

Beurteilung sekundärer Luftschall Beurteilungspegel			
Eigenfrequenz Decke [Hz]	Beurteilungspegel sekundärer Luftschall Tag $L_{A,m}$ [dB(A)]	Anhaltswert $L_{A,m}$ [dB(A)] Tag	Anforderungen sekundärer Luftschall Tag erfüllt ja / nein
40 Hz	35	45	ja

Die Anforderungen für den Beurteilungspegel des sekundären Luftschall werden für die angenommene Nutzung als Konferenz- und Vortragsräume eingehalten.

Der nachfolgenden Tabelle ist die Beurteilung für den mittleren Maximalpegel $L_{\max}$ für den von der Glassfassade umschlossenen Bereich entnehmen.

Tabelle 10: Prognose und Beurteilung sekundärer mittlerer Maximalpegel L_{max} für Glasfassade
Eigenfrequenz 80 Hz

Beurteilung sekundärer Luftschall Beurteilungspegel Deckeneigenfrequenz 50 Hz			
Nutzung	Mittlerer Maximalpegel sekundärer Luftschall L_{max} [dB(A)]	Anhaltswert $L_{A,m}$ [dB(A)]	Anforderungen sekundärer Luftschall Tag/ Nacht erfüllt ja / nein
Konferenz- und Vortragsräume	51	55	ja

Auch wenn die Ergebnisse erwarten lassen das die Anforderungen Sekundärer Luftschall für das Ausstellungszentrum eingehalten werden, sollten die Ergebnisse nach Vorliegen der Ausführungsplanung überprüft werden.

11. Zusammenfassung und Hinweise für die Ausführung

In der Zusammenfassung ist festzustellen:

- Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der auf Grundlage der durchgeführten Messungen durchgeführten Prognoseberechnungen für die in dem vorgesehenen Ausstellungszentrum zu erwartenden Erschütterungen und des damit verbundenen Sekundären Luftschalls ist zu erwarten, dass die gestellten Anforderungen eingehalten werden. Zu den Ergebnissen ist weiter festzustellen, das sowohl der Oberbau der Straßenbahn als auch die Fahrbahnoberflächen der umgebenden Straßen in einem Unterhaltungszustand waren, der höhere Werte zur Folge hat. Nach der vorgesehen Erneuerung dieser Verkehrsanlagen sind hier auf jeden Fall geringere Werte zu erwarten. Die in diesem Gutachten ermittelten Werte und darauf beruhenden Beurteilungen stellen damit den ungünstigsten Fall dar. Aus der Verlegung der Haltestelle in den Bereich der Kavalierstraße sind keine Auswirkungen zu erwarten, da aus den Brems- bzw. Anfahrvorgängen keine höheren Erschütterungsemissionen als aus dem Fahrbetrieb zu erwarten sind.
- Da für das geplante Ausstellungszentrum zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens keine Ausführungsplanung vorlag, sind die Ergebnisse mit einer gewissen Einschränkung verbunden. Nach Vorlage der Ausführungsplanung sollten die Ergebnisse der Prognose überprüft werden. Dabei sind im

Rahmen der Tragwerksplanung die für das geplante Ausstellungszentrum zu erwartenden Eigenfrequenzen zu ermitteln.

- Nach Fertigstellung des Ausstellungszentrums sollten die in der Prognose ermittelten Werte messtechnisch überprüft werden.

Bonk-Maire-Hoppmann GbR

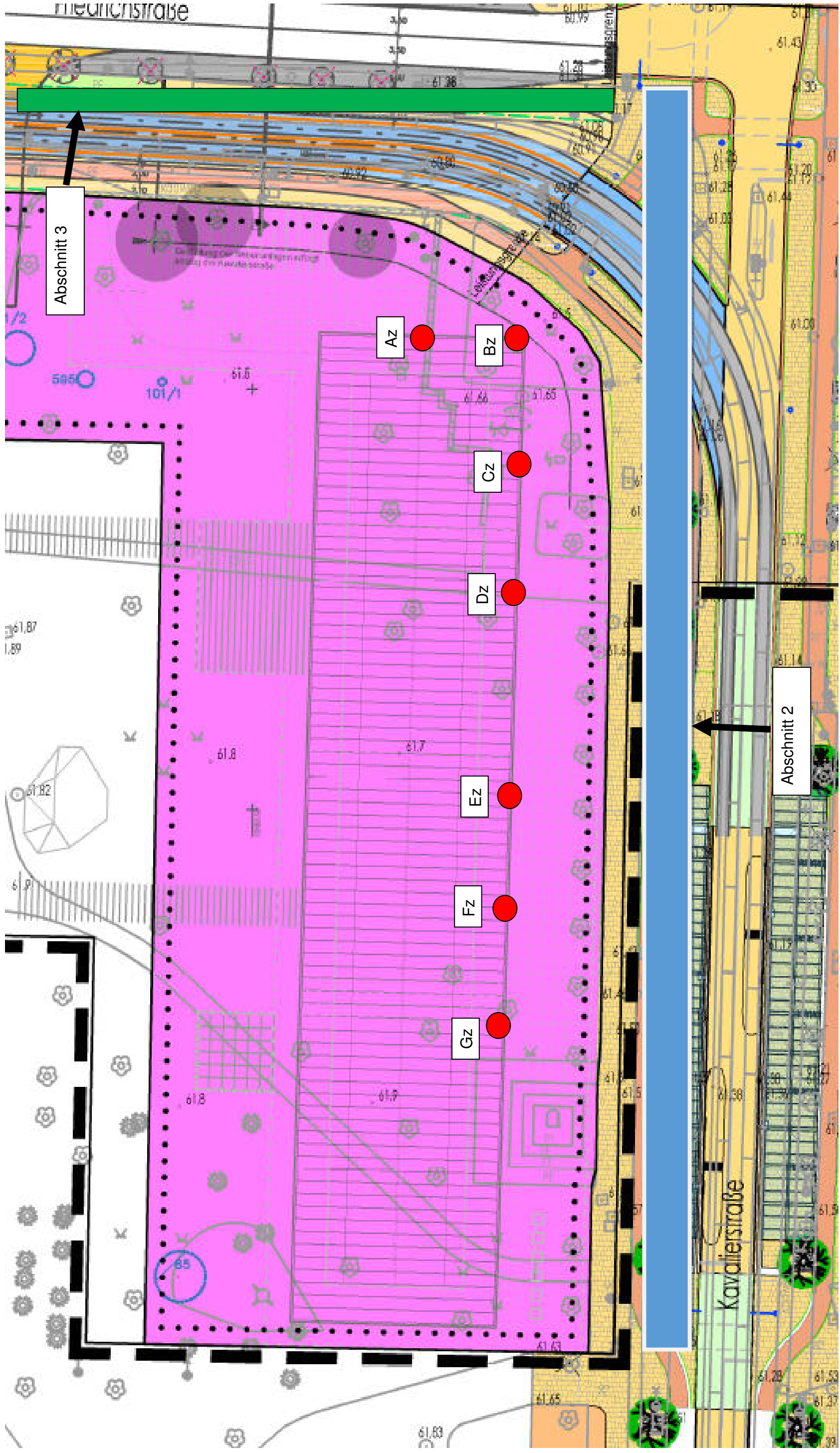


(Dipl.-Phys. M. Krause)

Quellen, Richtlinien, Verordnungen

- ◇ Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26.09.2002, zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18.12.2006 (BGBl. I S. 3180), zuletzt geändert am 13.10.2007
- ◇ DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen,
 - Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung; Juni 2001;
 - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden; Juni 1999;
 - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen; Februar 1999;
- ◇ DIN 45669 Messung von Schwingungsmissionen
 - Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung; Juni 1995
 - Teil 2: Messverfahren; Juni 1995
- ◇ „Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen“, Bericht Nr. 107, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein – Westfalen, 1992
- ◇ DIN 45672 Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen
 - Teil 1: Messverfahren; September 1991
 - Teil 2: Auswerteverfahren; September 1997
- ◇ Körperschall- und Erschütterungsschutz - Leitfaden für den Planer -Information Körperschall/Erschütterungen der Deutschen Bahn AG; August 1996 (Berichtigt: Februar 1999)
- ◇ Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12.06.1990, veröffentlicht im Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1990, Teil 1, zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes (BImSchG) vom 18.12.2006 (BGBl. I S. 3180)
- ◇ VDI-Richtlinie 2719 Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen (8/87)

14146/e: Erschütterungstechnische Untersuchung B-Plan Nr. 220 der Stadt Dessau-Rosslau: Grundriss geplanter Museumsbau / Lage Messpunkte / Abschnitte Strassenverkehr



14146/e	Erschütterungstechnische Untersuchung Bebauungsplan Nr. 220 der Stadt Dessau-Rosslau	Anlage M Blatt 1
---------	--	---------------------

Messpunktbeschreibung DESSAU_1

Adresse : Dessau Gelände Bebauungsplan Nr. 220

Beschreibung der Messpunkte

MP Az/Bz/Cz/Dz/Ez/Fz/Gz vertikale Geländemesspunkte; Lage siehe Plan Anlage A



Messort DESSAU_1: MP Az

14146/e

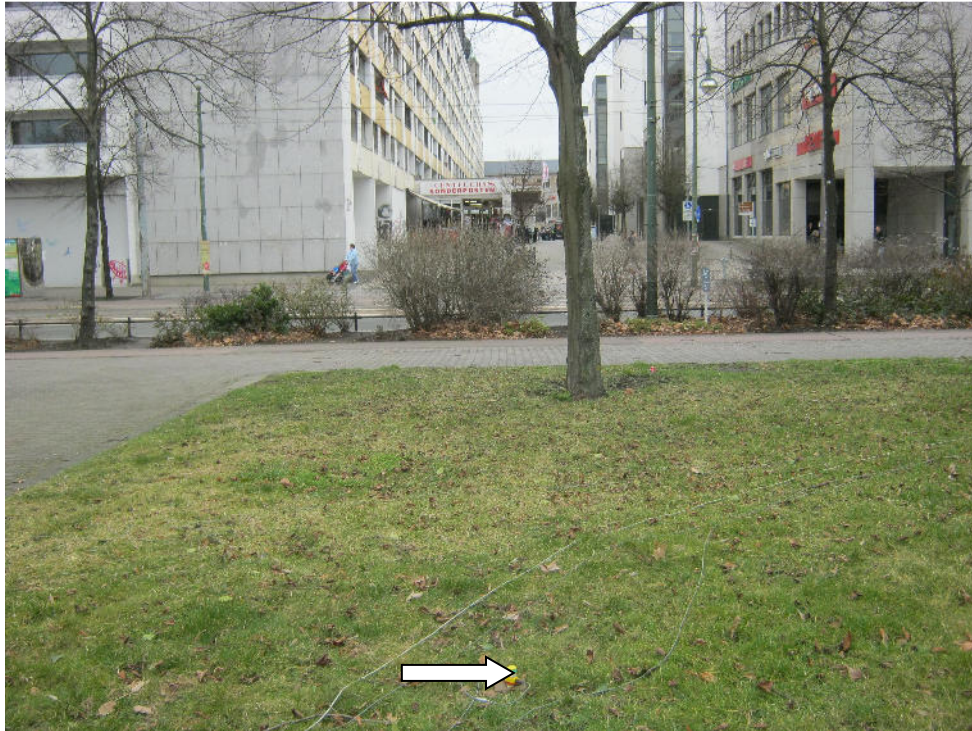
Erschütterungstechnische
Untersuchung Bebauungsplan
Nr. 220 der Stadt Dessau-RosslauAnlage M
Blatt 2

Messort DESSAU_1: MP Bz



Messort DESSAU_1: MP Cz

14146/e

Erschütterungstechnische
Untersuchung Bebauungsplan
Nr. 220 der Stadt Dessau-RosslauAnlage M
Blatt 3

Messort DESSAU_1: MP Dz



Messort DESSAU_1: MP Ez

14146/e

Erschütterungstechnische
Untersuchung Bebauungsplan
Nr. 220 der Stadt Dessau-RosslauAnlage M
Blatt 4

Messort DESSAU_1: MP Fz



Messort DESSAU_1: MP Gz

14146/e

Erschütterungstechnische
Untersuchung Bebauungsplan
Nr. 220 der Stadt Dessau-RosslauAnlage M
Blatt 5

Messort DESSAU_1: Gesamtansicht Gelände



Messort DESSAU_1: Zustand Schiene (Schienenbruch im Scheitelpunkt Kurve)

14146/e

Erschütterungstechnische
Untersuchung Bebauungsplan
Nr. 220 der Stadt Dessau-RosslauAnlage M
Blatt 6

Messort DESSAU_1: Zustand Schiene Kurve

14146/e: Erschütterungstechnische Untersuchung B-Plan "Bauhausmuseum Dessau"													
Messort DESSAU_1: Dessau, Plangelände Bauhausmuseum, Messung am 16.02.2016													
KB _{Fmax} - Werte Vorbeifahrten				Gleis 1				Zugart: NGT 6					
Nr.	UHRZEIT	Kommentar	v [km/h]	Kanal 6 MP Az	Kanal 1 MP Bz	Kanal 2 MP Cz	Kanal 3 MP Dz	Kanal 7 MP Ez	Kanal 8 MP Fz	Kanal 9 MP Gz	MW Az/Bz	MW Cz/Dz	MW Ez/Fz/Gz
8	12:36	sb gl.1		0.08	0.13	0.05	0.06	0.03	0.03	0.03	0.11	0.06	0.03
12	12:42	sb gl.1		0.09	0.12	0.09	0.11	0.11	0.23	0.19	0.10	0.10	0.18
16	12:50	sb gl.1		0.11	0.12	0.06	0.08	0.06	0.11	0.12	0.12	0.07	0.10
21	13:05	sb gl.1 31 km/h	31	0.09	0.13	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.11	0.08	0.08
28	13:16	sb gl.1 26 km/h	26	0.07	0.11	0.06	0.07	0.03	0.04	0.05	0.09	0.06	0.04
34	13:31	sb gl.1 29 km/h	29	0.08	0.13	0.07	0.06	0.06	0.11	0.10	0.11	0.06	0.09
36	14:17	sb gl.1 34 km/h	34	0.07	0.12	0.06	0.02	0.03	0.05	0.07	0.10	0.04	0.05
40	14:31	sb gl.1 26 km/h	26	0.06	0.10	0.05	0.08	0.05	0.04	0.05	0.08	0.06	0.05
44	14:46	sb gl.1 30 km/h	30	0.07	0.11	0.05	0.07	0.03	0.03	0.06	0.09	0.06	0.04
47	16:06	sb gl.1 28 km/h	28	0.07	0.11	0.05	0.08	0.04	0.04	0.06	0.09	0.07	0.04
49	16:17	sb gl.1 32 km/h	32	0.08	0.12	0.06	0.07	0.05	0.07	0.08	0.10	0.06	0.07
58	16:41	sb gl.1 22 km/h	22	0.07	0.10	0.05	0.07	0.04	0.03	0.07	0.09	0.06	0.05
59	16:46	sb gl.1		0.06	0.13	0.05	0.08	0.03	0.03	0.03	0.10	0.06	0.03
61	16:50	sb gl.1 34 km/h	34	0.08	0.11	0.09	0.09	0.08	0.11	0.12	0.09	0.09	0.11
63	17:01	sb gl.1 36 km/h	36	0.06	0.10	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.08	0.05	0.03
15	max-wert	Gleis 1 Zugart: NGT 6		0.11	0.13	0.09	0.11	0.11	0.23	0.19	0.12	0.10	0.18
	Min-wert			0.06	0.10	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.08	0.04	0.03
	Mittelwert	Gleis 1 Zugart: NGT 6		0.08	0.12	0.06	0.07	0.05	0.09	0.09	0.10	0.07	0.08
s				0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02

14146/e: Erschütterungstechnische Untersuchung B-Plan "Bauhausmuseum Dessau"
Messort DESSAU_11: Dessau, Plangelände Bauhausmuseum, Messung am 16.02.2016

KB _{Fmax} - Werte Vorbeifahrten													Gleis 2										Zugart: NGT 6										
					Kanal 6 MP Az	Kanal 1 MP Bz	Kanal 2 MP Cz	Kanal 3 MP Dz	Kanal 7 MP Ez	Kanal 8 MP Fz	Kanal 9 MP Gz	MW	Az/Bz	MW	Cz/Dz	MW	Ez/Fz/Gz																
Nr.	UHRZEIT	Kommentar																															
9	12:38	sb gl.2			0.07	0.08	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.04	0.03	0.04	0.04																
45	16:02	sb gl.2			0.06	0.09	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.08	0.08	0.03	0.03	0.03	0.03																
51	16:22	sb gl.2			0.10	0.12	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.11	0.11	0.03	0.03	0.03	0.04																
60	16:48	sb gl.2			0.07	0.09	0.04	0.03	0.02	0.03	0.05	0.08	0.08	0.03	0.03	0.03	0.04																
4	max-wert	Gleis 2 Zugart: NGT 6			0.10	0.12	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.11	0.11	0.04	0.03	0.04	0.04																
	Min-wert				0.06	0.08	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03																
	Mittelwert	Gleis 2 Zugart: NGT 6			0.08	0.09	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.09	0.09	0.03	0.03	0.03	0.04																
	s				0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02																
LKW / Bus																																	
KB _{Fmax} - Werte Vorbeifahrten																																	
					Kanal 6 MP Az	Kanal 1 MP Bz	Kanal 2 MP Cz	Kanal 3 MP Dz	Kanal 7 MP Ez	Kanal 8 MP Fz	Kanal 9 MP Gz	MW	Az/Bz	MW	Cz/Dz	MW	Ez/Fz/Gz																
Nr.	UHRZEIT	Kommentar																															
5	12:27	lkw k-strasse			0.03	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.06	0.04	0.06	0.03	0.03																
6	12:29	bus s1 f-str. in k-str.			0.05	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05																
13	12:44	lkw k-str s1			0.06	0.09	0.06	0.07	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07																
15	12:48	bus k-str. s2			0.04	0.06	0.05	0.08	0.10	0.10	0.11	0.05	0.05	0.07	0.07	0.10	0.10																
19	12:59	bus aus f-str. in k-str. spur 1			0.06	0.10	0.06	0.08	0.08	0.11	0.10	0.08	0.08	0.07	0.07	0.10	0.10																
22	13:07	bus k-str. s1			0.04	0.06	0.04	0.04	0.05	0.08	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.06																
23	13:08	lkw mit hänger sk-str. s1			0.06	0.07	0.09	0.11	0.06	0.10	0.10	0.07	0.07	0.10	0.10	0.09	0.09																
24	13:10	lkw mit hänger k-str. s2			0.12	0.16	0.15	0.12	0.11	0.14	0.16	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14																
25	13:11	lkw sattel k-str. s1			0.09	0.11	0.11	0.10	0.06	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08																
26	13:12	sb gl.1 + bus k-str			0.07	0.12	0.07	0.07	0.05	0.05	0.06	0.10	0.10	0.07	0.07	0.06	0.06																
30	13:23	lkw sattel k-str. s1			0.06	0.09	0.07	0.07	0.07	0.10	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.09																
43	14:43	sb gl.1 31 km/h gleich dahinter bus			0.09	0.12	0.06	0.07	0.05	0.06	0.08	0.10	0.10	0.06	0.06	0.07	0.07																
48	16:07	bus von f-str. in k-str. s1			0.09	0.08	0.08	0.09	0.07	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08																
53	16:29	bus k-str. s2			0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.10	0.12	0.07	0.07	0.08	0.08	0.10	0.10																
57	16:40	lkw sattel k-str.			0.08	0.09	0.08	0.08	0.10	0.13	0.18	0.09	0.09	0.08	0.08	0.14	0.14																
62	16:59	bus von f-str.in k-str. s1			0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05																
16	max-wert	LKW / Bus			0.12	0.16	0.15	0.12	0.11	0.14	0.18	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14																
	Min-wert				0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03																
	Mittelwert	LKW / Bus			0.07	0.09	0.08	0.08	0.07	0.09	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09																
	s				0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02																

14146/e: Erschütterungstechnische Untersuchung B-Plan "Bauhausmuseum Dessau"
Messort DESSAU_1: Dessau, Plangelände Bauhausmuseum, Messung am 16.02.2016

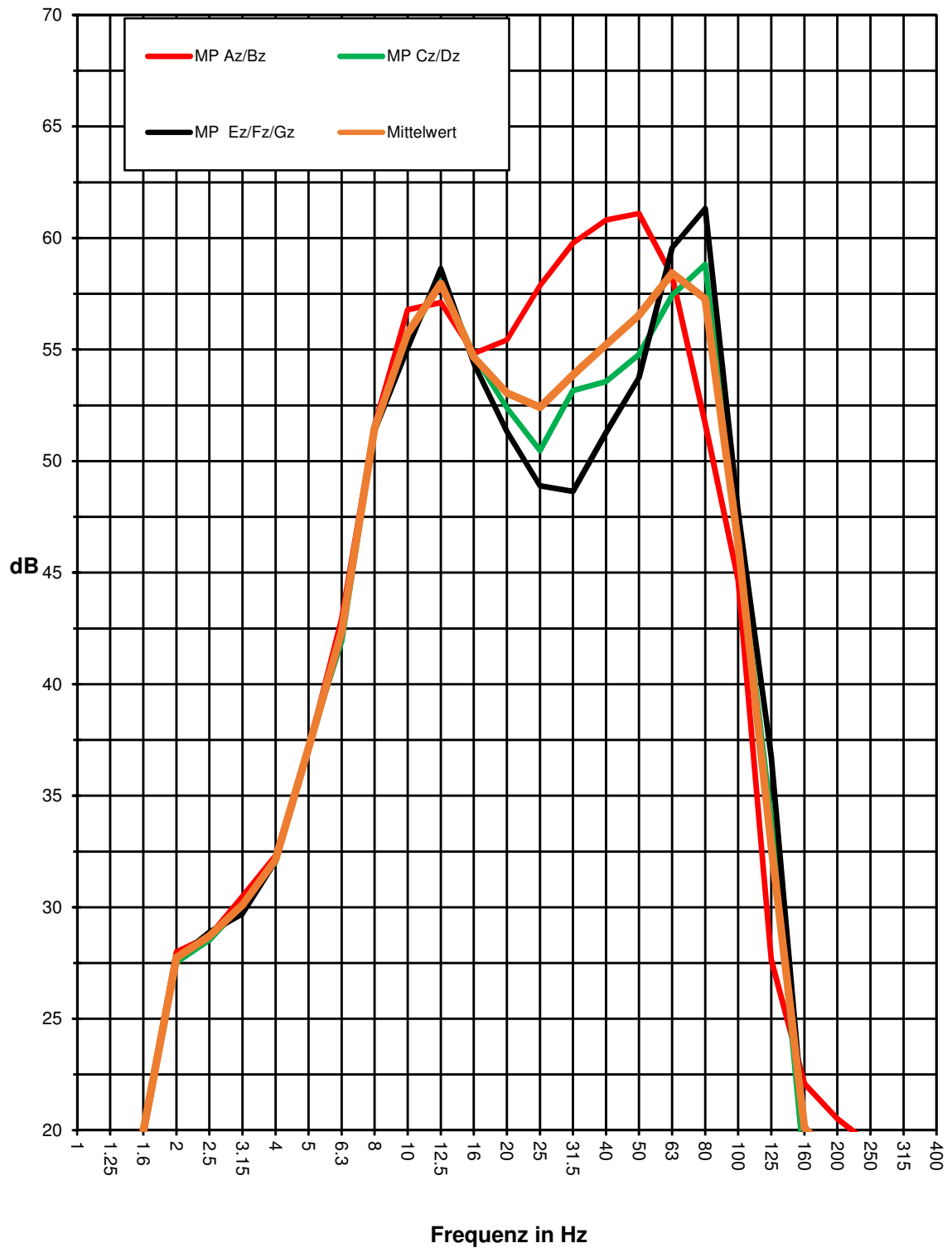
KB_{Fmax} - Werte Hintergrund

KB _{Fmax} - Werte Hintergrund			Hintergrund mit Straßenverkehr												
			Kanal 6	Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 7	Kanal 8	Kanal 9	MW	MW	MW			
Nr.	UHRZEIT	Kommentar	MP Az	MP Bz	MP Cz	MP Dz	MP Ez	MP Fz	MP Gz	Az/Bz	Cz/Dz	Ez/Fz/Gz			
3	12:21	hintergrund mit straßenverkehr	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03			
4	12:24	hintergrund mit straßenverkehr	0.07	0.07	0.09	0.11	0.12	0.12	0.13	0.07	0.10	0.13			
11	12:41	hintergrund mit verkehr	0.07	0.09	0.09	0.08	0.05	0.06	0.05	0.08	0.08	0.05			
18	12:57	hintergrund mit miv	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04			
27	13:14	hintergrund mit verkehr	0.12	0.13	0.11	0.14	0.16	0.15	0.20	0.12	0.13	0.17			
52	16:27	hintergrund mit verkehr	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.08	0.08	0.05	0.05	0.07			
6	max-wert	Hintergrund mit Straßenverkehr	0.12	0.13	0.11	0.14	0.16	0.15	0.20	0.12	0.13	0.17			
	Min-wert		0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03			
	Mittelwert	Hintergrund mit Straßenverkehr	0.07	0.08	0.07	0.09	0.09	0.09	0.11	0.07	0.08	0.10			
s			0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.06	0.02	0.02	0.02			

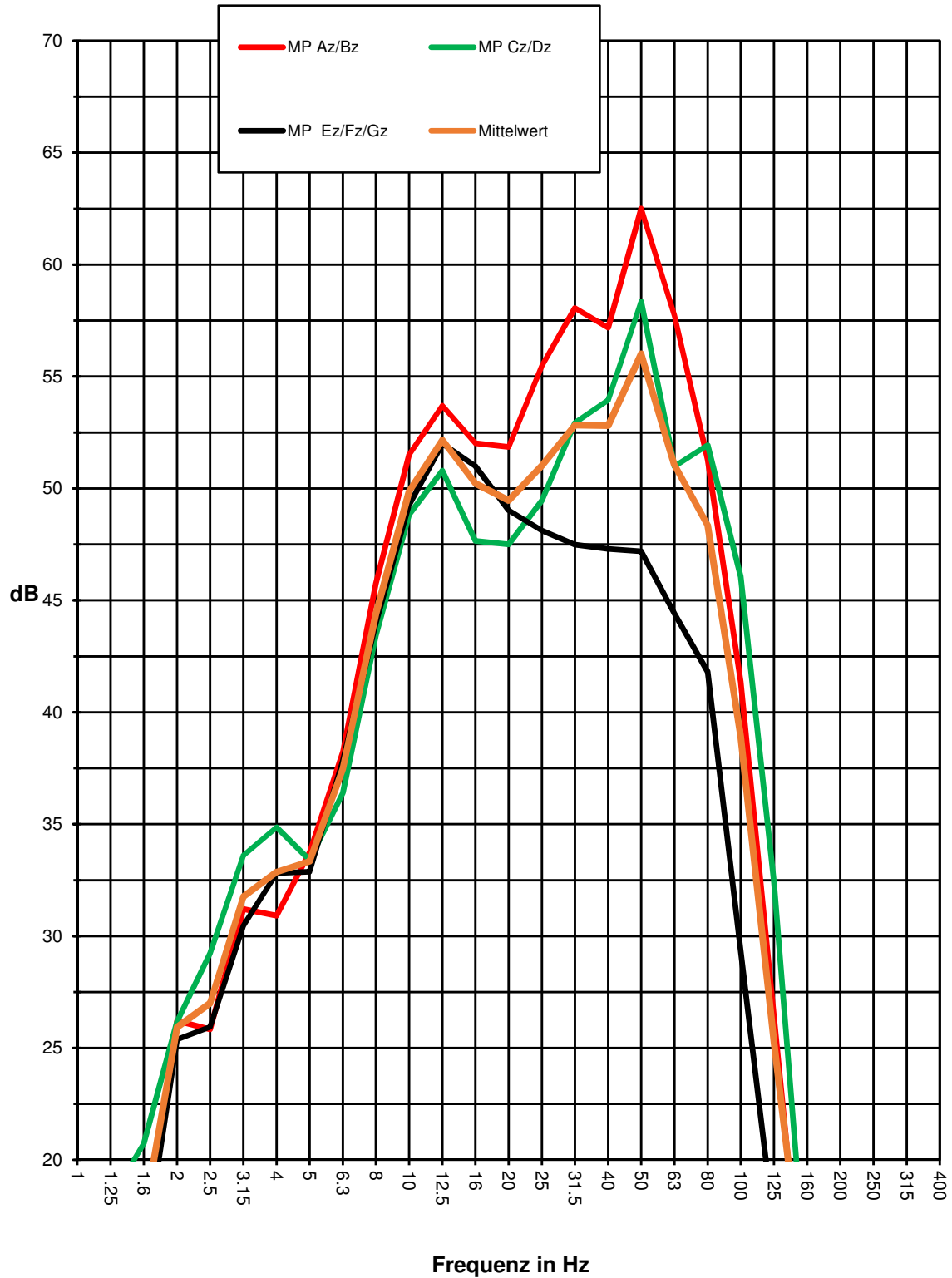
KB_{Fmax} - Werte Hintergrund

KB _{Fmax} - Werte Hintergrund										Hintergrund ohne Straßenverkehr										
			Kanal 6	Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 7	Kanal 8	Kanal 9	MW	MW	MW								
Nr.	UHRZEIT	Kommentar	MP Az	MP Bz	MP Cz	MP Dz	MP Ez	MP Fz	MP Gz	Az/Bz	Cz/Dz	Ez/Fz/Gz								
10	12:39	hintergrund ohne verkehr	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01								
17	12:55	hintergrund ohne verkehr	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01								
31	13:24	hintergrund ohne verkehr	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01								
56	16:38	hintergrund	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.06	0.03	0.03	0.05								
4	max-wert	Hintergrund ohne Straßenverkehr	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.06	0.03	0.03	0.05								
	Min-wert		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01								
	Mittelwert	Hintergrund ohne Straßenverkehr	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03								
s			0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02								

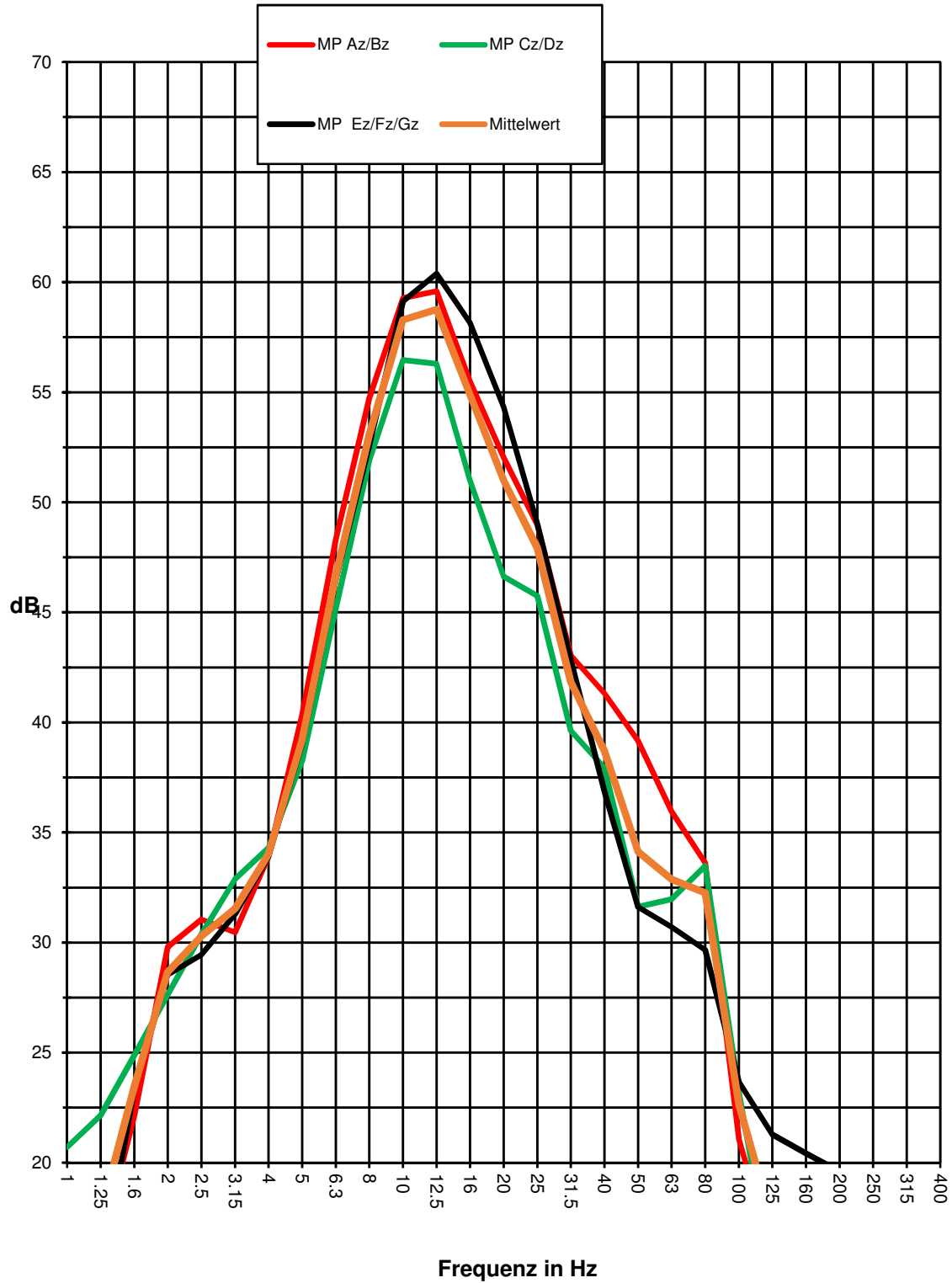
Messort DESSAU_1: Plangelände Bauhausmuseum: Terzspektren
Schwinggeschwindigkeit Lv (Max-Hold) Straßenbahn Gleis 1



Messort DESSAU_1: Plangelände Bauhausmuseum: Terzspektren
Schwinggeschwindigkeit Lv (Max-Hold) Straßenbahn Gleis 2



Messort DESSAU_1: Plangelände Bauhausmuseum: Terzspektren
Schwinggeschwindigkeit Lv (Max-Hold) Straßenverkehr



14146/e: Erschütterungstechnische Untersuchung B-Plan "Bauhausmuseum Dessau"

Ergebnisse $KB_{F_{max}}$ und $KB_{F_{Tr}}$ der Prognoseberechnung und Beurteilung für Gebäude mit Keller mit Betondecken Straßenbahn											
Zugart	Anz. Tag	Anz. Nacht	Deckeneigenfrequenz Gleis (Strecke)	8 Hz	10 Hz	12.5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	31.5 Hz	40 Hz
NGT 6	140	7	Gleis 1	0.12	0.18	0.22	0.18	0.14	0.12	0.12	0.13
NGT 6	140	7	Gleis 2	0.06	0.1	0.12	0.11	0.09	0.09	0.09	0.10
Summe	280	14	$KB_{F_{Tr}}$ (Tag)	0.036	0.056	0.068	0.057	0.045	0.041	0.041	0.044
DIN 4150, Teil 2 MI Tag eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.150$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
				$KB_{F_{Tr}}$ (Nacht)	0.011	0.021	0.018	0.014	0.013	0.013	0.014
DIN 4150, Teil 2 MI Nacht eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.105$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja

Summe			$KB_{F_{Tr}}$ (Tag)	0.036	0.056	0.068	0.057	0.045	0.041	0.041	0.044
DIN 4150, Teil 2 WA Tag eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.105$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
				$KB_{F_{Tr}}$ (Nacht)	0.011	0.021	0.018	0.014	0.013	0.013	0.014
DIN 4150, Teil 2 WA Nacht eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.075$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja

14146/e: Erschütterungstechnische Untersuchung B-Plan "Bauhausmuseum Dessau"

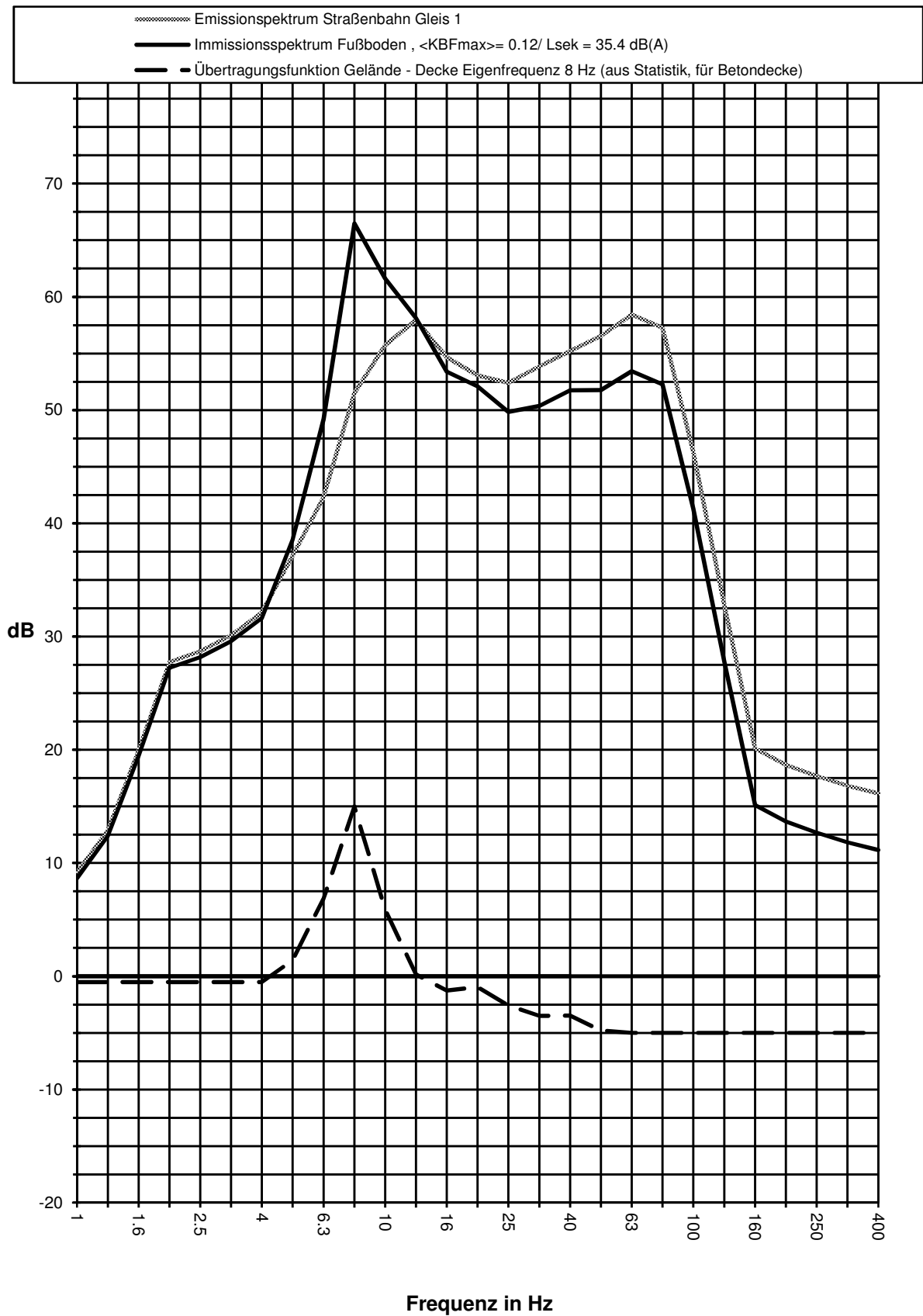
Ergebnisse KB_{Fmax} und KB_{FTr} der Prognoseberechnung und Beurteilung für Gebäude mit Keller mit Betondecken für LKW/Bus Ist 2014

	Anz. Tag	Anz. Nacht	Deckeneigenfrequenz Gleis (Strecke)	8 Hz	10 Hz	12.5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	31.5 Hz	40 Hz
LKW / Bus	37	0	Friedrichstr.	0.14	0.22	0.24	0.18	0.11	0.08	0.07	0.06
LKW / Bus	141	0	Kavallerstr. Süd	0.14	0.22	0.24	0.18	0.11	0.08	0.07	0.06
Summe	178	0	KB_{FTr} (Tag)	0.043	0.067	0.073	0.055	0.033	0.024	0.021	0.018
DIN 4150, Teil 2 MI Tag eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.10$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
			KB_{FTr} (Nacht)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DIN 4150, Teil 2 MI Nacht eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.105$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Summe			KB_{FTr} (Tag)	0.043	0.067	0.073	0.055	0.033	0.024	0.021	0.018
DIN 4150, Teil 2 WA Tag eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.07$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
			KB_{FTr} (Nacht)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DIN 4150, Teil 2 WA Nacht eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.075$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja

Ergebnisse KB_{Fmax} und KB_{FTr} der Prognoseberechnung und Beurteilung für Gebäude mit Keller mit Betondecken für LKW/Bus Planfall

	Anz. Tag	Anz. Nacht	Deckeneigenfrequenz Gleis (Strecke)	8 Hz	10 Hz	12.5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	31.5 Hz	40 Hz
Zugart											
LKW / Bus	38	0	Friedrichstr.	0.14	0.22	0.24	0.18	0.11	0.08	0.07	0.06
LKW / Bus	46	0	Kavallerstr. Süd	0.14	0.22	0.24	0.18	0.11	0.08	0.07	0.06
Summe	84	0	KB_{FTr} (Tag)	0.029	0.046	0.050	0.038	0.023	0.017	0.015	0.013
DIN 4150, Teil 2 MI Tag eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.10$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
			KB_{FTr} (Nacht)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DIN 4150, Teil 2 MI Nacht eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.105$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Summe			KB_{FTr} (Tag)	0.029	0.046	0.050	0.038	0.023	0.017	0.015	0.013
DIN 4150, Teil 2 WA Tag eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.07$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
			KB_{FTr} (Nacht)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DIN 4150, Teil 2 WA Nacht eingehalten ja /nein ? (ÖPNV: $A_r = 0.075$)				ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja

Bauhausmuseum Dessau: Prognoseberechnung Deckeneigenfrequenz 8 Hz



Bauhausmuseum Dessau: Prognoseberechnung Deckeneigenfrequenz 12.5 Hz

