

## ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

BAUVORHABEN:	<b>Lärmsanierung Mittelrheintal</b> Ortslage: Kamp-Bornhofen Streckennummer 3507 von km. 106,165 bis km. 106,290
UMFANG:	Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baubetrieb resultierenden Geräuschimmissionen
AUFTRAGGEBER:	<b>DB InfraGO AG</b> I.II-MI-R-R Hahnstraße 49 60528 Frankfurt am Main
BEARBEITUNG:	<b>KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH</b> Heinrich-Hertz-Straße 2   64295 Darmstadt T 06151 885-383   F 06151 885-220
AKTENZEICHEN:	20210230-808-ABE-2
DATUM:	Darmstadt, 26.03.2024

Dieser Bericht umfasst 27 Seiten und 5 Anhänge mit 16 Blättern.

Dieser Bericht ist nur für den Gebrauch des Auftraggebers im Zusammenhang mit dem oben genannten Planvorhaben bestimmt. Eine darüberhinausgehende Verwendung, vor allem durch Dritte, unterliegt dem Schutz des Urheberrechts gemäß UrhG.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Anlass und Aufgabenstellung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1	Bearbeitungsgrundlagen	5
2.2	Anforderungen an den Schwingungsschutz	6
2.2.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	6
2.2.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	8
2.2.2.1	Allgemeines	8
2.2.2.2	Kurzzeitige Erschütterungen	9
2.2.2.3	Dauererschütterungen	10
2.3	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	11
2.3.1	Emissionen	12
2.3.2	Transmission	12
2.3.2.1	Transferfunktion $T_1$	12
2.3.2.2	Transferfunktionen $T_2$ und $T_3$	14
2.3.3	Immissionen	14
<b>3</b>	<b>Örtliche Gegebenheiten</b>	<b>15</b>
3.1	Beschreibung des Baustellenbetriebs	15
3.1.1	Bauphasen	15
3.1.1.1	Bauphase 0	15
3.1.1.2	Bauphase 1	16
3.1.1.3	Bauphase 2	16
3.1.1.4	Bauphase 3	16
3.1.1.5	Bauphase 4	16
3.1.1.6	Bauphase 5	17
3.2	Einwirkungsbereiche	17
<b>4</b>	<b>Untersuchungsergebnisse</b>	<b>18</b>
4.1	Emissionen	18
4.2	Immissionen	19
4.2.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	19
4.2.1.1	Tagzeitraum	20
4.2.1.2	Nachtzeitraum	21
4.2.1.3	Vermeidungsmaßnahmen	23
4.2.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	23
4.2.2.1	Immissionen	23

<b>5</b>	<b>Abschließende Bemerkungen</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Anhänge</b>	<b>26</b>

## Abkürzungsverzeichnis

A	Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A <sub>o</sub>	oberer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A <sub>r</sub>	Beurteilungs-Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A <sub>u</sub>	unterer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A <sub>v</sub>	Anhaltswert für die Schwinggeschwindigkeit gemäß DIN 4150-3 [mm/s]
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
c <sub>p</sub>	Ausbreitungsgeschwindigkeit im Boden [m/s]
[d]	Tag
D	Dauer von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen [d]
D	Dämpfungsgrad [%]
f	Frequenz [Hz]
f <sub>0</sub>	Deckeneigenfrequenz [Hz]
GE	Gebiete, in denen vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind
h	Stunde
HB	Holzbalken
[Hz]	Hertz, Schwingung je Sekunde
HS	harmonisch / stationär
I	impulsförmig
IP	Immissionspunkt
KB <sub>Fmax</sub>	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB <sub>FTr</sub>	Beurteilungsschwingstärke [-]
MI	Gebiete, in denen weder vorwiegend Wohnungen noch vorwiegend Anlagen untergebracht sind
n	Abnahmekoeffizient [-]
PQ	Punktquelle
r	Radius um die Baumaßnahme / Abstand zur Baumaßnahme
R	Raumwelle
Stb.	Stahlbeton
T	Übertragungsfunktion
T <sub>E</sub>	Einsatzdauer [h]
T <sub>r</sub>	Beurteilungszeit [h]
v <sub>0</sub>	Referenzwert für die Schwingschnelle [5 • 10 <sup>-8</sup> m/s]
v <sub>i</sub>	Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
v <sub>max</sub>	maximale Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
v <sub>z</sub>	zulässige Schwinggeschwindigkeit auf Geschossdecken gemäß DIN 4150-3 [mm/s]]
WA	Gebiete, in denen vorwiegend Wohnnutzungen untergebracht sind

# 1 Anlass und Aufgabenstellung

Durch das Mittelrheintal (MRT) verlaufen links- und rechtsrheinisch zweigleisige Bahnstrecken. Diese gehören zu den meistfrequentierten Bahnstrecken Deutschlands. Da die Anwohner, vor allem durch die nachts verkehrenden Güterzüge störendem Lärm ausgesetzt sind, wurden bereits im Rahmen des Lärmsanierungsprogramms der Bundesregierung in den Jahren 1999 bis 2012 entsprechend der „Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen der Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes“ für den Bereich des Weltkulturerbes Oberes Mittelrheintal Schallschutzmaßnahmen umgesetzt. Hierbei wurden insbesondere in erheblichem Umfang passive Schallschutzmaßnahmen realisiert. Darüber hinaus wurden links- und rechtsrheinisch ca. 13,7 km Schallschutzwände errichtet.

Die bisher umgesetzten Lärmsanierungsmaßnahmen werden vor allem von Anwohnern, Bürgerinitiativen und politischen Vertretern als nicht ausreichend bewertet. Daher wurde eine Machbarkeitsuntersuchung für ergänzenden Lärmschutz durchgeführt. Aufbauend darauf plant die DB InfraGO AG als Vorhabenträger zwischen Eltville und Leutesdorf den Bau zahlreicher Schallschutzwände.

Die vorliegende erschütterungstechnische Untersuchung befasst sich mit den Einwirkungen aus den Bauarbeiten zur Errichtung von Schallschutzwänden. Im vorliegenden Streckenabschnitt in der Ortslage Kamp-Bornhofen ist der Bau von insgesamt 2 Schallschutzwänden entlang der Strecke 3507 zwischen km 106,165 und km 106,290 vorgesehen.

Aufgabenstellung der vorliegenden Untersuchung ist es, die Schwingungsimmissionen, die aus den erforderlichen Bauaktivitäten resultieren, sowohl hinsichtlich der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden als auch auf bauliche Anlagen im Umfeld der Baumaßnahmen zu ermitteln und zu beurteilen. So können mögliche Konfliktpotentiale infolge der baubetrieblichen Aktivitäten aufgezeigt werden. Soweit erforderlich, sind geeignete planerische, organisatorische und / oder bauliche Maßnahmen zur Vermeidung oder zumindest zur Minimierung dieser Immissionskonflikte zu erarbeiten.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Bearbeitungsgrundlagen

Die durchgeführte erschütterungstechnische Untersuchung liegen die folgenden Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Planunterlagen und Schriftsätze 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/ Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (Erschütterungs-Leitlinie), Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI), März 2018
- /3/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen: Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
- /4/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- /5/ DIN 4150, Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Dezember 2016
- /6/ Verfügung zu baubedingten Erschütterungen in der Planfeststellung; Eisenbahnbundesamt; Geschäftszeichen 51.20-51pv/001-0230#19; Stand 18.10.2017
- /7/ Erläuterungsbericht zur Entwurfsplanung zum Projekt Lärmsanierung Mittelrheintal – Kamp-Bornhofen (T. 016077945) der DB InfraGO AG, Stand 08.02.2024
- /8/ Lärmschutzmaßnahme Mittelrheintal – Kamp-Bornhofen – Bauwerksplan der DB InfraGO AG, Stand 06.02.2024
- /9/ Schalltechnische Untersuchung zur Ermittlung der Wirkung von Schallschutzwänden (SSW) auf Grundlage der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) – Lagepläne SSW –; Maßstab 1:500; Wölfel Engineering GmbH + Co.KG im Auftrag der DB Netz; Stand 09/2017 bis 01/2018
- /10/ Digitale Gebäudedaten, zur Verfügung gestellt von DB Netz AG;
- /11/ Bundesamt für Kartographie und Geodäsie; Digitales Geländemodell Gitterweise 10 m, DGM 10; Bestellung vom 11.09.2018
- /12/ Digitale Gebäudedaten, zur Verfügung gestellt von DB Netz AG;

## 2.2 Anforderungen an den Schwingungsschutz

### 2.2.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Für die Ermittlung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden wird das in **DIN 4150-2 /4/** beschriebene Beurteilungsverfahren angewendet. Hierfür sind

- ☐ die maximale bewertete Schwingstärke **KB<sub>Fmax</sub>** und
- ☐ die Beurteilungsschwingstärke **KB<sub>FTr</sub>**

als maßgebende Beurteilungsgrößen mit den Anhaltswerten der Norm zu vergleichen.

Zunächst erfolgt ein Vergleich, der für den Baubetrieb erwarteten maximalen bewerteten Schwingstärke **KB<sub>Fmax</sub>** mit den Anhaltswerten **A<sub>u</sub>** und **A<sub>o</sub>** gemäß **DIN 4150-2**. Ist **KB<sub>Fmax</sub>** kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert **A<sub>u</sub>**, dann ist die Anforderung der Norm eingehalten. Ist **KB<sub>Fmax</sub>** größer als der obere Anhaltswert **A<sub>o</sub>**, dann ist die Anforderung der Norm nicht eingehalten.

Für Einwirkungen, bei denen **KB<sub>Fmax</sub>** größer als **A<sub>u</sub>**, jedoch kleiner als **A<sub>o</sub>** ist, ist in einem weiteren Prüfschritt die Beurteilungsschwingstärke **KB<sub>FTr</sub>** zu ermitteln und mit dem Beurteilungsanhaltswert **A<sub>r</sub>** zu vergleichen. Ist **KB<sub>FTr</sub>** kleiner oder gleich **A<sub>r</sub>**, so sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

Bei einer Einwirkdauer **D** zwischen einem Tag und sechs Tagen sind die Anhaltswerte entsprechend zu interpolieren.

Dauer	D ≤ 1 Tag			6 d < D ≤ 26 d			26 d < D ≤ 78 d		
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub> *)	A <sub>r</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub> *)	A <sub>r</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub> *)	A <sub>r</sub>
Stufe II	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt A <sub>o</sub> = 6									

**Tabelle 1** Erschütterungstechnische Anhaltswerte für Baumaßnahmen

Die in Tabelle 1 benannten Anhaltswerte gelten ausschließlich für den Tagzeitraum, wobei zur Ermittlung der Beurteilungsschwingstärken zu beachten ist, dass der Zeitraum von 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr als Tagzeitraum anzusehen ist. Die Zeiträume von 06.00 Uhr bis 07.00 Uhr und von 19.00 Uhr bis 22.00 Uhr sind gemäß DIN 4150-2, Ziffer 3.7.4 als Ruhezeiten einzustufen.

Für nachts auftretende Erschütterungen durch Baumaßnahmen gelten die **nächtlichen** Anhaltswerte der aus **Tabelle 1** der **DIN 4150-2**. Diese Tabelle ist auszugsweise hinsichtlich der nächtlichen Werte in **Tabelle 2** zusammengestellt.

Zeile	Einwirkungsort	Vergleich mit BauNVO	nachts		
			A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>
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	GI	0,30	0,60	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	GE	0,20	0,40	0,10
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	MI, MK, MD, MU	0,15	0,30	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	WA, WR, WB, WS	0,10	0,20	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	SK, SO	0,10	0,15	0,05

**Tabelle 2:** Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

Bei Einwirkdauern von mehr als 78 Tagen muss nach **DIN 4150-2** eine Beurteilung nach den besonderen Gegebenheiten des Einzelfalles individuell erfolgen. Abweichend hierzu wird in der Erschütterungsleitlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz /2/ für Einwirkdauern von mehr als 78 Tagen eine Beurteilung nach den Anhaltswerten aus Tabelle 1 der **DIN 4150-2** für zeitlich unbegrenzte Einwirkungen gefordert.

## 2.2.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

### 2.2.2.1 Allgemeines

Zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen werden die Vorgaben der **DIN 4150-3** /5/ herangezogen. Die Norm nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung keine Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden zu erwarten sind.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne dieser Norm stellt z. B. die Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen sowie die Verminderung der Tragfähigkeit von

Decken dar. Bei Wohngebäuden wird auch bei Rissbildung in Putz und Wänden von einer Minderung des Gebrauchswertes ausgegangen.

Zusätzlich werden die voraussichtlichen Erschütterungsimmissionen auch auf weitere Einrichtungen, wie sich an der Strecke befindliche Nebengebäude und auch Wassertanks und ähnliche Objekte untersucht.

Gemäß DIN 4150-3 ist hinsichtlich Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude zwischen „kurzzeitigen Erschütterungen“ und „Dauererschütterungen“ zu unterscheiden. Kurzzeitige Erschütterungen sind Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in der betroffenen Gebäudestruktur Resonanzen zu erzeugen. Unter Dauererschütterungen versteht die DIN 4150-3 Erschütterungen, auf die die obige Definition für kurzzeitige Erschütterungen nicht zutrifft.

#### **2.2.2.2 Kurzzeitige Erschütterungen**

Für die Beurteilung der kurzzeitigen Erschütterungseinwirkungen auf das Gesamtbauwerk sowie auf die Geschossdecken nennt die DIN 4150-3 Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schädigungen im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden nicht zu erwarten sind. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle 3 für unterschiedliche Gebäudearten zusammengefasst.

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ in mm/s				
		Fundament Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal	Decken, vertikal
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz *	alle Frequenzen	alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40	20
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15	20
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20
* Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden						

**Tabelle 3:** Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen auf Gebäude

### 2.2.2.3 Dauererschütterungen

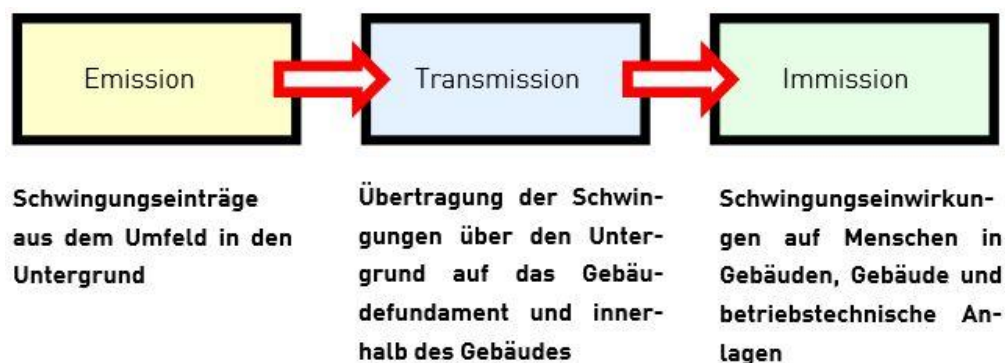
Die maßgebenden Anhaltswerte für die Beurteilung der auftretenden Dauererschütterungen sind in **Tabelle 4** für unterschiedliche Gebäudearten angegeben. Vertikale Schwinggeschwindigkeiten bis 10 mm/s führen bei Geschossdecken erfahrungsgemäß nicht zu Schäden. Diese Schwingungen sind jedoch sehr stark spürbar.

Zeile	Gebietsnutzung	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ [mm/s]	
		oberste Deckenebene, horizontal	Decken, vertikal
		alle Frequenzen	alle Frequenzen
1	gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und / oder Nutzung gleichartige Bauten	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert sind (z. B. unter Denkmalschutz stehend)	2,5	10 <sup>a</sup>
<sup>a</sup> Zur Verhinderung leichter Schäden kann eine deutliche Abminderung notwendig sein			

**Tabelle 4:** Anhaltswerte für Dauererschütterungen auf Gebäude

## 2.3 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

Die Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baustellenbetrieb zu erwartenden Erschütterungsimmissionen wird für repräsentative Ausbreitungsbedingungen und Gebäudetypen durchgeführt. Da erschütterungsrelevante Bauaktivitäten in unterschiedlichen Abständen zu schutzwürdig genutzten Gebäuden stattfinden, werden die Erschütterungsimmissionen anhand von Ausbreitungskurven ermittelt, für die eine Beurteilung in beliebigen Abständen möglich ist.



**Abbildung 1:** Ursachen-Wirkungs-Prinzip

Zur Berechnung der Ausbreitungskurven werden für die erschütterungstechnisch relevanten Bauaktivitäten empirisch ermittelte Emissionsspektren herangezogen und mit Hilfe von Ausbreitungs- und Übertragungsmodellen in Abhängigkeit des Abstandes zur Immissionsquelle ausgewertet. Die Ermittlung der aus den Baumaßnahmen resultierenden Schwingungsimmissionen an und in Gebäuden erfolgt auf der Grundlage von Ausbreitungsberechnungen. Hierbei wird für die Übertragung der Schwingungen stets von dem in **Abbildung 1** dargestellten Ursachen-Wirkungs-Prinzip ausgegangen.

### 2.3.1 Emissionen

Erschütterungsemissionen sind Schwingungen, die von Baumaschinen in den Untergrund eingeleitet werden. Bei der Durchführung von Baumaßnahmen können durch die Anwendung bestimmter Bauverfahren verfahrensbedingt nennenswerte Erschütterungen auftreten. Hierbei sind solche Bauverfahren von Bedeutung, die mit dem Einleiten hoher Wechselkräfte in den Untergrund verbunden sind. Diese Emissionsquellen lassen sich in der Regel als impulsförmige oder stationäre Punktquellen charakterisieren.

Die im vorliegenden Fall maßgebenden erschütterungsrelevanten Bauaktivitäten werden in **Anhang 2.1** als Emissionen mittels Terzbandspektren der Schwingschnelle grafisch dargestellt. Die angegebenen Schwingschnellen beziehen sich in der Regel jeweils auf eine Messposition im Boden in einem bestimmten Abstand. Die Emissionsspektren sind keine exemplarischen Spektren, sondern stellen eine obere Einhüllende der bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen anzutreffenden Emissionen dar.

Da die dynamischen Beanspruchungen im Regelfall in vertikaler Richtung in den Untergrund eingeleitet werden und üblicherweise die Vertikalkomponenten der Schwingschnelle am Fundament und auf den Geschossdecken die Schwingschnellen in den übrigen beiden Raumrichtungen deutlich überschreiten, werden die Prognosebetrachtungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungseinwirkungen vorgenommen.

### 2.3.2 Transmission

#### 2.3.2.1 Transferfunktion $T_1$

Die Transferfunktion  $T_1$  beschreibt die geometrische Amplitudenabnahme, die durch die Verminderung der Energiedichte mit wachsender Entfernung von der Erschütterungsquelle hervorgerufen wird und die vom Quellentyp und der Ausbreitungsform (Wellenart) abhängig ist. Für die  $T_1$ -Funktion wird die entfernungsbedingte Erschütterungsabnahme nach **DIN 4150-1** /3/ zu Grunde gelegt.

Die zusätzliche Minderung der Amplituden durch Absorption der Schwingungsenergie im Boden (Materialdämpfung) erfolgt frequenzabhängig und wird durch den Dämpfungsgrad **D**, die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Boden und den Abnahmeexponent **n** quantifiziert. Unter Berücksichtigung der Vorgaben der **DIN 4150-1** werden dabei folgende Parameter berücksichtigt:

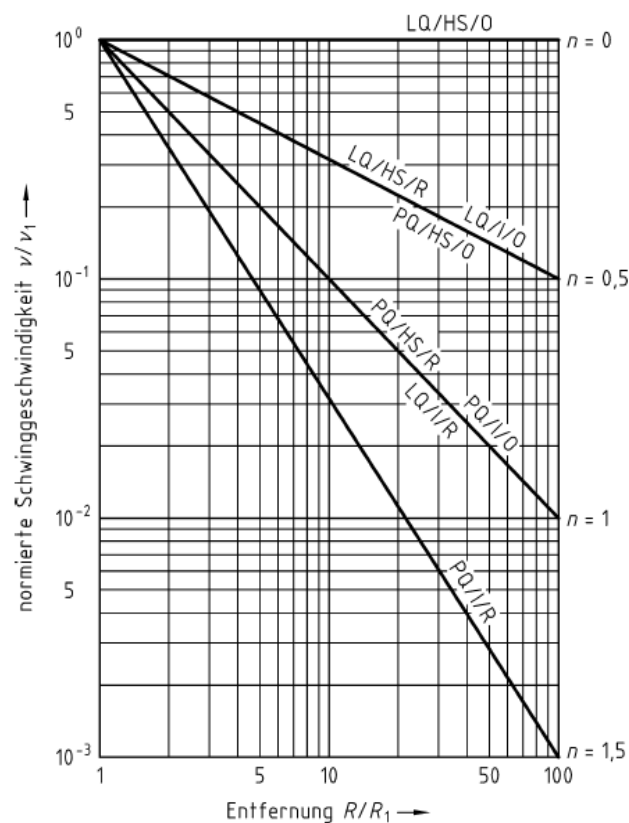
$$D = 1 \%$$

$$c_p = 200 \text{ m/s}$$

Der Abnahmeexponent **n** ergibt sich aus

- ☐ dem geometrischen Quellentyp: Punktquelle (PQ) oder Linienquelle (LQ);
- ☐ dem zeitlichen Quellentyp: harmonisch / stationär (HS) oder impulsförmig (I);
- ☐ der Wellenart: Raumwelle (R) oder Oberflächenwelle (O).

In **Abbildung 2** wird die geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude in Abhängigkeit von der Entfernung zur Quelle für verschiedenen Quellentypen und Wellenarten dargestellt.



**Abbildung 2:** Geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude

### 2.3.2.2 Transferfunktionen $T_2$ und $T_3$

Die Übertragung von Erschütterungen vom Boden auf ein Gebäudefundament ( $T_2$ -Funktion) wird im Sinne einer oberen Abschätzung mit der in **Anhang 2.2** angegebenen standardisierten Übertragungsfunktion für Einfamilienhäuser ermittelt.

Innerhalb von Gebäuden unterscheidet sich das Übertragungsverhalten je nach Bauart der Geschossdecken. Es wird davon ausgegangen, dass die im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme befindlichen Gebäude sowohl Holzbalkendecken als auch Deckenkonstruktionen aus Stahlbeton aufweisen. Daher werden die erforderlichen Berechnungen für beide Deckenkonstruktionen durchgeführt.

Die Eigenfrequenzen von Holzbalkendecken zwischen 10 Hz und 20 Hz, die von Stahlbetondecken liegen in der Regel zwischen 20 Hz und 40 Hz. Die der Berechnung zu Grunde gelegten Übertragungsfunktionen für die jeweils ungünstigste Geschossdeckenresonanzfrequenz sind für Holzbalkendecken in **Anhang 2.3.1** und für Stahlbetondecken in **Anhang 2.3.2** dargestellt. Hierbei wird jeweils der Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung der  $T_3$ -Funktion berücksichtigt.

### 2.3.3 Immissionen

Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen aus dem Baustellenbetrieb erfolgt hinsichtlich

- ☐ Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden gemäß **DIN 4150-2** und
- ☐ Einwirkungen auf bauliche Anlagen gemäß **DIN 4150-3**.

Für die beurteilungsrelevanten erschütterungstechnischen Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden unter Zugrundelegung der angegebenen Transferfunktionen die gemäß **DIN 4150-2** relevanten Beurteilungsgrößen  $KB_{Fmax}$  und  $KB_{FTr}$  ermittelt. Zur Beurteilung der Einwirkungen auf bauliche Anlagen ist gemäß **DIN 4150-3** der Maximalwert der unbewerteten Schwingschnelle  $v_{max}$  [mm/s] zu bestimmen.

Unter Berücksichtigung der oben angegebenen Parameter werden zunächst flächendeckende Ausbreitungsberechnungen durchgeführt. Anhand von Ausbreitungskurven in Abhängigkeit von den Abstandsverhältnissen können für die jeweiligen Baumaßnahmen differenziert für typische Räume in Gebäuden Grenzabstände ermittelt werden, innerhalb derer nicht ausgeschlossen werden kann, dass es zu Überschreitungen der relevanten Anforderungswerte kommen wird. Soweit sich Objekte außerhalb der rechnerisch ermittelten Grenzabstände befinden, kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass aus Sicht des Erschütterungsschutzes keine Konflikte zu erwarten sind.

## 3 Örtliche Gegebenheiten

### 3.1 Beschreibung des Baustellenbetriebs

Bei der vorliegenden Untersuchung werden die bauerschütterungsbedingten Immissionen aus den geplanten Baumaßnahmen im Bereich Kamp-Bornhofen untersucht.

Analog zum Erläuterungsbericht /7/ werden die folgende Schallschutzmaßnahmen geplant

- ☐ Ortslage Kamp-Bornhofen SSW 408a Strecke 3507 – km 106,165 bis km 106,196
- ☐ Ortslage Kamp-Bornhofen SSW 408b Strecke 3507 – km 106,190 bis km 106,290

Bei den geplanten SSW handelt es sich gemäß dem Erläuterungsbericht um 2 m hohe Schallschutzwände. Die Lage und Länge der geplanten SSW wurde gemäß den vorliegenden Planunterlagen berücksichtigt.

Die erforderlichen Bauarbeiten für die Herstellung der Schallschutzwände werden in **5 Bauphasen** untergliedert:

- ☐ Bauphase 0: Vorarbeiten
- ☐ Bauphase 1: Baustelle einrichten
- ☐ Bauphase 2: Demontage, Abbruch / Kopflöcher herstellen - Kampfmittelsondierung
- ☐ Bauphase 3: Herstellung Gründung / Pfosten
- ☐ Bauphase 4: Wandelemente / Sockel herstellen einschl. Ausstattung und Nebenanlagen
- ☐ Bauphase 5: Restarbeiten

Die oben beschriebenen Bauphasen sind gemäß dem vorliegenden Erläuterungsbericht unter Sperrung des jeweiligen Arbeitsgleises von Montag bis Samstag jeweils von 05:00 bis 21:00 Uhr geplant.

#### 3.1.1 Bauphasen

##### 3.1.1.1 Bauphase 0

Rodungsarbeiten die innerhalb des Gefahrenbereichs, also entlang der Strecke erforderlich sind, werden im Rahmen der erforderlichen Instandsetzung durchgeführt. Diese Arbeiten sind nicht als planrechtsrelevant einzustufen und daher im vorliegenden Fall nicht gesondert zu betrachten. Die Vorbereitenden Maßnahmen an BE-Flächen sind in Bauphase 1 mitberücksichtigt. Erschütterungsrelevante Baumaßnahmen sind in dieser Bauphase nicht zu erwarten.

### **3.1.1.2 Bauphase 1**

Die Bauphase 1 umfasst die Baustelleneinrichtung. In Bauphase 1 sind die vorbereitenden Arbeiten durchzuführen, wie die Baufeldfreimachung und die Einrichtung der Baustellen sowie der Baustelleneinrichtungsflächen. Bei Bauphase 1 sind weniger lärmintensive Maschinen im Einsatz. Zudem sind dies die einzigen Maßnahmen, die, weil außerhalb des Gefahrenbereichs gelegen (BE-Flächen), nicht innerhalb der Sperrpausen und somit am Tag durchgeführt werden können. Erschütterungsrelevante Baumaßnahmen sind in dieser Bauphase nicht zu erwarten.

### **3.1.1.3 Bauphase 2**

Die Bauphase 2 umfasst die Herstellung der Kopflöcher und die Kampfmittelsondierung einschl. des Aufbaus einer festen Absperrung und der Demontage bzw. dem Rückbau evtl. vorhandener Mauern und Zäune. Darüber hinaus sind in dieser Bauphase zudem Abbrucharbeiten sowie die Demontage und Entsorgung bestehender „Bauwerke“ durchzuführen. Dabei handelt es sich um Holzschuttschutzzäune, Drahtzäune oder auch Bruchsteinmauern. Bei der Bauphase 2 sind erschütterungsrelevante Baumaßnahmen nicht vorgesehen.

### **3.1.1.4 Bauphase 3**

In Bauphase 3 ist die Herstellung der Gründung inkl. Vorarbeiten und Pfosten vorgesehen. Die Gründung der Lärmschutzwandpfosten erfolgt in der Regel über Tiefgründungen mittels Stahlrammrohre mit einer Länge von ca. 5,0 m, die in den Baugrund eingebracht werden. Somit stellt sich die Bauphase 3 als voraussichtlich lärmintensivste Bauphase dar. Laut der Erläuterungsberichte sind die anstehenden Böden bis in die erforderlichen Tiefen rammpbar. Daher werden die Stahlrohre in den Boden eingerammt. Der Boden im inneren des Stahlrohrs wird ausgehoben und anschließend wird das Rohr mit dem eingestellten SSW-Pfosten ausbetoniert. Als erschütterungsintensive Baumaßnahmen bei der Bauphase 3 sind die Rammarbeiten zu betrachten.

### **3.1.1.5 Bauphase 4**

In Bauphase 4 ist schließlich neben dem Einbringen der Wandelemente auch die Herstellung der Sockel und der Ausstattung und Nebenanlagen (wie gegebenenfalls erforderliche Türen und Durchlässe) vorgesehen. Als unterer Abschluss der Schallschutzwände werden bis zur Schienenoberkante Sockelelemente aus Stahlbeton vorgesehen, welche in den vorhandenen Baugrund einbinden werden. Diese Elemente werden werksmäßig vorgefertigt und im Bau montiert. An Schienenoberkante werden einseitig hochabsorbierenden Schallschutzelementen aus Aluminium montiert. Bei der Bauphase 4 sind erschütterungsrelevante Baumaßnahmen nicht vorgesehen.

### 3.1.1.6 Bauphase 5

Unter Bauphase 5 ist ein Puffer für Restarbeiten vorgesehen, die gegebenenfalls anfallen können. Da hier kein Einsatz lärmintensiver Baugeräte vorgesehen ist, wird diese Bauphase als schalltechnisch nicht relevant eingestuft. Bei dieser Bauphase sind erschütterungsrelevante Baumaßnahmen nicht vorgesehen.

## 3.2 Einwirkungsbereiche

Im Einwirkungsbereich der Baustelle befinden sich um das Plangebiet schutzbedürftige Nutzungen in Wohngebieten, Mischgebieten sowie Gewerbegebieten und sind dem **Anhang 1** zu entnehmen.

Die Lage der einzelnen durchzuführenden Bautätigkeiten ist gemäß dem aktuellen Planungsstand berücksichtigt. Da die Erschütterungen von den einzelnen Baumaschinen ausgehen, wurden die voraussichtlich erschütterungsintensivsten Geräte betrachtet. Zunächst wurden Betrachtungen zu den erforderlichen Bauarbeiten entlang der Strecke durchgeführt und die Abstände von möglichen Emissionsorten ermittelt, innerhalb derer Konflikte nicht auszuschließen sind. Diese wurden grafisch in **Anhang 5** dargestellt. Ergänzend sind in der Ermittlung dieser Abstände auch exemplarische Einwirkungsorte an nächstgelegenen repräsentativen Gebäuden untersucht worden.

Hierbei wurden repräsentativ die folgenden zwei Einwirkungsorte betrachtet:

<b>E001</b>	<b>Liebeneckerstraße 5, Kamp-Bornhofen</b>	<b>d = 9 m</b>
<b>E002</b>	<b>Liebeneckerstraße 3, Kamp-Bornhofen</b>	<b>d = 11 m</b>

Alle repräsentativ untersuchten Einwirkungsorte befinden sich unweit der Bahnanlage und weisen die geringsten Abstände zu den geplanten Lärmschutzwandstandorten und somit zu den erschütterungsintensiven Baumaßnahmen auf, weshalb diese für die Untersuchung herangezogen wurden. Die Lage der Einwirkungsorte sowie die Lage der unterschiedlichen Baumaßnahmen, sind **Anhang 1** zu entnehmen. Die untersuchten Einwirkungsorte sollen nur der Detaillierung und des Verständnisses dienen. Eine detaillierte Untersuchung aller Einwirkungsorte entlang der Trasse wird nicht vorgenommen.

Mittels der Gebietseinstufungen und der grafischen Darstellung der Grenzabstände in den einzelnen Baumaßnahmen sind die Auswirkungen auf die übrigen Gebäude zu beurteilen (siehe **Anhang 5**).

## 4 Untersuchungsergebnisse

### 4.1 Emissionen

Bei der Durchführung von Baumaßnahmen können durch die Anwendung bestimmter Baumeethoden verfahrensbedingt nennenswerte Erschütterungen auftreten. Hierbei sind solche Bauverfahren von Bedeutung, die mit dem Einleiten hoher Wechselkräfte in den Untergrund verbunden sind. Diese Emissionsquellen lassen sich in der Regel als impulsförmige oder stationäre Punktquellen charakterisieren.

Erschütterungstechnische relevante Bauaktivitäten stellen im vorliegenden Fall die **Rammarbeiten** für die Erstellung der Tiefgründungen der neuen Lärmschutzwände dar.

Beim Einsatz von Vibrationsrammen werden stationäre Erschütterungen erzeugt. Aus erschütterungstechnischer Sicht sind für den Einsatz von Vibrationsrammen in der Regel hohe Arbeitsfrequenzen ( $f > 35 \text{ Hz}$ ) günstiger als tiefe, da damit der Resonanzbereich von Geschossdecken in Gebäuden im Allgemeinen nicht erreicht wird. Vibratoren mit tiefer Arbeitsfrequenz ( $f < 35 \text{ Hz}$ ) können, insbesondere beim Auftreffen von Rammwiderständen, durch das Absenken der Betriebsfrequenz in den Deckenresonanzbereich und durch die stärkere Energieabstrahlung auch in größerer Entfernung noch starke Erschütterungen hervorrufen. Im Nahbereich zu schutzwürdig genutzten Gebäuden sind daher nur hochfrequente Vibratoren ( $f > 35 \text{ Hz}$ ) mit regelbarer Frequenz und ausreichender Leistung einzusetzen, um das Absinken der Betriebsfrequenz in den Deckenresonanzbereich zu verhindern.

Beim Anfahren und Abschalten von Vibratoren mit einem unveränderlichen statischen Moment können beim Durchfahren von Deckeneigenfrequenzen kurzzeitig Resonanzüberhöhungen auftreten. Das Durchlaufen von Resonanzfrequenzen beim Anfahren und Abschalten kann durch die Verwendung moderner Geräte mit im Betrieb regelbarem, veränderlichem statischen Moment verhindert werden.

In der vorliegenden Untersuchung wird davon ausgegangen, dass eine **Vibrationsramme** mit einem veränderlichen statischen Moment zum Einsatz kommt, was dem derzeitigen Stand der Technik entspricht. Die Arbeitsfrequenz wird mit

$$f \approx 35 \text{ Hz}$$

angenommen.

Die Erschütterungsimmissionen, die durch **Vibrationsramme** hervorgerufen werden, sind gemäß **DIN 4150-3** als Dauererschütterungen einzustufen. Sie sind in **Anhang 2.1** als Emissionen mittels Terzbandspektren der Schwingschnelle grafisch dargestellt. Diese stellt eine Punktquelle dar,

von der eine harmonische Anregung ausgeht. Gemäß **DIN 4150-1** /3/ wird daher für die  $T_1$ -Funktion ein Abnahmeexponent von

$$n = 0,5$$

berücksichtigt. Eine graphische Darstellung der Terzbandspektren der Schwingschnelle dieser Bautätigkeit ist **Anhang 2.1** zu entnehmen. Die angegebenen Schwingschnellen beziehen sich in der Regel jeweils auf eine Messposition im Boden und auf einen Bezugsabstand zum Emittenten. Die Emissionsspektren sind keine exemplarischen Spektren, sondern stellen eine obere Einhüllende der, bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen anzutreffenden, Emissionen dar.

Diese Baumaßnahme ist im Sinne der **DIN 4150-3** als Dauererschütterungen einzustufen.

Die zu untersuchenden Arbeiten stellen im vorliegenden Untersuchungsabschnitt die voraussichtlich erschütterungsintensivsten Maßnahmen dar. Aussagen, ob die Arbeiten ausschließlich am Tag durchgeführt werden oder auch in der Nacht erfolgen müssen, sind mit dem aktuellen Planungsstand nicht bekannt. Um alle möglichen Konflikte aufzuzeigen, sind die Arbeiten daher am Tag und in der Nacht betrachtet worden. Sofern nächtliche Arbeiten nicht zwingend erforderlich sind, sollten die Arbeiten jedoch auf den Tagzeitraum beschränkt werden.

## 4.2 Immissionen

### 4.2.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Als erschütterungsintensive Arbeiten sind im vorliegenden Fall die Bauarbeiten beim Einsatz einer Vibrationsramme zu betrachten. Dabei handelt es sich jeweils um punktuelle Arbeiten welche jedoch im vorliegenden Fall an einem Standort, mit nur wenigen Metern Differenzen, gebündelt auftreten werden. Die Rammarbeiten an die jeweilige Schallschutzwand an einem Tag bzw. Nacht durchgeführt.

Dauer	D = 1 Tag		
Spalte	1	2	3
Anhaltswerte	$A_u$	$A_o$	$A_r$
Stufe II	1,20	5	0,80

**Tabelle 5:** Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen

Die in der vorliegenden Untersuchung der Beurteilung zu Grunde zu legenden Anhaltswerte der Stufe II (gemäß EBA-Richtlinie /6/) sind in **Tabelle 5** dargestellt.

Die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen der Baumaßnahme erfolgt für die jeweils ungünstigsten Deckeneigenfrequenzen für Stahlbeton- bzw. Holzbalkendecken, die in **Anhang 2.3**

und **Anhang 2.4** grafisch und tabellarisch dargestellt sind. Dabei wurden als ungünstigste Deckeneigenfrequenzen beim Einsatz der untersuchten Vibrationswalze

- ☐  **$f_0 = 20,0 \text{ Hz}$**  bei Holzbalkendecken bzw.
- ☐  **$f_0 = 31,5 \text{ Hz}$**  bei Stahlbetondecken

herangezogen.

Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen aus dem Baubetrieb wurden sowohl Holzbalken- als auch Stahlbetondecken untersucht, um Fehleinschätzungen bei der Festlegung der Deckenart zu vermeiden. Zudem wurden die Deckeigenfrequenzen ausgewählt, die aufgrund der spezifischen Emissionen von unterschiedlichen Baumaschinen das höchste Konfliktpotential aufweisen. Die Festlegung von Schallminderungsmaßnahmen erfolgt dabei dann jeweils ausgelegt auf die ungünstige Deckenkonstruktion.

#### 4.2.1.1 Tagzeitraum

Die Schwingstärken für die Erschütterungen aus einer Vibrationsramme im Tagzeitraum wurden anhand der Ausbreitungskurven in **Anhang 3.1.1** dargestellt. Demnach kann der obere Anhaltswert am Tag  **$A_{o, \text{Tag}}$**  (5,0 bei Wohn- und Mischgebieten) unabhängig von der Deckenkonstruktion bereits bei einem Abstand von

$$r \geq 3,2 \text{ m}$$

zum Baufeld eingehalten werden.

Der untere Anhaltswert  **$A_{u, \text{Tag}}$**  der **Stufe II**, welcher gemäß EBA-Verfügung zumutbar ist und auf welchen demnach abzustellen ist, wird ab Abständen von

$$r_{\text{Tag, Stufe II}} \geq 11 \text{ m} / 32 \text{ m (Hb/Stb)}$$

unterschritten.

Bei dem gegebenen Abstandsverhältnis zum exemplarisch untersuchten Einwirkungsort für den Einsatz einer Vibrationsramme **E001** (9 m) und **E002** (11 m) werden die oberen Anhaltswerte  **$A_{o, \text{Tag}}$**  unabhängig von der Deckenkonstruktion unterschritten. Der untere Anhaltswert  **$A_{u, \text{Tag}}$**  der Stufe II kann jedoch nicht eingehalten werden. Folglich wird der 2. Beurteilungsschritt gemäß **DIN 4150-2**, die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärke  **$KB_{\text{FTr}}$** , erforderlich.

Die Beurteilungsschwingstärke aus einer Vibrationsramme ist in **Anhang 3.1.2** und **Anhang 3.1.3** für die unterschiedlichen Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraumes dargestellt. Somit kann diesen Diagrammen entnommen werden, dass die Einhaltung der **Stufe II** der **DIN 4150-2** an den untersuchten Einwirkungsorten bei **Beschränkung der Dauer des Einsatzes des Geräts auf**

$T_{E, Hb/Stb} \leq 5,5 / 1,25$  Stunden pro Tag (E001)

$T_{E, Hb/Stb} \leq 7,25 / 1,5$  Stunden pro Tag (E002)

sichergestellt wird.

#### 4.2.1.2 Nachtzeitraum

Die maximalen Schwingstärken für die Rammarbeiten zum Einbringen der Stahlrohre im Nachtzeitraum wurden anhand der Ausbreitungskurven in **Anhang 3.2.1** dargestellt. Aus den Berechnungen sind die Abstände zu entnehmen, bei welchen die Anhaltswerte, in der Nacht in Abhängigkeit der Gebietsnutzung und der Geschossbauten, eingehalten werden. Diese wurden für Rammarbeiten in der **Tabelle 6** eingetragen.

Gebietsnutzung	Geschossbauten	Abstand zur Einhaltung der Anhaltswerte	
		$A_{u, Nacht}$ [m]	$A_{o, Nacht}$ [m]
WA	HBD	150	85
	SBD	200	150
MI	HBD	105	65
	SBD	170	110
GE	HBD	85	48
	SBD	150	89

**Tabelle 6:** Grenzabstand zur Einhaltung der Anhaltswerte bei Rammarbeiten

Bei Gebäuden, welche in einem Abstand ( $r$ ) zu den Baumaßnahmen von  $r < r(A_{o, Nacht})$  liegen, werden die Anforderungen der **DIN 4150-2 /4/** nicht eingehalten. Demzufolge können Belästigungen in der Nacht infolge der erforderlichen Bauarbeiten mit einer Vibrationswalze für Einwirkungsorte innerhalb dieser Grenzabstände **nicht ausgeschlossen** werden.

Bei Gebäuden, welche in einem Abstand zu den Baumaßnahmen von  $r(A_{o, Nacht}) < r < r(A_{u, Nacht})$  liegen, werden die Anforderungen der **DIN 4150-2 /4/** nur eingehalten, wenn die Dauer der reinen Baumaßnahmen zeitlich entsprechend des Abstands beschränkt ist (siehe **Anhang 3.2.2** und **3.2.3**).

Bei Gebäuden in einer Entfernung zu den Baumaßnahmen von  $r > r(A_{u, Nacht})$  sind Belästigungen in der Nacht aufgrund der Baumaßnahmen nicht zu erwarten.

Genaue Berechnungen wurden für die exemplarisch untersuchten Einwirkungsorte **E0 01** und **E0 02** durchgeführt. Hierbei sind für beiden Bautätigkeiten die folgenden maximalen bewerteten Schwingstärken wie folgt ermittelt worden:

Immissionspunkt	Anforderung	KB <sub>Fmax</sub>	
	A <sub>u</sub> / A <sub>o</sub>	Holzbalkendecke	Stahlbetondecke
E001 (9 m)	0,10 / 0,20	1,35	2,8
E002 (11 m)		1,15	2,5

**Tabelle 7:** bewerteten Schwingstärken an den untersuchten Immissionspunkten

Bei den untersuchten Einwirkungsorte wird somit der obere Anhaltswert **A<sub>o</sub>** für Gebäude in Wohngebieten im Nachtzeitraum aufgrund der geringen Abständen zu den Baumaßnahmen **deutlich überschritten**. Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen können die Anforderungen der **DIN 4150-2 /4/** nicht eingehalten werden. Demzufolge können erhebliche Belästigungen in der Nacht infolge der erforderlichen Rammarbeiten im Nahbereich **nicht ausgeschlossen** werden.

Da im vorliegenden Fall der obere Anhaltswert im Nahbereich nicht eingehalten werden kann, ist der 2. Schritt der Beurteilung gemäß **DIN 4150-2**, die Bildung der Beurteilungsschwingstärke **KB<sub>FTr</sub>** lediglich ergänzend informativ für die Gebäude im weiteren Umfeld (zw. 48m und 150m m Radius um die Baumaßnahme) durchgeführt worden.

Der **KB<sub>FTr</sub>**-Wert wird für den Nachtzeitraum für die maßgeblichen Decken ermittelt und mit den entsprechenden Anhaltswerten **A<sub>r</sub>** verglichen (siehe **Anhang 3.2.2 und 3.2.3**).

Für den Nachtzeitraum gelten für die betrachteten Gebäude in Wohngebieten Beurteilungsanhaltswerte von

$$A_{r, WA} = 0,05.$$

Aus diesen Darstellungen kann die Zeitbeschränkung der reinen Baumaßnahmen entnommen werden, ab welchen die Anhaltswerte in Abhängigkeit vom Abstand zu den Baumaßnahmen sowie der Gebietsnutzung und der Geschossbauten eingehalten werden können. Erst bei einem Abstand zwischen Einwirkungsort und Einsatzort des Gerätes von

$$r_{Hb/Stb} \geq 50 / 100 \text{ m}$$

können die nächtlichen Anhaltswerte bei maximaler Eisatzzeit des Gerätes von

$$T_{E, Hb/Stb} \leq 0,5 / 0,5 \text{ Stunden pro Tag}$$

eingehalten werden.

Aus dem Grund wird empfohlen, diese Bautätigkeit nach Möglichkeit **nicht** in der Nacht durchzuführen.

#### 4.2.1.3 Vermeidungsmaßnahmen

Während der nächtlichen Arbeiten ist mit erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden zu rechnen. Die Anhaltswerte können während des Einsatzes einer Vibrationsramme im Nahbereich nicht eingehalten werden. Nach Möglichkeit sollte auf nächtlichem Einsatz des Gerätes im ausgewiesenen Abstand zu schutzwürdig genutzter Bebauung verzichtet werden.

Auch am Tag sind bei den gegebenen Entfernungen zu schutzwürdig genutzter Bebauung die gebietsspezifischen Anhaltswerte gegebenenfalls überschritten. Hier ist dann die Einsatzzeit des erschütterungsintensiven Geräts entsprechend einzuschränken, um den Anhaltswert der **Stufe II** einzuhalten. Um die psychischen Auswirkungen von Erschütterungseinwirkungen zu vermindern, können weitere Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen ergriffen werden. Hierzu empfiehlt es sich, dass die im Abschnitt 6.5.4.3 der **DIN 4150-2** aufgeführten Maßnahmen a) bis e) vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme ergriffen werden.

- a) umfassende Informationen der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb;*
- b) Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit verbundenen Belästigungen;*
- c) zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.);*
- d) Benennung einer Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben;*
- e) Information der Betroffenen über die Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude.*

Gegebenenfalls ist zudem die in Abschnitt 6.5.4.3 der **DIN 4150-2** aufgeführte Maßnahme f) durchzuführen:

- f) Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf Menschen und Gebäude.*

Dem vorausgehend sollte allerdings zunächst geprüft werden, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren bzw. Geräte möglich ist.

## 4.2.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

### 4.2.2.1 Immissionen

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand des Einsatzortes des Gerätes zu den Gebäuden sind für Holzbalkendecken in **Anhang 4.1** und für Stahlbetondecken in **Anhang 4.2** dargestellt.

Für die nächstgelegenen Bebauungen ergeben sich maßgebenden Geschossdecken (Holzbalken- / Stahlbetondecken) maximale Schwinggeschwindigkeiten aus einer Vibrationsramme von

$$v_{\max} = 2,50 / 5,00 \text{ mm/s}$$

am E001

$$v_{\max} = 2,25 / 4,50 \text{ mm/s}$$

am E002

Der Vergleich mit dem Anhaltswert für Wohngebäude von

$$v_{\text{Geschossdecke}} = 10 \text{ mm/s}$$

gemäß **DIN 4150-3** für Dauererschütterungen auf Geschossdecken belegt, dass während des Einsatzes einer Vibrationsramme **nicht mit Gebäudeschäden** durch baubedingte Erschütterungen in Sinne der **DIN 4150-3** zu rechnen ist.

## 5 Abschließende Bemerkungen

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (**BImSchG**, /1/) soll jede Baustelle so geplant oder eingerichtet und betrieben werden, dass Erschütterungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Demgemäß sind die mit den Bauleistungen beauftragten Unternehmen dahingehend vertraglich zu verpflichten, dass sie ausschließlich Bauverfahren und Baugeräte einsetzen, die dem (fortschreitenden) Stand der Technik entsprechen.

Im Zusammenhang mit dem Bauvorhaben zur Errichtung von Schallschutzwände in der Ortslage Kamp-Bornhofen wurde geprüft, ob die aus den Bautätigkeiten bei Einsatz einer Vibrationsramme resultierenden Erschütterungsimmissionen zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden im Sinne der **DIN 4150-2** oder zu Schäden an baulichen Anlagen im Sinne der **DIN 4150-3** führen können. Die Ergebnisse der Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ☐ Erhebliche Belästigungen durch Erschütterungen beim Einsatz einer Vibrationsramme können gemäß **DIN 4150-2** auf Grund der gegebenen Abstandsverhältnisse zu den nächstgelegenen schutzwürdigen Nutzungen (Abstand ca. 9 m) nicht ausgeschlossen werden.
- ☐ Ab einer Entfernung zur Baustelle von etwa 200 m können die unteren Anhaltswerte unabhängig von der Deckenkonstruktion und der Gebietsnutzung unterschritten werden. Hier werden die Anforderungen der **DIN 4150-2** eingehalten.
- ☐ Auf nächtliche Arbeiten sollte aus erschütterungstechnischer Sicht grundsätzlich verzichtet werden. Sollte im vorliegenden Fall dies nicht möglich sein, so sind hier zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen. Es ist zu prüfen, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren möglich ist. Darüber hinaus sind die in Abschnitt 6.5.4.3 der **DIN 4150-2** aufgeführten Maßnahmen a) bis f) vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme zu ergreifen.
- ☐ Gegebenenfalls sind für die Dauer des Einsatzes der Vibrationsramme den Anwohnern der nächstgelegenen Gebäude, in denen die Anforderungen nach der **DIN 4150-2** nicht eingehalten werden können, Ersatzwohnräume zur Verfügung zu stellen.
- ☐ Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden (**DIN 4150-3**) sind aufgrund der Intensität der Erschütterungseinwirkungen der untersuchten Baumaßnahme nicht zu erwarten. Nichtsdestotrotz wird empfohlen, an besonders exponierten Gebäuden, Beweissicherungsmaßnahmen durchzuführen.

## 6 Anhänge

<b>Anhang 1</b>	Übersichtslageplan
<b>Anhang 2.1</b>	Emissionsspektren
<b>Anhang 2.2</b>	T <sub>2</sub> -Funktion
<b>Anhang 2.3</b>	T <sub>3</sub> -Funktion
<b>Anhang 3</b>	Schwingstärken
<b>Anhang 4</b>	Schwinggeschwindigkeiten
<b>Anhang 5</b>	Konfliktpläne

AUFGESTELLT:



Carlos Chilet M.Sc.

GEPRÜFT UND FREIGEgeben:



Dipl.-Ing. Mario Graefen

---

ENDE DES BERICHTS

---

# ANHANG



#### LEGENDE

- Gebiete in denen etwa zu gleichen Teilen Wohnnutzung und gewerbliche Anlagen untergebracht sind
- Gebiete in denen überwiegend Wohnnutzungen untergebracht sind
- Gebiete in denen ausschließlich Wohnnutzungen untergebracht sind
- LSW-Bestand
- Schiene
- Schienenachse



Heinrich-Hertz-Straße 2  
64295 Darmstadt  
Telefon (06151) 885-383  
[www.kuk.de](http://www.kuk.de)

21.03.2024; Bericht Nr. 20210230-ABE-2

DB InfraGO AG

**Mittelrheintal - Ortslage Kamp-Bornhofen**  
**SSW 408a+b**

**- ÜBERSICHTSLAGEPLAN -**

**ANHANG 1.1**



#### LEGENDE

- Gebiete in denen etwa zu gleichen Teilen Wohnnutzung und gewerbliche Anlagen untergebracht sind
- Gebiete in denen überwiegend Wohnnutzungen untergebracht sind
- Gebiete in denen ausschließlich Wohnnutzungen untergebracht sind
- LSW-Bestand
- Schiene
- Schienenachse



Heinrich-Hertz-Straße 2  
64295 Darmstadt  
Telefon (06151) 885-383  
[www.kuk.de](http://www.kuk.de)

21.03.2024; Bericht Nr. 20210230-ABE-2

DB InfraGO AG

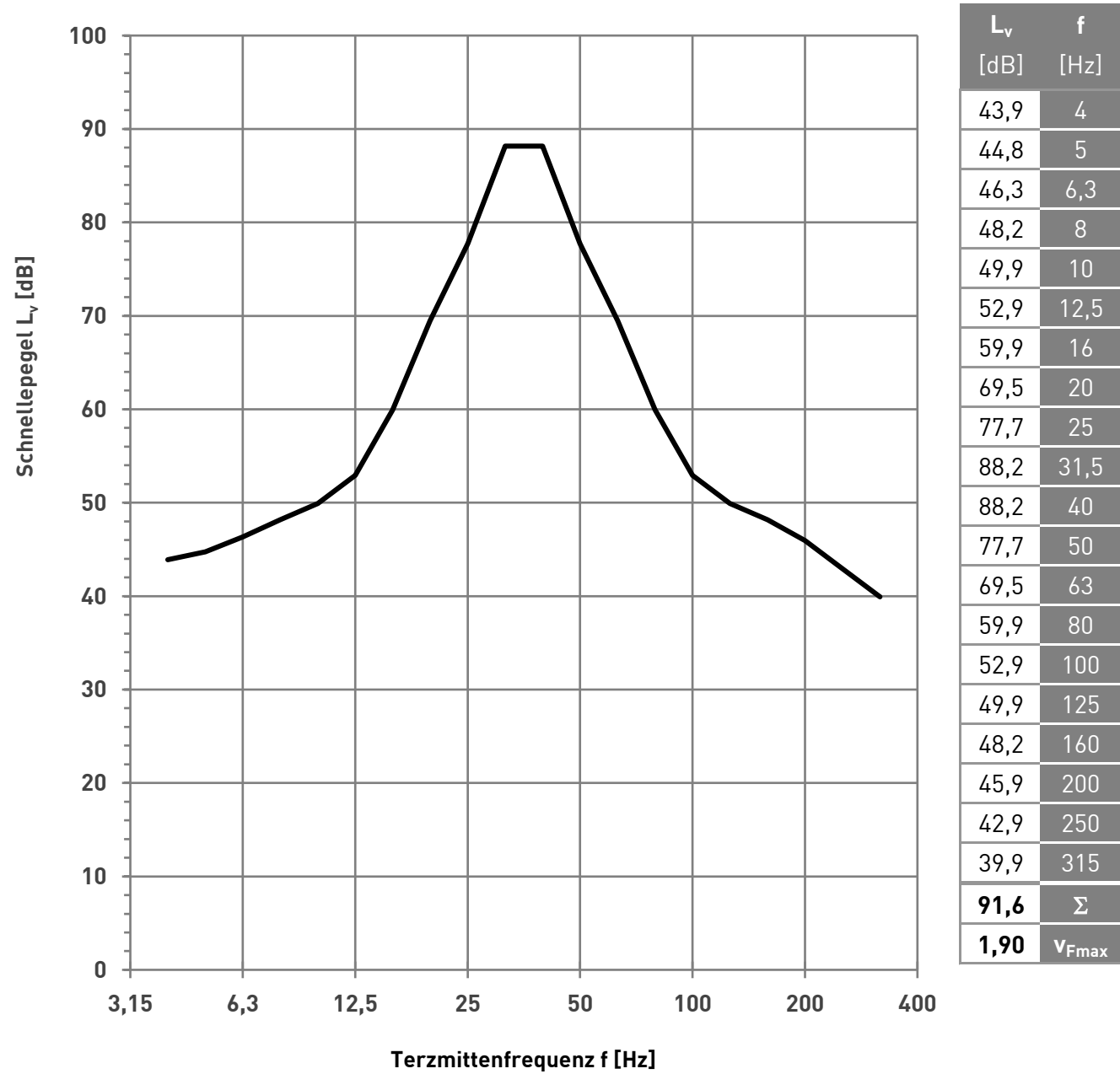
**Mittelrheintal - Ortslage Kamp-Bornhofen**  
**SSW 408a+b**

**- ÜBERSICHTSLAGEPLAN -**

**ANHANG 1.2**

Emissionsspektrum  
Vibrationsramme (Normalbetrieb)

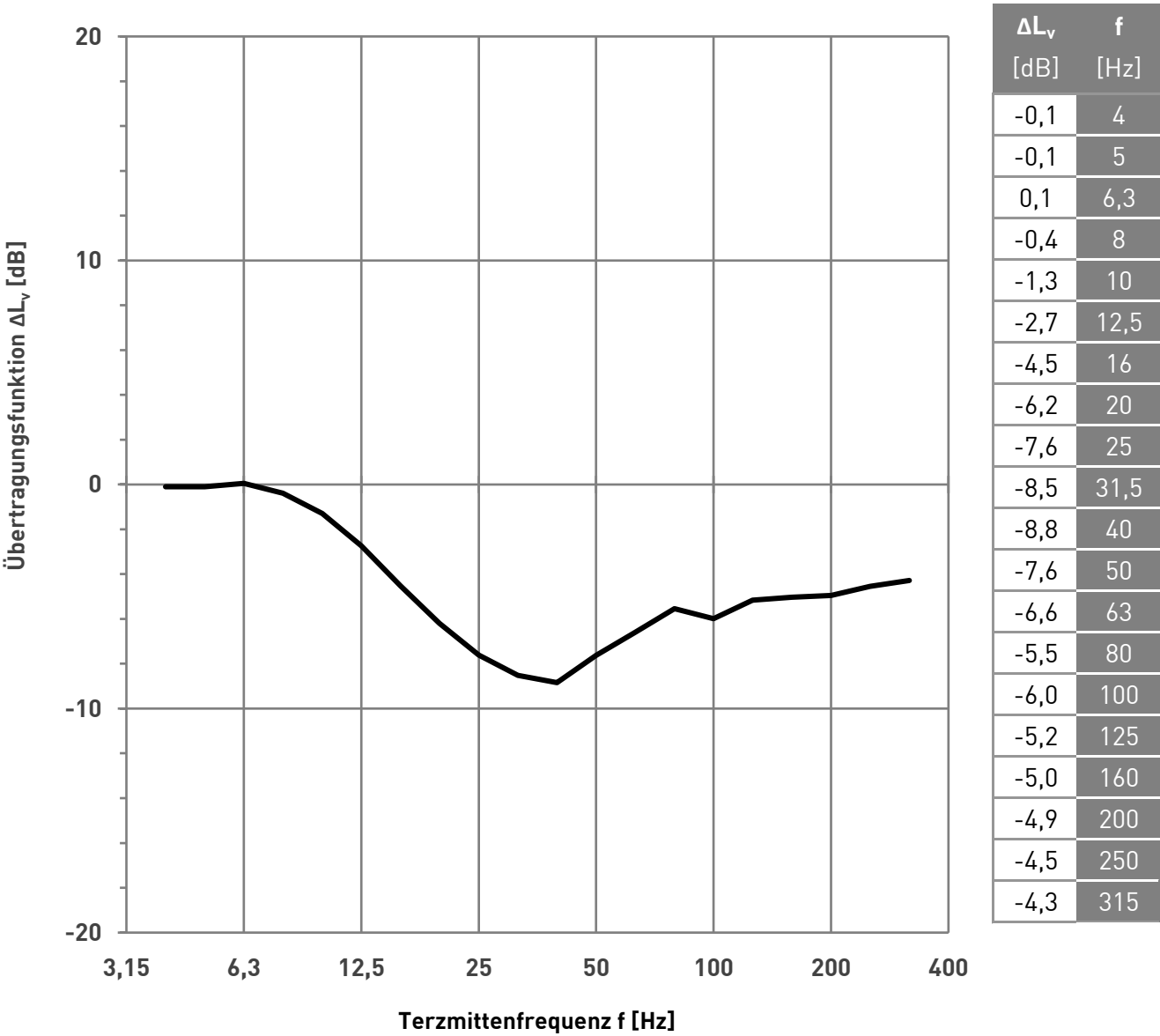
Messpunkt (Abstand): 9 m  
Arbeitsfrequenz: 35 Hz  
Schwingrichtung: z  
Quellentyp: Punktquelle (PQ)  
harmonisch/stationär (HS)  
Wellenart: Oberflächenwelle



**T<sub>2</sub>-Funktion**  
**Übertragung Erdreich - Fundament**

**Quelle:** Statistische Auswertung der vorliegenden Messergebnisse  
für insgesamt 112 Bebauungen  
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH

**Gebäudetyp:** Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament  
Einfamilienhäuser  
**Schwingrichtung:** vertikal (z)



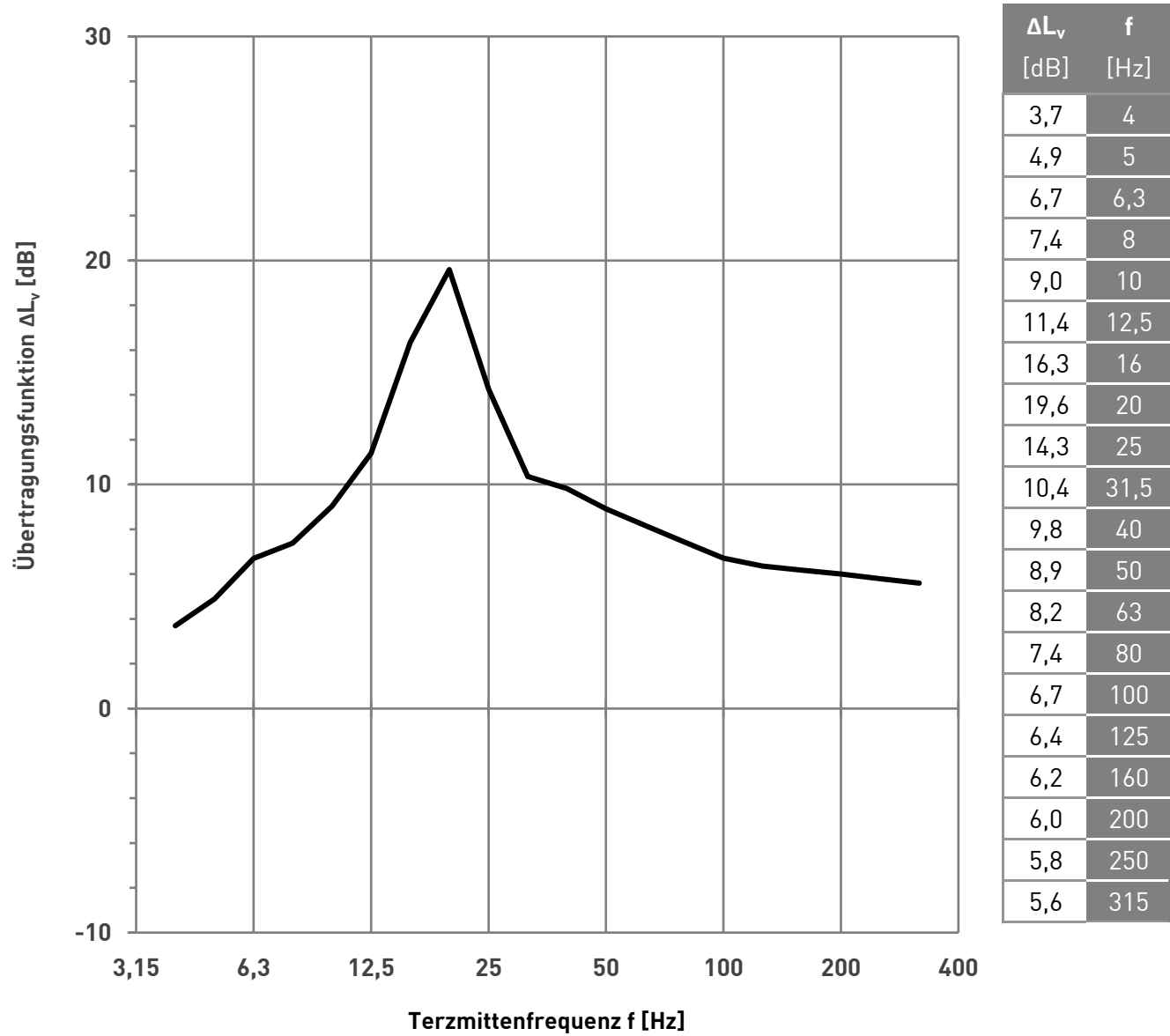
**T<sub>3</sub>-Funktion**  
**Übertragung Fundament - Geschossdecke**

**Quelle:** Statistische Auswertung der vorliegenden Messergebnisse  
für 79 Bebauungen  
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH

**Deckenart:** Holzbalkendecke

**Schwingrichtung:** z

**Deckeneigenfrequenz:** f =20 Hz



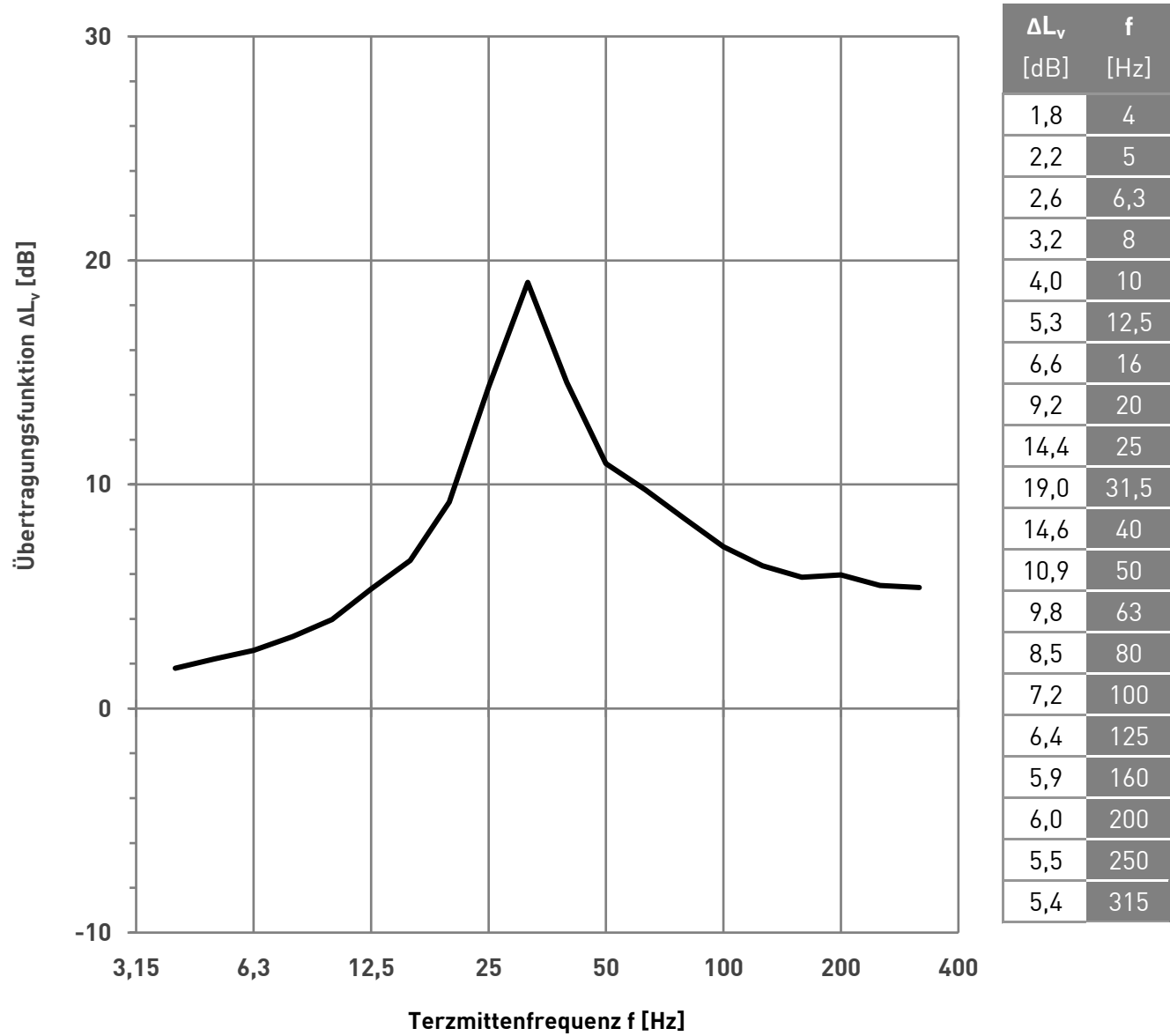
**T<sub>3</sub>-Funktion**  
**Übertragung Fundament - Geschossdecke**

**Quelle:** Statistische Auswertung der vorliegenden Messergebnisse  
für 413 Bebauungen  
KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH

**Deckenart:** Stahlbetondecke

**Schwingrichtung:** z

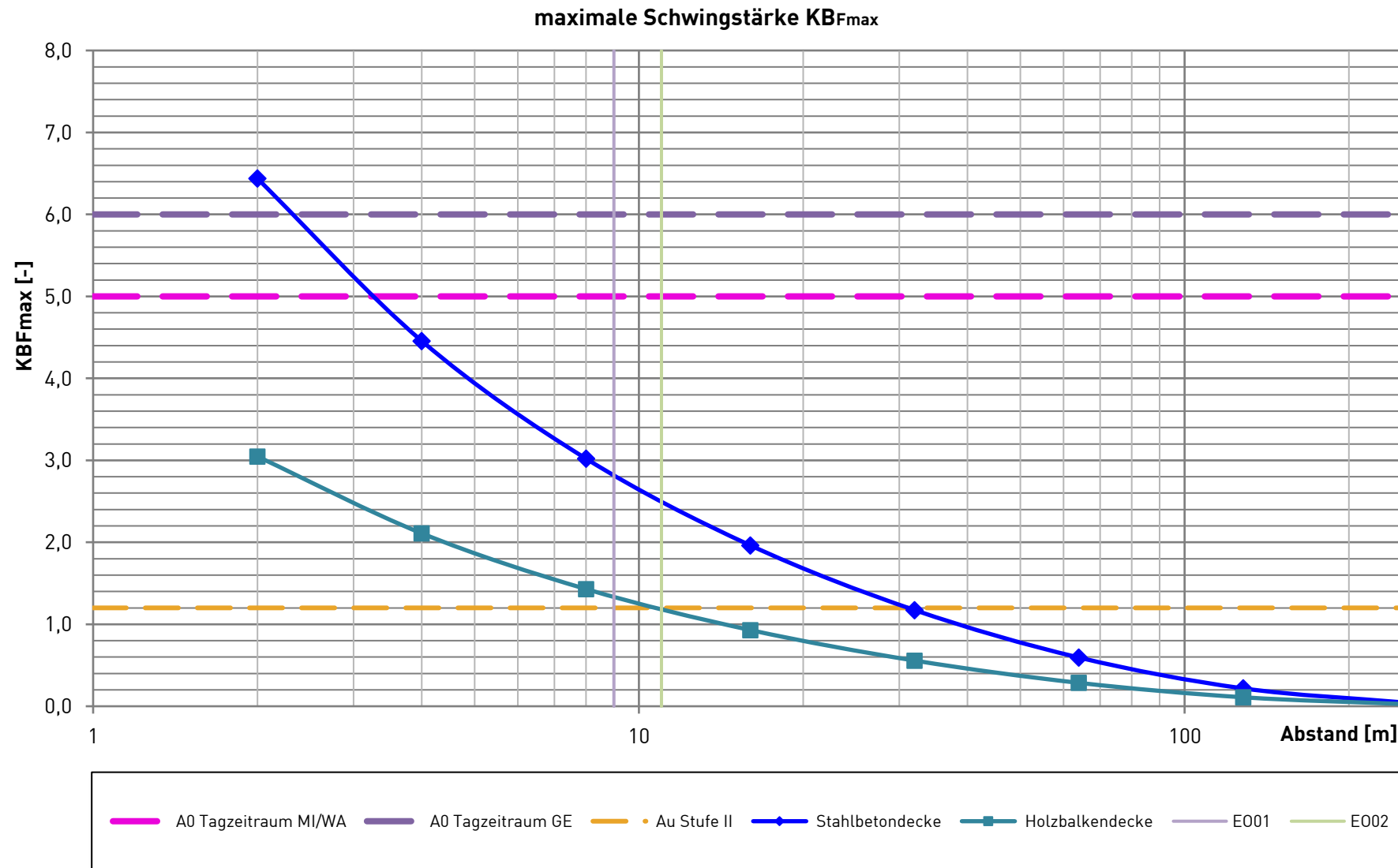
**Deckeneigenfrequenz:** f = 31,5 Hz



## KB<sub>Fmax</sub> in typischen Geschossbauten

### Tagzeitraum

### Vibrationsramme (Normalbetrieb)

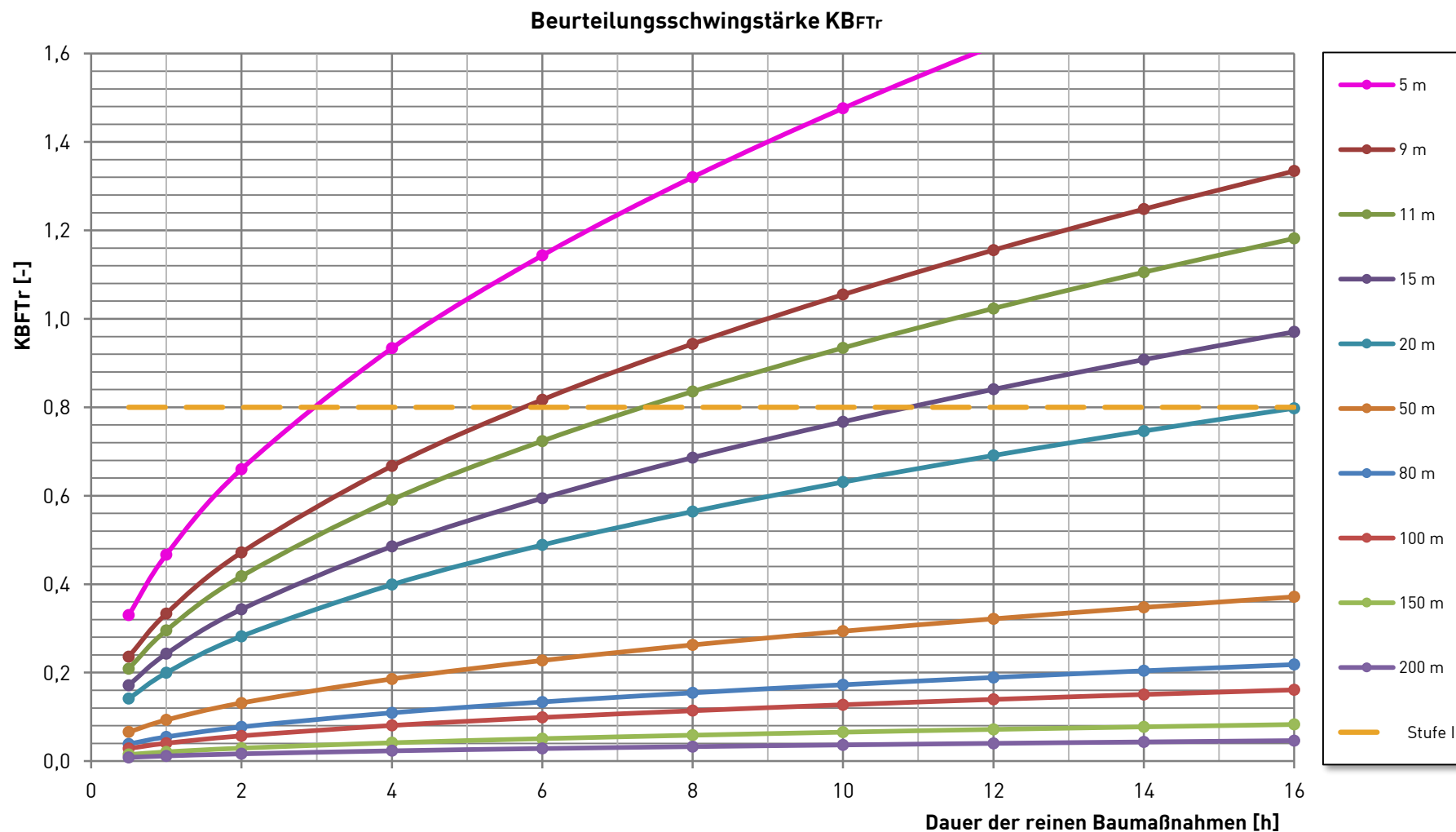


## KB<sub>FT</sub> in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

Holzbalkendecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

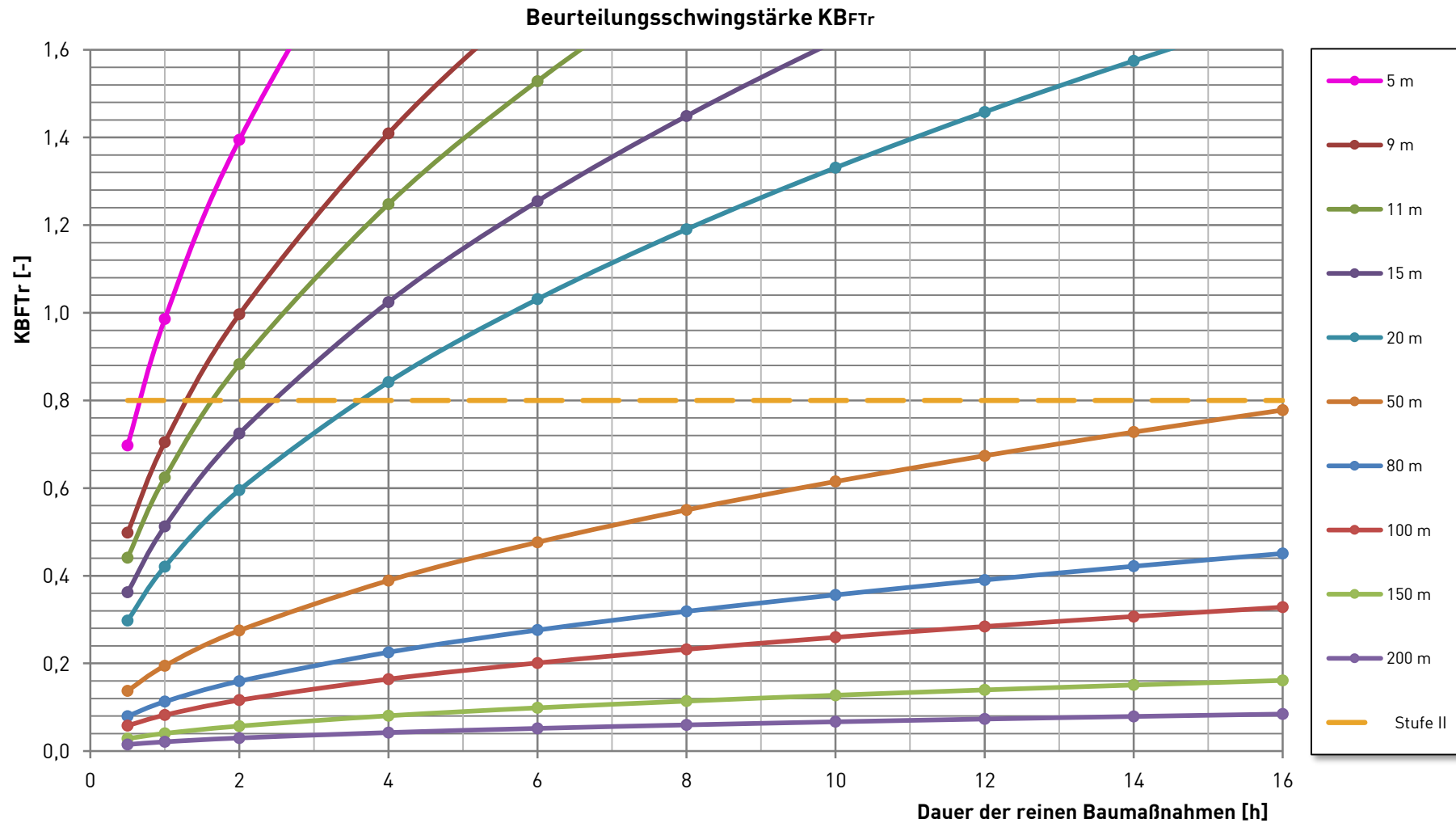


## KB<sub>FT<sub>r</sub></sub> in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

Stahlbetondecken

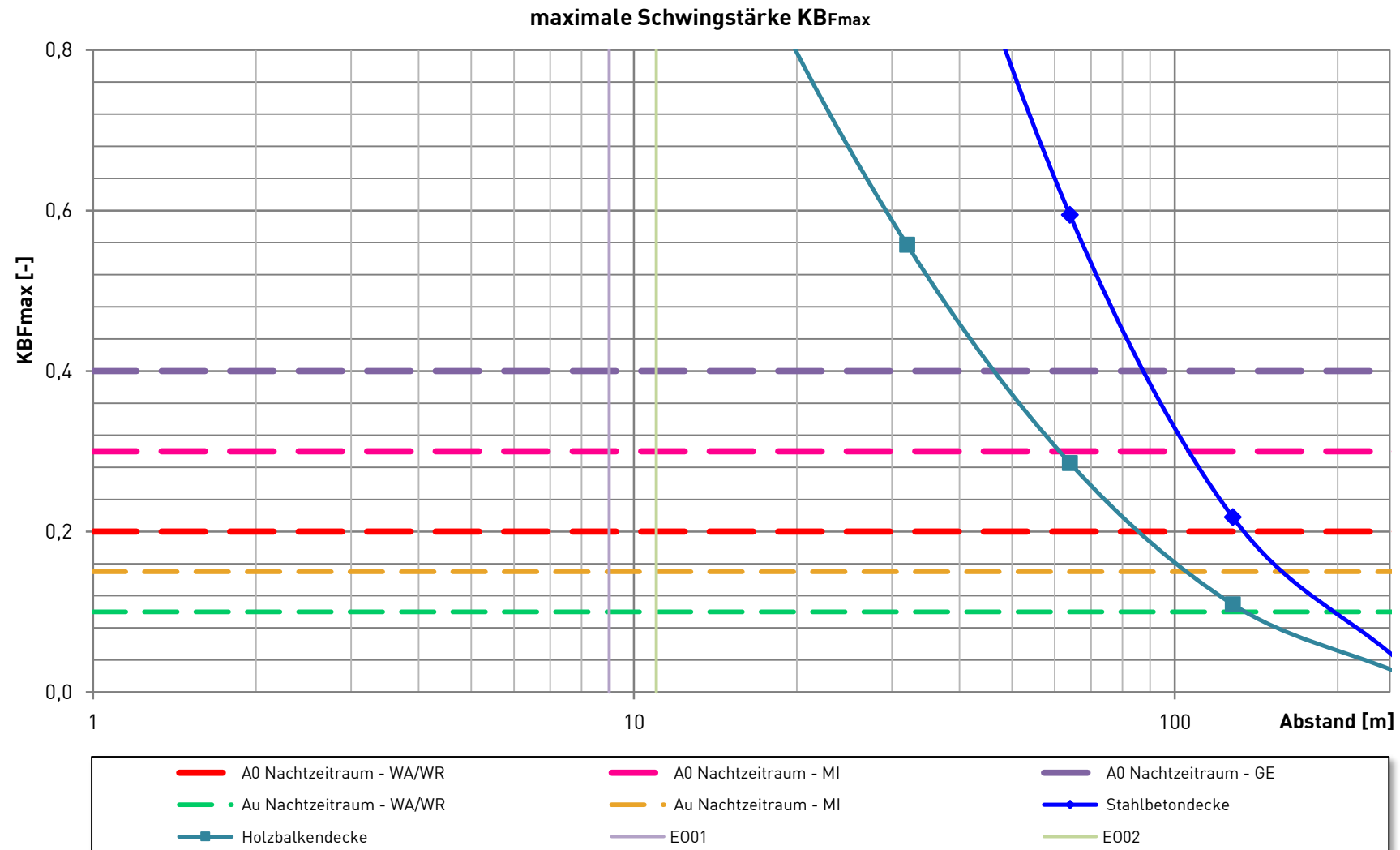
Vibrationsramme (Normalbetrieb)



## KB<sub>Fmax</sub> in typischen Geschossbauten

### Nachtzeitraum

### Vibrationsramme (Normalbetrieb)

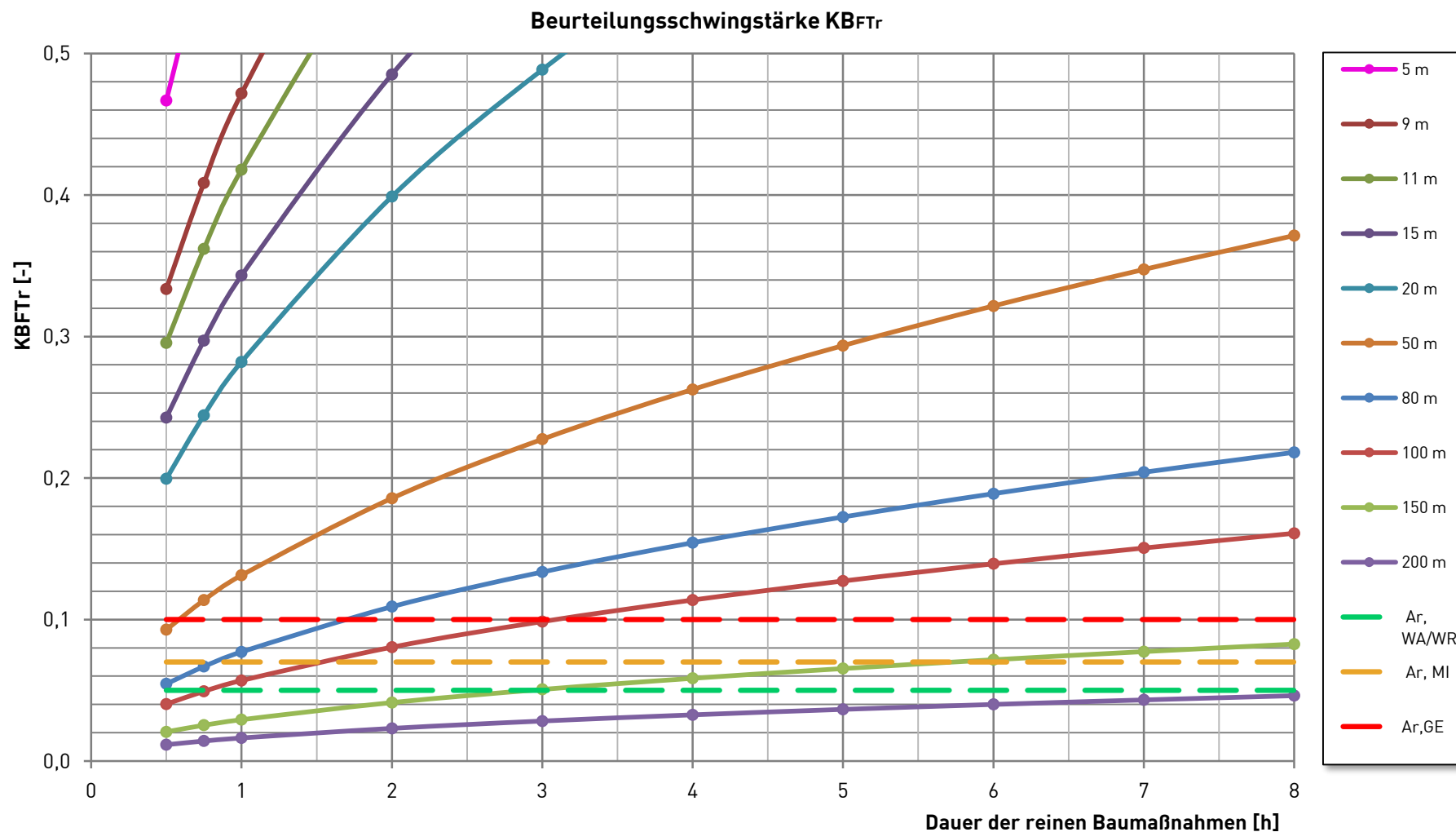


## KB<sub>FT<sub>r</sub></sub> in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

Holzbalkendecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

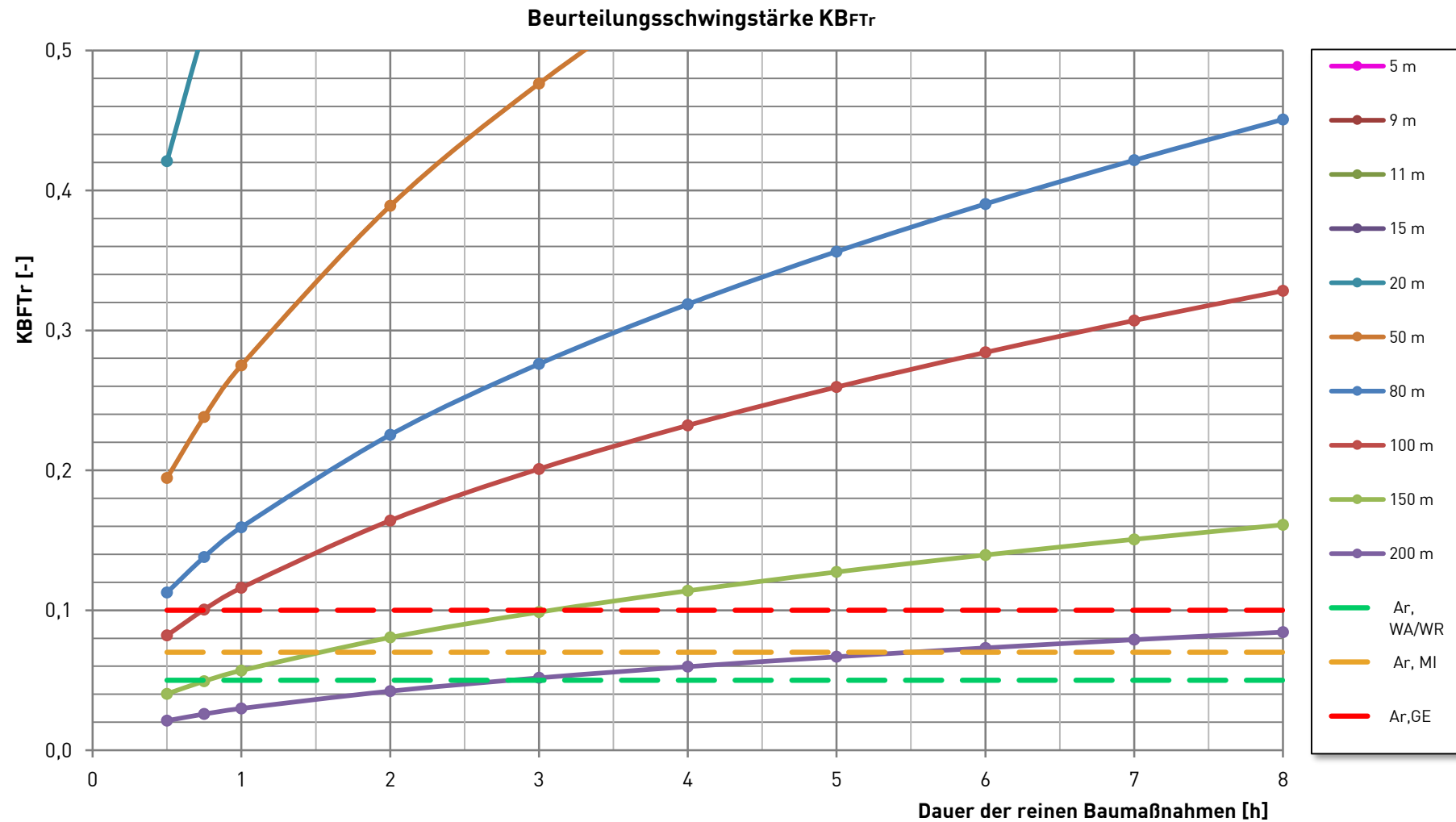


## KB<sub>FT<sub>r</sub></sub> in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

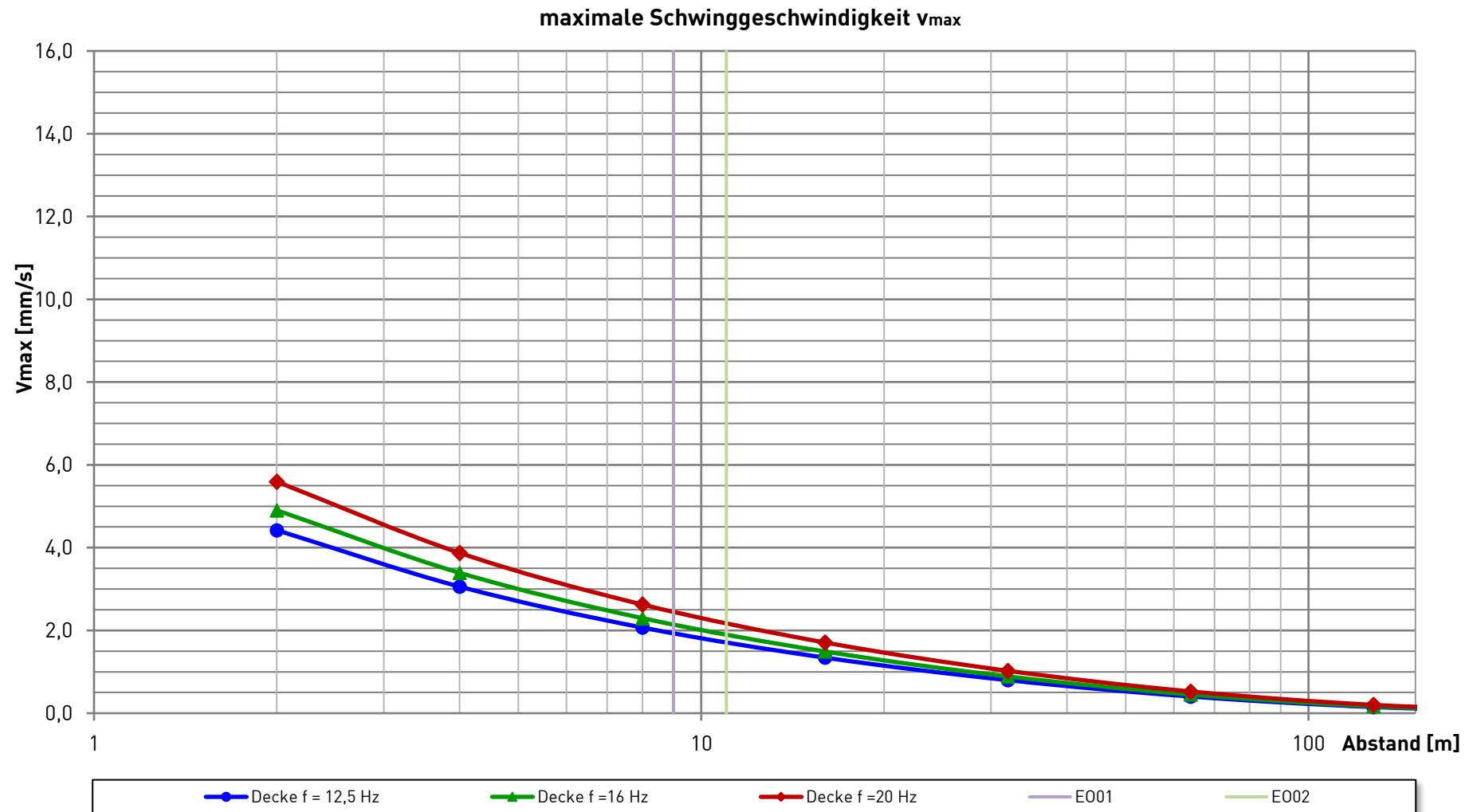
Stahlbetondecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)



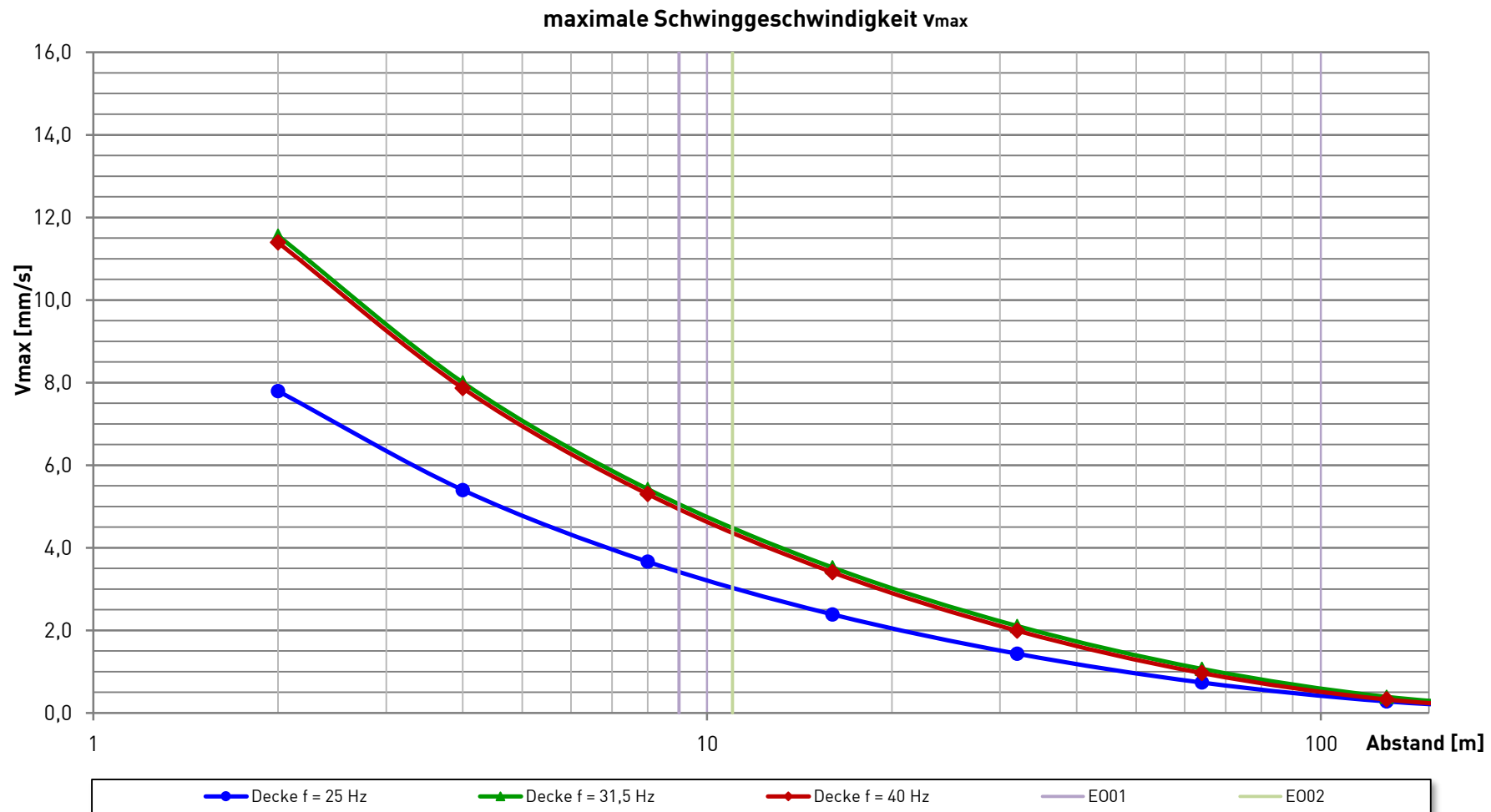
## Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken

## Vibrationsramme (Normalbetrieb)



## Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken

## Vibrationsramme (Normalbetrieb)





Maßstab 1:2000

0 20 40 60 80 100 m

- Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind
- Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind
- Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind.
- rep. untersuchte Einwirkungsorte (IP)
- LSW-Bestand
- LSW-Planung
- Schienenachse
- Stufe II - Tag - DIN 4150-2
- Straße



KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH  
Heinrich-Hertz-Straße 2  
64295 Darmstadt  
Telefon (06151) 885-383  
www.kuk.de

21.03.2024; Bericht Nr. 20210230-ABE-2

DB InfraGO AG

## Mittelrheintal - Ortslage Kamp-Bornhofen

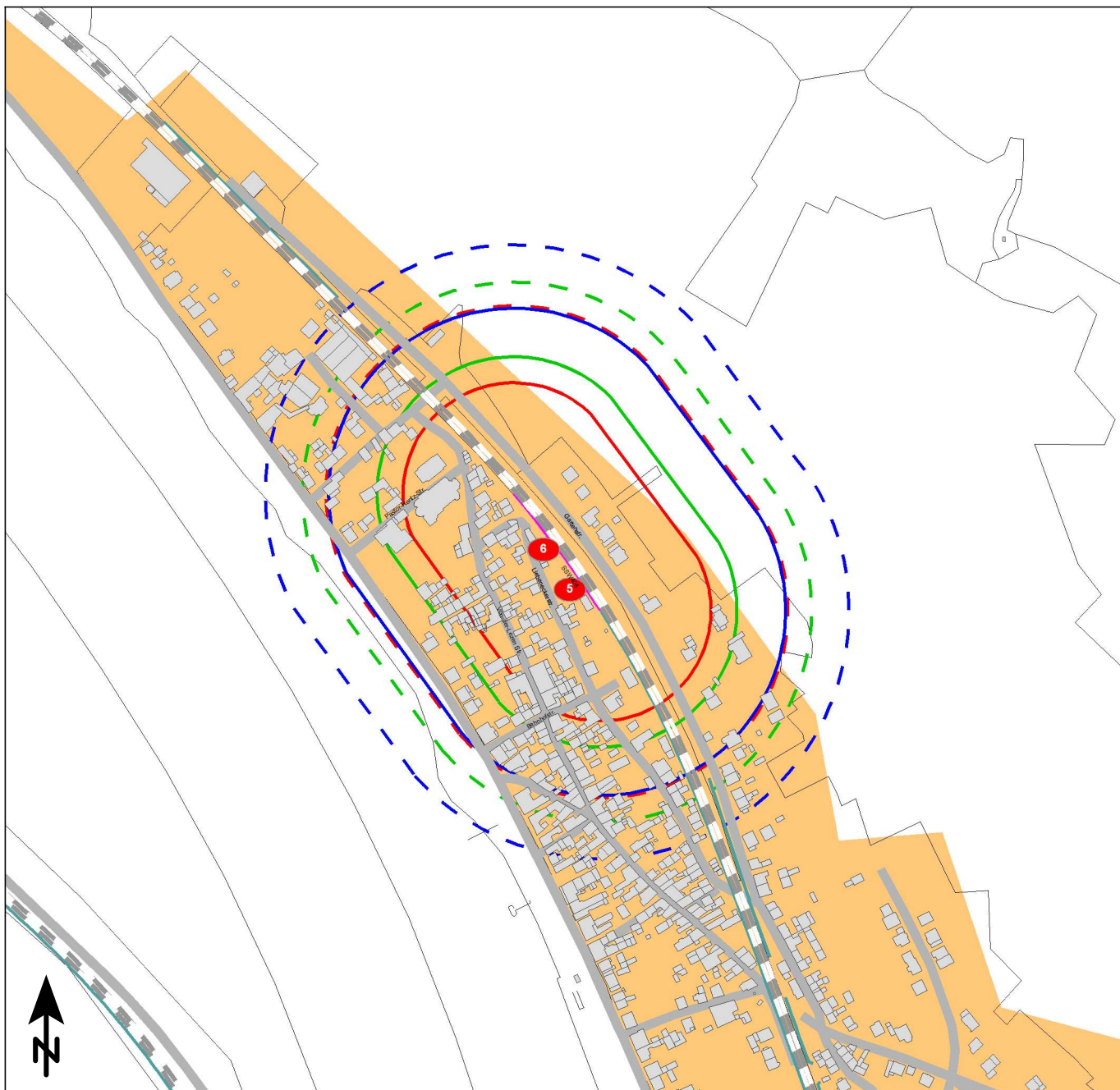
### - KONFLIKTKARTE -

SSW 408a+b

Bautätigkeit Rammen

Grenzabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2  
Beurteilungszeitraum Tag (06.00 Uhr bis 22.00Uhr)

## ANHANG 5.1



Maßstab 1:5000

0 50 100 150 200 250 m

- Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind
- Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind
- Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind.
- rep. untersuchte Einwirkungsorte (IP)
- LSW-Bestand
- LSW-Planung
- Au-WA
- Ao-WA
- Au-MI
- Ao-MI
- Au-GE
- Ao-GE
- Schienenachse



KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH  
Heinrich-Hertz-Straße 2  
64295 Darmstadt  
Telefon (06151) 885-383  
www.kuk.de

21.03.2024; Bericht Nr. 20210230-ABE-2

DB InfraGO AG

**Mittelrheintal - Ortslage Kamp-Bornhofen**

**- KONFLIKTKARTE -**

SSW 408a+b

Bautätigkeit Rammen

Grenzabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2  
Beurteilungszeitraum Nacht (22.00 Uhr bis 06.00Uhr)

**ANHANG 5.2**