

Unterlage 15.2

Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baubetrieb resultierenden
Erschütterungsimmissionen

Nur zur Information

Unterlage 15.2

- nur zur Information -

Erschütterungstechnische Untersuchung

VORHABEN: Projekt „Stuttgart 21“: Umbau des Bahnknotens Stuttgart, Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg, Bereich Stuttgart – Wendlingen mit Flughafenanbindung

ABSCHNITT: Planfeststellungsabschnitt 1.6 b
Abstellbahnhof Untertürkheim

UMFANG: Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen

AUFTRAGGEBER: DB Projekt Stuttgart – Ulm GmbH
Räpplenstraße 17
70191 Stuttgart

BEARBEITUNG: **KREBS+KIEFER FRITZ AG**
Hilpertstraße 20 | 64295 Darmstadt
T 06151 885-383 | F 06151 885-220

AKTENZEICHEN: 19978007-ABE-3
DATUM: Darmstadt, 01.04.2019



Dipl.-Phys. Peter Fritz
Vorstand

Dieser Bericht umfasst 27 Seiten sowie 5 Anhänge mit 17 Blättern.

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

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	6
2	Sachverhalt und Aufgabenstellung	7
3	Bearbeitungsgrundlagen	8
3.1	Gesetze, Normen und Richtlinien	8
3.2	Planunterlagen und projektspezifische Informationen	8
4	Beschreibung des Baustellenbetriebs	9
5	Anforderungen an den Schwingungsschutz	10
5.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	10
5.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	12
6	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	14
6.1	Emissionen	15
6.2	Transmission	16
6.2.1	Transferfunktion T1	16
6.2.2	Transferfunktionen T2 und T3	17
6.3	Immissionen	18
7	Untersuchungsergebnisse	19
7.1	Emissionen	19
7.1.1	Rammarbeiten	19
7.1.2	Verdichtungsarbeiten	20
7.2	Immissionen	21
7.2.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	21
7.2.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	26
8	Abschließende Bemerkungen	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen	11
Tabelle 2: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen	12
Tabelle 3: Anhaltswerte für $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke	13
Tabelle 4: Erschütterungstechnische Anhaltswerte für Baumaßnahmen über einen Zeitraum von 2 Tagen	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte.....	14
Abbildung 2: Ursachen-Wirkungs-Prinzip.....	15
Abbildung 3: Geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude mit r	17

Anhänge

Anhang 1	Übersichtslageplan
Anhang 2	Emissionen
Anhang 3	Transmissionen
Anhang 4	Beurteilung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
Anhang 5	Beurteilung der Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Abkürzungsverzeichnis

A	Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A _o	oberer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A _r	Beurteilungs-Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A _u	unterer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A _v	Anhaltswert für die Schwinggeschwindigkeit gemäß DIN 4150-3 [mm/s]
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
c _p	Ausbreitungsgeschwindigkeit im Boden [m/s]
[d]	Tag
D	Dauer von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen [d]
D	Dämpfungsgrad [%]
[dB]	Dezibel
f	Frequenz [Hz]
f ₀	Deckeneigenfrequenz [Hz]
G	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind
[Hz]	Hertz, Schwingung je Sekunde
Holz	Holzbalkendecken
Hrsg.	Herausgeber
HS	harmonisch / stationär
I	impulsförmig
KB _{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB _{FTr}	Beurteilungsschwingstärke [-]
[kJ]	Kilojoule [kg m ² / s ²]
LAI	Landesausschuss für Immissionsschutz
LQ	Linienquelle
M	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind
n	Abnahmekoeffizient [-]
Nr.	Nummer
Nutz	Art der baulichen Nutzung
O	Oberflächenwelle
PFA	Planfeststellungsabschnitt
PQ	Punktquelle

PU	Personenunterführung
r	Abstand [m]
R	Raumwelle
Stb.	Stahlbetondecken
T	Übertragungsfunktion
v_0	Referenzwert für die Schwingschnelle [$5 \cdot 10^{-8}$ m/s]
v_i	Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
v_{\max}	maximale Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
v_z	zulässige Schwinggeschwindigkeit auf Geschossdecken gemäß DIN 4150-3 [mm/s]
W	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind

1 Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Erstellung von Planfeststellungsunterlagen für den Planfeststellungsabschnitt 1.6 b des Projektes „Stuttgart 21“ wurde für den Abstellbahnhof Untertürkheim geprüft, ob die aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden oder zu Schäden an baulichen Anlagen führen können.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Zum Einbringen von Oberleitungsmasten werden **Vibrationsrammungen** notwendig. Zur Vermeidung erheblich belästigender Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden sollten ausschließlich Rammgeräte zum Einsatz kommen, die über ein im Betrieb veränderliches statisches Moment verfügen. Hierdurch ist gewährleistet, dass das statische Moment erst nach Erreichen der angestrebten Betriebsdrehzahl „eingeschaltet“ wird.

Des Weiteren ist sicherzustellen, dass die eingesetzten Rammgeräte eine hinreichend hohe Leistung haben, um zu vermeiden, dass die Arbeitsfrequenz der Geräte unter Last unter 35 Hz fällt. Hierdurch wird vermieden, dass es zu resonanznahen Anregungen von Geschosdecken und somit zu hohen Schwingungsintensitäten kommen wird.

- Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich, dass bei entsprechender Vorabinformation der betroffenen Anwohner (Stufe II) im Vorfeld der Rammarbeiten in Abständen größer als **25 m** bei Stahlbetondecken bzw. **8 m** bei Holzbalkendecken selbst bei Einwirkzeiten über den gesamten 16-stündigen Tagzeitraum nicht mit erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen ist. Für Gebäude in geringen Abständen kann eine Konfliktfreiheit durch eine geeignete Beschränkung der reinen Rammdauer erreicht werden.
- Verdichtungsarbeiten mit Vibrationswalzen im Zuge des Gleisbaus sind weitgehend auf den Tagzeitraum beschränkt. Bei entsprechender Vorabinformation der betroffenen Anwohner (Stufe II) ist in Abständen größer als **20 m** bei Stahlbetondecken bzw. **10 m** bei Holzbalkendecken bei Einwirkzeiten über den gesamten 16-stündigen Tagzeitraum nicht mit erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen. Beschränkt sich die reine Einwirkzeit auf nur noch 8 Stunden, so

reduzieren sich die genannten Grenzabstände auf 12 m bei Stahlbetondecken bzw. 6 m bei Holzbalkendecken.

- Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden sind aufgrund der Intensität der Erschütterungseinwirkungen weder durch Vibrationsmessungen noch bei Verdichtungsarbeiten zu erwarten.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Das Projekt Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Ulm hat die Erweiterung der bestehenden Eisenbahnverbindung zwischen Stuttgart und Ulm zum Gegenstand. Das Gesamtvorhaben wird in zwei Teilbereiche Stuttgart – Wendlingen („Stuttgart 21“) und Wendlingen – Ulm untergliedert. Der Teilbereich „Stuttgart 21“ beschreibt den Umbau des Bahnknotens Stuttgart. Er gliedert sich in mehrere Planfeststellungsabschnitte.

Die im PFA 1.6 vorgesehenen Anlagen lassen sich im Wesentlichen in Streckengleise (PFA 1.6 a) und den Abstellbahnhof Untertürkheim (PFA 1.6 b) unterteilen. Da es sich bei den beiden Teilen um grundlegend verschiedene Anlagen handelt – Linienvorhaben im Bereich der Streckengleise und Flächenvorhaben im Bereich des Abstellbahnhofs – wurde für die Planfeststellung eine Trennung vorgenommen. Die Bauabschnitte Stuttgart Hbf – Obertürkheim, Abzweig Wangen – Untertürkheim und Zuführung Bad Cannstatt zum Abstellbahnhof Untertürkheim werden dabei dem PFA 1.6 a zugeordnet.

Der **Planfeststellungsabschnitt 1.6 b** umfasst den neuen Abstellbahnhof Untertürkheim. Er wird im Bereich des Güterbahnhofs Untertürkheim realisiert. Auf dem Gelände des Güterbahnhofes entstehen die Gleisanlagen und Hochbauten für den Abstellbahnhof.

Aufgabenstellung der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung ist es, die Schwingungsimmissionen, die aus den erforderlichen Bauaktivitäten im PFA 1.6 b 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 bereits im Rahmen des Genehmigungsverfahrens 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.

3 Bearbeitungsgrundlagen

3.1 Gesetze, Normen und Richtlinien

Der durchgeführten schalltechnischen Untersuchungen liegen die folgenden Gesetze, Richtlinien und Regelwerke 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), Mai 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

3.2 Planunterlagen und projektspezifische Informationen

Zur Bearbeitung wurden weiterhin die nachfolgenden Studien, Planunterlagen, Schriftsätze und sonstigen Informationen herangezogen:

- /6/ Vibrationen: Ursachen, Messung, Analysen und Maßnahmen, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Dokumentation zur D-A-CH-Studientagung 1991

- /7/ Bodendynamik, Grundlagen und Anwendungen, Hrsg. Wolfgang Haupt, 1986
- /8/ Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Bericht Nr. 107
- /9/ DB-Leitfaden für den Planer, Körperschall- und Erschütterungsschutz, August 1996
- /10/ „Stuttgart 21“, Planfeststellungsabschnitt 1.6 b Abstellbahnhof Untertürkheim, Planfeststellungsunterlagen zum PFA 1.6 b, DB Engineering & Consulting GmbH, Stand Juli 2018
- /11/ „Ermittlung und Beurteilung der aus dem Betrieb resultierenden Geräuschimmissionen“, Schalltechnische Untersuchung, KREBS+KIEFER FRITZ AG, Unterlage 14.4 vom 06.11.2018

4 Beschreibung des Baustellenbetriebs

Zur Realisierung des Abstellbahnhofs Untertürkheim sind umfangreiche Baumaßnahmen erforderlich. Detaillierte Angaben zum Baustellenbetrieb (Maschineneinsatz, Bauablauf) sind im Allgemeinen erst mit der Vergabe der Bauausführung an die ausführenden Unternehmer bekannt. In der vorliegenden Untersuchung werden die einzelnen Arbeitsvorgänge daher auf Grundlage des aktuellen Planungsstandes /10/ berücksichtigt bzw. nach Erfahrungswerten abgeschätzt.

Im Abstellbahnhof Untertürkheim ist u. a. der Neubau von Stützwänden geplant. Aufgrund der Lage und Höhe der Stützwände ist davon auszugehen, dass eine Flachgründung ausreicht.

Unter anderem werden beim Gleisbau Verdichtungsarbeiten durchgeführt. Zur Herstellung der Oberleitung werden in allen Einwirkungsbereichen Mastgründungen erforderlich. Eine solche Mastgründung ist in **Anhang 1** als Punktschallquelle beispielhaft wiedergegeben. Die Mastgründungen sind im gesamten Gleisfeld neben allen Gleisen erforderlich. Hierzu werden voraussichtlich ebenfalls erschütterungsintensive Vibrationsrammungen erforderlich.

Die wesentlichen, erschütterungsintensiven Arbeiten finden im Tagzeitraum statt. Im Nachtzeitraum werden somit keine erschütterungsintensiven Arbeiten durchgeführt.

5 Anforderungen an den Schwingungsschutz

5.1 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_{Fmax} und
- die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}

als maßgebende Beurteilungsgrößen mit den Anhaltswerten der Norm zu vergleichen.

Zunächst erfolgt ein Vergleich der für den Baubetrieb erwarteten maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} mit den Anhaltswerten A_u und A_o gemäß **DIN 4150-2**. Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A_u , dann ist die Anforderung der Norm eingehalten. Ist KB_{Fmax} größer als der obere Anhaltswert A_o , dann ist die Anforderung der Norm nicht eingehalten.

Für Einwirkungen, bei denen KB_{Fmax} größer als A_u , jedoch kleiner als A_o ist, ist in einem weiteren Prüfschritt die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln und mit dem Beurteilungsanhaltswert A_r zu vergleichen. Ist KB_{FTr} kleiner oder gleich A_r , so sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

Für die zeitlich begrenzten Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen werden die Anhaltswerte nach Tabelle 2 der **DIN 4150-2** /4/ herangezogen. Sie sind in **Tabelle 1** zusammengestellt und werden festgelegt nach der Anzahl von Tagen, an denen die Erschütterungseinwirkungen stattfinden. Bei der Ermittlung der Dauer der einwirkenden Erschütterungen ist gemäß **DIN 4150-2**, Abschnitt 6.5.4.2 nicht die gesamte Dauer der Baumaßnahme, sondern die zusammenhängende Anzahl der Tage zu verstehen, an denen tatsächlich relevanten Erschütterungseinwirkungen entstehen. 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		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	A _u	A _o *)	A _r	A _u	A _o *)	A _r	A _u	A _o *)	A _r
Stufe I	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
Stufe II	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe III	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6

*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt A_o = 6

Tabelle 1: Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen

Die in **Tabelle 1** benannten Anhaltswerte gelten **ausschließlich** für den Tagzeitraum (06.00 Uhr bis 22.00 Uhr), die Beurteilung erfolgt in drei Stufen:

Stufe I:

Bei Unterschreitung ist auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen.

Stufe II:

Bei Unterschreitung ist ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen, falls Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen im Sinne von Abschnitt 6.5.4.3 der **DIN 4150-2** ergriffen werden. Bei zunehmender Überschreitung auch dieser Stufe werden mit wachsender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten. Ist zu erwarten, dass Erschütterungseinwirkungen auftreten, die oberhalb der Stufe II liegen, so ist zu prüfen, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren möglich ist.

Stufe III:

Bei Überschreitung sind die Einwirkungen unzumutbar. In diesem Fall wird die Vereinbarung besonderer Maßnahmen notwendig.

Für nachts auftretende Erschütterungen durch Baumaßnahmen gelten die Anhaltswerte aus Tabelle 1 der **DIN 4150-2**. Diese Anforderungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

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.

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 gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichtspersonal und Bereitschaftspersonen untergebracht sind	0,40	6,0	0,20	0,30	0,60	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	0,30	6,0	0,15	0,20	0,40	0,10
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	0,20	5,0	0,10	0,15	0,30	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	0,15	3,0	0,07	0,10	0,20	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,10	3,0	0,05	0,10	0,15	0,05

Tabelle 2: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

5.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

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 Gebäuden (Tabelle 3, Zeile 2 und 3) wird auch bei Rissbildung in Putz und Wänden von einer Minderung des Gebrauchswertes ausgegangen.

Die maßgebenden Anhaltswerte für **kurzzeitige** Erschütterungen an Gebäudefundamenten sowie für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses sind in **Tabelle 3** zusammengefasst. Die Interpolation der Anhaltswerte für verschiedene Erschütterungsfrequenzen ist in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt.

Zeile	Gebietsnutzung	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i [mm/s]			
		Fundament Frequenz [Hz]			oberste Deckenebene, horizontal
		<10 Hz	10...50	50...100*	alle Frequenzen
1	gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20..40	40..50	40
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und / oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5..15	15..20	15
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert sind (z. B. unter Denkmalschutz stehend)	3	3..8	8..10	8

* Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden

Tabelle 3: Anhaltswerte für $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke

Kurzzeitige Erschütterungen sind im Sinne der Norm Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in der betroffenen Struktur Resonanz zu erzeugen. Als kurzzeitige Erschütterungen

(instationäre Einwirkungen) sind Einwirkungen zu werten, die z. B. während der An- und Auslaufphase von Vibrationsrammen entstehen.

Neben den in **Tabelle 3** genannten Anhaltswerten nennt die **DIN 4150-3** einen Anhaltswert von

$$v_z = 20 \text{ mm/s}$$

für das Auftreten kurzzeitiger **vertikaler** Deckenschwingungen.

Für **dauerhafte** Erschütterungen (stationäre Einwirkungen), die z. B. beim Betrieb von Vibrationsrammen entstehen, nennt die Norm entsprechend für das Auftreten vertikaler Deckenschwingungen einen Anhaltswert von

$$v_z = 10 \text{ mm/s.}$$

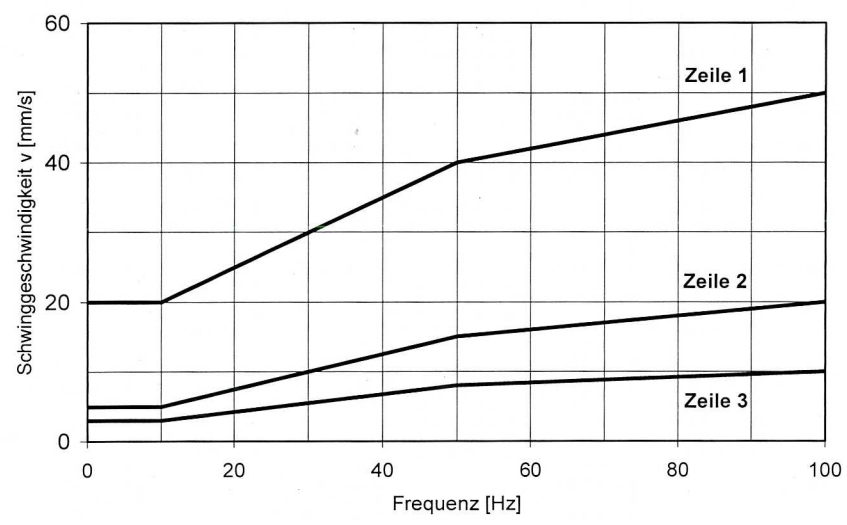


Abbildung 1: Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte

6 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.

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 Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. dargestellten Ursachen-Wirkungs-Prinzip ausgegangen.

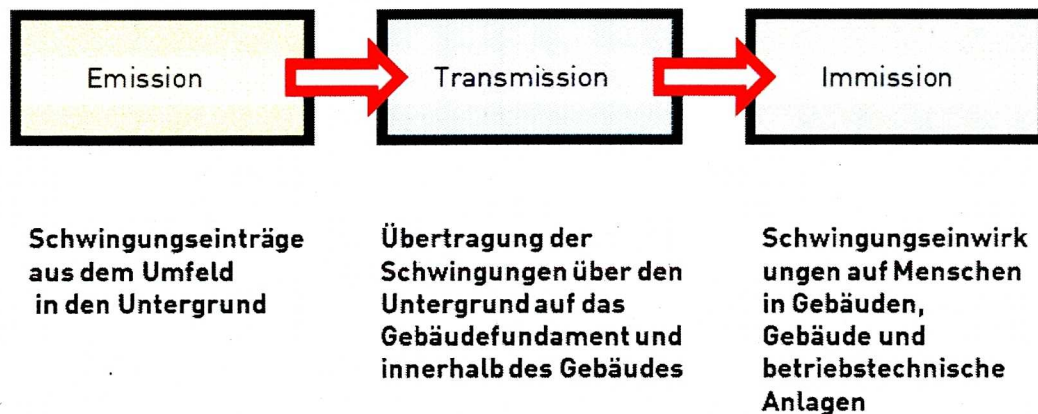


Abbildung 2: Ursachen-Wirkungs-Prinzip

6.1 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 Abschnitt /10/ bzw. 7.1 beschrieben und in **Anhang 2** als Emissionen mittels Terzbandspektren der Schwingschnelle grafisch dargestellt. Die angegebenen Schwingschnellen beziehen sich in der Regel jeweils auf eine Messposition im Boden und in 8 m Abstand zum Emittenten (Bezugsabstand). 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 Geschosdecken die Schwingschnellen in den übrigen beiden Raumrichtungen deutlich überschreiten, werden die Prognosebetrachtungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungseinwirkungen vorgenommen.

6.2 Transmission

6.2.1 Transferfunktion T1

Die Transferfunktion T1 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 T1-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 Abnahmekoeffizienten **n** quantifiziert. Unter Berücksichtigung der Vorgaben der **DIN 4150-1** werden dabei folgende Parameter berücksichtigt:

$$D = 1 \%$$

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

Der Abnahmekoeffizient **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 Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. wird die geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude in Abhängigkeit von der Entfernung zur Quelle für verschiedenen Quellentypen und Wellenarten dargestellt.

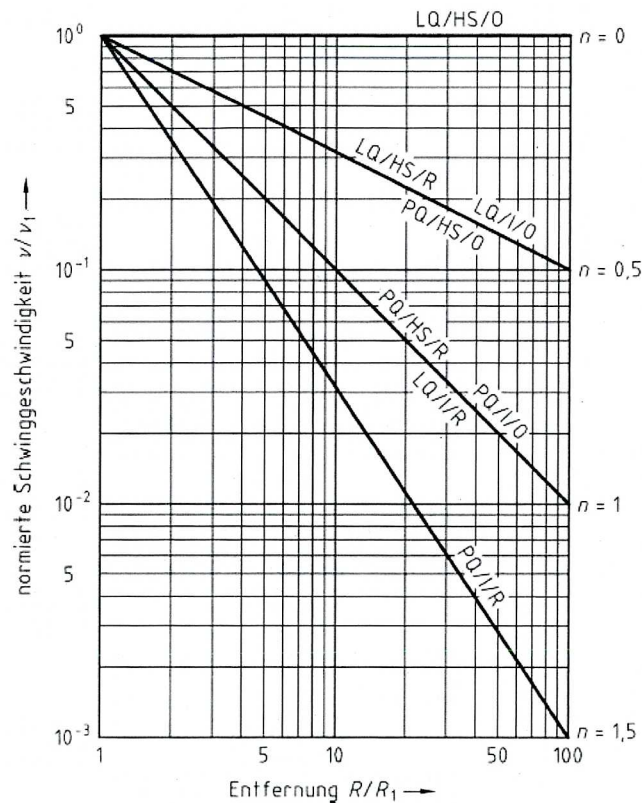


Abbildung 3: Geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude mit r

6.2.2 Transferfunktionen T2 und T3

Die Übertragung von Erschütterungen vom Boden auf ein Gebäudefundament (T2-Funktion) wird im Sinne einer oberen Abschätzung mit der in Anhang 3.1 angegebenen standardisierten Übertragungsfunktion für ein- bis zweigeschossige Gebäude /8/ ermittelt.

Innerhalb von Gebäuden unterscheidet sich das Übertragungsverhalten je nach Bauart der Geschosdecken. Da im vorliegenden Fall bekannt ist, dass die im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme befindlichen Gebäude sowohl Holzbalkendecken als auch Deckenkonstruktionen aus Stahlbeton aufweisen,

werden die erforderlichen Berechnungen für beide Deckenkonstruktionen durchgeführt.

Die Eigenfrequenzen von Stahlbetondecken liegen in der Regel zwischen 25 Hz und 40 Hz, die von Holzbalkendecken zwischen 10 Hz und 20 Hz. Die der Berechnung zu Grunde gelegten Übertragungsfunktionen /9/ für die jeweils ungünstigste Ausbreitungssituation sind für Stahlbetondecken in **Anhang 3.2** und für Holzbalkendecken in **Anhang 3.3** dargestellt. Hierbei wird jeweils der Mittelwert der T3-Funktion berücksichtigt.

6.3 Immissionen

Die z. B. durch Vibrationsrammen induzierten Schwingungen wirken sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Raumrichtung. Da im Regelfall die in vertikaler Richtung in Bauwerke eingeleiteten dynamischen Beanspruchungen bedingt durch das Übertragungsverhalten der Gebäude zu maximalen Schwinggeschwindigkeiten führen, werden hier ausschließlich die vertikalen Schwingungskomponenten betrachtet.

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.

7 Untersuchungsergebnisse

7.1 Emissionen

7.1.1 Rammarbeiten

Beim Einbringen der Oberleitungsmasten entlang der Gleise im Abstellbahnhof wird in den meisten Fällen auf Vibrationsrammungen zurückgegriffen.

Beim Einsatz von Vibrationsrammen werden stationäre Erschütterungen erzeugt. Aus erschütterungstechnischer Sicht sind für den Einsatz von Vibrationsrammen normalerweise hohe Arbeitsfrequenzen ($f > 35$ Hz) günstiger als tiefe, da damit der Resonanzbereich von Geschossdecken in Gebäuden im Allgemeinen und insbesondere der schwingungsempfindlichen Holzbalkendecken nicht erreicht wird. Vibratoren mit tiefer Arbeitsfrequenz ($f < 35$ 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 werden daher grundsätzlich nur hochfrequente Vibratoren ($f \geq 35$ Hz) mit regelbarer Frequenz und ausreichender Leistung eingesetzt, um das Absinken der Betriebsfrequenz in den Deckenresonanzbereich zu verhindern, und deshalb sowieso zur Anwendung kommen muss, um dem Minimierungsgebot gerecht zu werden.

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. Das der Berechnung zugrunde gelegte Emissionsspektrum ist in **Anhang 2.1** dargestellt.

Für den Fall, dass sich Spundbohlen nicht bis zur maximalen Tiefe mit einer Vibrationsramme einbringen lassen, wird die statische Tragfähigkeit der Profile mit Hilfe einer Schlagramme hergestellt. Im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchung werden für die Herstellung des Verbaus als „worst case“ ausschließlich Vibrationsrammungen behandelt, da die ggf. erforderlichen Schlagrammungen aufgrund der deutlich geringeren Einwirkzeiten von untergeordneter Bedeutung sind.

Bei Vibrationsrammen handelt es sich um Punktquellen, die zu einer harmonisch-stationären Schwingungsanregung an der Oberfläche führen. In den Ausbreitungsberechnungen wurde daher ein Exponent

$$n = 0,5$$

berücksichtigt.

Im Sinne einer oberen Abschätzung wird beim Einbringen der Oberleitungsmasten von einem Zeitbedarf von **2 Tagen** ausgegangen, da es sich um einen dynamischen Baubetriebsbereich handelt, der entlang der gesamten Strecke fortschreitet. Das bedeutet, dass die erschütterungsintensiven Baumaßnahmen im Bereich eines Immissionsortes nicht länger als 2 Tage andauern.

7.1.2 Verdichtungsarbeiten

Erschütterungstechnisch relevante Bauaktivitäten stellen zudem die Verdichtungsarbeiten als Grundlage für den Gleisbau dar. Hierbei handelt es sich ebenfalls um einen entlang der gesamten Strecke fortschreitenden dynamischen Baubetriebsbereich.

Im Sinne einer oberen Abschätzung des möglichen Konfliktpotentials wird davon ausgegangen, dass die Verdichtungsarbeiten entlang der Trasse ausschließlich dynamisch mit einer Vibrationswalze (z. B. BOMAG BW 213 Variocontrol) durchgeführt werden. Im Emissionsansatz wird vorausgesetzt, dass die Vibrationswalze mit einer Arbeitsfrequenz von

$$f \approx 25 \text{ Hz}$$

betrieben wird. Das Emissionsspektrum ist in **Anhang 2.2** dargestellt.

Bei der Vibrationswalze handelt es sich ebenfalls um eine Punktquelle, die zu einer harmonisch-stationären Schwingungsanregung führt. In den Ausbreitungsberechnungen wurde daher ein Exponent

$$n = 0,5$$

berücksichtigt. Die Gesamtdauer von Verdichtungsarbeiten innerhalb eines abgrenzbaren Einwirkungsbereichs wird im Sinne der oberen Abschätzung auf maximal **2 Tage** abgeschätzt.

7.2 Immissionen

7.2.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Im Rahmen der hier untersuchten Baumaßnahmen sind keine erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten mit einer durchgehenden Dauer von mehr als 78 Tagen geplant. Der Baubetrieb beschränkt sich, soweit es sich um lärm- und erschütterungsintensive Bauarbeiten handelt, auf den Tagzeitraum (vgl. Unterlage 14.1 /11/). Es wird davon ausgegangen, dass die erschütterungsintensiven Tätigkeiten (Ramm- oder Verdichtungsarbeiten) punktuell nicht mehr als **2 Tage** andauern. Folglich sind die Anhaltswerte gemäß **Tabelle 1** entsprechend der genannten Einwirkdauer zu interpolieren. Die in der vorliegenden Untersuchung der Beurteilung zu Grunde zu legenden interpolierten Anhaltswerte sind in **Tabelle 4** dargestellt.

Dauer	D = 2 Tage		
	1	2	3
Anhaltswerte	A_u	$A_o^*)$	A_r
Stufe I	0,73	5	0,38
Stufe II	1,13	5	0,77
Stufe III	1,53	5	1,17

*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt $A_o = 6$

Tabelle 4: Erschütterungstechnische Anhaltswerte für Baumaßnahmen über einen Zeitraum von 2 Tagen

7.2.1.1 Rammarbeiten

Rammarbeiten mit Vibrationsrammen zur Einbringung von Oberleitungsmasten sind ausschließlich auf den Tagzeitraum beschränkt. Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen der Rammarbeiten werden zunächst die maximalen beurteilten Schwingstärken KB_{Fmax} unter Berücksichtigung der jeweils ungünstigsten Deckeneigenfrequenzen für Stahlbeton- bzw. Holzbalkendecken ermittelt. Bei dem zugrunde gelegten Emissionsspektrum ergeben sich jeweils maximale Einwirkungen für Deckeneigenfrequenzen von

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

Die maximalen Schwingstärken wurden anhand der Ausbreitungskurven in **Anhang 4.1.1** für Stahlbetondecken und für Holzbalkendecken mit der jeweils ungünstigsten Deckeneigenfrequenz bestimmt.

Es wird zunächst geprüft, ob der obere Anhaltswert

$$A_{o, \text{Tag}} = 5$$

(bzw. $A_{o, \text{Tag}} = 6$ in Gewerbegebieten)

nach **Tabelle 2** der **DIN 4150-2 /4/** (vgl. **Tabelle 1**) im Tagzeitraum bei den gegebenen Abstandsverhältnissen eingehalten werden kann. Gemäß **Anhang 4.1** wird A_o während der Rammarbeiten im Tagzeitraum für beide Deckenkonstruktionen selbst bei geringsten Abständen deutlich unterschritten.

Unter der Voraussetzung, dass die Rammarbeiten am Einzelbauwerk einen Zeitraum von maximal 2 Tagen nicht überschreiten, betragen die unteren Anhaltswerte A_u im Tagzeitraum gemäß **Tabelle 4** jeweils

$$A_{u, \text{Tag}} = 0,73 \text{ bei Stufe I,}$$

$$A_{u, \text{Tag}} = 1,13 \text{ bei Stufe II,}$$

$$A_{u, \text{Tag}} = 1,53 \text{ bei Stufe III.}$$

Da im vorliegenden Fall nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden kann, dass die unteren Anhaltswerte überschritten sind, wird als 2. Schritt der Beurteilung gemäß **DIN 4150-2** die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} erforderlich. Der KB_{FTr} -Wert wird in **Anhang 4.1.2** für die maßgeblichen Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraums ermittelt und mit den entsprechenden Anhaltswerten gemäß **Tabelle 4**

$A_{r, \text{Tag}} = 0,38$ bei Stufe I,

$A_{r, \text{Tag}} = 0,77$ bei Stufe II,

$A_{r, \text{Tag}} = 1,17$ bei Stufe III

verglichen. Den Diagrammen kann entnommen werden, dass in Abständen größer als

- $r_I \geq 55 \text{ m}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- $r_I \geq 20 \text{ m}$ bei Holzbalkendecken

selbst bei Einwirkzeiten über den gesamten 16-stündigen Tagzeitraum auch ohne besondere Vorinformation (**Stufe I**) nicht mit erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen ist.

Die psychischen Auswirkungen von Erschütterungseinwirkungen können vermindert werden, sofern die in Abschnitt 6.5.4.3 der **DIN 4150-2** aufgeführten Maßnahmen a) bis e) 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.

Unter diesen Voraussetzungen ist der Beurteilungsanhaltswert der **Stufe II** heranzuziehen. Bei Gebäuden in Abständen von

- $r_{II} \geq 25 \text{ m}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- $r_{II} \geq 8 \text{ m}$ bei Holzbalkendecken

wird **A** für Stufe II unabhängig von der tatsächlichen Einwirkzeit unterschritten.

Im Umfeld des Abstellbahnhofs Untertürkheim befinden sich die nächstgelegenen schutzbedürftigen Gebäude in Abständen von **24 bis 67 m** zur Baustelle. Unter Berücksichtigung der oben genannten Maßnahmen kann hier ab einem Abstand von 25 m von einer Konfliktfreiheit ausgegangen werden.

Im Bereich der Gebäude Augsburgs Straße 303 bis 321, wo die genannten minimalen Abstände beim Gründen von Oberleitungsmasten nicht eingehalten werden können ($r \approx 24 \text{ m}$), ist die maximale Rammdauer während des Tagzeitraums entsprechend **Anhang 4.1.2** zu beschränken. Da es sich jeweils um einzelne Masten handelt, die sich in unmittelbarer Nähe zu den Gebäuden befinden, ist davon auszugehen, dass eine ausreichende Einschränkung der reinen Rammdauer möglich ist. Beschränkt sich die reine Einwirkzeit auf nur noch 8 Stunden, so reduzieren sich die genannten Grenzabstände bereits auf

- $r_{II, 8h} > 17 \text{ m}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- $r_{II, 8h} > 5 \text{ m}$ bei Holzbalkendecken.

Unzumutbare Einwirkungen (**Stufe III**) infolge der Rammarbeiten während des Tagzeitraums ergeben sich selbst **ohne** Einschränkung der Einwirkzeiten grundsätzlich erst in Minimalabständen von

- $r_{III} < 15 \text{ m}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- $r_{III} < 4 \text{ m}$ bei Holzbalkendecken.

7.2.1.2 Verdichtungsarbeiten

Verdichtungsarbeiten mit Vibrationswalzen im Zuge des Gleisbaus sind weitgehend auf den Tagzeitraum beschränkt. Die Arbeiten schreiten entlang der gesamten Strecke fort, wobei davon ausgegangen werden kann, dass sich die Arbeitsdauer in einzelnen Einwirkungsbereichen auf maximal zwei Tage beschränkt.

Bei dem zugrunde gelegten Emissionsspektrum ergeben sich jeweils die ungünstigsten maximalen beurteilten Schwingstärken **KB_{Fmax}** für Deckeneigenfrequenzen von

- $f_0 = 25 \text{ Hz}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- $f_0 = 20 \text{ Hz}$ bei Holzbalkendecken.

Die Schwingstärken wurden anhand der Ausbreitungskurven in **Anhang 4.2.1** dargestellt. Demnach kann der obere Anhaltswert $A_{o, Tag}$ unabhängig von der Deckenkonstruktion selbst bei geringen Abständen zum Baufeld eingehalten werden.

Da im vorliegenden Fall die unteren Anhaltswerte überschritten werden können, wird als 2. Schritt der Beurteilung gemäß **DIN 4150-2** die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} erforderlich. Der KB_{FTr} -Wert wird in **Anhang 4.2.2** für die maßgeblichen Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraums ermittelt und mit den entsprechenden Anhaltswerten gemäß **Tabelle 4** verglichen. Den Diagrammen kann entnommen werden, dass bei Einwirkzeiten über den gesamten 16-stündigen Tagzeitraum bei entsprechender Vorabinformation der betroffenen Anwohner (**Stufe II**) in Abständen größer als

- $r_{II} \geq 20 \text{ m}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- $r_{II} > 10 \text{ m}$ bei Holzbalkendecken

nicht mit erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen ist. Beschränkt sich die reine Einwirkzeit auf nur noch 8 Stunden, so reduzieren sich die genannten Grenzabstände auf

- $r_{II, 8h} > 12 \text{ m}$ bei Stahlbetondecken bzw.
- $r_{II, 8h} > 6 \text{ m}$ bei Holzbalkendecken.

Im Umkehrschluss sollte die reine Einwirkzeit von Verdichtungsarbeiten bei Gebäuden, bei denen die oben genannten Minimalabstände nicht eingehalten werden können, entsprechend **Anhang 4.2.2** reduziert werden.

7.2.1.3 Maßnahmen

Es wird dringend empfohlen, dass die in Abschnitt 6.5.4.3 der **DIN 4150-2** /4/ aufgeführten Maßnahmen a) bis e) vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme ergriffen werden. Demnach können die psychischen Auswirkungen von Erschütterungseinwirkungen vermindert werden durch

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.

7.2.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

7.2.2.1 Rammarbeiten

Infolge der Rammarbeiten ergeben sich die in **Anhang 5.1** dargestellten Ausbreitungskurven. Gemäß **DIN 4150-3 /5/** (vgl. **Tabelle 3**) wird der Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungseinwirkungen auf Wohngebäude am Fundament ein Anhaltswert

$$v_{\text{Fundament}} = 5 \text{ mm/s}$$

zu Grunde gelegt. Für die Geschossdecken gilt gemäß Ziffer 5.2 der **DIN 4150-3** in vertikaler Messrichtung ein Anhaltswert von

$$v_{\text{Geschossdecke}} = 20 \text{ mm/s.}$$

Diese Vorgaben werden selbst bei geringsten Abständen deutlich unterschritten. Bauschäden im Sinne der **DIN 4150-3** infolge der Vibrationsrammungen können somit ausgeschlossen werden.

7.2.2.2 Verdichtungsarbeiten

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand zu den eingesetzten Vibrationswalzen sind für Stahlbetondecken in **Anhang 5.2.1** und für Holzbalkendecken in **Anhang 5.2.2** dargestellt. Schwinggeschwindigkeiten oberhalb des für Dauererschütterungen benannten Anforderungswertes

$$v_z \leq 10 \text{ mm/s}$$

werden demnach selbst in geringsten Abständen zum Baufeld nicht erreicht. Bauschäden im Sinne der **DIN 4150-3** infolge der Verdichtungsarbeiten können somit ausgeschlossen werden.

8 Abschließende Bemerkungen

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

Die durchgeführte erschütterungstechnische Untersuchung zeigt, dass bei Vibrationsrammungen und Verdichtungsarbeiten bei geringen Abstandsverhältnissen erhebliche Belästigungen im Sinne der **DIN 4150-2** nicht vollständig ausgeschlossen werden können. Grundsätzlich sind die in der **DIN 4150-2**, Abschnitt 6.5.4.3 benannten Maßnahmen a) bis e) zur Minderung erheblicher Belästigungen zu ergreifen. Hierzu zählt insbesondere eine umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahme, das Bauverfahren, deren Dauer und die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahme. Die vollständige Vermeidung von Immissionskonflikten ist möglich, sofern die Einwirkdauer der erschütterungsintensiven Bauarbeiten entsprechend der Ausbreitungskurven in **Anhang 4** beschränkt werden kann.

Gebäudeschäden infolge von Vibrationsrammungen oder Verdichtungsarbeiten können jedoch mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

AUFGESTELLT:

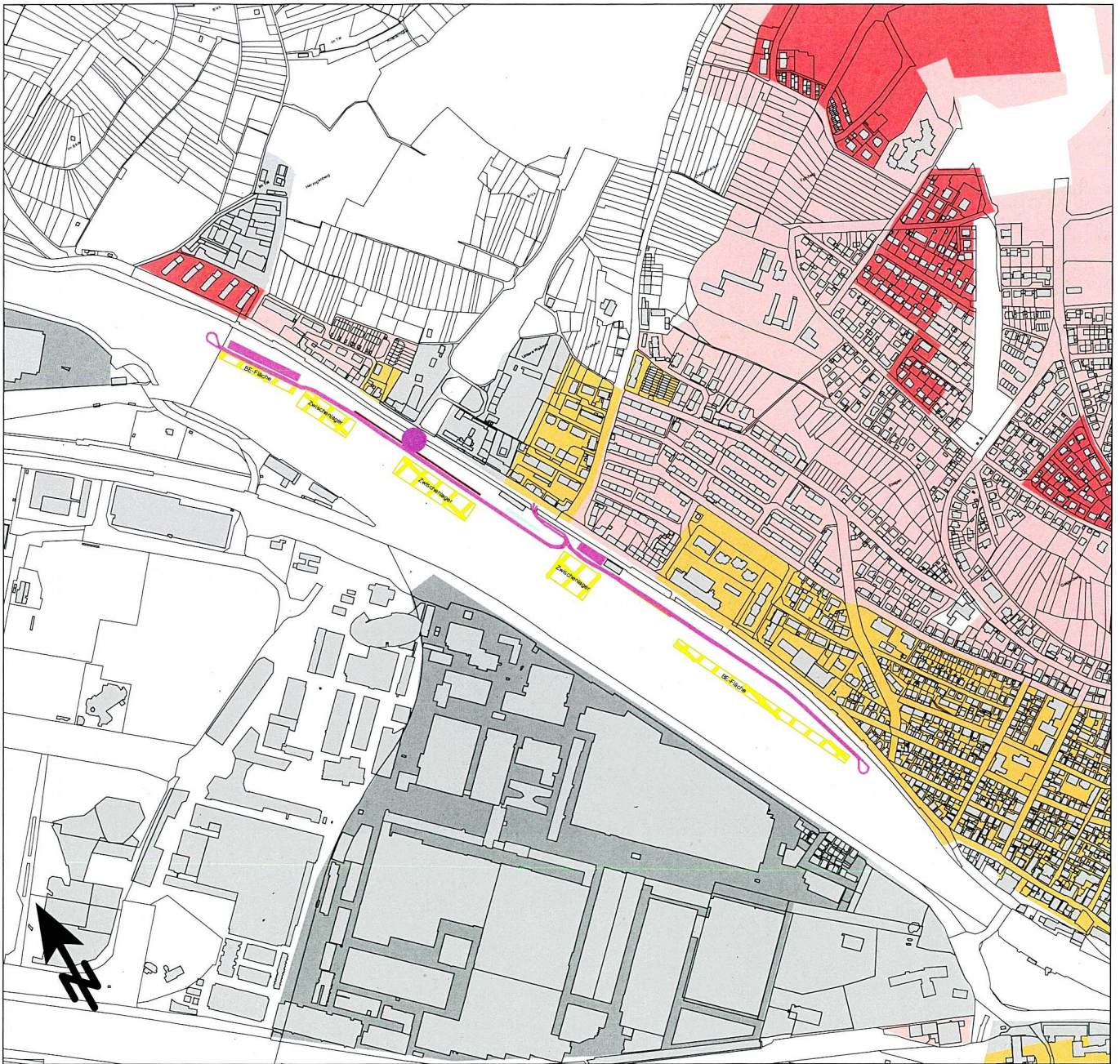

Dipl.-Ing. Klaus Dietrich

GEPRÜFT:

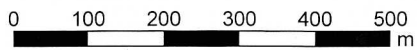

Dipl.-Ing. Andreas Malizki

Abrechnung der ...

ANHANG



Maßstab 1:10000



- Gebiete mit nur gewerblichen und industriellen Anlagen
- Gebiete mit vorwiegend gewerblichen Anlagen
- Gebiete mit gewerblichen Anlagen und Wohnungen
- Gebiete mit vorwiegend Wohnungen
- Gebiete mit ausschließlich Wohnungen
- Baustellenandienung
- X BE-Fläche / Zwischenlager
- Bauphase 1 - IRA-Technikgebäude / ARA Unterbau
- Bauphase 4 - Mastgründung

KREBS+KIEFER
FRITZ AG

Hilpertstraße 20
64295 Darmstadt
Telefon (06151) 885-383
www.kuk.de

10.10.2018; Bericht Nr. 19978007-ABE-3

DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH

Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart

- ÜBERSICHTSLAGEPLAN -

Nur zum Informieren

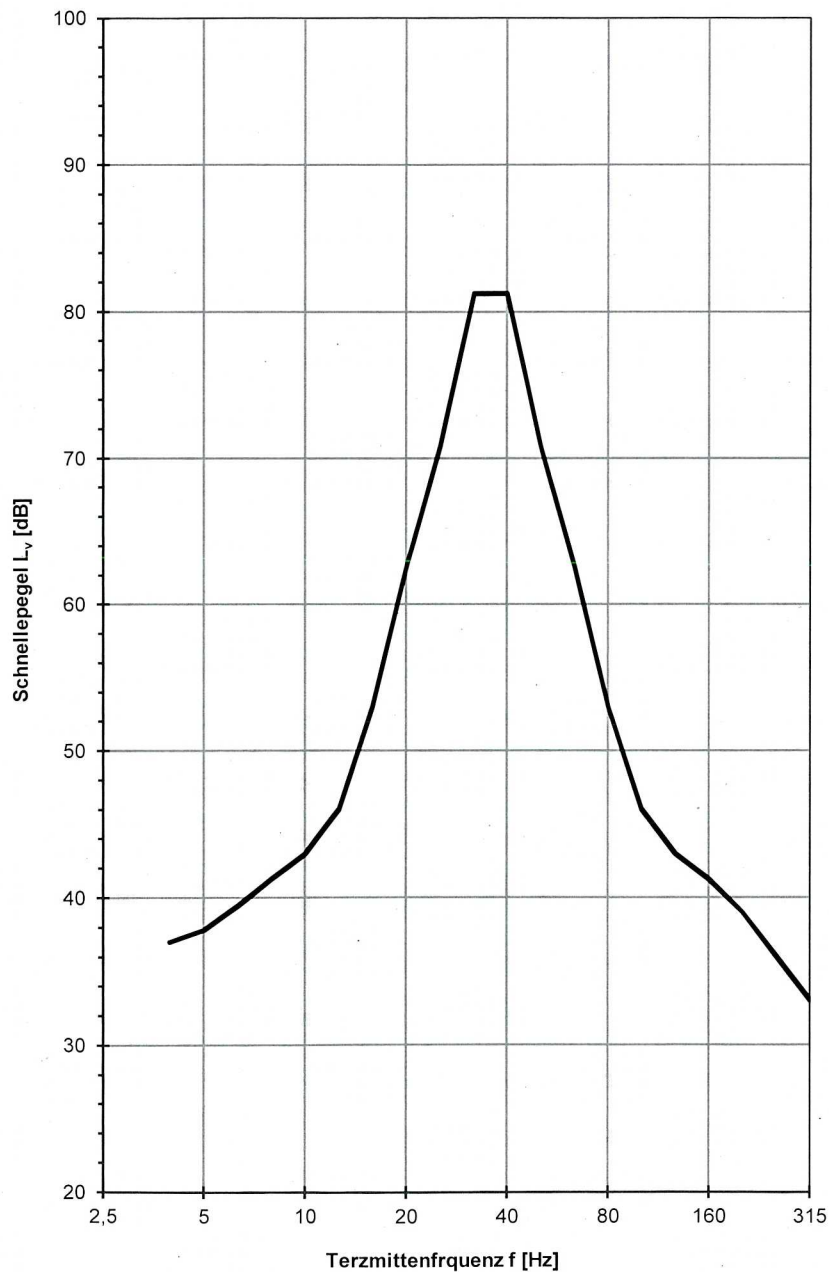
ANHANG 1

Emissionsspektrum

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KFKIC-Bearbeitung\PFA 1.6b\lab 2018\ABE-3 V_Ramme-Tag.xls)V-RammeN

Messpunkt (Abstand): 20 m
Arbeitsfrequenz: 35 Hz
Schwingrichtung: z
Quellentyp: Punktquelle (PQ) harmonisch/stationär (HS)
Wellenart: Oberflächenwelle (O)



L _v [dB]	f [Hz]
37,0	4
37,8	5
39,4	6,3
41,3	8
43,0	10
46,0	12,5
53,0	16
62,6	20
70,8	25
81,3	31,5
81,3	40
70,8	50
62,6	63
53,0	80
46,0	100
43,0	125
41,3	160
39,0	200
36,0	250
33,0	315
84,7	Σ
0,86	v_{Fmax}

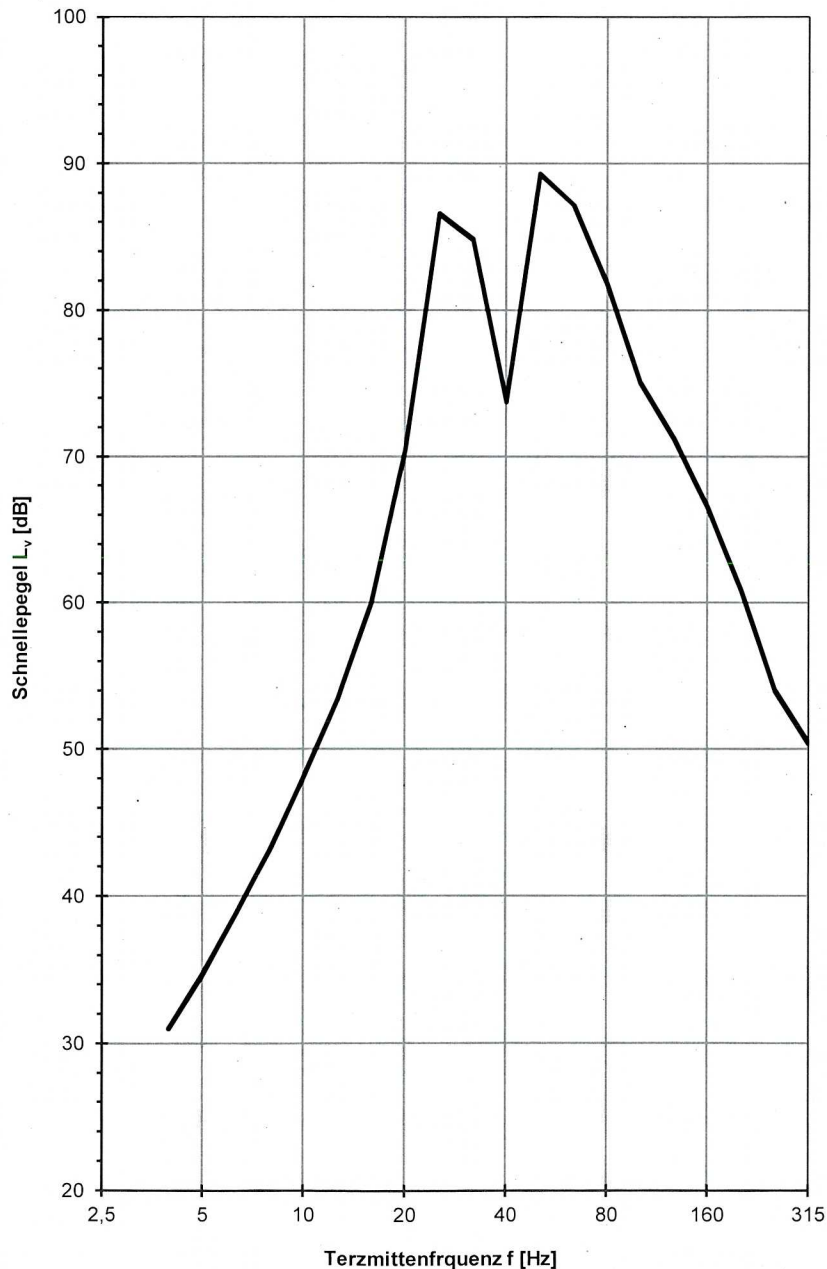
Nur zur Information

Emissionsspektrum

Vibrationswalze BW 213 DH-3 VARIOCONTROL

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKFIC-Bearbeitung\PFA 1.6b\lab 2018\ABE-3 Vibrationswalze-Tag.xls]V-RammeN

Messpunkt (Abstand): 5 m
Arbeitsfrequenz: 25 Hz
Schwingrichtung: z
Quellentyp: Punktquelle (PQ) harmonisch/stationär (HS)
Wellenart: Oberflächenwelle (O)



L_v [dB]	f [Hz]
31,0	4
34,7	5
38,8	6,3
43,1	8
48,1	10
53,5	12,5
60,0	16
70,5	20
86,6	25
84,8	31,5
73,7	40
89,3	50
87,2	63
81,8	80
75,0	100
71,2	125
66,5	160
60,9	200
54,0	250
50,4	315
93,7	Σ
2,43	v_{Fmax}

Nur für die KREBS+KIEFER

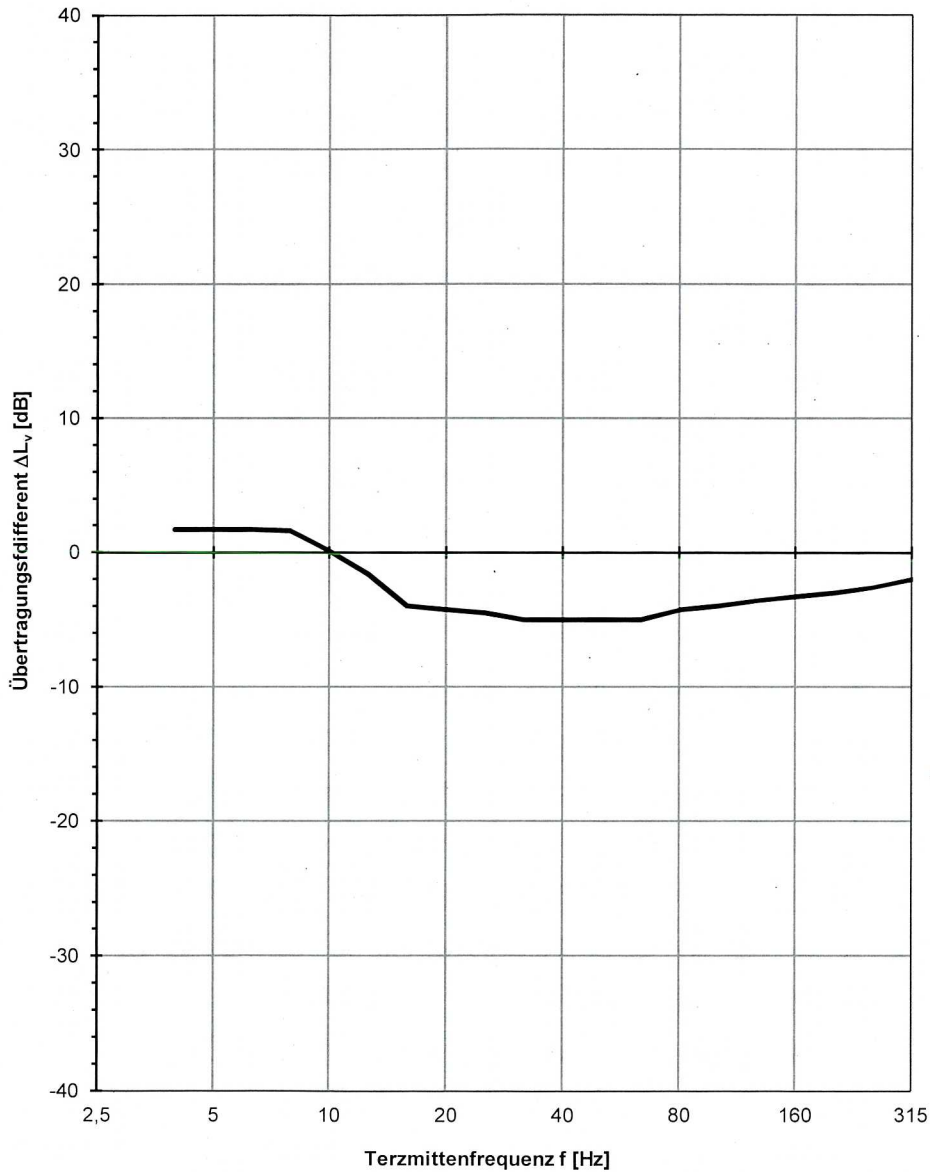
11.10.2018

T2-Funktion

Übertragung Erdreich - Fundament

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKFC-Bearbeitung\PFA 1.6b\lab 2018\ABE-3 V_Ramme-Tag.xls\T2

Gebäudetyp: ein- und zweigeschossige Gebäude in Massivbauweise
Schwingrichtung: z
Quelle: LIS Nr. 107 Nordrhein-Westfalen, Bild 7.8a
 typische Minderung von Erschütterungen vom Erdreich
 auf das Gebäudefundament



ΔL_v [dB]	f [Hz]
1,7	4
1,7	5
1,7	6,3
1,6	8
0,1	10
-1,6	12,5
-4,0	16
-4,3	20
-4,5	25
-5,0	31,5
-5,0	40
-5,0	50
-5,0	63
-4,3	80
-4,0	100
-3,6	125
-3,3	160
-3,0	200
-2,6	250
-2,0	315

Hilpertstraße 20
64295 Darmstadt
Tel. (06151) 885-383 - www.kuk.de

10.10.2018

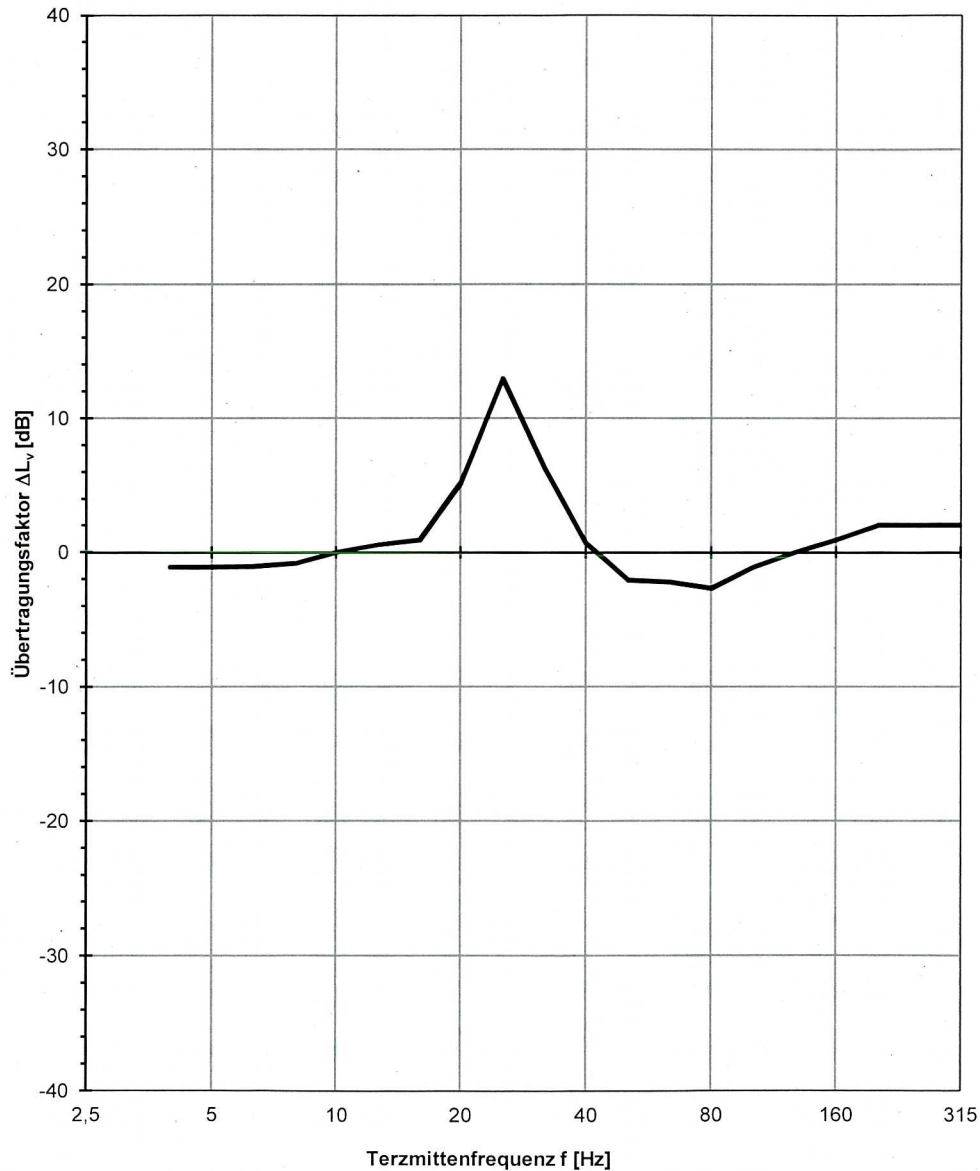
T3-Funktion

Übertragung Fundament - Geschossdecke

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKFIC-Bearbeitung\PFA 1.6b\lab 2018\ABE-3 V_Ramme-Tag.xls\T3_Stb

Deckenart: Stahlbetondecke
Schwingrichtung: z
Quelle: DB Leitfaden für den Planer
 Körperschall- und Erschütterungsschutz
Resonanzfrequenz der Decke: f = 25 Hz

Mittelwert



ΔL _v [dB]	f [Hz]
-1,1	4
-1,1	5
-1,1	6,3
-0,9	8
0,0	10
0,6	12,5
0,9	16
5,2	20
13,0	25
6,3	31,5
0,7	40
-2,1	50
-2,2	63
-2,7	80
-1,1	100
0,0	125
0,9	160
2,0	200
2,0	250
2,0	315

NEVER STOP LEARNING

10.10.2018

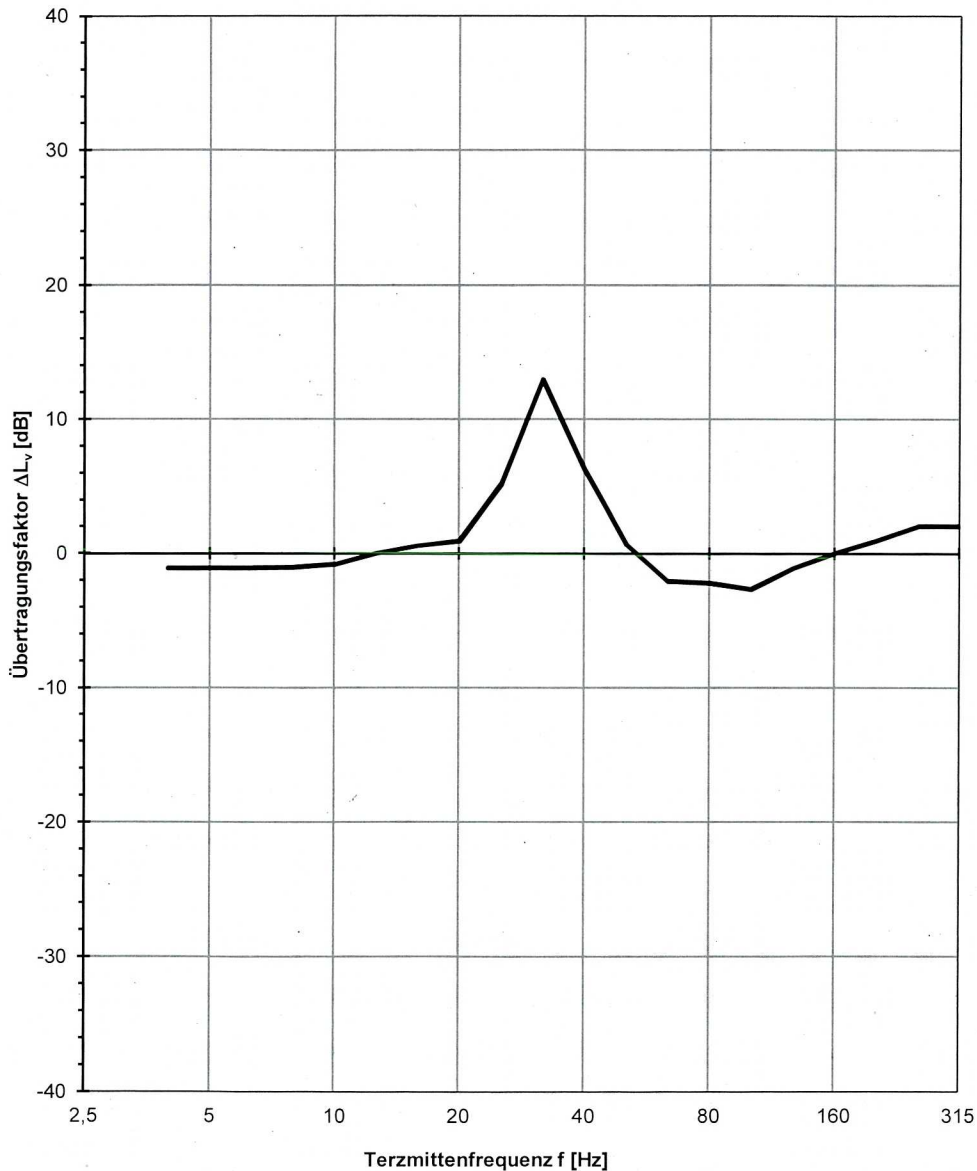
T3-Funktion

Übertragung Fundament - Geschossdecke

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KFKFC-Bearbeitung\PFA 1.6\lab 2018\ABE-3 V_Ramme-Tag.xls\T3_Stb

Deckenart: Stahlbetondecke
Schwingrichtung: z
Quelle: DB Leitfaden für den Planer
 Körperschall- und Erschütterungsschutz
Resonanzfrequenz der Decke: f = 31,5 Hz

Mittelwert



ΔL _v [dB]	f [Hz]
-1,1	4
-1,1	5
-1,1	6,3
-1,1	8
-0,9	10
0,0	12,5
0,6	16
0,9	20
5,2	25
13,0	31,5
6,3	40
0,7	50
-2,1	63
-2,2	80
-2,7	100
-1,1	125
0,0	160
0,9	200
2,0	250
2,0	315

Nur für den internen Gebrauch

10.10.2018

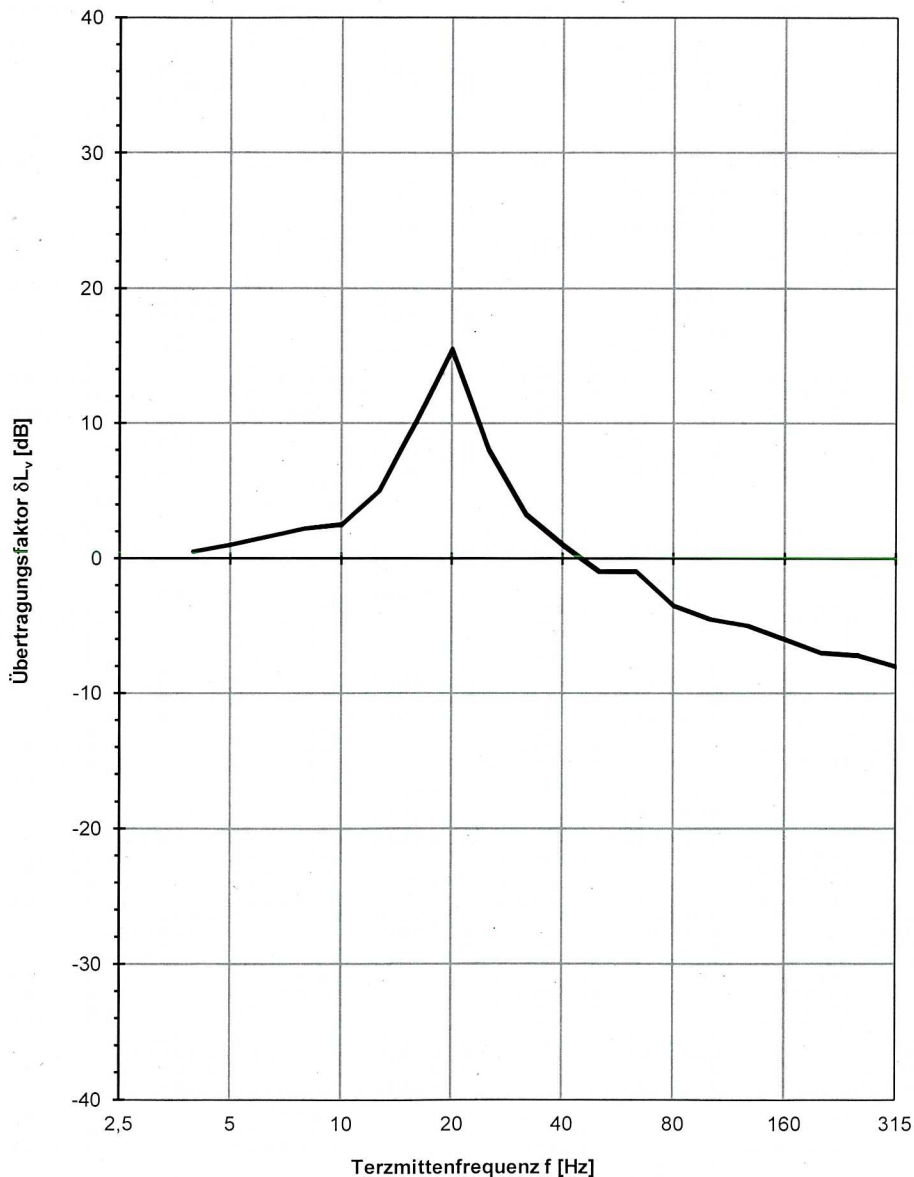
T3-Funktion

Übertragung Fundament - Geschossdecke

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKF\C-Bearbeitung\PfA 1.6b\lab 2018\ABE-3 V_Ramme-Tag.xls\vmxN_Holz

Deckenart: Holzbalkendecke
Schwingrichtung: z
Quelle: DB Leitfaden für den Planer
 Körperschall- und Erschütterungsschutz
Resonanzfrequenz der Decke: f = 20 Hz

Mittelwert



ΔL_v [dB]	f [Hz]
0,5	4
1,0	5
1,6	6,3
2,2	8
2,5	10
5,0	12,5
10,0	16
15,5	20
8,0	25
3,3	31,5
1,0	40
-1,0	50
-1,0	63
-3,5	80
-4,5	100
-5,0	125
-6,0	160
-7,0	200
-7,2	250
-8,0	315

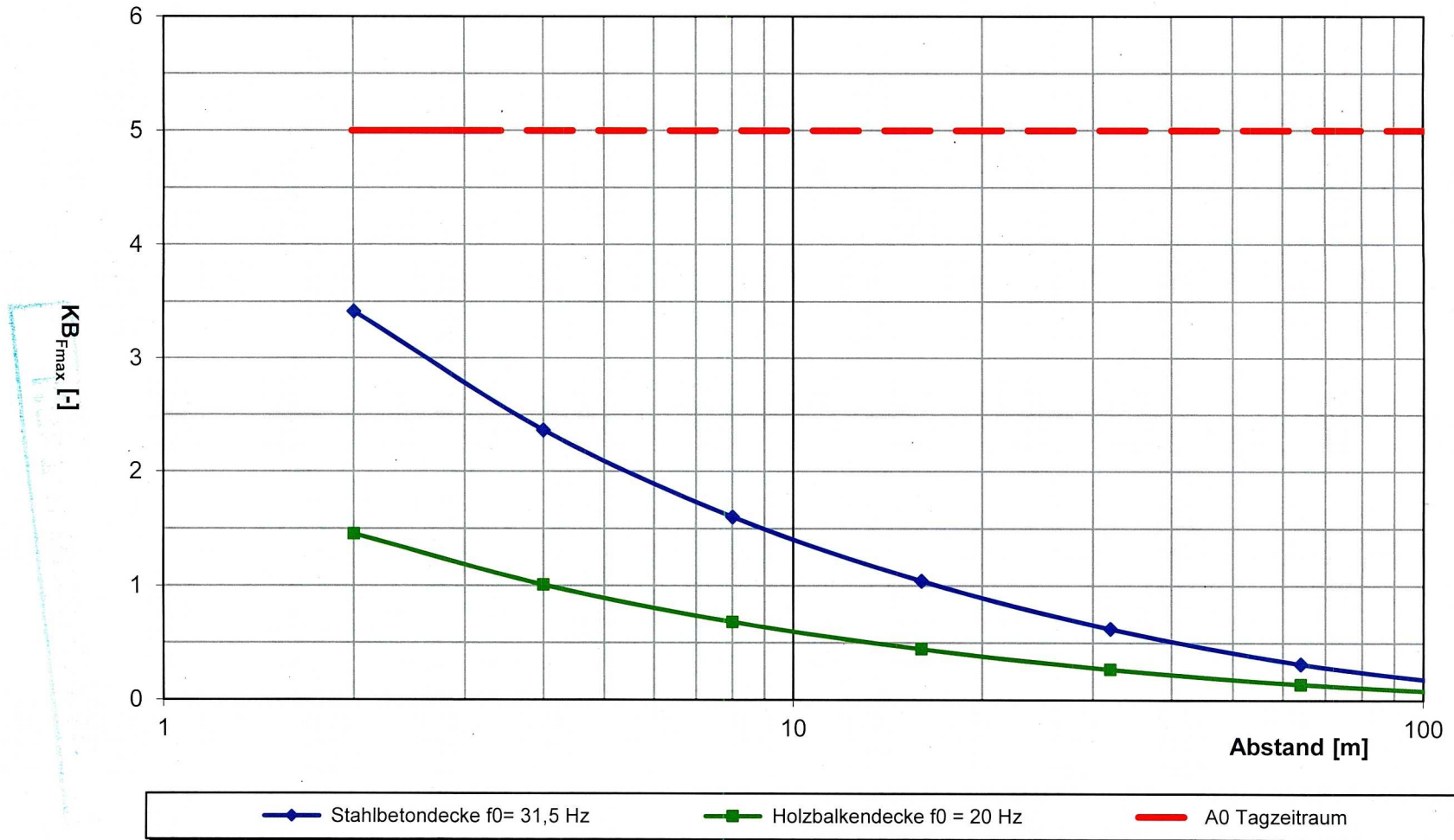
Nur für den internen Gebrauch

10.10.2018

maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} [-] in typischen Geschossbauten durch Vibrationsramme

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKFC-Bearbeitung\PfA_1.6\lab 2018\ABE-3 V_Ramme-Tag.xls\KBFmaxN

maximale Schwingstärke KB_{Fmax}



ANHANG 4.1.1

10.10.2018

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} [-]

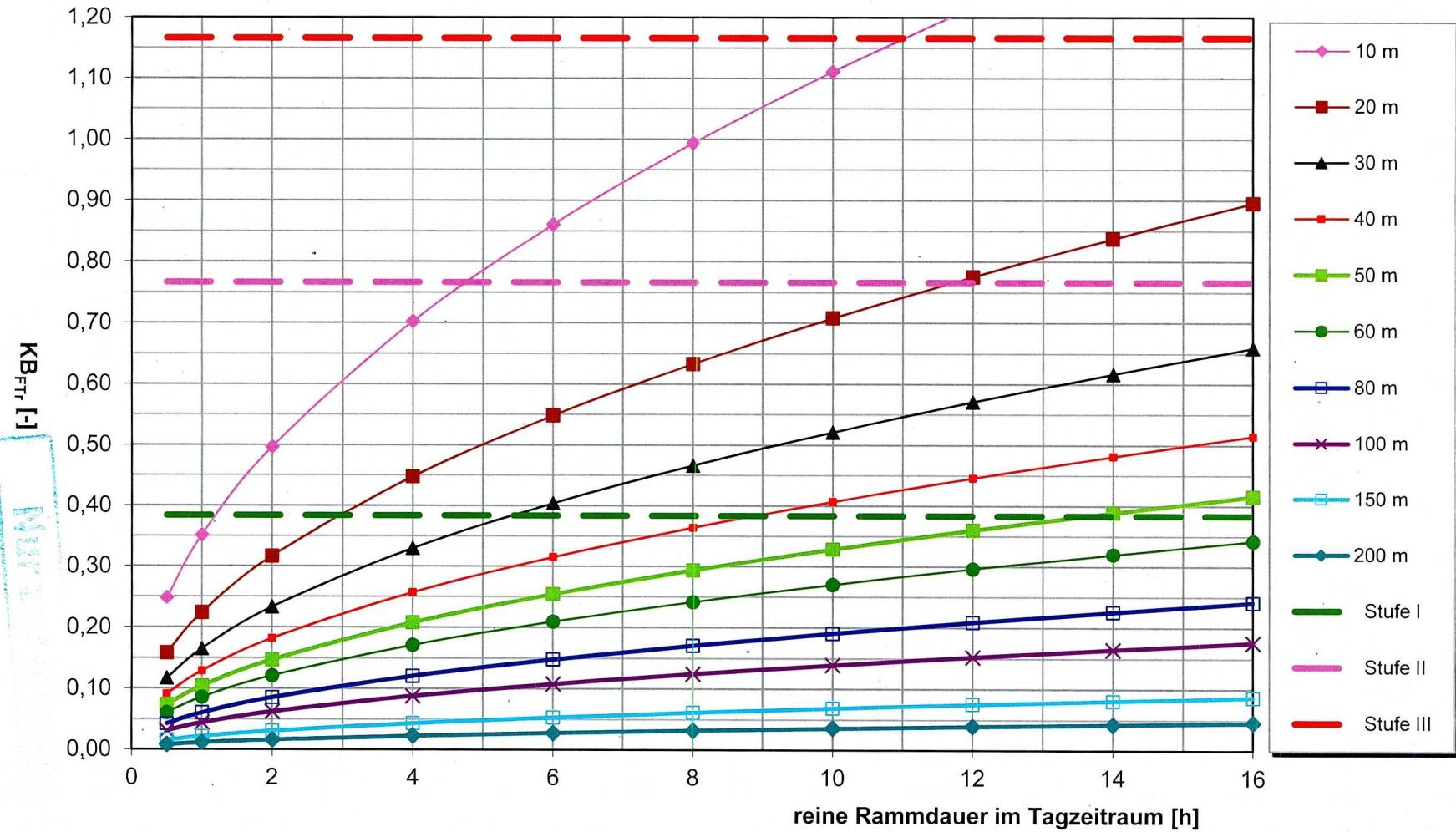
in typischen Geschossbauten durch Vibrationsramme im Tagzeitraum

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKFC-Bearbeitung\PFA 1.6b\lab 2018\ABE-3 V_Ramme-Tag.xls\KBFTTr_Stb

Stahlbetondecken

(Vibrationsramme mit im Betrieb veränderlichen statischem Moment)

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



Nur KB_{FTr} [-]

ANHANG 4.1.2.1

10.10.2018

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} [-]

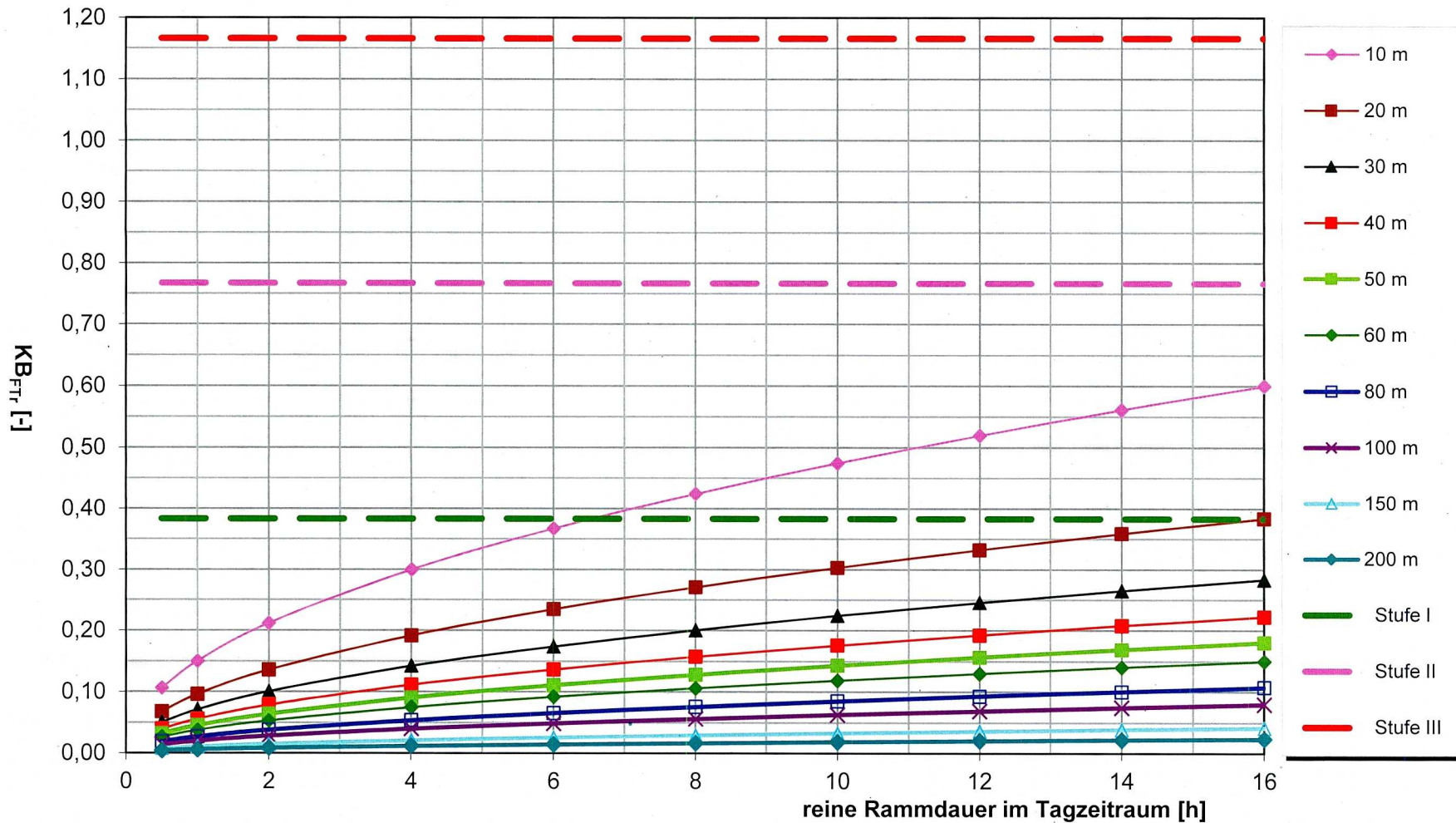
in typischen Geschossbauten durch Vibrationsramme im Tagzeitraum

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKFC-Bearbeitung\PIA 1.6\lab 2018\ABE-3 V_Ramme-Tag.xls\KBFTTr_Holz

Holzbalkendecken

(Vibrationsramme mit im Betrieb veränderlichen statischem Moment)

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



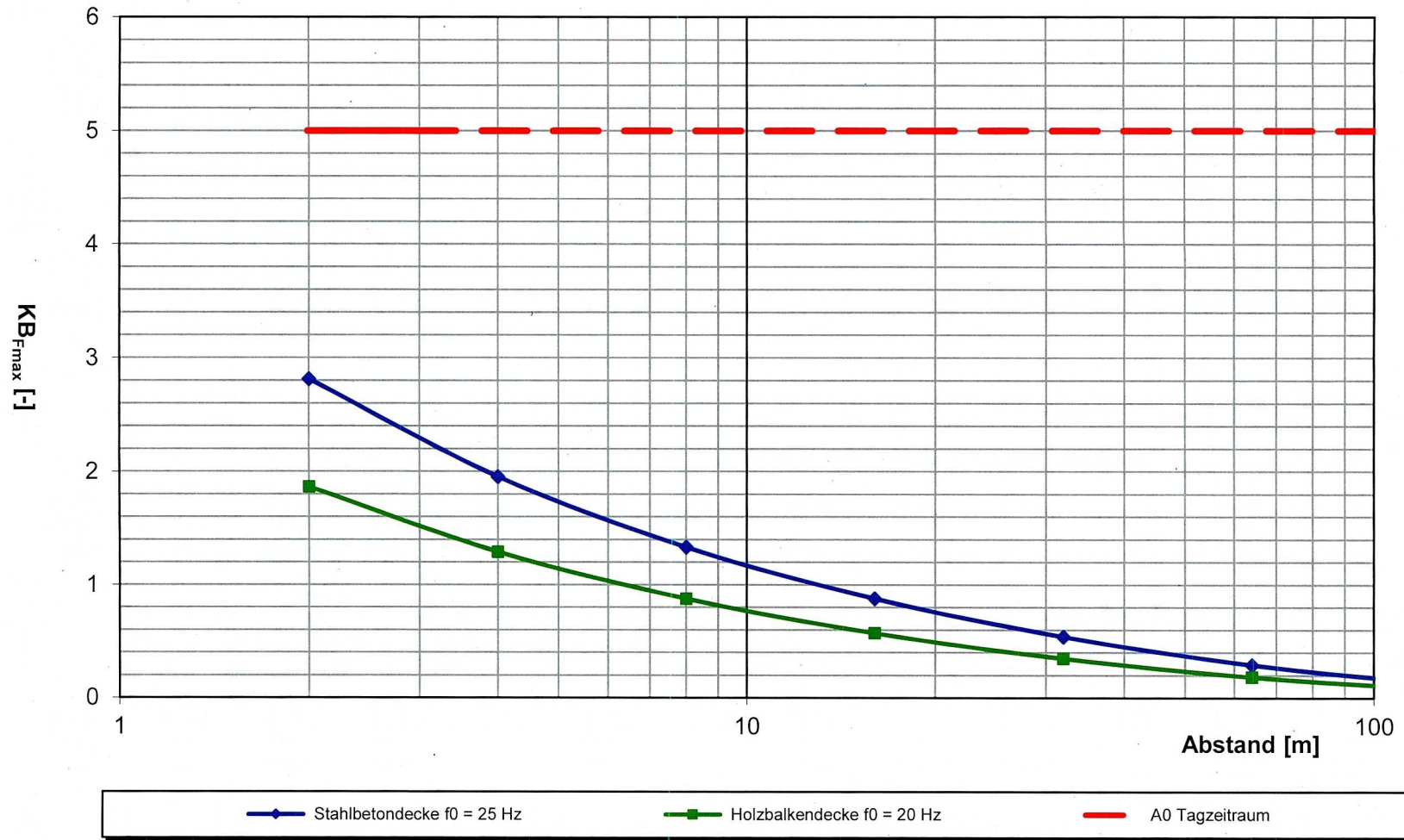
ANHANG 4.1.2.2

10.10.2018

KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten durch Vibrationswalze

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKFC-Bearbeitung\PfA 1.6\lab 2018\ABE-3 Vibrationswalze-Tag.xls\KBfmaxN

maximale Schwingstärke KB_{Fmax}



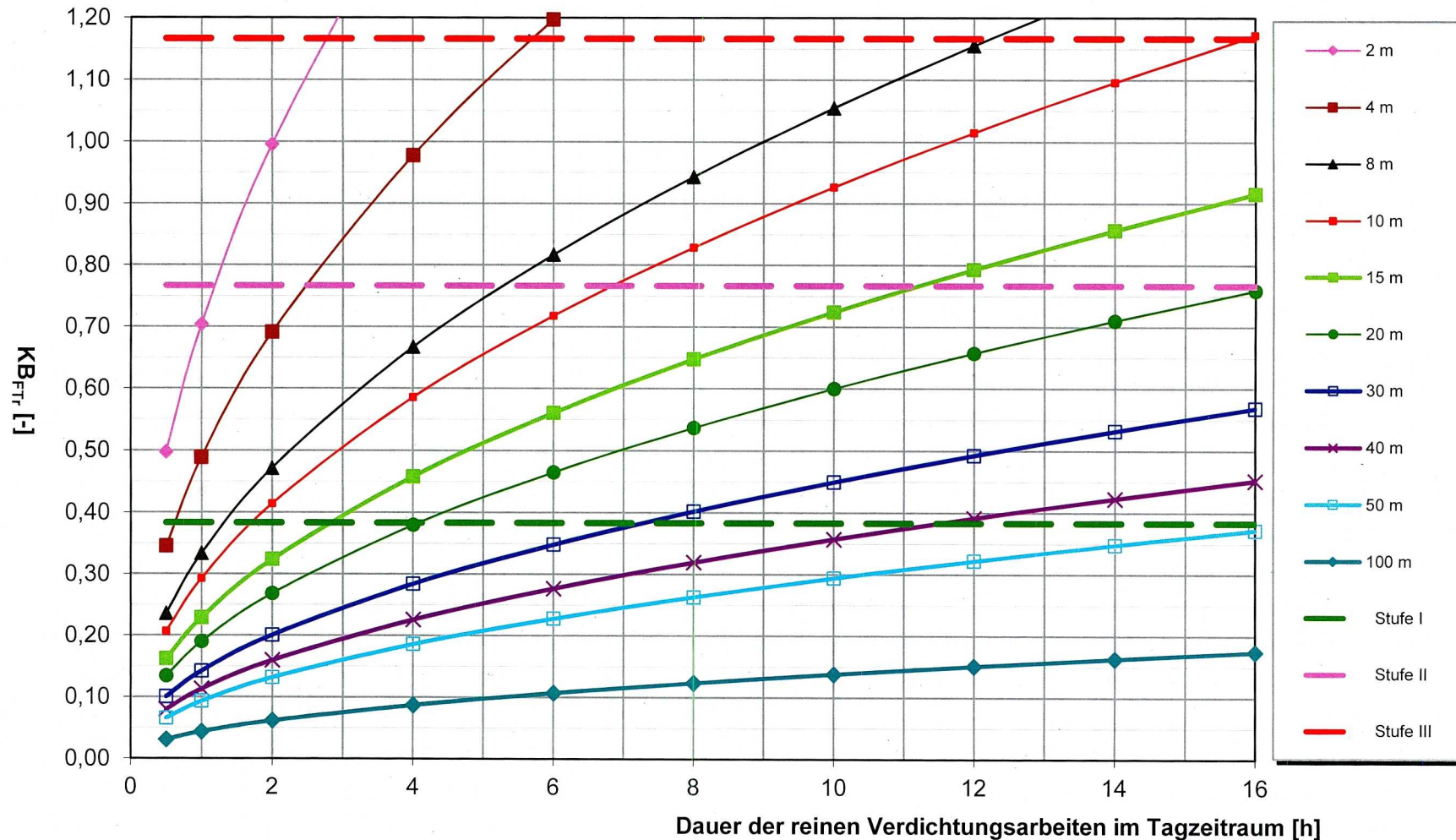
ANHANG 4.2.1

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten durch Vibrationswalze

Tagzeitraum - Stahlbetondecken

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKFC-Bearbeitung\lPFA 1.6b\ab 2018\ABE-3 Vibrationswalze-Tag.xls\KBFTTr_Stb

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



Nur zur Information

ANHANG 4.2.2.1

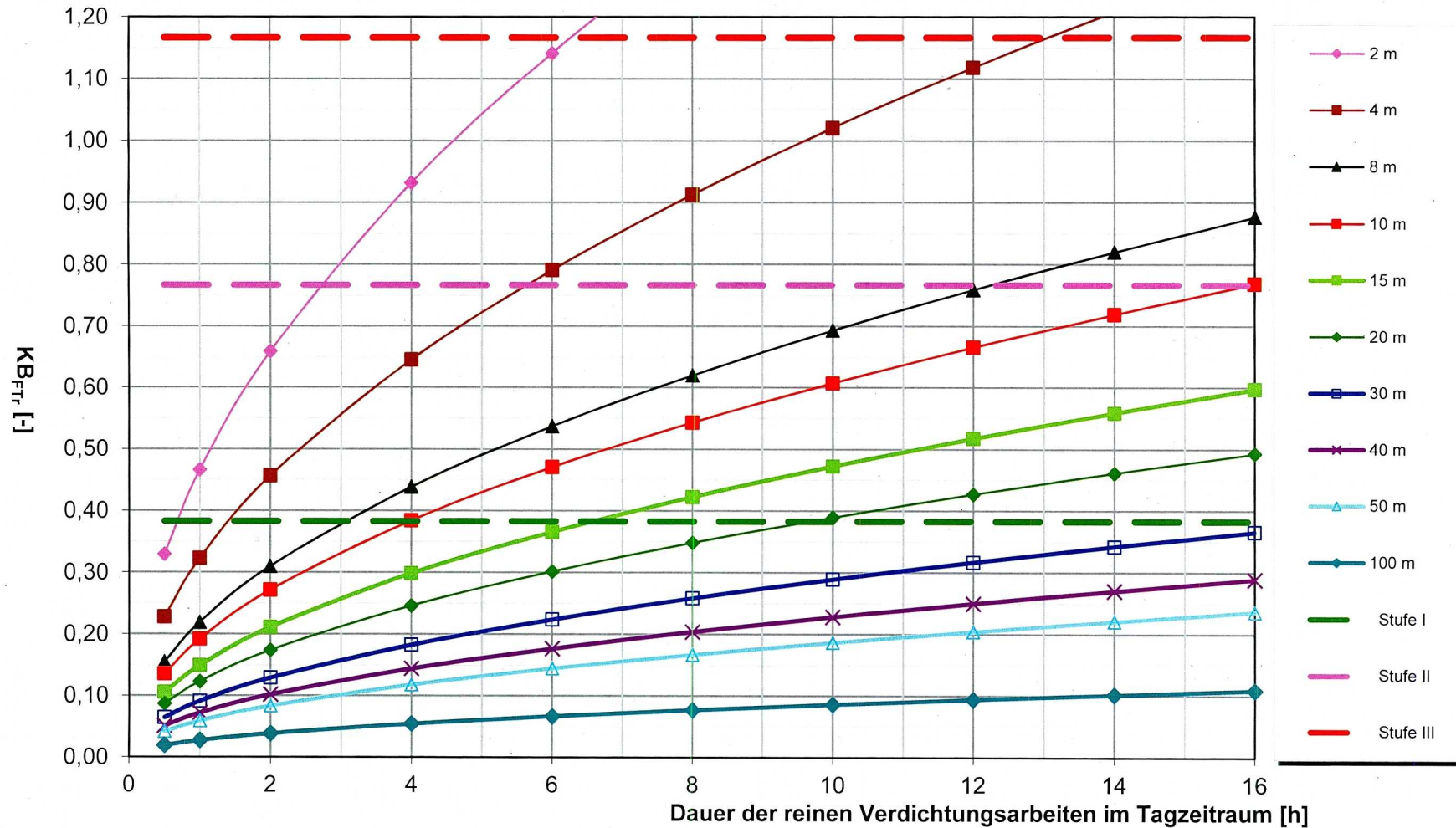
10.10.2018

KB_{FT_r} in typischen Geschossbauten durch Vibrationswalze

Tagzeitraum - Holzbalkendecken

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKFC-Bearbeitung\Pfa_1.6\lab 2018\ABE-3 Vibrationswalze-Tag.xls\KBFT_r_Holz

Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r}



NUR ZUR INFORMATION

ANHANG 4.2.2.2

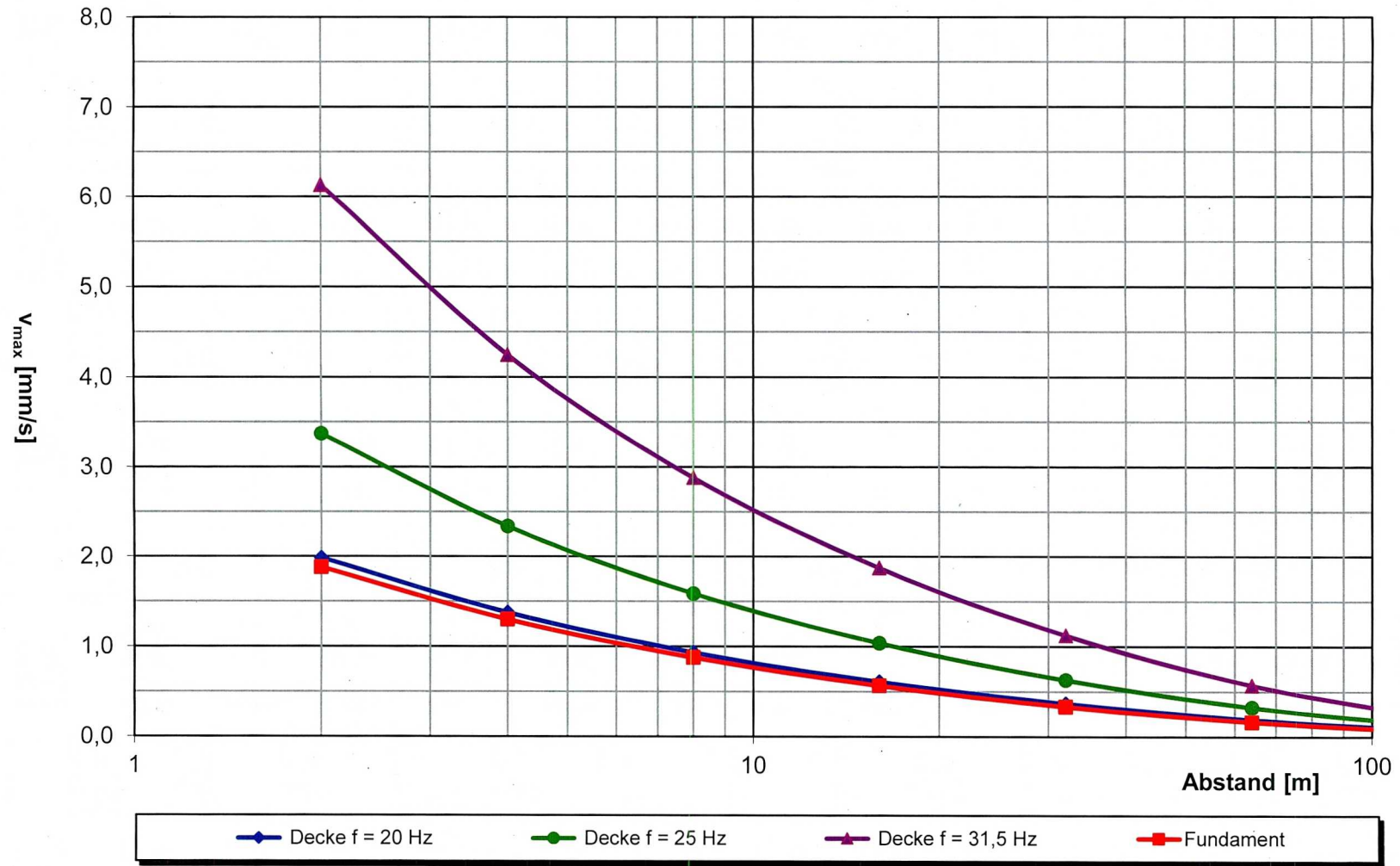
10.10.2018

Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken durch Vibrationsramme

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKF\C-Bearbeitung\PFA 1.6b\lab 2018\ABE-3 V_Ramme-Tag.xls\jmaxN_Stb

(Vibrationsramme mit im Betrieb veränderlichen statischem Moment)

maximale Schwinggeschwindigkeit (im Normalbetrieb)



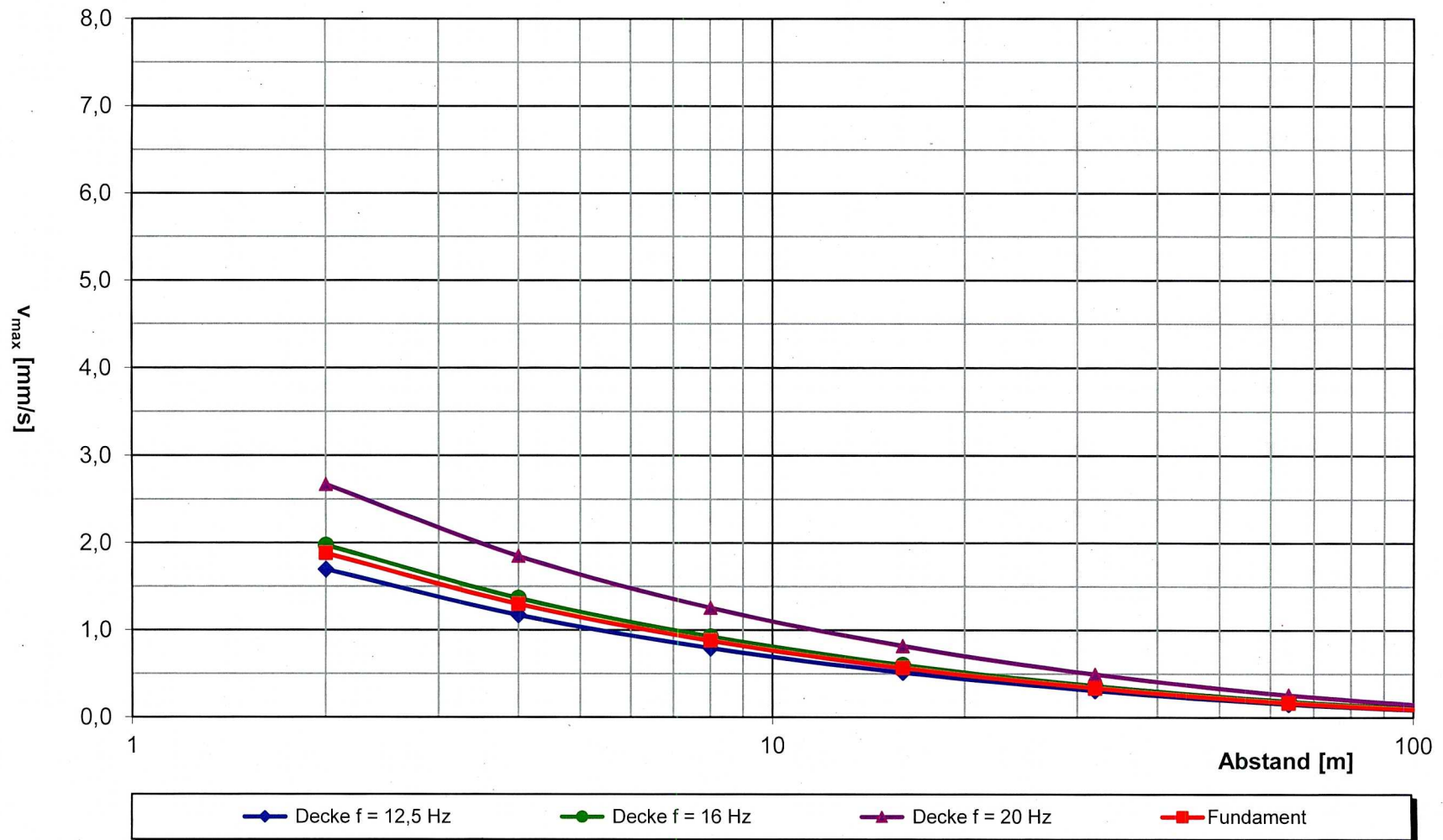
ANHANG 5.1.1

10.10.2018

Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken durch Vibrationsramme

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KFKC-Bearbeitung\PIA 1.6b\lab 2018\ABE-3 V_Ramme-Tag.xls\vmxN_Holz

(Vibrationsramme mit im Betrieb veränderlichen statischem Moment)
maximale Schwinggeschwindigkeit (im Normalbetrieb)



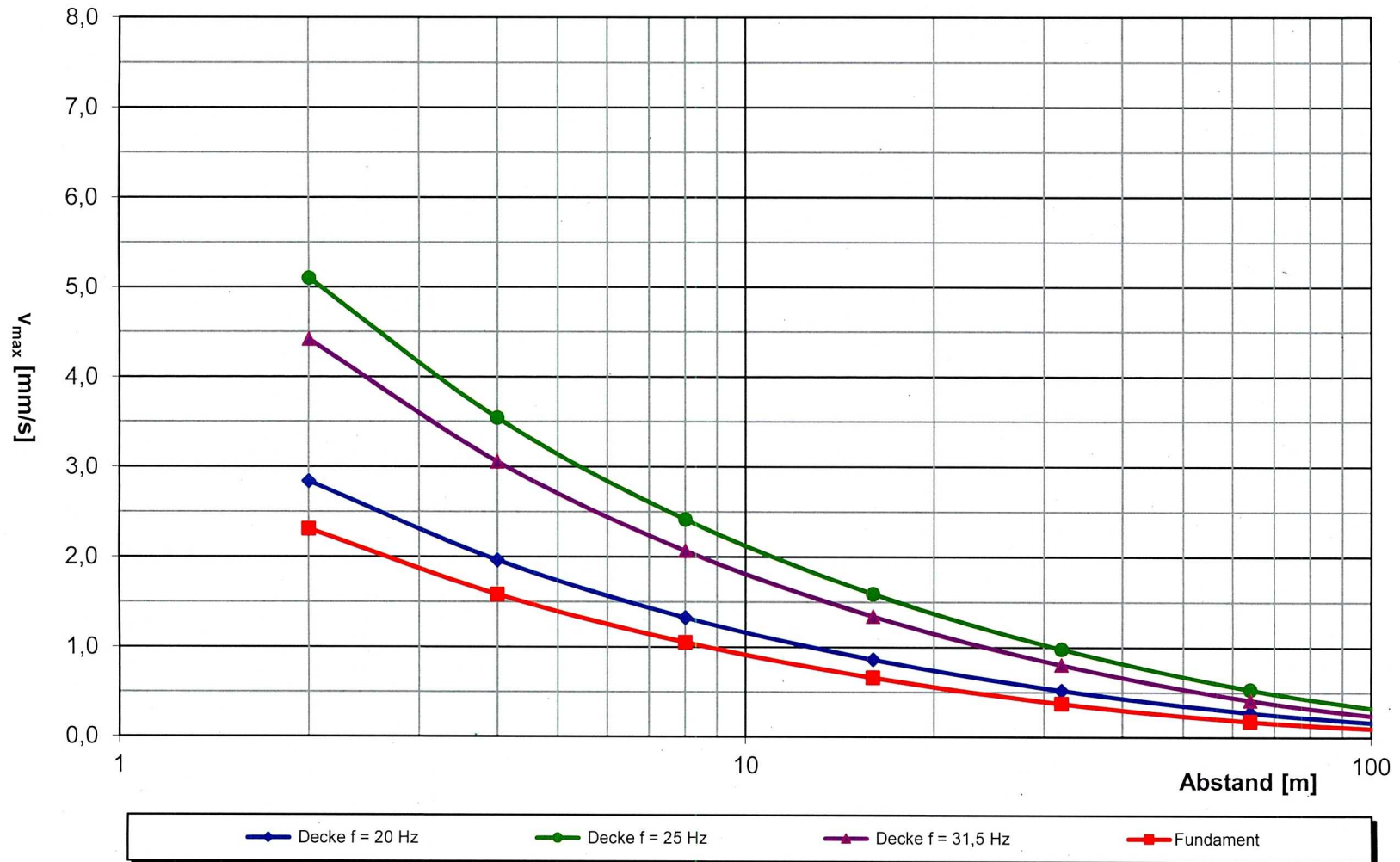
ANHANG 5.1.2

10.10.2018

Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken durch Vibrationswalze

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KFK\C-Bearbeitung\PIA 1.6b\lab 2018\ABE-3 Vibrationswalze-Tag.xls\vmxN_Stb

maximale Schwinggeschwindigkeit



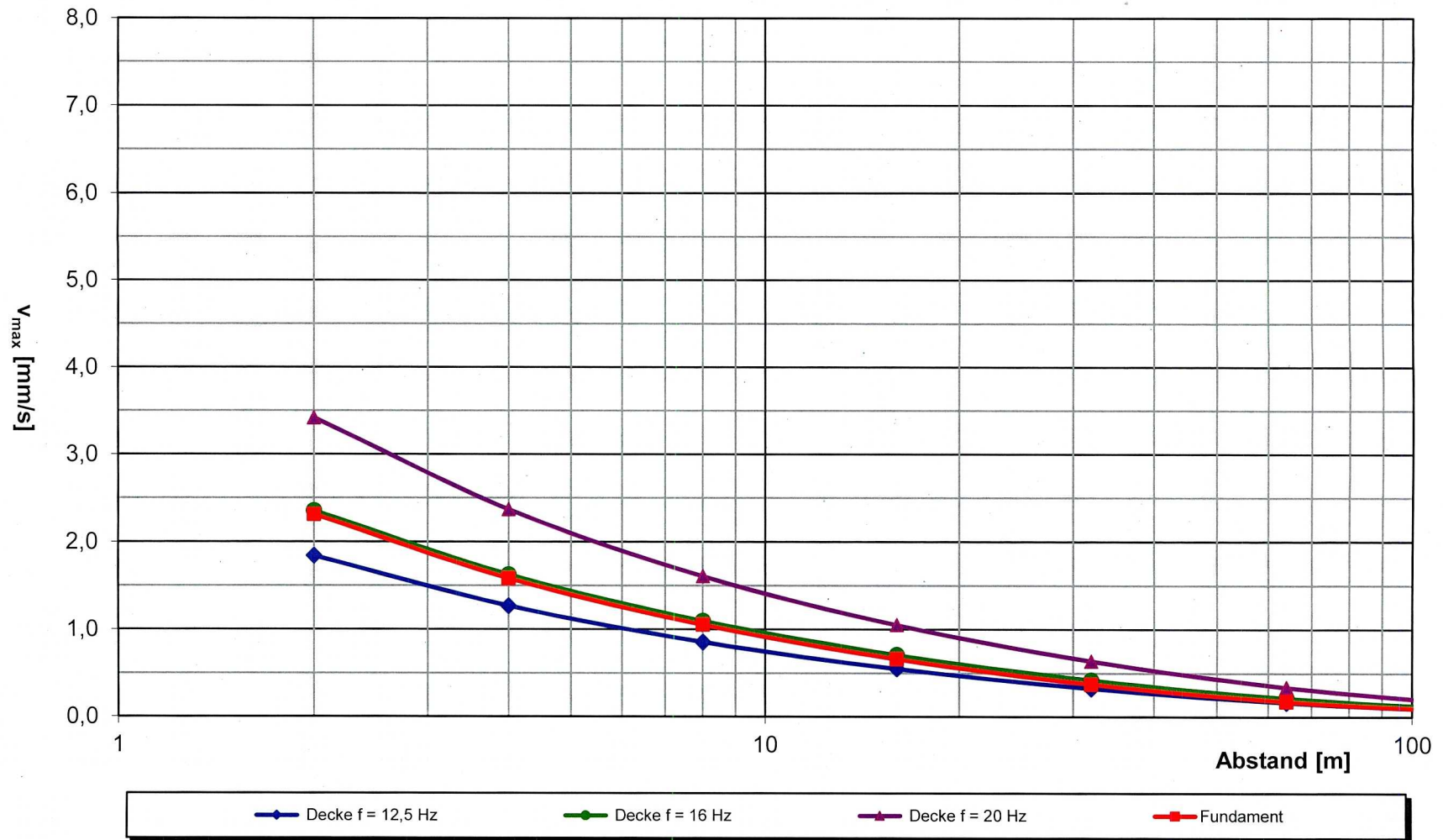
ANHANG 5.2.1

10.10.2018

Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken durch Vibrationswalze

K:\B_Projekte\1997\19978007_DBPSU_IBS21_PFA_16b\KKFIC-Bearbeitung\PfA 1.6\lab 2018\ABE-3 Vibrationswalze-Tag.xls\vrmaxN_Holz

maximale Schwinggeschwindigkeit



ANHANG 5.2.2

10.10.2018