

25675276

Regionaltangente West

Planfeststellungsabschnitt Nord

Anlage 20.6a neu

Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen

Datum: 28.01.2020

Auftraggeber:



RTW GmbH
Stiftstraße 9 -17
60313 Frankfurt am Main

Ersteller:



KREBS+KIEFER FRITZ AG
Heinrich-Hertz-Straße 2
64295 Darmstadt

Planaufsteller	-	Phase	-	Gewerk	-	Planart	-	PSP-Code	-	lfd. Nr.	-	Index	Format
KuK	-	4	-	LA	-	SU	-	01_06_00_000	-	006	-	A	.pdf

Erschütterungstechnische Untersuchung

VORHABEN:	RTW – Regionaltangente West
ABSCHNITT:	Planfeststellungsabschnitt Nord Neubau der Gleistrasse und einer Abstellanlage
UMFANG:	Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen
AUFTRAGGEBER:	RTW Planungsgesellschaft mbH Stiftstraße 9 - 17 60313 Frankfurt am Main
BEARBEITUNG:	KREBS+KIEFER FRITZ AG Hilpertstraße 20 64295 Darmstadt T 06151 885-383 F 06151 885-220
AKTENZEICHEN:	20058001-ABE-1
DATUM:	Darmstadt, 28.01.2020

Dieser Bericht umfasst 34 Seiten und 5 Anhänge mit 39 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

25675276

1	Zusammenfassung	5
2	Sachverhalt und Aufgabenstellung	5
3	Bearbeitungsgrundlagen	6
4	Beschreibung des Planvorhabens	7
5	Anforderungen an den Schwingungsschutz	11
5.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	11
5.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	13
5.2.1	Kurzzeitige Erschütterungen	14
5.2.2	Dauererschütterungen	15
6	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	16
6.1	Emissionen	17
6.2	Transmission	17
6.2.1	Transferfunktion T_1	17
6.2.2	Transferfunktionen T_2 und T_3	19
6.3	Immissionen	19
7	Untersuchungsergebnisse	20
7.1	Emissionen	20
7.1.1	Rüttelstopfverdichtungen	20
7.1.2	Verdichtungsarbeiten	21
7.1.3	Vibrationsramme	21
7.1.4	Einbringen von Bohrpfählen	22
7.2	Immissionen	22
7.2.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	22
7.2.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	29
8	Abschließende Bemerkungen	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage des Planfeststellungsabschnitts Nord	9
Abbildung 2:	Lage der Immissionsorte in Praunheim	10
Abbildung 3:	Lage der Immissionsorte in Eschborn / Sossenheim	10
Abbildung 4:	Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte	14
Abbildung 5:	Ursachen-Wirkungs-Prinzip	17
Abbildung 6:	Geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Erschütterungstechnische Anhaltswerte für Baumaßnahmen	12
Tabelle 2:	Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen	13
Tabelle 3:	Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen auf Gebäude	15
Tabelle 4:	Anhaltswerte für Dauererschütterungen auf Gebäude	16
Tabelle 5:	Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen	23
Tabelle 6:	Grenzabstände bei 8-stündiger Einwirkzeit	24
Tabelle 7:	Grenzabstände bei 4-stündiger Einwirkzeit von Verdichtungsarbeiten	25
Tabelle 8:	Grenzabstände bei 4-stündiger Einwirkzeit von Rammarbeiten	27

Anhänge

Anhang 1	Emissionen
Anhang 2	Transferfunktionen
Anhang 3	Beurteilung der Erschütterungsimmissionen durch Bohrpfahlgründung
Anhang 4	Beurteilung der Erschütterungsimmissionen durch Vibrationswalze
Anhang 5	Beurteilung der Erschütterungsimmissionen durch Abbruchmaßnahmen

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
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
C _p	Ausbreitungsgeschwindigkeit im Boden [m/s]
[d]	Tag
D	Dauer von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen [d]
D	Dämpfungsgrad [%]
f	Frequenz [Hz]
f ₀	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 _{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB _{FTr}	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 _E	Einsatzdauer [h]
T _r	Beurteilungszeit [h]
v ₀	Referenzwert für die Schwingschnelle [5 • 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]
WA	Gebiete, in denen vorwiegend Wohnnutzungen untergebracht sind

1 Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit dem Bauvorhaben Regionaltangente West wurde geprüft, ob die aus dem Baubetrieb 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:

- ❑ Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden sind aufgrund der Intensität der Erschütterungseinwirkungen durch die untersuchten Baumaßnahmen nicht zu erwarten.
- ❑ Aus erschütterungstechnischer Sicht sollte auf schwingungsintensive Baumaßnahmen im Nachtzeitraum in näheren Umgebung zu schutzbedürftigen Nutzungen verzichtet werden. Gegebenenfalls sind gesonderte Maßnahmen zu ergreifen.
- ❑ Hinsichtlich der Erschütterungseinwirkungen im Tagzeitraum können in weiten Einwirkungsbereichen erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden unter Berücksichtigung der Maßnahmen a) bis e) der DIN 4150-2, Ziffer 6.5.4.3 ausgeschlossen werden. Hierbei ist die ermittelte, reine Einwirkdauer der betrachteten Baumaschinen zu beachten.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Die RTW Planungsgesellschaft mbH beabsichtigt, den Schienenpersonennahverkehr im Ballungsraum Frankfurt durch die Regionaltangente West (RTW) als neue Stadtbahnverbindung weiter zu verbessern. Die RTW-Strecke verläuft mit je einem Linienast von Frankfurt-Praunheim bzw. von Bad Homburg kommend über den zentralen Abschnitt Eschborn – Höchst – Flughafen – Stadion bis nach Neu-Isenburg-Birkengewann bzw. nach Dreieich-Buchschlag. Über rund zwei Drittel der etwa 42 km langen Strecke können bereits vorhandene Gleisanlagen genutzt werden. Die bestehenden Streckenabschnitte der Deutschen Bahn AG werden dabei durch neu zu errichtende Bahnkörper und Gleise für die RTW ergänzt und mit diesen verknüpft.

Innerhalb des Planfeststellungsabschnitts Nord wird eine 2-gleisige Bahnstrecke von der vorgesehenen Endhaltestelle „Gewerbegebiet Praunheim“ bis zur Grenze zum Planfeststellungsabschnitt Mitte neu errichtet.

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.

3 Bearbeitungsgrundlagen

Der durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchung liegen die folgenden Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Planunterlagen und Fachbeträge 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 2000 Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 21.12.2010, Az: BVerwG 7 A 14.09
- /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/ Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament, Ankopplungsspektren für verschiedene Gebäudetypen, 18. Symposium-Bauwerksdynamik und Erschütterungsmessungen, Ziegler Consultants, Empa Dübendorf, Stand vom Mai 2015
- /7/ Unterrichtungsschreiben des Regierungspräsidiums Darmstadt vom 27.08.2015: Planfeststellung gemäß §§ 28ff Personenbeförderungsgesetz (PBefG) i. V. m. §§ 72 ff Hessisches Verwaltungsverfahrensgesetz (HVwVfG); Neubau der Regionaltangente West, Unterrichtung über Inhalt und Umfang der nach § 6 UVPG voraussichtlich vorzulegenden Unterlagen über die Umweltauswirkungen des Vorhabens
- /8/ Regionaltangente West / Los 1: Lagepläne Entwurfsplanung, Anlage 9, Maßstab 1:1.000, Planungsgemeinschaft Regionaltangente West, Stand März 2017
- /9/ Digitale Datengrundlagen, zur Verfügung gestellt von der Planungsgemeinschaft Regionaltangente West, Stand November 2018

- /10/ Flächennutzungsplan, Planungsverband Ballungsraum Frankfurt/ Rhein-Main, Maßstab 1:10.000, Stand 2015, www.pvfrm.de
- /11/ Bebauungspläne der Stadt Frankfurt am Main, PlanAS Planungsauskunftssystem der Stadt Frankfurt am Main, www.planAS-frankfurt.de
- /12/ Vorläufige Angaben zum Geräteeinsatz auf Grundlage des aktuellen Planungsstandes, Schüßler Plan, erhalten per E-Mail am 11.06.2018
- /13/ „Ermittlung der Gesamtverkehrslärmimmissionen aus dem öffentlichen Straßen- und Schienenverkehr, RTW, Planfeststellungsabschnitt Nord“, Schalltechnische Untersuchung, KREBS + KIEFER FRITZ AG, Bericht-Nr. 20058001-VVG-2, Anlage 20.4a vom 20.11.2018

4 Beschreibung des Planvorhabens

Die Regionaltangente West (RTW) ist eine neue tangentielle Schienenverbindung im Orts – und Nachbarschaftsverkehr der Metropolregion Frankfurt RheinMain zur Verbesserung des öffentlichen Schienenpersonennahverkehrs durch die Verbindung der westlichen Stadtteile der Stadt Frankfurt am Main sowie der umliegenden Kreise, Städte und Gemeinden miteinander und untereinander und zur besseren intermodalen Anbindung des Flughafens Frankfurt am Main. Durch diese Funktion der RTW wird die historisch gewachsene Verbindung über den Kopfbahnhof Frankfurt Hauptbahnhof ergänzt, was mittelbar zu einer Entlastung des Hauptbahnhofs und damit des S-Bahntunnels führt.

Für die RTW sollen dabei - insbesondere um die Eingriffe in private Grundstücksflächen bzw. in Natur und Landschaft und den Flächenverbrauch zu minimieren sowie um Kosten zu reduzieren - weitgehend vorhandene Strecken der Deutschen Bahn mitgenutzt werden, die durch neu zu bauende Teilabschnitte miteinander verknüpft werden. Soweit erforderlich werden die bestehenden Bahnstrecken und Bauwerke angepasst.

Geplant ist die Realisierung zweier Linien, die sich im Kernbereich überlagern. Diese beiden Linien sollen zum einen von Bad Homburg und zum anderen von Frankfurt-Praunheim/Gewerbegebiet jeweils über Eschborn, Frankfurt-Höchst, den Flughafen-Regionalbahnhof und Neu-Isenburg Bahnhof, zum einen nach Neu-Isenburg Birkengewann und zum anderen zum Bahnhof Dreieich-Buchschlag verlaufen. Es ist vorgesehen, dass die beiden Linien jeweils halbstündlich verkehren und sich im Kernabschnitt zwischen Eschborn und Neu-Isenburg Bahnhof zu einem Viertelstundentakt ergänzen.

Linie 1: Bad Homburg – Eschborn – Höchst – Flughafen – Neu-Isenburg Bahnhof - Neu-Isenburg Birkengewann

25675276

Linie 2: Praunheim – Eschborn – Höchst – Flughafen – Neu-Isenburg Bahnhof - Dreieich-Buchschlag

Die beiden RTW-Linien sollen an insgesamt 26 Stationen halten, von denen 13 bereits bestehende Stationen darstellen.

Aufgrund der Streckenlänge der RTW wurde diese zunächst in insgesamt vier Planfeststellungsabschnitte (Nord, Mitte, Süd 1 und Süd 2) gegliedert, für die jeweils ein eigenständiges Planfeststellungsverfahren durchgeführt wird.

Weitere Details zur Gesamtmaßnahme sind dem Erläuterungsbericht „Gesamtvorhaben Regionaltangente West“ zu entnehmen.

Die vorliegende Untersuchung befasst sich mit den Erschütterungseinwirkungen aus den Baumaßnahmen der Neubautrasse im Planfeststellungsabschnitt Nord, in Abbildung 1 südlich der blauen Trennlinie.

Nach derzeitiger Planung beginnt die Neubautrasse in der Ortslage Praunheim in Höhe der Straße „Steinbacher Hohl“. Die Züge wechseln dort die Fahrtrichtung über eine Weichenverbindung, die den Wechsel vom Richtungsgleis Ost auf das Richtungsgleis West ermöglicht.

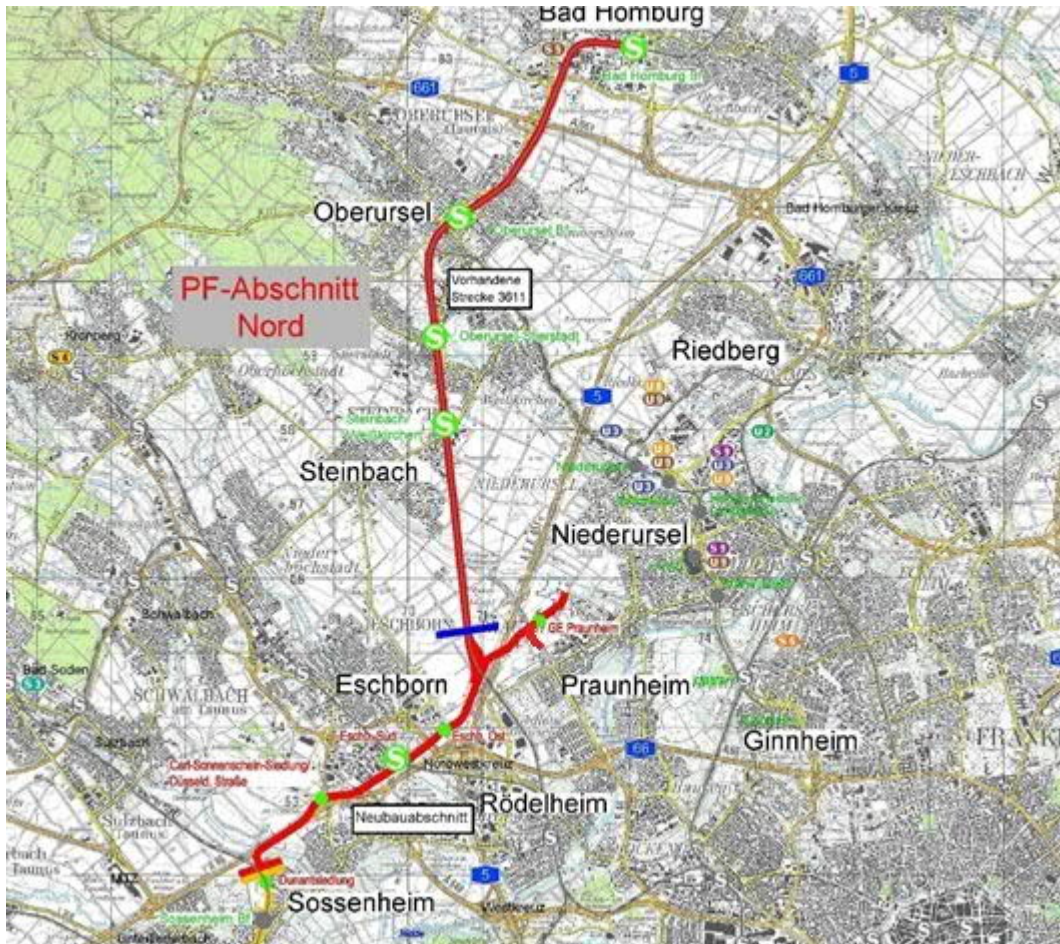


Abbildung 1: Lage des Planfeststellungsabschnitts Nord

Die Neubautrasse tangiert folgende schutzwürdige Nutzungen:

- ❑ Wohngebäude in Wohngebieten sowie Wohngebäude und Bebauungen im Außenbereich des Stadtteils Frankfurt-Praunheim zwischen ca. km 2+050 und km 3+100, Abstand der Nutzungen (IP128, IP129, IP132 und IP289 im Außenbereich, bis IP130 und IP131 im Allgemeinen Wohngebiet /13/, siehe Abbildung 2) zur Trasse

$$r \geq 10 \text{ m}$$

- ❑ Bürogebäude sowie Hotels im Gewerbegebiet Süd in Eschborn zwischen ca. km 5+450 und km 6+100, Abstand der Nutzungen /13/ (IP133 bis IP140 und IP147 im Gewerbegebiet, siehe Abbildung 3) zur Trasse

$$r \geq 15 \text{ m}$$

- Gebäude Düsseldorf Straße 38 mit einer Tiefgarage (IP147) /13/, die über die Kontur des oberirdischen Gebäudes hinausragt, im Gewerbegebiet Süd in Eschborn, in Abbildung 3 gestrichelt dargestellt, Abstand der Nutzung zur Trasse

$$r \geq 9 \text{ m}$$

- Wohngebäude in Sossenheim zwischen ca. km 6+100 und km 6+300, Abstand der Nutzungen /13/ (IP141 bis IP146 im Reinen Wohngebiet, siehe Abbildung 3) zur Trasse

$$r \geq 153 \text{ m}$$

Die Immissionsorte sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt:

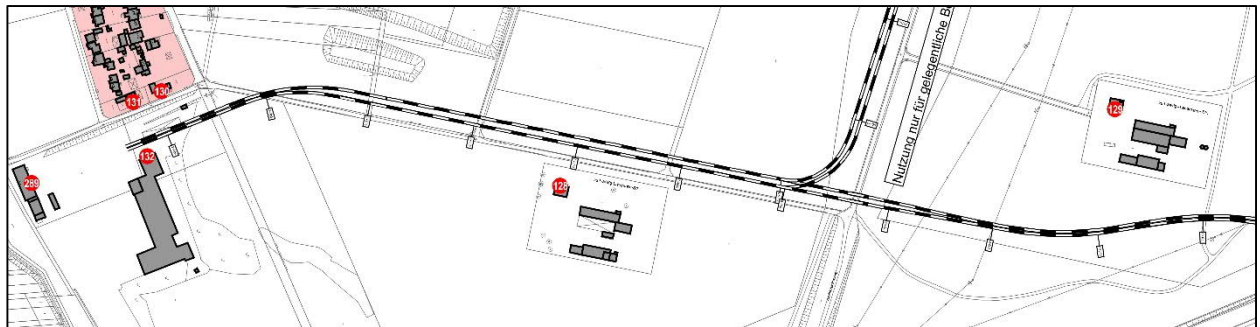


Abbildung 2: Lage der Immissionsorte in Praunheim



Abbildung 3: Lage der Immissionsorte in Eschborn / Sossenheim

Aus den Vergleichen der Abstände zu den betroffenen Siedlungsarealen wird ersichtlich, dass aufgrund der gegebenen Mindestabstände Konflikte infolge der Bauerschütterungen im Wohngebiet Praunheim und im Gewerbegebiet in Eschborn nicht ausgeschlossen werden können. Bei

den Bebauungen in Eschborn-Ost kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungseinwirkungen aus dem Baubetrieb an der RTW eher als unkritisch einzustufen sind.

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		
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: Erschütterungstechnische Anhaltswerte für 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.

Bei der Ermittlung der Beurteilungsschwingstärken ist zu beachten, 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 Anhaltswerte aus Tabelle 1 der DIN 4150-2. Diese Anforderungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

25675276

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

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.

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

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.

5.2.1 Kurzzeitige Erschütterungen

Die DIN 4150-3 nennt für kurzzeitige Erschütterungen Anhaltswerte für zulässige Schwinggeschwindigkeiten am Fundament, 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. Die Interpolation der Anhaltswerte für verschiedene Erschütterungsfrequenzen ist in Abbildung 4 dargestellt.

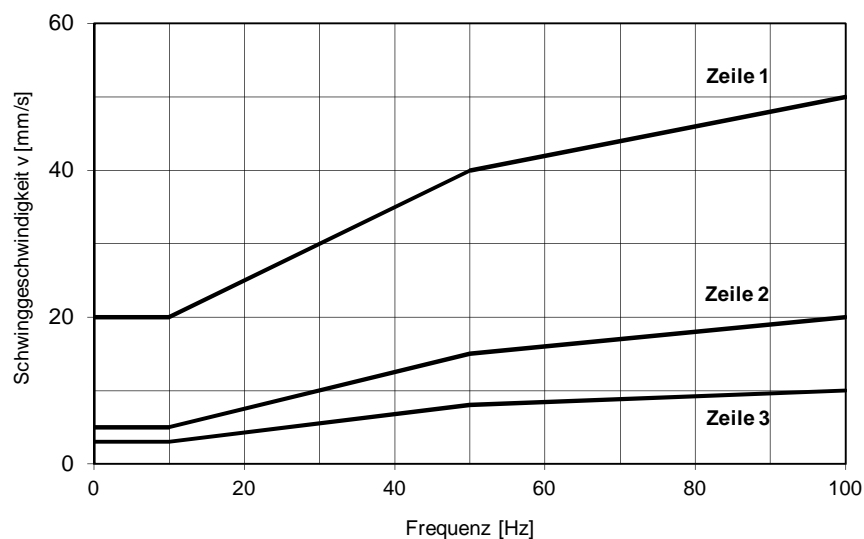


Abbildung 4: Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte

Zeile	Gebietsnutzung	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ [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 Kon- struktion und / oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5...15	15...20	15
3	Bauten, die wegen ihrer beson- deren Erschütterungsempfind- lichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und be- sonders erhaltenswert sind (z. B. unter Denkmalschutz ste- hend)	3	3...8	8...10	8
* Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden					

Tabelle 3: Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen auf Gebäude

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.

5.2.2 Dauererschütterungen

Für die Beurteilung der auftretenden Dauererschütterungen sind die größten horizontalen Schwinggeschwindigkeiten maßgebend, da diese in der Regel in der obersten Deckenebene auftreten. Vertikale Schwinggeschwindigkeiten bis 10 mm/s führen bei Geschossdecken erfahrungsgemäß nicht zu Schäden. Diese Schwingungen sind 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 ^a
^a Zur Verhinderung leichter Schäden kann eine deutliche Abminderung notwendig sein			

Tabelle 4: Anhaltswerte für Dauererschütterungen auf Gebäude

Die DIN 4150-3 nennt für Dauererschütterungen keine expliziten Anhaltswerte für zulässige Schwinggeschwindigkeiten in vertikaler Richtung am Fundament. Da jedoch in der Regel am Gebäudefundament keine Resonanzerscheinungen resultieren, werden die Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen auch zur Beurteilung von Dauererschütterungen herangezogen. Diese sind in Tabelle 3 für unterschiedliche Gebäudearten zusammengefasst.

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 Ausbrei-

tungs- und Übertragungsmodellen in Abhängigkeit des Abstandes zur Immissionsquelle ausgewertet. Die Ermittlung der aus den Baumaßnahmen resultierenden Schwingungsimmersionen an und in Gebäuden erfolgt auf der Grundlage von Ausbreitungsberechnungen. Hierbei wird für die Übertragung der Schwingungen stets von dem in Abbildung 5 dargestellten Ursachen-Wirkungs-Prinzip ausgegangen.

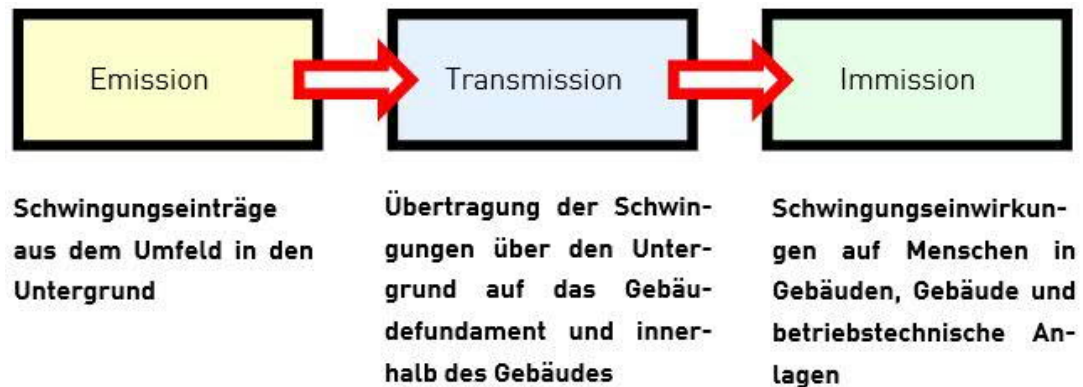


Abbildung 5: Ursachen-Wirkungs-Prinzip

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 Anhang 2.1 bis Anhang 5.1 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.

6.2 Transmission

6.2.1 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).

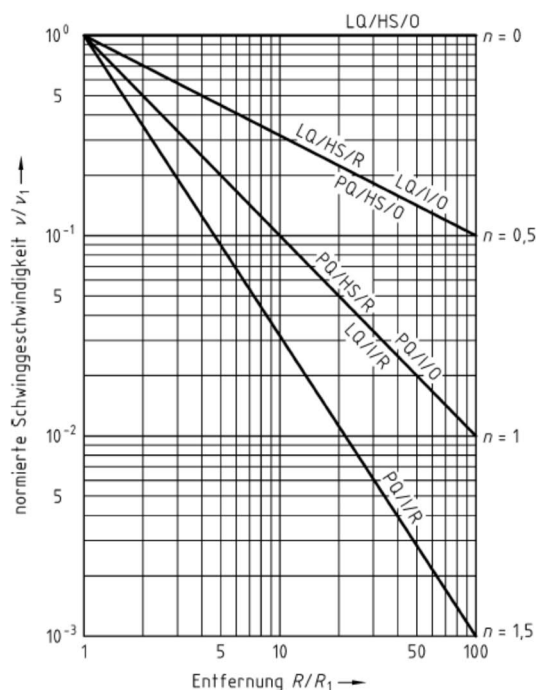


Abbildung 6: Geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude

In Abbildung 6 wird die geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude in Abhängigkeit von der Entfernung zur Quelle für verschiedenen Quellentypen und Wellenarten dargestellt.

6.2.2 Transferfunktionen T_2 und T_3

25675276

Die Übertragung von Erschütterungen vom Boden auf ein Gebäudefundament (T_2 -Funktion) wird im Sinne einer oberen Abschätzung mit der in Anhang 1.1 angegebenen standardisierten Übertragungsfunktion für ein- bis zweigeschossige Gebäude 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 Stahlbetondecken liegen in der Regel zwischen 20 Hz und 31,5 Hz, die von Holzbalkendecken zwischen 10 Hz und 20 Hz. Die der Berechnung zu Grunde gelegten Übertragungsfunktionen für die jeweils ungünstigste Geschossdeckenresonanzfrequenz sind für Stahlbetondecken in Anhang 1.2 und für Holzbalkendecken in Anhang 1.3 dargestellt. Hierbei wird jeweils der Mittelwert \pm Standardabweichung der T_3 -Funktion berücksichtigt.

6.3 Immissionen

Die z. B. durch Verdichtungsarbeiten 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

Bei dem hier untersuchten Bauvorhaben sind die geplanten Baumaßnahmen in der Regel dynamisch. Das bedeutet, dass die eingesetzten Baumaschinen aufgrund der Ausdehnung der Baustelle nicht punktuell eingesetzt werden, sondern sich mit der Fortschreitung der Baumaßnahmen bewegen. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass sich die Erschütterungsimmissionen innerhalb einer Bauphase abhängig von der Position der schwingungsintensiven Baumaschinen entsprechend verändern.

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.

Bei den geplanten Baumaßnahmen sind die Erschütterungsimmissionen, die durch Bohrgründungen hervorgerufen wurden, gemäß DIN 4150-3 als kurzzeitige Erschütterungen (instationäre Einwirkungen) einzustufen. Zu den Dauererschütterungen zählt der Normalbetrieb und die An- und Auslaufphase der Vibrationswalze, Rüttelstopfverdichtungen sowie der Betrieb der Vibrationsramme. Beim Betrieb dieser Baumaschinen erfolgt ein Eintrag harmonischer Schwingungen in den Untergrund und somit auch in nahe gelegene Bauwerke. Diese sind grundsätzlich geeignet, Resonanzerscheinungen an Bauwerken hervorzurufen. Daher sind diese Einwirkungen als Dauererschütterungen einzustufen.

Nachfolgend werden erschütterungsrelevante Baumaschinen beschrieben.

7.1.1 Rüttelstopfverdichtungen

In einigen Bereichen des Bauvorhabens sind Rüttelstopfsäulen zur Bodenverbesserung erforderlich. Hierbei wird der weiche Untergrund bis zum tragenden Grund seitlich verdrängt und der so entstandene Hohlraum mit z. B. Kies aufgefüllt und wieder verdichtet. Diese Emissionsquelle kann sich als eine Punktquelle charakterisieren, die Raumwellen erzeugt. Das Emissionsspektrum ist in Anhang 2.1 dargestellt.

Es handelt es sich auch hier um eine Punktquelle, die jedoch harmonische Schwingungsanregung in den Raum erzeugt. In den Ausbreitungsberechnungen wurde daher ein Exponent

$$n = 1,0$$

berücksichtigt.

7.1.2 Verdichtungsarbeiten

Erschütterungstechnisch relevante Bauaktivitäten stellen zudem Verdichtungsarbeiten beim Neubau einiger Bauwerke sowie als Grundlage für den Gleisbau dar. Hierbei handelt es sich ebenfalls um einen fortschreitenden dynamischen Baubetriebsbereich. Im Emissionsansatz wird vorausgesetzt, dass die Vibrationswalze mit einer Arbeitsfrequenz von

$$f \approx 40 - 60 \text{ Hz}$$

betrieben wird. Das Emissionsspektrum ist in Anhang 3.1 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.

7.1.3 Vibrationsramme

Beim Einsatz von Vibrationsrammen werden stationäre Erschütterungen erzeugt. Aus erschütterungstechnischer Sicht sind für den Einsatz von Vibrationsrammen normalerweise hohe Arbeitsfrequenzen ($f > 35 \text{ Hz}$) 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 ($f < 35 \text{ Hz}$) 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 werden daher grundsätzlich nur hochfrequente Vibratoren ($f \geq 35 \text{ Hz}$) 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 4.1 dargestellt.

Es handelt es sich auch hier um eine Punktquelle, die jedoch harmonische Schwingungsanregung in den Raum erzeugt. In den Ausbreitungsberechnungen wurde daher ein Exponent

$$n = 1,0$$

berücksichtigt.

7.1.4 Einbringen von Bohrpfählen

Die Bohrarbeiten sind im Allgemeinen erschütterungsarm. Nur beim Aufsetzen der Bohrpfähle werden impulshaltige Schwingungen in den Boden eingeleitet. In den Ausbreitungsberechnungen wurde daher ein Exponent

$$n = 1,0$$

berücksichtigt. Das der Berechnung zugrunde gelegte Emissionsspektrum ist in Anhang 5.1 dargestellt.

7.2 Immissionen

7.2.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Bei dem betrachteten Bauvorhaben kann davon ausgegangen werden, dass die Gesamtdauer der hier untersuchten Baumaßnahmen mehr als 78 Tage beträgt. Es wird im Sinne einer oberen Abschätzung jedoch davon ausgegangen, dass die erschütterungsintensiven Bautätigkeiten, die im vorherigen Kapitel beschrieben wurden, punktuell nicht mehr als 4 Tage andauern. Folglich sind

die Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2, Bild 3 entsprechend der genannten Einwirkdauer zu interpolieren. Die in der vorliegenden Untersuchung der Beurteilung zu Grunde zu legenden interpolierten Anhaltswerte sind in Tabelle 5 dargestellt.

Dauer	D = 4 Tage		
Spalte	1	2	3
Anhaltswerte	A_u	A_o	A_r
Stufe I	0,60	5	0,35
Stufe II	1,00	5	0,70
Stufe III	1,40	5	1,10

Tabelle 5: Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen

Die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen der Baumaßnahmen erfolgen für die jeweils ungünstigsten Deckeneigenfrequenzen für Stahlbeton- bzw. Holzbalkendecken, die in Anhang 1.2 bzw. Anhang 1.3 grafisch und tabellarisch dargestellt sind:

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

7.2.1.1 Rüttelstopfverdichtungen

Die Rüttelstopfverdichtungen stellen die schwingungsintensivsten Baumaßnahmen dar. Diese Maßnahmen dienen zur Verfestigung des Untergrunds.

7.2.1.1.1 Tagzeitraum

Die Schwingstärken für diese Baumaßnahmen im Tagzeitraum wurden anhand der Ausbreitungskurven in Anhang 2.2 dargestellt. Demnach kann der obere Anhaltswert am Tag $A_{o, \text{Tag}}$ (6,0 bei Gewerbegebieten, 5,0 bei Wohnnutzungen) unabhängig von der Deckenkonstruktion selbst bei geringen Abständen zum Baufeld eingehalten werden. Die unteren Anhaltswerte $A_{u, \text{Tag}}$ werden jedoch ab einem Abstand von

$$r_{\text{Tag}} \geq 50 \text{ m}$$

eingehalten. Für die exemplarisch betrachteten Immissionsorte IP141 und IP49 sind die unteren Anhaltswerte somit überschritten. Dementsprechend ist der 2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2, die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} für den Tag erforderlich. Der KB_{FTr} -Wert wird in Anhang 2.4 (Holzbalkendecken) und Anhang 2.6 (Stahlbetondecken) für die maßgeblichen Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraums ermittelt und mit den entsprechenden Anhaltswerten gemäß Tabelle 5 verglichen.

In den unteren Tabellen sind die Grenzabstände zu den nächstgelegenen schutzbedürftigen Nutzungen ausgewiesen, wenn von einer reinen Einwirkdauer durch die Rüttelstopfverdichtungen von 8 Stunden ausgegangen wird.

Deckenart	Stufe		
	I	II	III
Holzbalken	39 m	22 m	14 m
Stahlbeton	52 m	33 m	23 m

Tabelle 6: Grenzabstände bei 8-stündiger Einwirkzeit

Bei den exemplarisch betrachteten Immissionsorten beläuft sich die reine Einwirkdauer der Rüttelstopfverdichtungen mit dem Ziel der Einhaltung von Stufe II auf maximal

☐ $T_{e, \text{Stufe II}} \leq 1,2 \text{ Stunden (IP139)}$

☐ $T_{e, \text{Stufe II}} \leq 9,5 \text{ Stunden (IP130)}$

Werden längere Baumaßnahmen notwendig, kann die Anforderungen auf Erschütterungsschutz gemindert werden, d. h. die Einhaltung der Stufe III. Hierbei werden jedoch die zusätzlichen Maßnahmen, wie baubegleitende Erschütterungsmessungen erforderlich.

☐ $T_{e, \text{Stufe III}} \leq 3,5 \text{ Stunden (IP139)}$

7.2.1.1.2 Nachtzeitraum

Die Schwingstärken für die oben genannte Baumaßnahme im Nachtzeitraum wurden anhand der Ausbreitungskurven in Anhang 2.3 dargestellt. Demnach wird der obere Anhaltswert A_0 im Nachtzeitraum bei geringen Abständen deutlich überschritten. Für die exemplarisch betrachteten Immissionsorte werden die Werte ebenfalls deutlich überschritten. Bei größeren Abständen von mehr als

$$r_{\text{Nacht}} \geq 65 \text{ m (GE)}$$

$$r_{\text{Nacht}} \geq 100 \text{ m (WA)}$$

kann der obere Anhaltswert unabhängig von der Deckenkonstruktion unterschritten werden. Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen können die Anforderungen der DIN 4150-2 /4/ dementsprechend innerhalb der oben angegebenen Grenzabständen nicht eingehalten werden. Demzufolge können erhebliche Belästigungen infolge der Rüttelstopfverdichtungen im Nachtzeitraum nicht ausgeschlossen werden.

7.2.1.2 Verdichtungsarbeiten

25675276

7.2.1.2.1 Tagzeitraum

Die Schwingstärken für diese Baumaßnahmen im Tagzeitraum wurden anhand der Ausbreitungskurven in Anhang 3.2 dargestellt. Demnach kann der obere Anhaltswert am Tag $A_{o, \text{Tag}}$ (6,0 bei Gewerbegebieten, 5,0 bei Wohnnutzungen) unabhängig von der Deckenkonstruktion selbst bei geringen Abständen zum Baufeld eingehalten werden. Die unteren Anhaltswerte $A_{u, \text{Tag}}$ werden ab einem Abstand von

$$r_{\text{Tag}} \geq 50 \text{ m}$$

eingehalten. Für den exemplarisch betrachteten Immissionsort IP130 wird somit Stufe II eingehalten. Für IP139 sind die unteren Anhaltswerte überschritten. Dementsprechend ist der 2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2, die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} für den Tag erforderlich. Der KB_{FTr} -Wert wird in Anhang 3.4 (Holzbalkendecken) und Anhang 3.6 (Stahlbetondecken) für die maßgeblichen Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraums ermittelt und mit den entsprechenden Anhaltswerten gemäß Tabelle 5 verglichen.

In den unteren Tabellen sind die Grenzabstände zu den nächstgelegenen schutzbedürftigen Nutzungen ausgewiesen, wenn von einer reinen Einwirkdauer durch die Verdichtungsmaßnahmen von 4 Stunden ausgegangen wird.

Deckenart	Stufe		
	I	II	III
Holzbalken	13 m	-	-
Stahlbeton	45 m	18 m	8 m

Tabelle 7: Grenzabstände bei 4-stündiger Einwirkzeit von Verdichtungsarbeiten

Bei den exemplarisch betrachteten Immissionsorten beläuft sich die reine Einwirkdauer der Verdichtungsarbeiten mit dem Ziel der Einhaltung von Stufe II auf maximal

- ☐ $T_{e, \text{Stufe II}} \leq 3,0 \text{ Stunden (IP139)}$
- ☐ $T_{e, \text{Stufe II}} \leq 11,5 \text{ Stunden (IP130)}$

Wird hierbei berücksichtigt, dass die Verdichtungsarbeiten dynamisch sind, so kann davon ausgegangen werden, dass diese Baumaßnahmen bei den gegebenen Abständen in der Regel unkritisch sind.

7.2.1.2.2 Nachtzeitraum

Die Schwingstärken für die oben genannte Baumaßnahme im Nachtzeitraum wurden anhand der Ausbreitungskurven in Anhang 3.3 dargestellt. Demnach wird der obere Anhaltswert A_o im Nachtzeitraum bei geringen Abständen deutlich überschritten. Für die exemplarisch betrachteten Immissionsorte werden die Werte ebenfalls überschritten. Bei größeren Abständen von mehr als

$$r_{\text{Nacht}} \geq 70 \text{ m (GE)}$$

$$r_{\text{Nacht}} > 100 \text{ m (WA)}$$

kann der obere Anhaltswert unabhängig von der Deckenkonstruktion unterschritten werden. Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen können die Anforderungen der DIN 4150-2 /4/ dementsprechend innerhalb der oben angegebenen Grenzabständen nicht eingehalten werden. Demzufolge können erhebliche Belästigungen infolge der Verdichtungen im Nachtzeitraum nicht ausgeschlossen werden.

7.2.1.3 Rammarbeiten

7.2.1.3.1 Tagzeitraum

Die Schwingstärken für diese Baumaßnahmen im Tagzeitraum wurden anhand der Ausbreitungskurven in Anhang 4.2 dargestellt. Demnach kann der obere Anhaltswert am Tag $A_{o, \text{Tag}}$ (6,0 bei Gewerbegebieten, 5,0 bei Wohnnutzungen) unabhängig von der Deckenkonstruktion selbst bei geringen Abständen zum Baufeld eingehalten werden. Die unteren Anhaltswerte $A_{u, \text{Tag}}$ werden ab einem Abstand von

$$r_{\text{Tag}} \geq 40 \text{ m}$$

eingehalten. Für den exemplarisch betrachteten Immissionsort IP130 wird somit Stufe II eingehalten. Für IP139 sind die unteren Anhaltswerte überschritten. Dementsprechend ist der 2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2, die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} für den Tag erforderlich. Der KB_{FTr} -Wert wird in Anhang 4.4 (Holzbalkendecken) und Anhang 4.6 (Stahlbetondecken) für die maßgeblichen Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraums ermittelt und mit den entsprechenden Anhaltswerten gemäß Tabelle 5 verglichen.

In den unteren Tabellen sind die Grenzabstände zu den nächstgelegenen schutzbedürftigen Nutzungen ausgewiesen, wenn von einer reinen Einwirkdauer durch die Rammarbeiten von 4 Stunden ausgegangen wird.

Deckenart	Stufe		
	I	II	III
Holzbalken	13 m	-	-
Stahlbeton	35 m	20 m	13 m

Tabelle 8: Grenzabstände bei 4-stündiger Einwirkzeit von Rammarbeiten

Bei den exemplarisch betrachteten Immissionsorten beläuft sich die reine Einwirkdauer der Rammarbeiten mit dem Ziel der Einhaltung von Stufe II auf maximal

- ☐ $T_{e, \text{Stufe II}} \leq 2,0$ Stunden (IP139)
- ☐ $T_{e, \text{Stufe II}} \leq 16,0$ Stunden (IP130)

Wird hierbei berücksichtigt, dass die Verdichtungsarbeiten dynamisch sind, so kann davon ausgegangen werden, dass diese Baumaßnahmen bei den gegebenen Abständen in der Regel unkritisch sind.

7.2.1.3.2 Nachtzeitraum

Die Schwingstärken für die oben genannte Baumaßnahme im Nachtzeitraum wurden anhand der Ausbreitungskurven in Anhang 4.3 dargestellt. Demnach wird der obere Anhaltswert A_0 im Nachtzeitraum bei geringen Abständen deutlich überschritten. Für die exemplarisch betrachteten Immissionsorte werden die Werte ebenfalls überschritten. Bei größeren Abständen von mehr als

$$r_{\text{Nacht}} \geq 55 \text{ m (GE)}$$

$$r_{\text{Nacht}} > 80 \text{ m (WA)}$$

kann der obere Anhaltswert unabhängig von der Deckenkonstruktion unterschritten werden. Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen können die Anforderungen der DIN 4150-2 /4/ dementsprechend innerhalb der oben angegebenen Grenzabständen nicht eingehalten werden. Demzufolge können erhebliche Belästigungen infolge der Rammarbeiten im Nachtzeitraum nicht ausgeschlossen werden.

7.2.1.4 Bohrgründungen

7.2.1.4.1 Tagzeitraum

Die Schwingstärken für diese Baumaßnahmen im Tagzeitraum wurden anhand der Ausbreitungskurven in Anhang 5.2 dargestellt. Demnach kann der obere Anhaltswert am Tag $A_{0, \text{Tag}}$ (6,0 bei Gewerbegebieten, 5,0 bei Wohnnutzungen) unabhängig von der Deckenkonstruktion selbst bei geringen Abständen zum Baufeld eingehalten werden. Die unteren Anhaltswerte $A_{u, \text{Tag}}$ werden ab einem Abstand von

25675276

$$r_{\text{Tag}} \geq 20 \text{ m}$$

eingehalten. Ausgehend von der Annahme, dass Hotelgebäude IP139 nur Stahlbetondecken hat, ist zu erwarten, dass die unteren Anhaltswerte bei den exemplarisch betrachteten Immissionsorten eingehalten werden. Dementsprechend wird der 2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2, die Bildung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} für den Tag nicht erforderlich. Die Darstellung in Anhang 4.4 (Holzbalkendecken) und Anhang 4.6 (Stahlbetondecken) erfolgt rein informativ.

Somit ist auch ohne besondere Vorinformation (Stufe I) nicht mit erheblichen Belästigungen durch Erschütterungseinwirkungen infolge der Bohrgründungsarbeiten zu rechnen.

7.2.1.4.2 Nachtzeitraum

Die Schwingstärken für die oben genannte Baumaßnahme im Nachtzeitraum wurden anhand der Ausbreitungskurven in Anhang 5.3 dargestellt. Demnach wird der obere Anhaltswert A_0 im Nachtzeitraum bei geringen Abständen deutlich überschritten. Für die exemplarisch betrachteten Immissionsorte werden die Werte ebenfalls überschritten. Bei größeren Abständen von mehr als

$$r_{\text{Nacht}} > 25 \text{ m (GE)}$$

$$r_{\text{Nacht}} > 50 \text{ m (WA)}$$

kann der obere Anhaltswert unabhängig von der Deckenkonstruktion unterschritten werden. Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen können die Anforderungen der DIN 4150-2 /4/ dementsprechend innerhalb der oben angegebenen Grenzabstände nicht eingehalten werden. Demzufolge können erhebliche Belästigungen infolge der Rammarbeiten im Nachtzeitraum nicht ausgeschlossen werden.

7.2.1.5 Maßnahmen

Aufgrund der gegebenen Abstandsverhältnisse werden die Beurteilungsanhaltswerte der Stufe I nur bei Bohrgründungen eingehalten. Die Anhaltswerte der Stufe II können nur dann eingehalten werden, wenn die Einsatzzeiten unter 3 Stunden betragen. Gegebenenfalls sollte geprüft werden, ob erschütterungsärmere Verfahren eingesetzt werden können.

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

25675276

- 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;*

Sollte dennoch Stufe II überschritten werden, so ist auch die unten nachfolgende Maßnahme zu ergreifen:

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

7.2.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

7.2.2.1 Rüttelstopfverdichtungen

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand der Rüttelstopfverdichtungen zu den Gebäuden sind für Holzbalkendecken in Anhang 2.8 und für Stahlbetondecken in Anhang 2.9 dargestellt.

Für die nächstgelegenen Bebauungen IP139 und IP130 ergeben sich am Fundament maximalen Schwinggeschwindigkeiten von

$$v_{\max} = 0,8 \text{ mm/s (IP139)}$$

$$v_{\max} = 0,3 \text{ mm/s (IP130)}.$$

Gemäß DIN 4150-3 /5/ liegt der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude am Fundament ein Anhaltswert von

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

Diese Vorgaben werden selbst bei geringsten Abständen deutlich unterschritten.

Für die maßgebenden Geschossdecken an den exemplarisch betrachteten Immissionsorten (Holzbalken (HB) / Stahlbeton (Stb)) werden maximale Werte

25675276

$$V_{\max, \text{HB/Stb}} = 4,2 / 4,5 \text{ mm/s (IP139)}$$

$$V_{\max, \text{HB/Stb}} = 1,6 / 1,6 \text{ mm/s (IP130)}$$

ausgewiesen. Der Vergleich mit dem Anhaltswert

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

gemäß DIN 4150-3 für Dauererschütterungen auf Geschossdecken belegt, dass während der Rüttelstopfverdichtungen nicht mit Gebäudeschäden durch baubedingte Erschütterungen zu rechnen ist.

7.2.2.2 Verdichtungsmaßnahmen

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand der Verdichtungsarbeiten zu den Gebäuden sind für Holzbalkendecken in Anhang 3.8 und für Stahlbetondecken in Anhang 3.9 dargestellt.

Der Betrieb der Vibrationswalze stellt im Sinne der DIN 4150-3 eine stationäre Erschütterung dar. Für die nächstgelegenen Bebauungen IP139 und IP130 ergeben sich am Fundament maximalen Schwinggeschwindigkeiten von

$$V_{\max} = 0,9 \text{ mm/s (IP139)}$$

$$V_{\max} = 0,4 \text{ mm/s (IP130)}.$$

Die Anforderung wird somit selbst bei geringsten Abständen deutlich unterschritten. Für die maßgebenden Geschossdecken an den exemplarisch betrachteten Immissionsorten (Holzbalken (HB) / Stahlbeton (Stb)) werden maximale Werte

$$V_{\max, \text{HB/Stb}} = 1,7 / 3,8 \text{ mm/s (IP139)}$$

$$V_{\max, \text{HB/Stb}} = 0,9 / 1,9 \text{ mm/s (IP130)}$$

ausgewiesen. Schwinggeschwindigkeiten oberhalb des für Dauererschütterungen benannten Anforderungswertes

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

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

7.2.2.3 Rammarbeiten

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand der Rammarbeiten zu den Gebäuden sind für Holzbalkendecken in Anhang 4.8 und für Stahlbetondecken in Anhang 4.9 dargestellt.

Der Betrieb der Vibrationswalze stellt im Sinne der DIN 4150-3 ebenfalls eine stationäre Erschütterung dar. Für die nächstgelegenen Bebauungen IP139 und IP130 ergeben sich am Fundament maximalen Schwinggeschwindigkeiten von

$$v_{\max} = 0,7 \text{ mm/s (IP139)}$$

$$v_{\max} = 0,2 \text{ mm/s (IP130)}.$$

Die Anforderung wird somit selbst bei geringsten Abständen deutlich unterschritten.

Für die maßgebenden Geschossdecken an den exemplarisch betrachteten Immissionsorten (Holzbalken (HB) / Stahlbeton (Stb)) werden maximale Werte

$$v_{\max, \text{HB/Stb}} = 1,7 / 6,1 \text{ mm/s (IP139)}$$

$$v_{\max, \text{HB/Stb}} = 0,2 / 2,1 \text{ mm/s (IP130)}$$

ausgewiesen. Schwinggeschwindigkeiten oberhalb des für Dauererschütterungen benannten Anforderungswertes

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

werden demnach nicht erreicht. Bauschäden im Sinne der DIN 4150-3 infolge der Rammarbeiten können somit ausgeschlossen werden.

7.2.2.4 Bohrgründungen

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeiten vom Abstand der herabfallenden Massen zu den Gebäuden sind für Holzbalkendecken in Anhang 5.8 und für Stahlbetondecken in Anhang 5.9 dargestellt.

Für die nächstgelegenen Bebauungen ergeben sich am Fundament maximalen Schwinggeschwindigkeiten von

$$v_{\max} = 0,2 \text{ mm/s (IP139)}$$

$$v_{\max} = 0,1 \text{ mm/s (IP130)}.$$

Gemäß DIN 4150-3 /5/ liegt der Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude am Fundament ein Anhaltswert von

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

zu Grunde. Der Anhaltswert wird somit um mindestens Faktor 25 unterschritten.

Für die maßgebenden Geschossdecken an den nächstgelegenen Bebauungen (Holzbalken / Stahlbeton) werden maximale Werte

$$v_{\text{max, HB/Stb}} = 1,4 / 1,2 \text{ mm/s (IP139)}$$

$$v_{\text{max, HB/Stb}} = 0,6 / 0,5 \text{ mm/s (IP130)}$$

ausgewiesen. Der Vergleich mit dem Anhaltswert

$$v_{\text{Geschossdecke}} = 15 \text{ mm/s}$$

gemäß DIN 4150-3 für kurzzeitige Erschütterungen auf Geschossdecken belegt, dass während der Bohrgründungen nicht mit Gebäudeschäden durch baubedingte Erschütterungen zu rechnen ist.

8 Abschließende Bemerkungen

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) soll jede Baustelle so geplant oder eingerichtet und betrieben werden, dass Geräusche 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.

Die durchgeführte erschütterungstechnische Untersuchung belegt, dass erhebliche Belästigungen im Sinne der DIN 4150-2 bei den gegebenen Abstandsverhältnissen ausgeschlossen werden können, sofern die Einwirkdauer der erschütterungsintensiven Bauarbeiten entsprechend der Ausbreitungskurven beschränkt werden kann. Es ist zu empfehlen vor dem Beginn der schwingungsintensiven Bauarbeiten die Maßnahmen a) bis e) gemäß DIN 4150-2 zu ergreifen.

Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150-3 sind während der geplanten Abbruch- und Neubau-maßnahmen nicht zu erwarten.

AUFGESTELLT:



Dipl.-Phys. Andreas Malizki

GEPRÜFT:



André Kaminski B. Eng.

ANHANG

T₂-Funktion

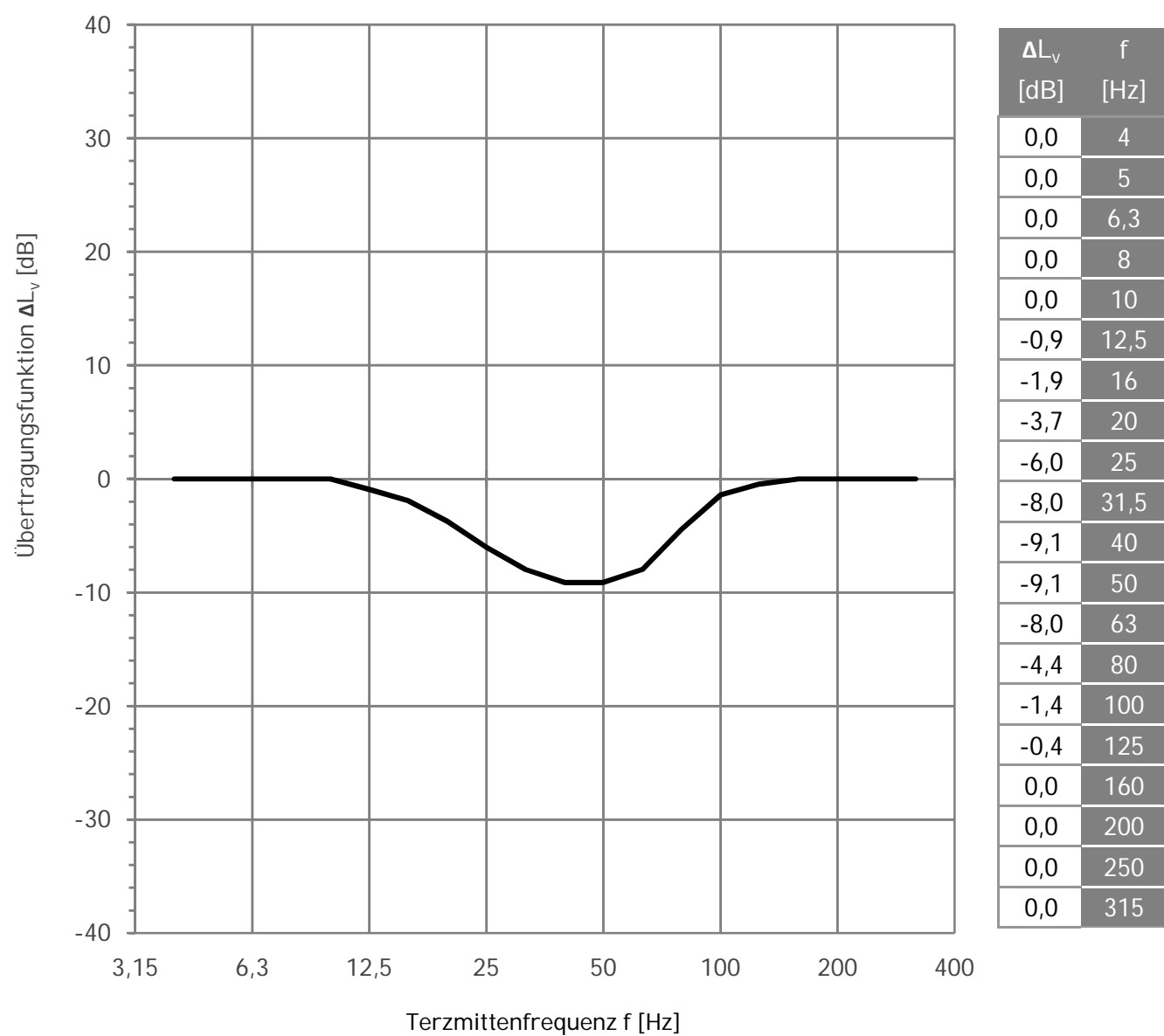
Übertragung Erdreich - Fundament

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\VC-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Bohrpfahl.xlsx\T2

25675276

Quelle: 18. Symposium - Bauwerksdynamik und Erschütterungsmessungen
ZIEGLER CONSULTANTS
an der Empa Dübendorf, 29. Mai 2015
Bild 4.1 Ankopplungsspektren für verschiedene Gebäudetypen
Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament

Gebäudetyp: Einfamilienwohnhäuser
Schwingrichtung: vertikal (z)



T₃-Funktion

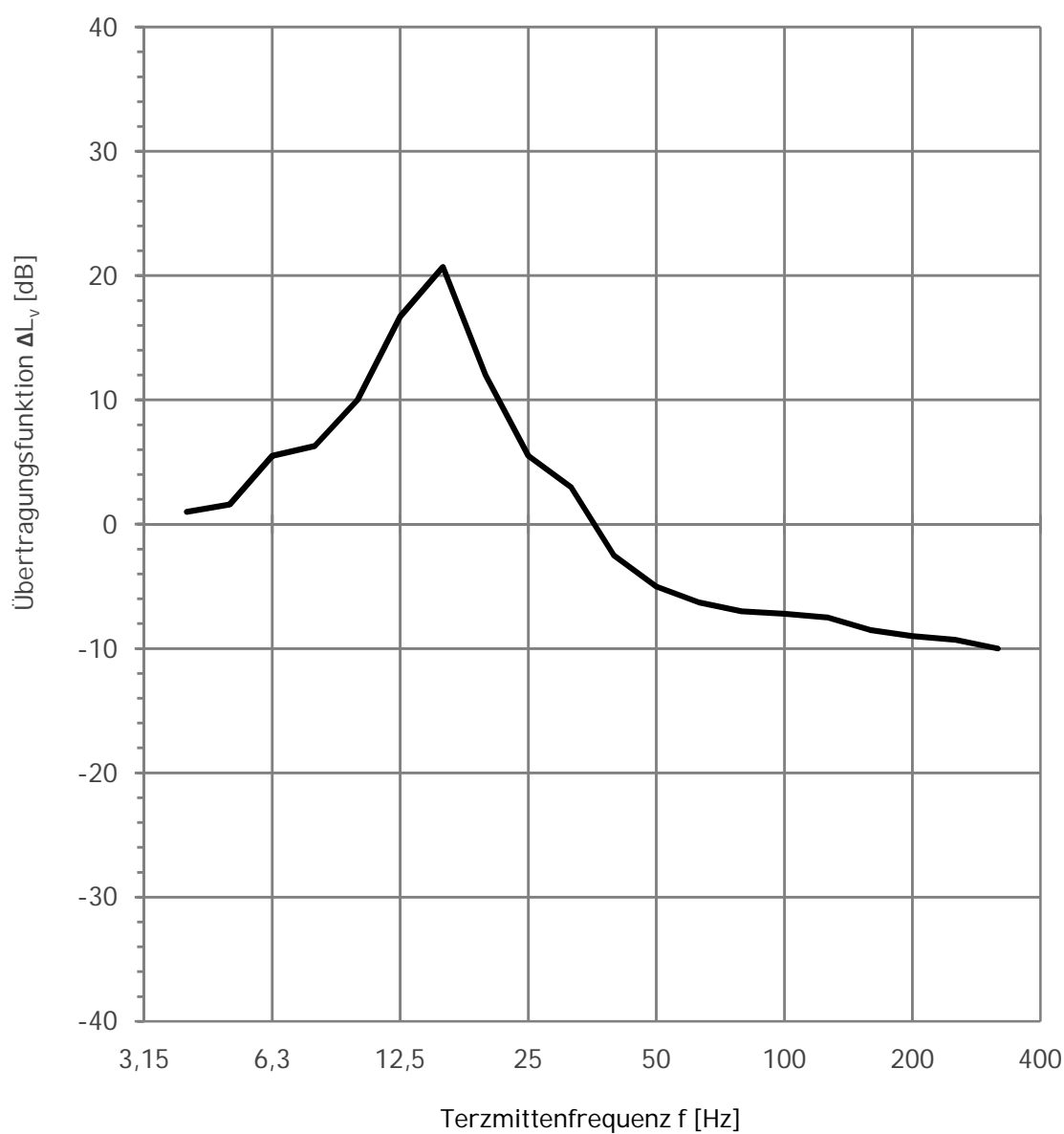
Übertragung Fundament - Geschossdecke

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\VC-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Bohrpfahl.xlsx\T3-Holz

25675276

Deckenart: Holzbalkendecke
 Schwingrichtung: z
 Quelle: DB Leitfaden für den Planer
 Körperschall- und Erschütterungsschutz

Deckeneigenfrequenz: $f = 16 \text{ Hz}$



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

25.06.2018

T₃-Funktion

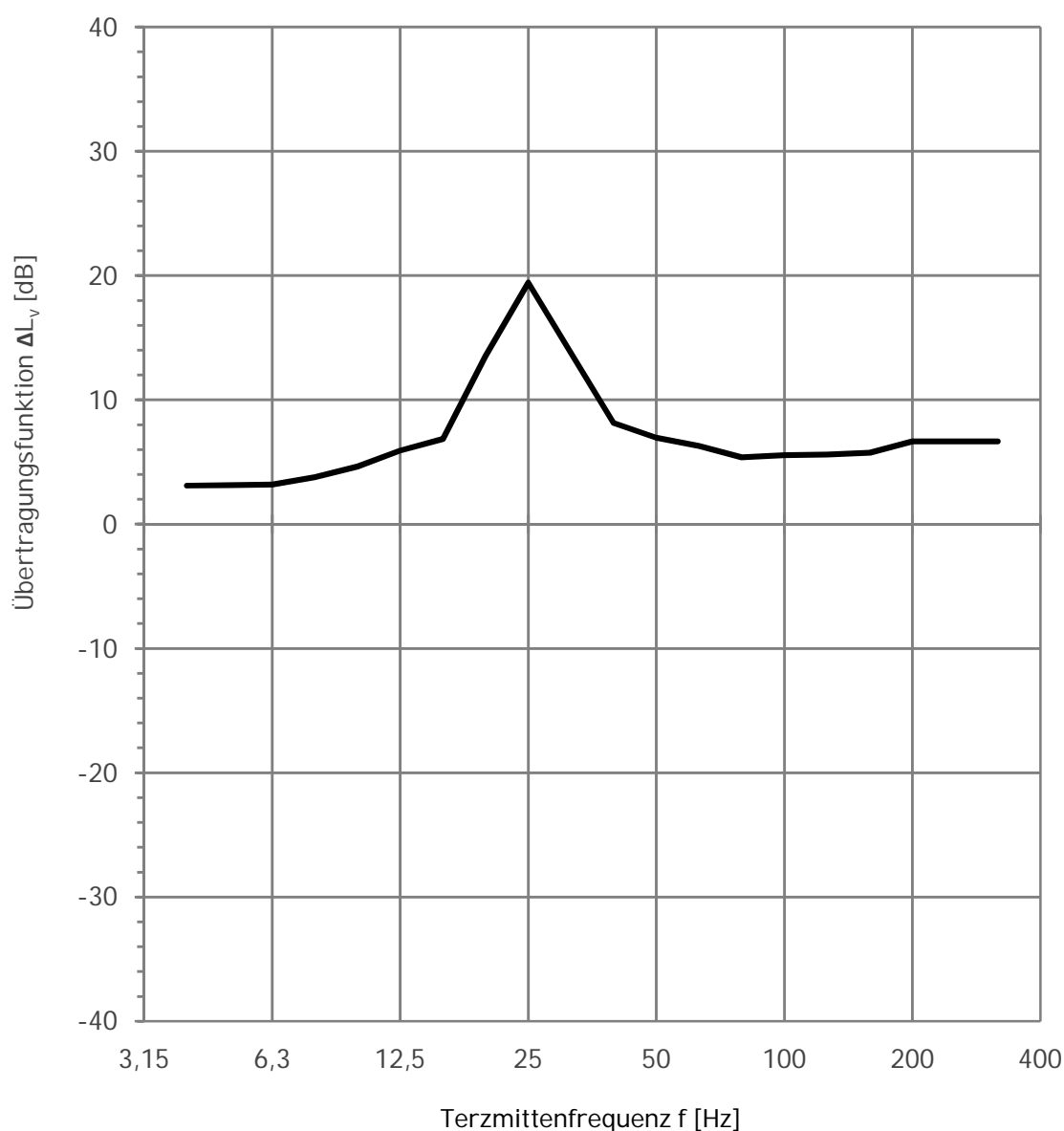
Übertragung Fundament - Geschossdecke

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\VC-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Bohrpfahl.xlsx\T3-Beton

25675276

Deckenart: Stahlbetondecke
 Schwingrichtung: z
 Quelle: DB Leitfaden für den Planer
 Körperschall- und Erschütterungsschutz

Deckeneigenfrequenz: $f = 25 \text{ Hz}$



ΔL_v [dB]	f [Hz]
3,1	4
3,2	5
3,2	6,3
3,8	8
4,6	10
5,9	12,5
6,9	16
13,5	20
19,4	25
13,8	31,5
8,2	40
7,0	50
6,3	63
5,4	80
5,6	100
5,6	125
5,7	160
6,7	200
6,7	250
6,7	315

25.06.2018

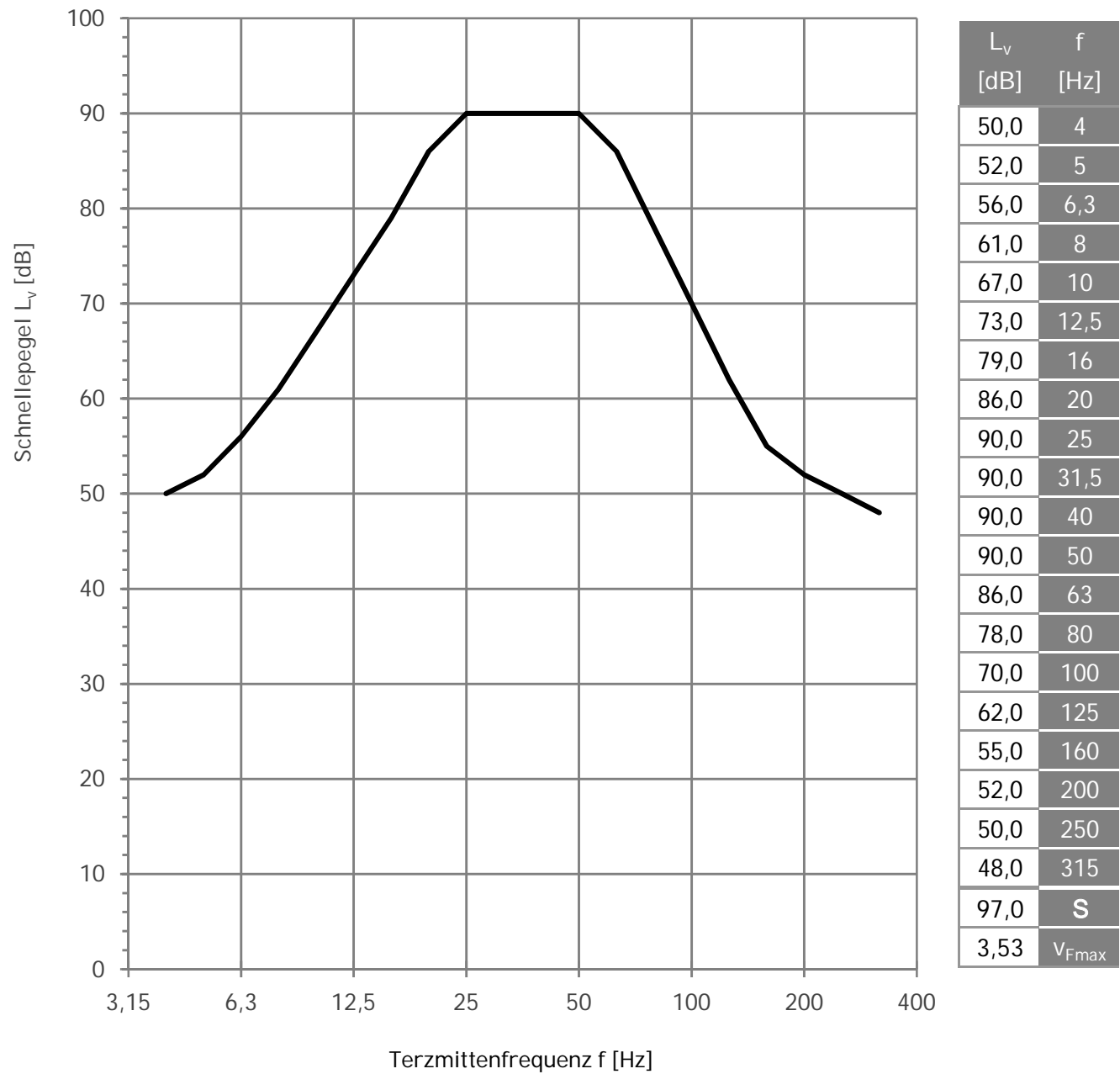
Emissionsspektrum

Rüttelstopfverdichtung

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\VC-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[Stopfen.xlsx]Emission

25675276

Messpunkt (Abstand): 20 m
Arbeitsfrequenz: - Hz
Schwingrichtung: z
Quellentyp: Punktquelle (PQ)
harmonisch/stationär (HS)
Wellenart: Raumwelle



25.06.2018

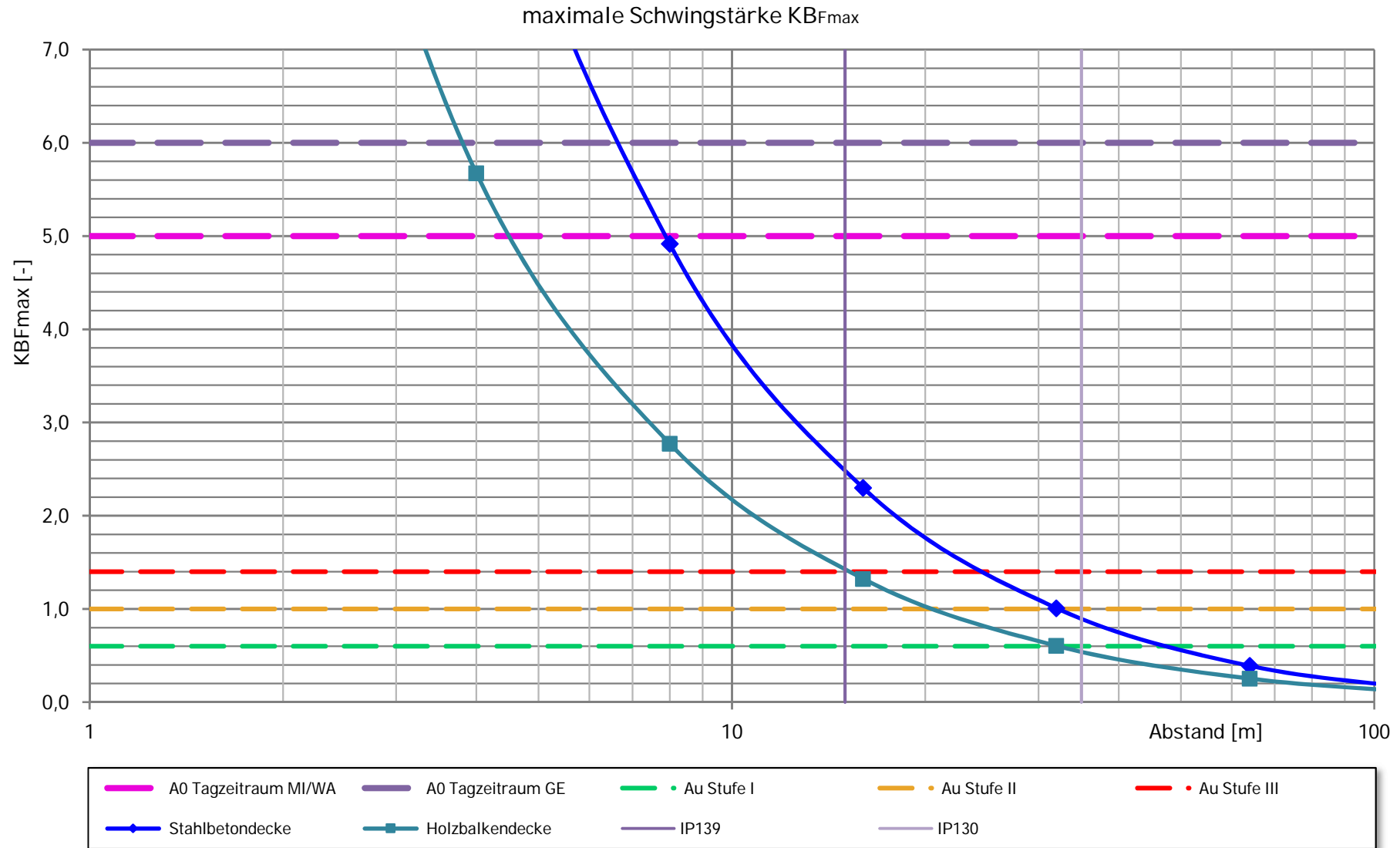
KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

Rüttelstopfverdichtung

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[Stopfen.xlsx]KB_{Fmax}T

25675276



25.06.2018

KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten

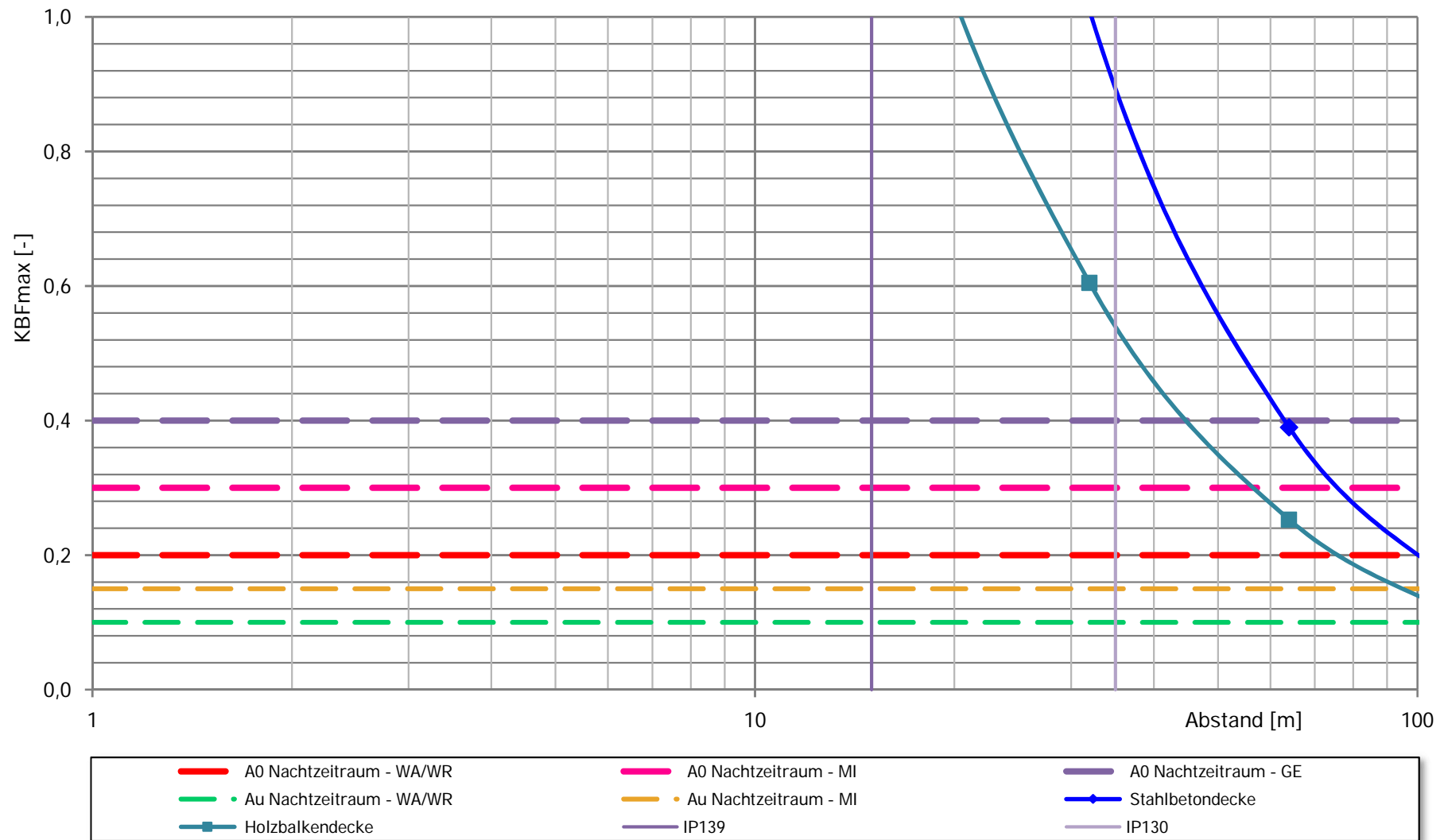
Nachtzeitraum

Rüttelstopfverdichtung

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Stopfen.xlsx\KB_{Fmax}N

25675276

maximale Schwingstärke KB_{Fmax}



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

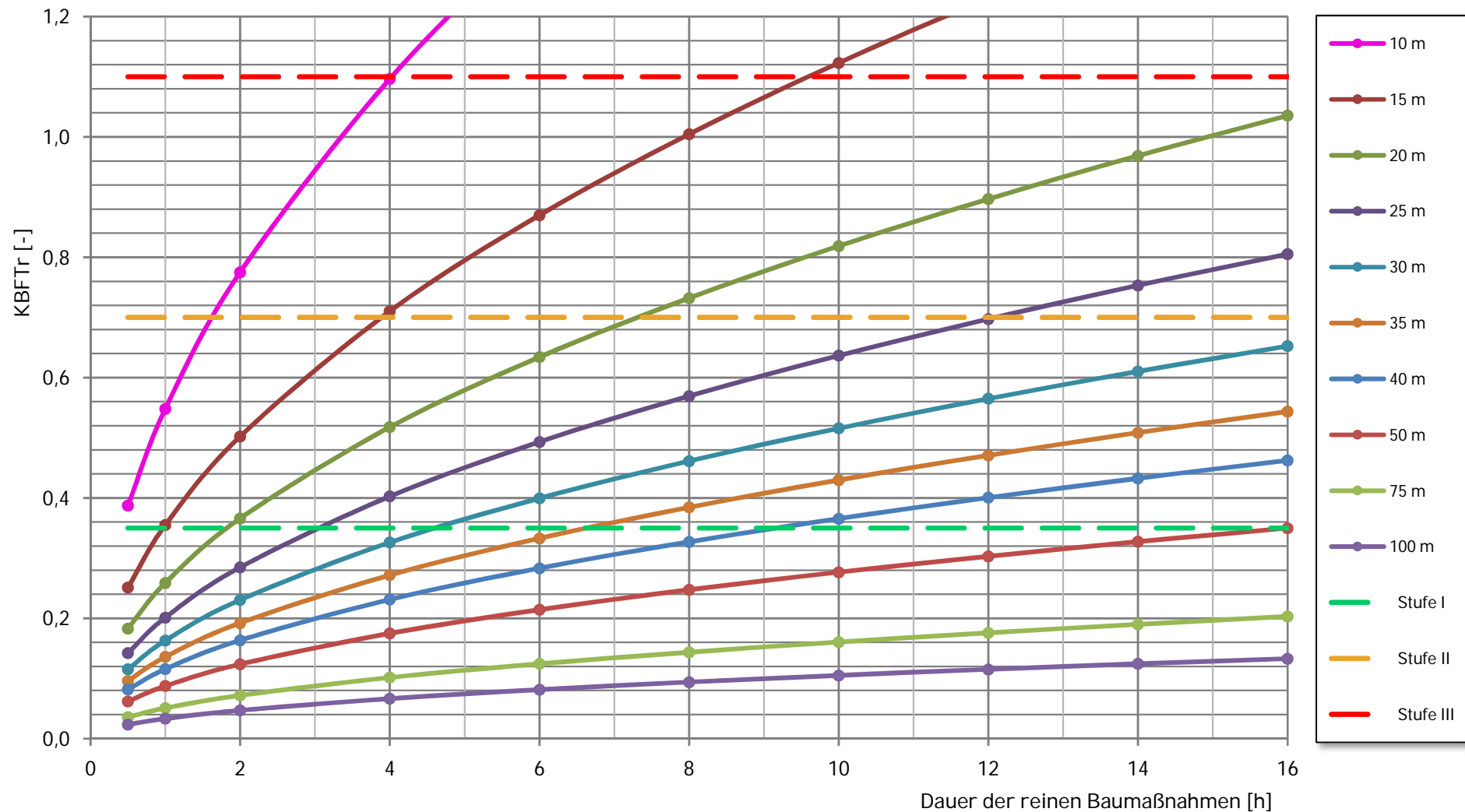
Holzbalkendecken

Rüttelstopfverdichtung

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Stopfen.xlsx\KBFT_r_Holz_T

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

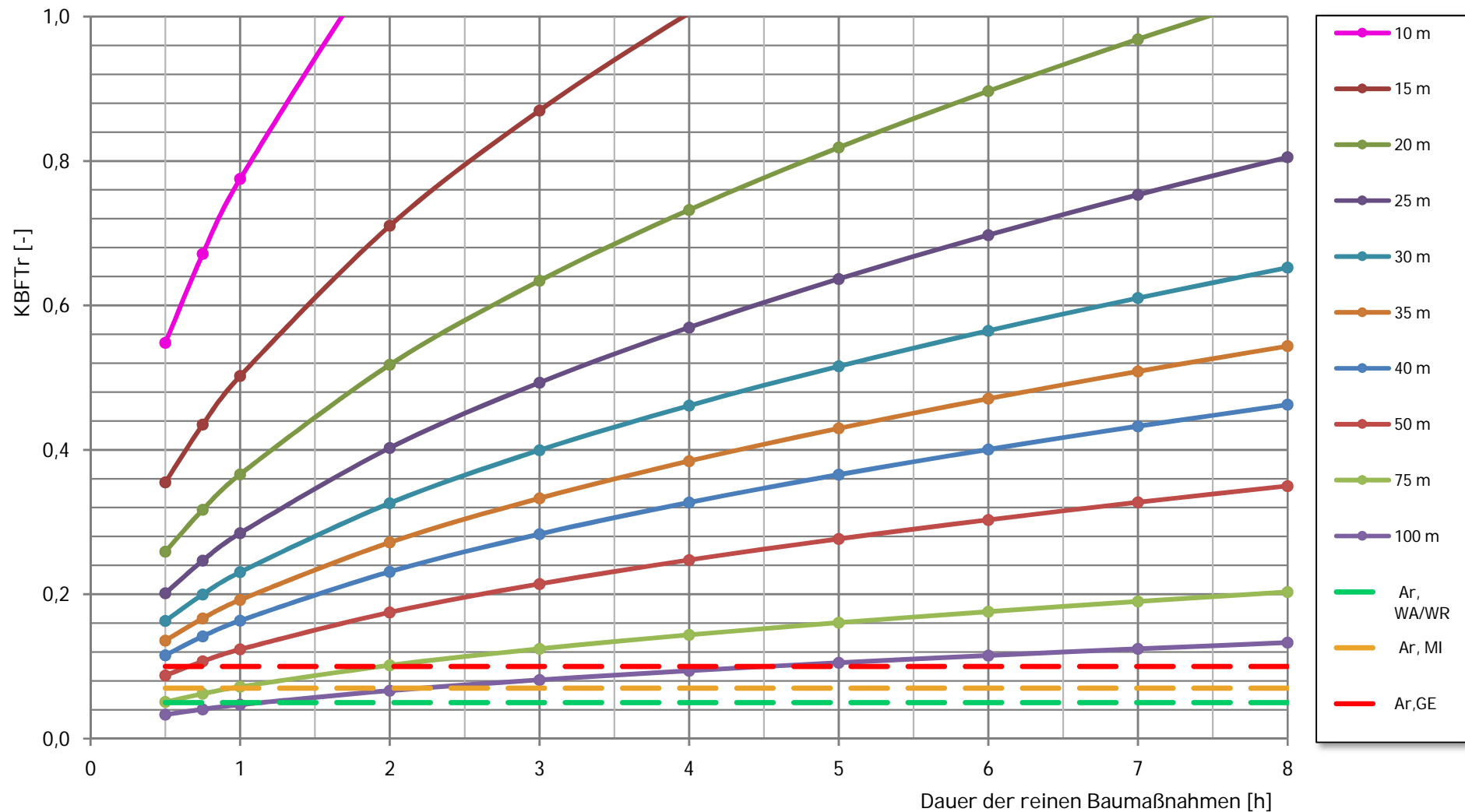
Holzbalkendecken

Rüttelstopfverdichtung

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Stopfen.xlsx\KBFT_r_Holz_N

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

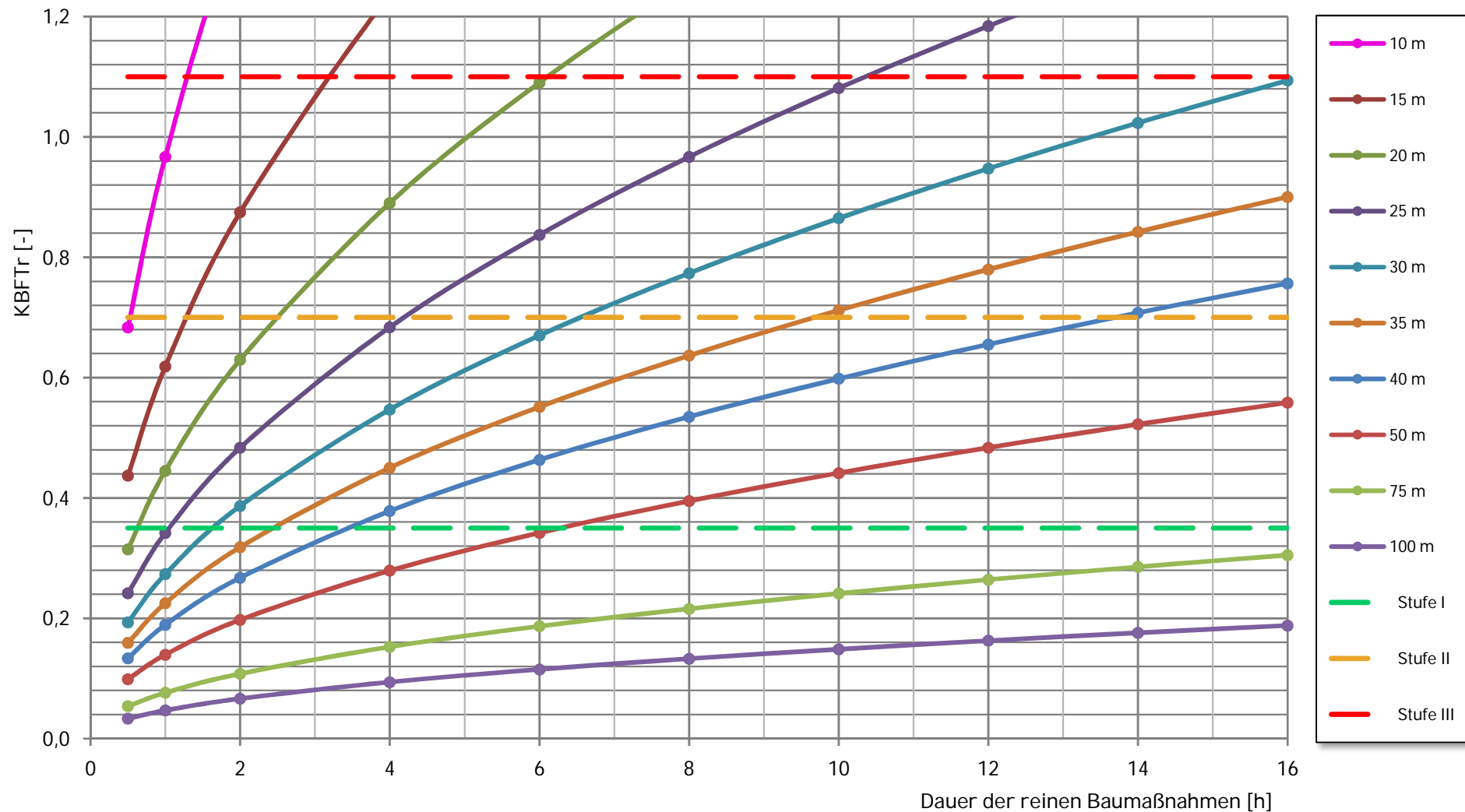
Stahlbetondecken

Rüttelstopfverdichtung

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Stopfen.xlsx\KB_{FTr}_Beton_T

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

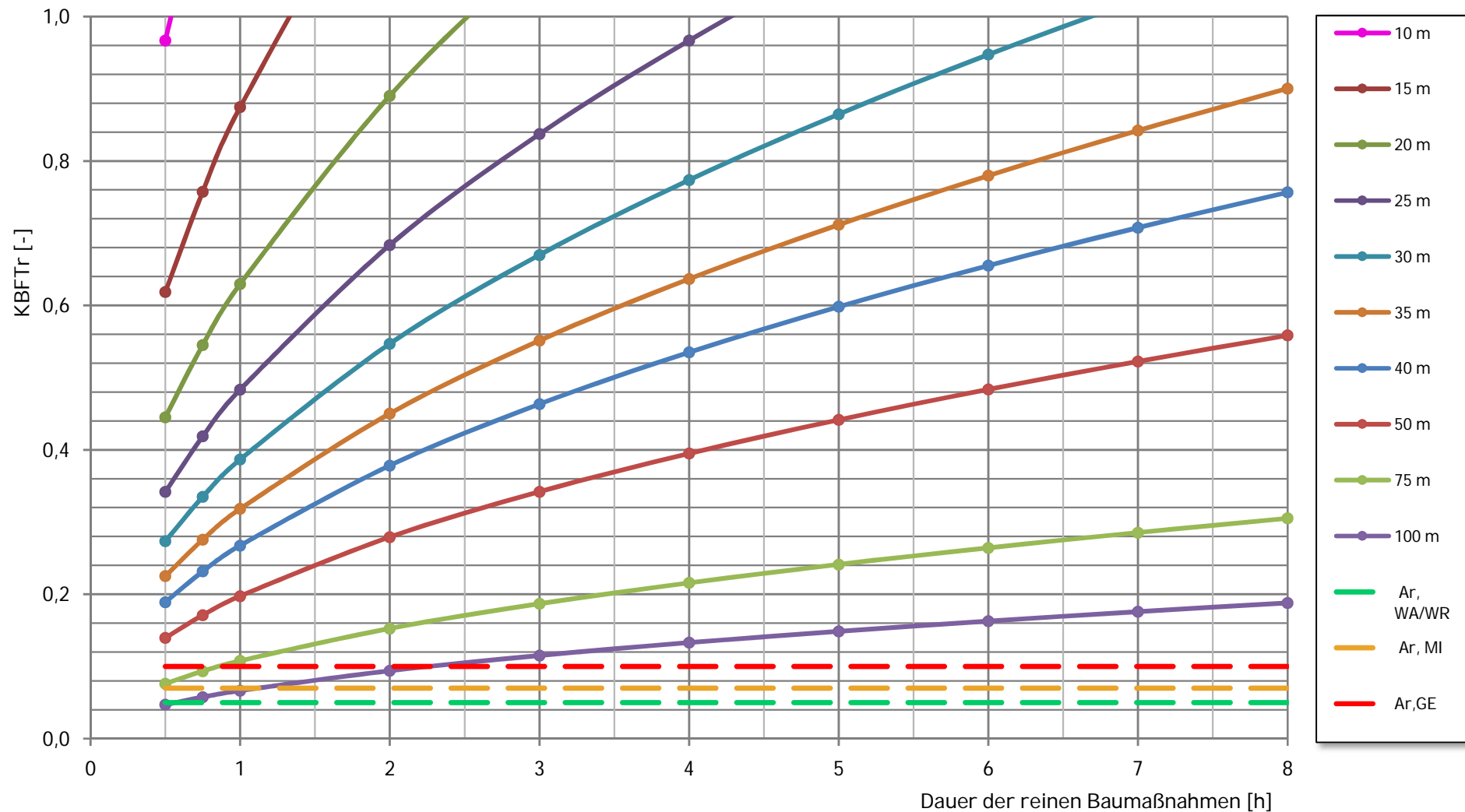
Stahlbetondecken

Rüttelstopfverdichtung

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Stopfen.xlsx\KBFT_r_Beton_N

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



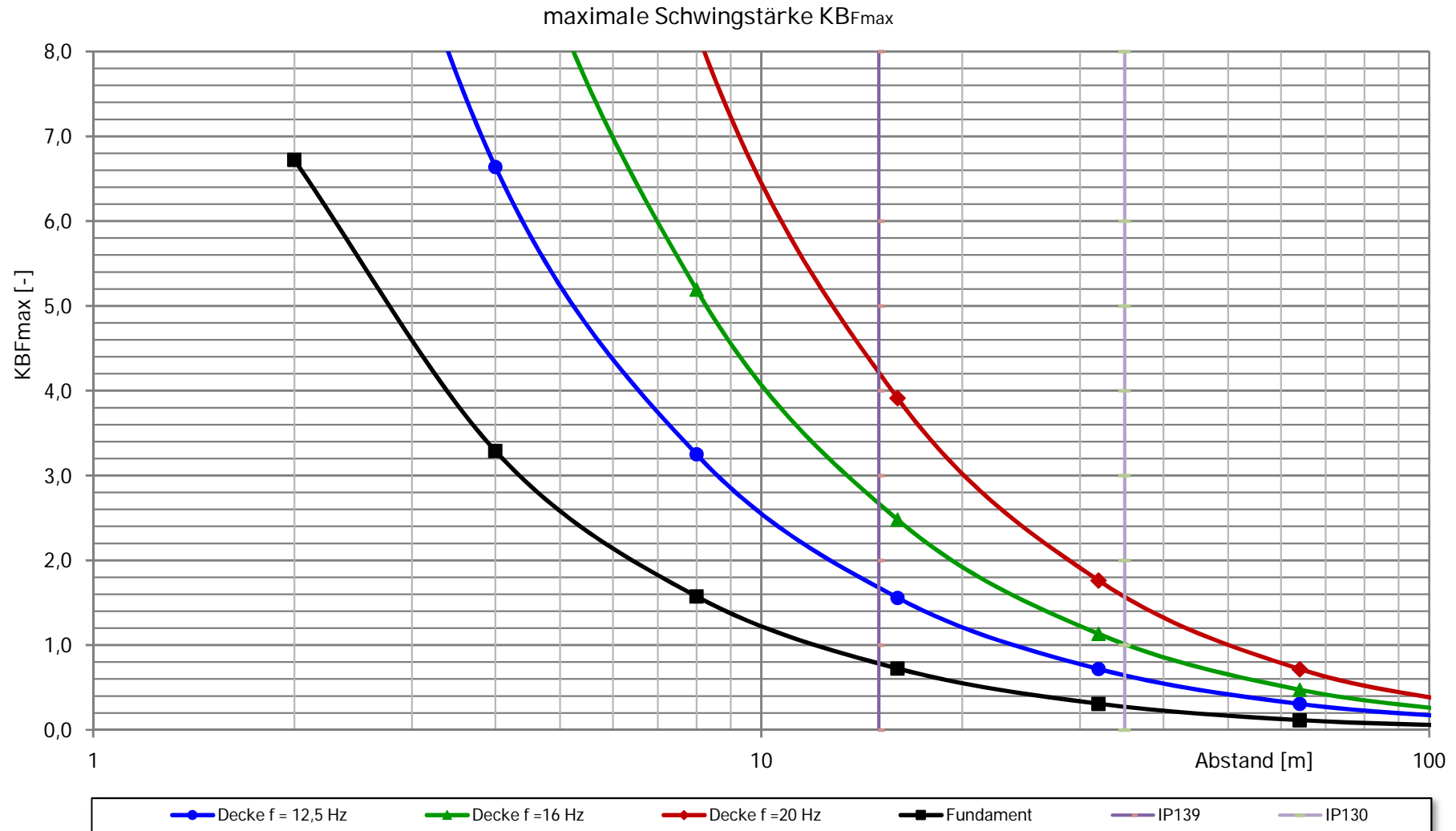
25.06.2018

Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken

Rüttelstopfverdichtung

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Stopfen.xlsx\Vmax_Holz

25675276



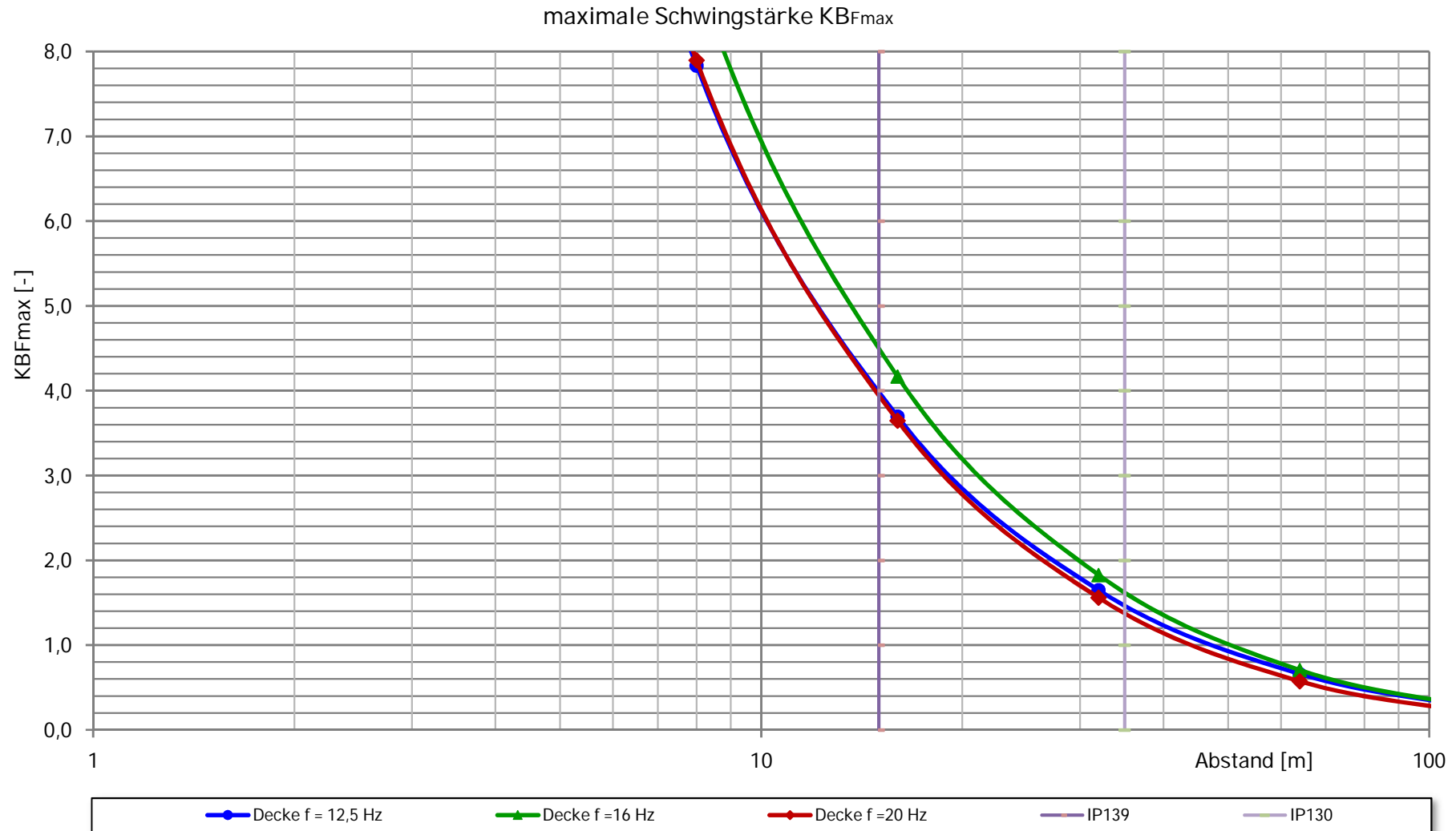
25.06.2018

Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken

Rüttelstopfverdichtung

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Stopfen.xlsx\Vmax_Stb

25675276



25.06.2018

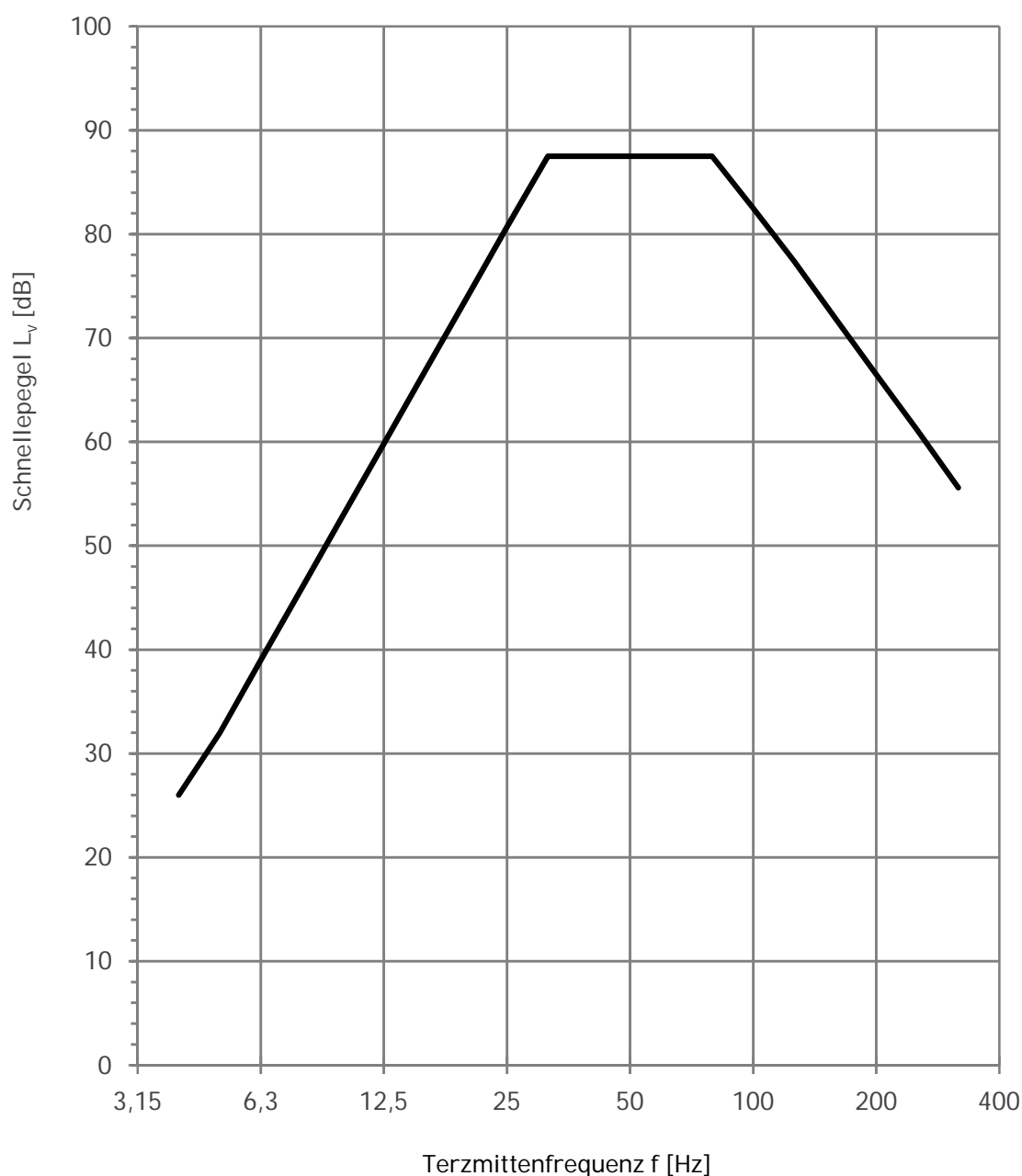
Emissionsspektrum

Vibrationswalze

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\VC-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[Vibrationswalze.xlsx]Emission

25675276

Messpunkt (Abstand): 8 m
 Arbeitsfrequenz: 40-60 Hz
 Schwingrichtung: z
 Quelletyp: Punktquelle (PQ)
 harmonisch/stationär (HS)
 Wellenart: Oberflächenwelle (O)



L_v [dB]	f [Hz]
26,0	4
32,0	5
39,0	6,3
45,9	8
52,9	10
59,8	12,5
66,8	16
73,7	20
80,7	25
87,5	31,5
87,5	40
87,5	50
87,5	63
87,5	80
82,5	100
77,4	125
71,9	160
66,5	200
61,1	250
55,6	315
95,1	S
2,83	v_{Fmax}

25.06.2018

KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten

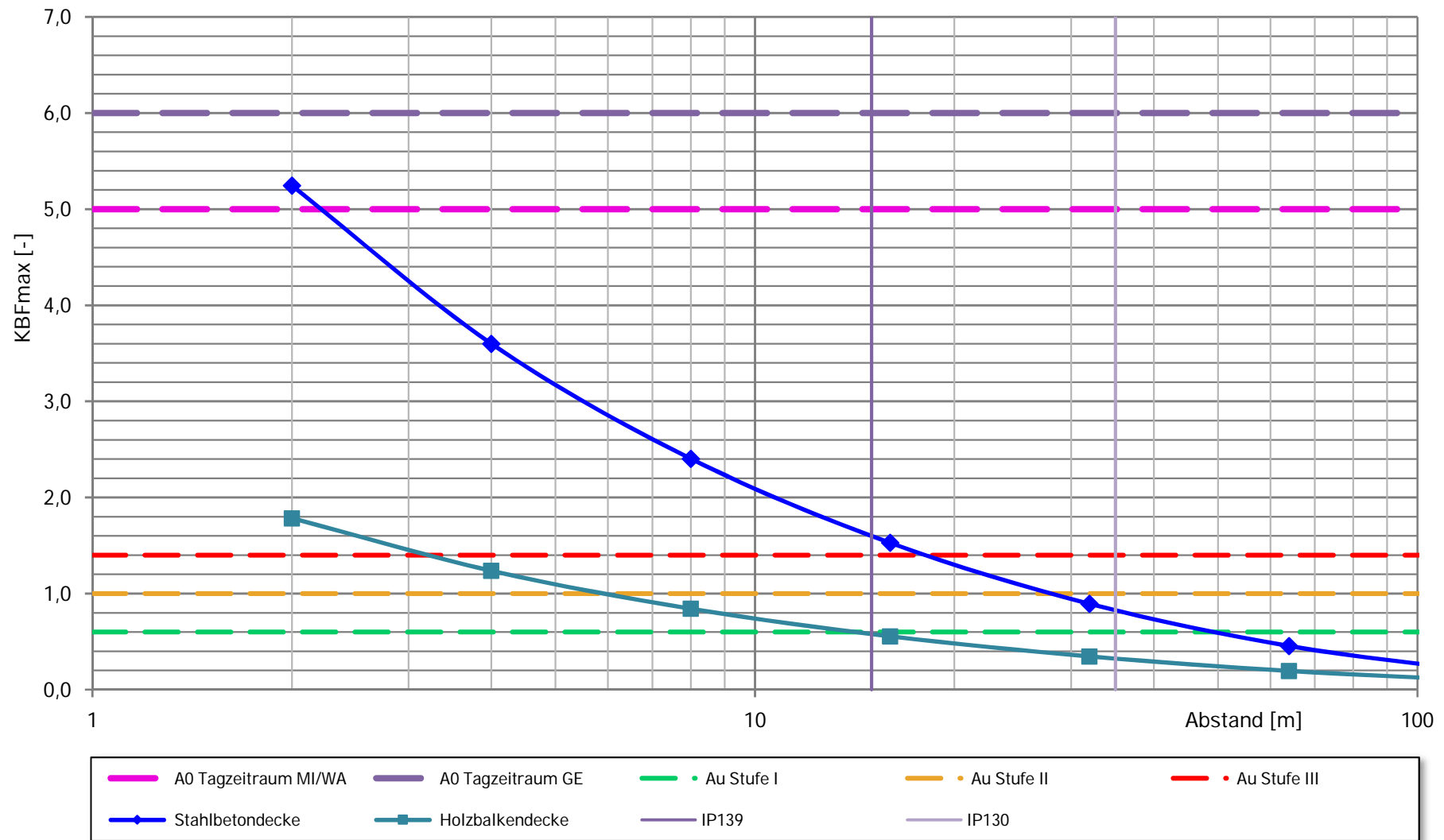
Tagzeitraum

Vibrationswalze

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Vibrationswalze.xlsx\KB_{Fmax}T

25675276

maximale Schwingstärke KB_{Fmax}



25.06.2018

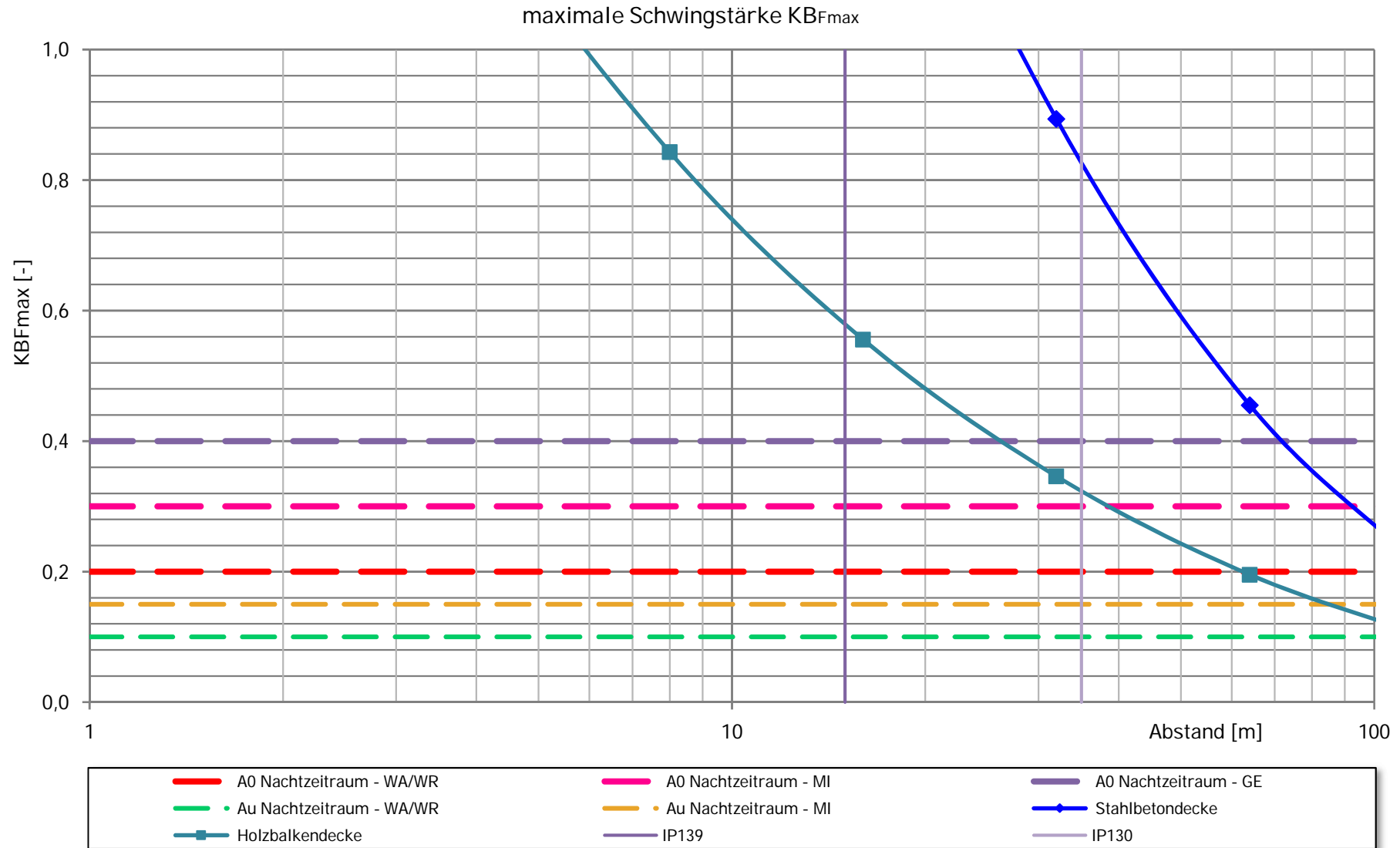
KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

Vibrationswalze

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Vibrationswalze.xlsx\KBFmaxN

25675276



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

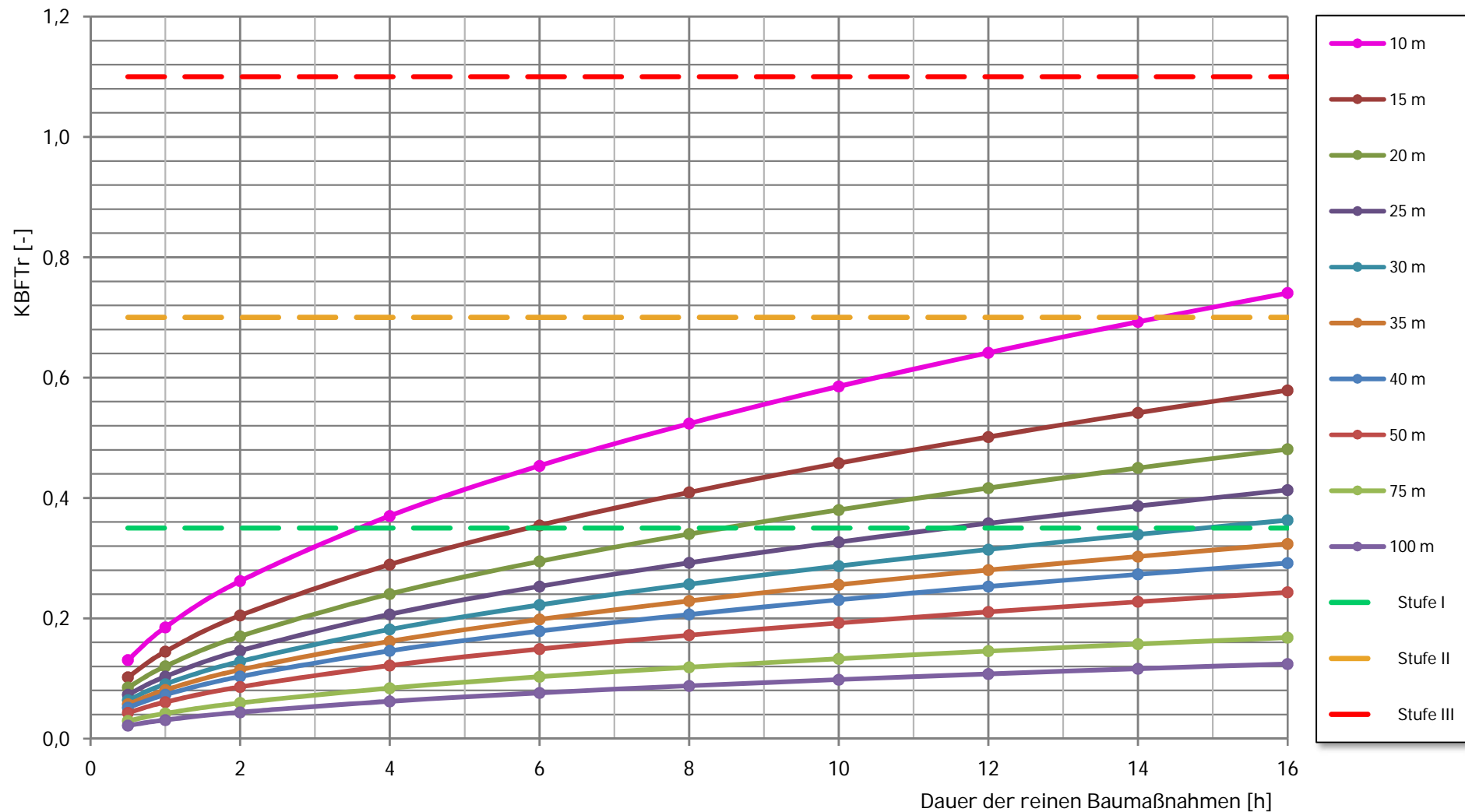
Holzbalkendecken

Vibrationswalze

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Vibrationswalze.xlsx\KB_{FTr}_Holz_T

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

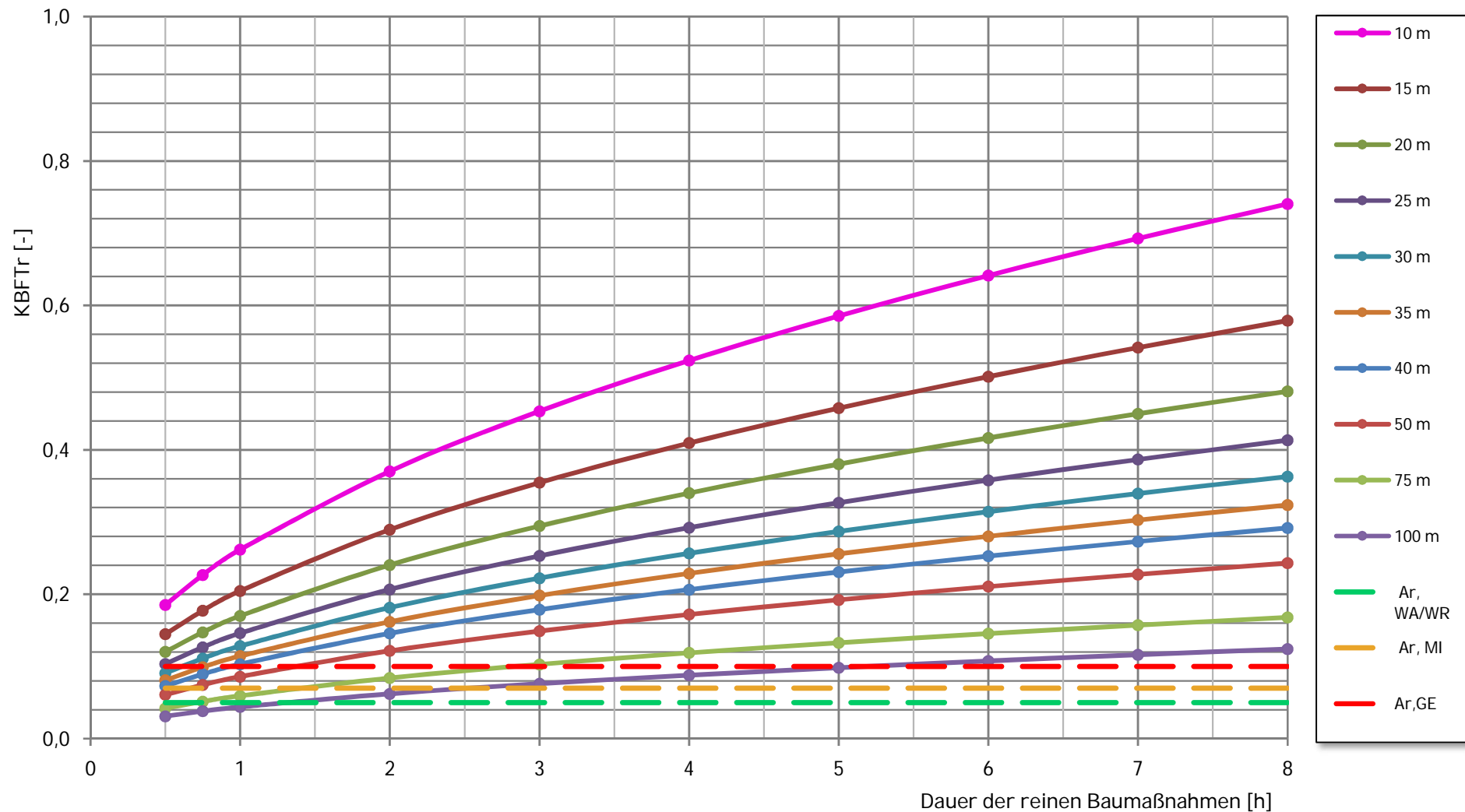
Holzbalkendecken

Vibrationswalze

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Vibrationswalze.xlsx\KB_{FTr}_Holz_N

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

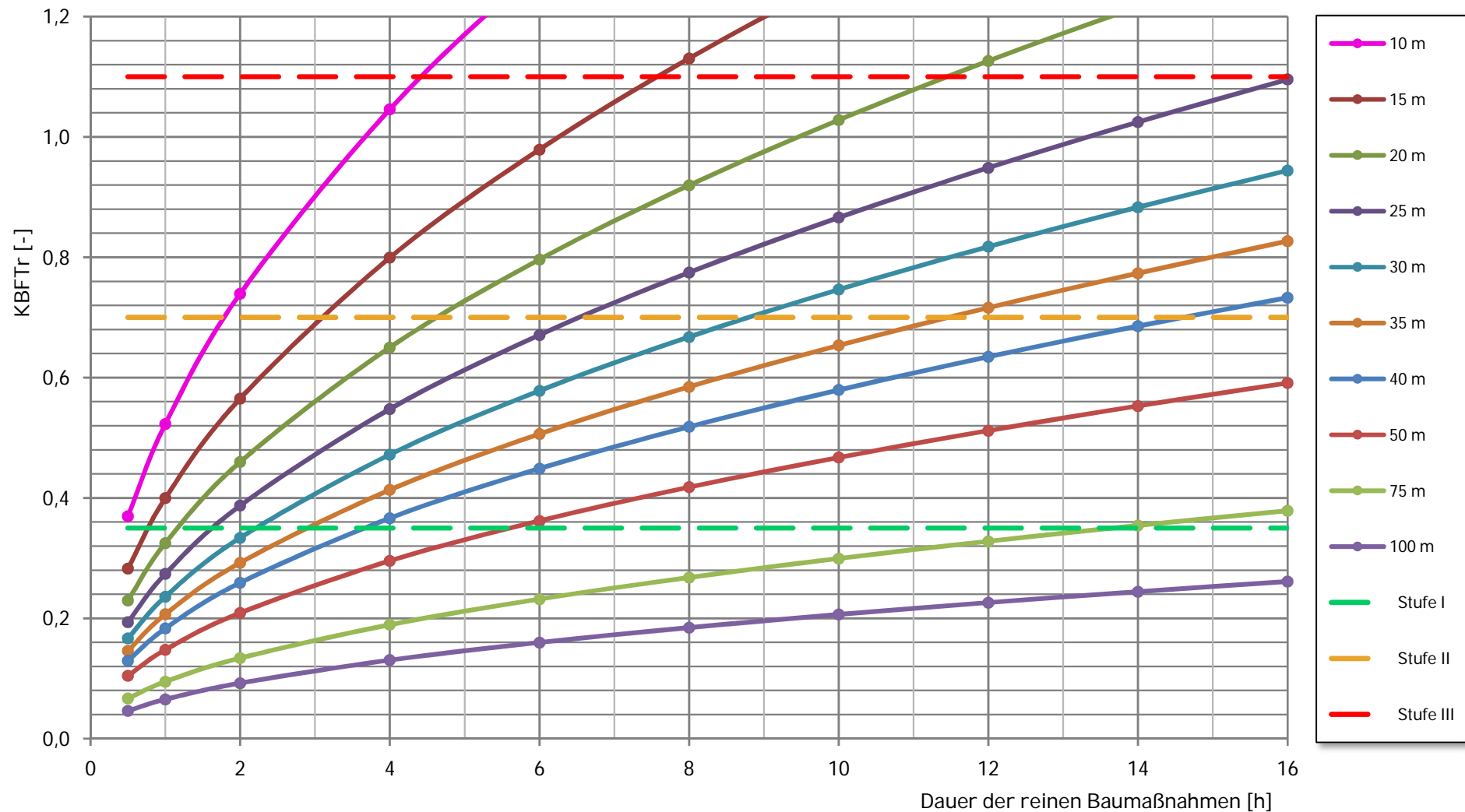
Stahlbetondecken

Vibrationswalze

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Vibrationswalze.xlsx\KB_{FTr}_Beton_T

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

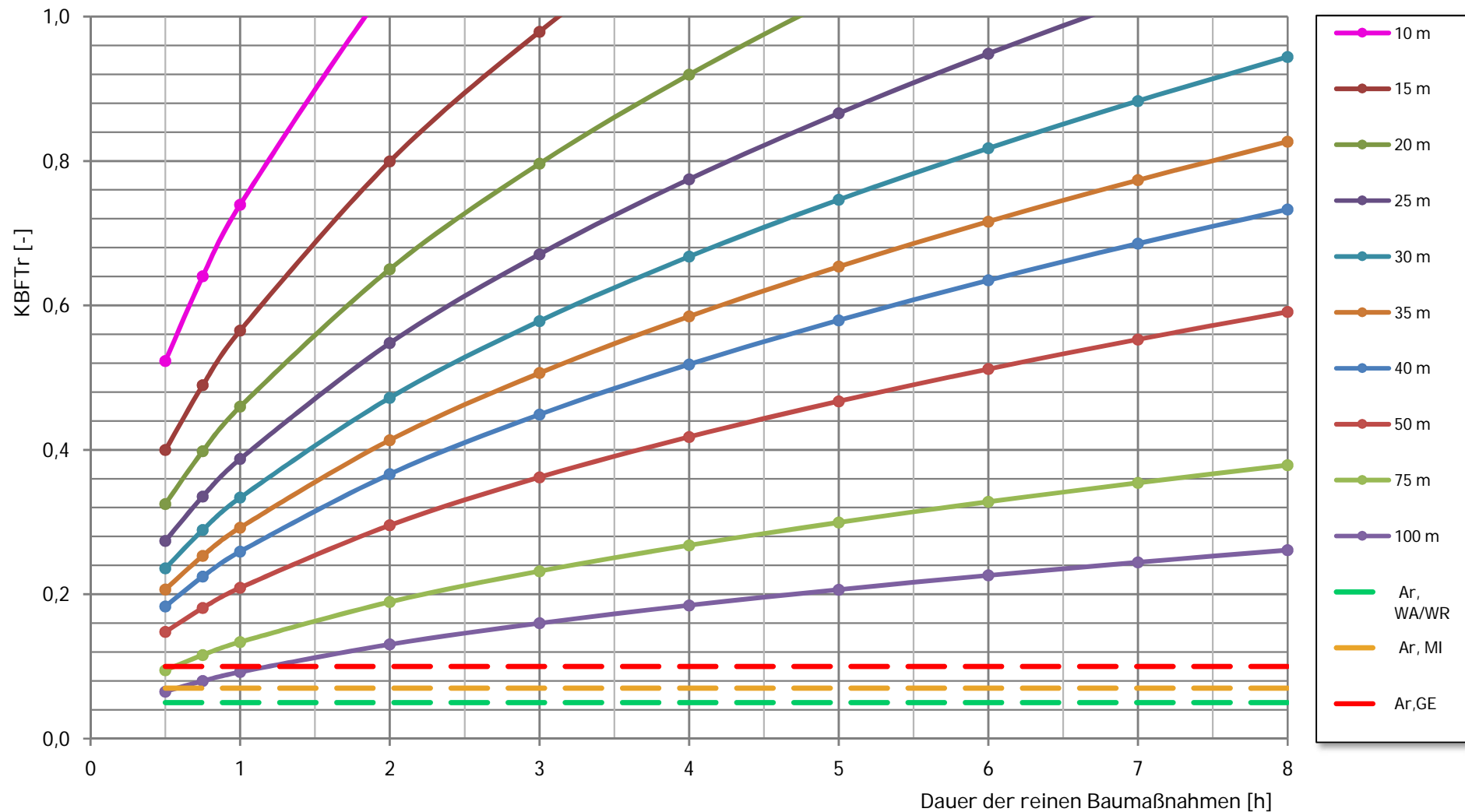
Stahlbetondecken

Vibrationswalze

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Vibrationswalze.xlsx\KB_{FTr}_Beton_N

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

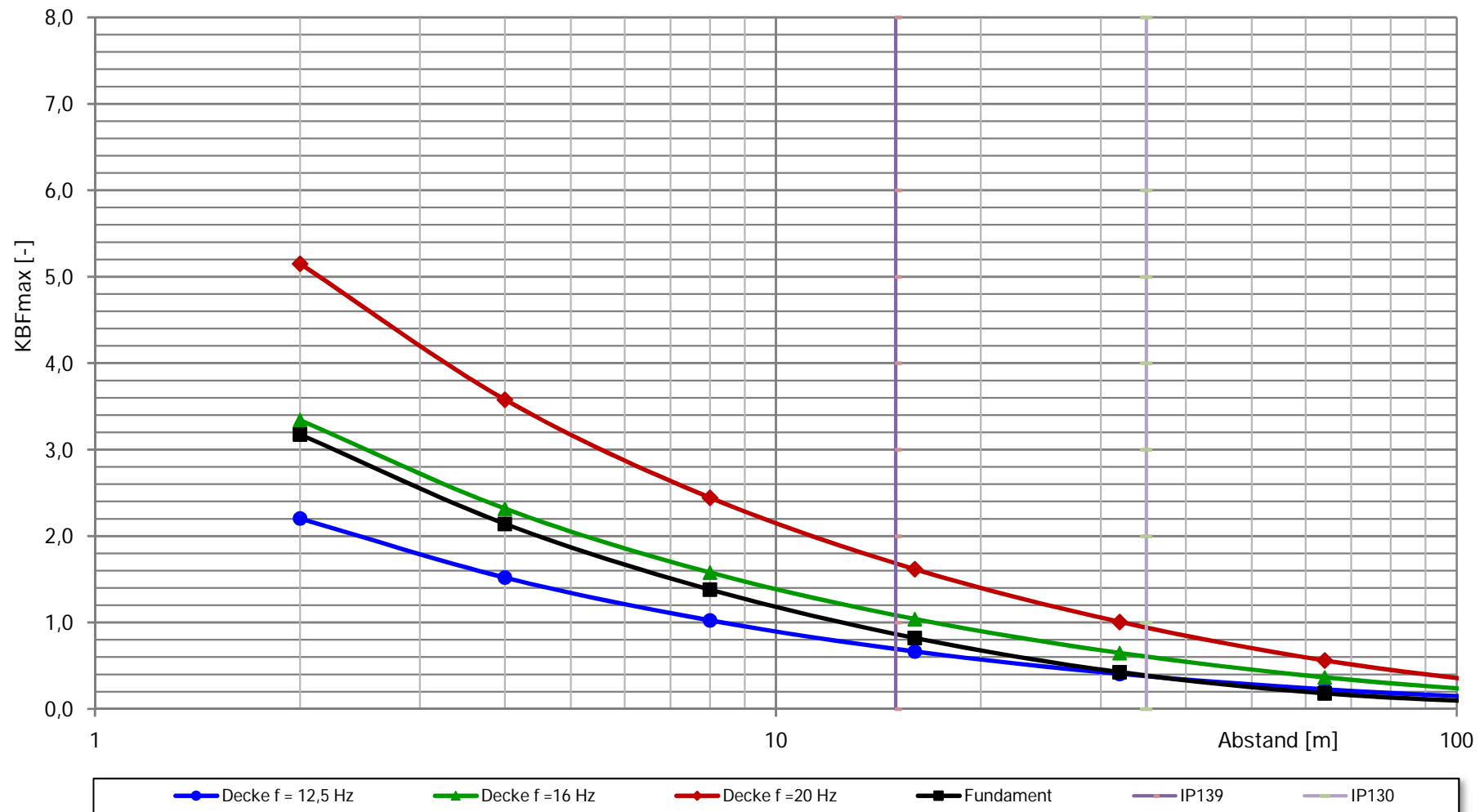
Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken

Vibrationswalze

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Vibrationswalze.xlsx\Vmax_Holz

25675276

maximale Schwingstärke KB_{Fmax}



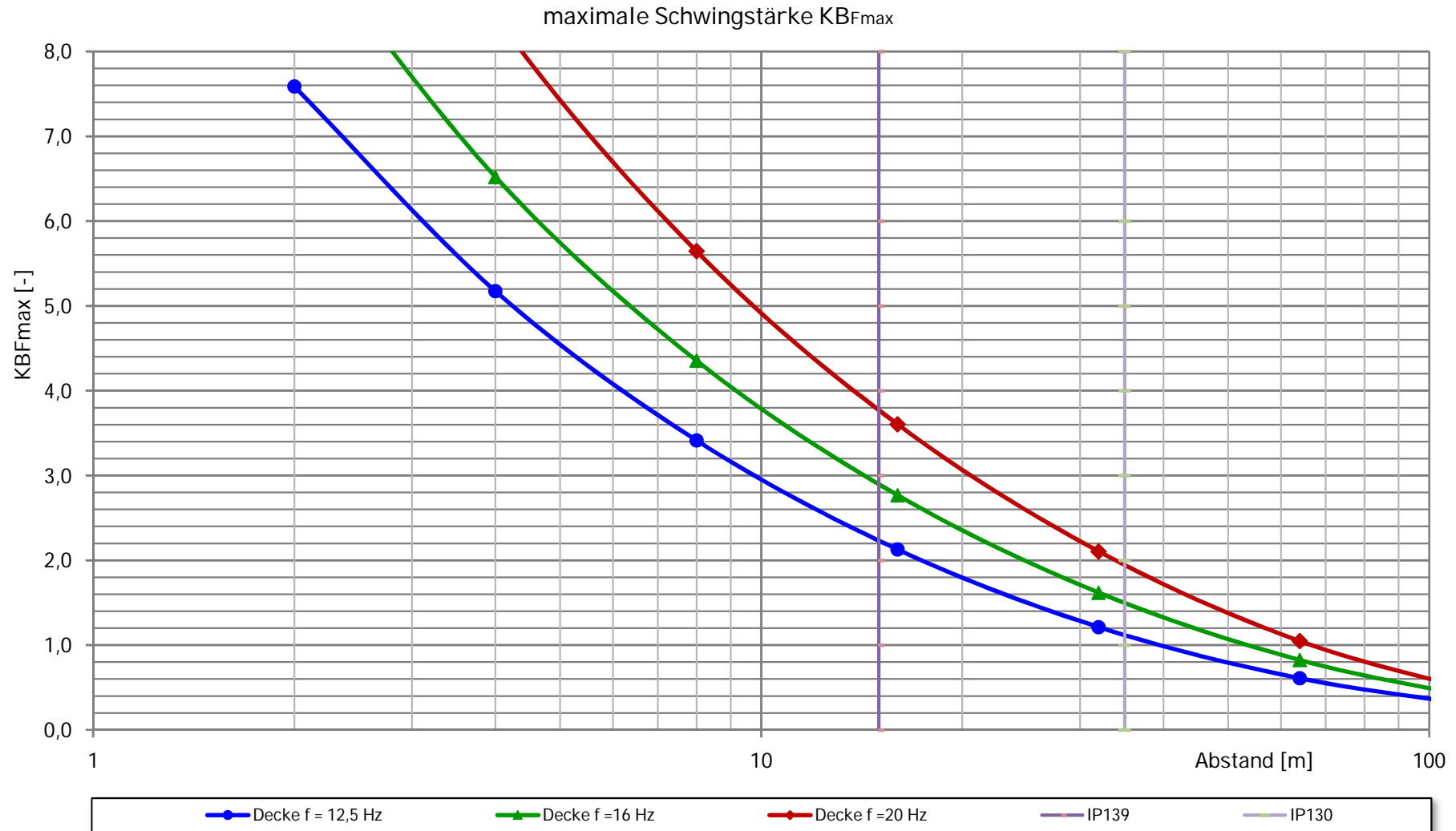
25.06.2018

Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken

Vibrationswalze

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Vibrationswalze.xlsx\Vmax_Stb

25675276



25.06.2018

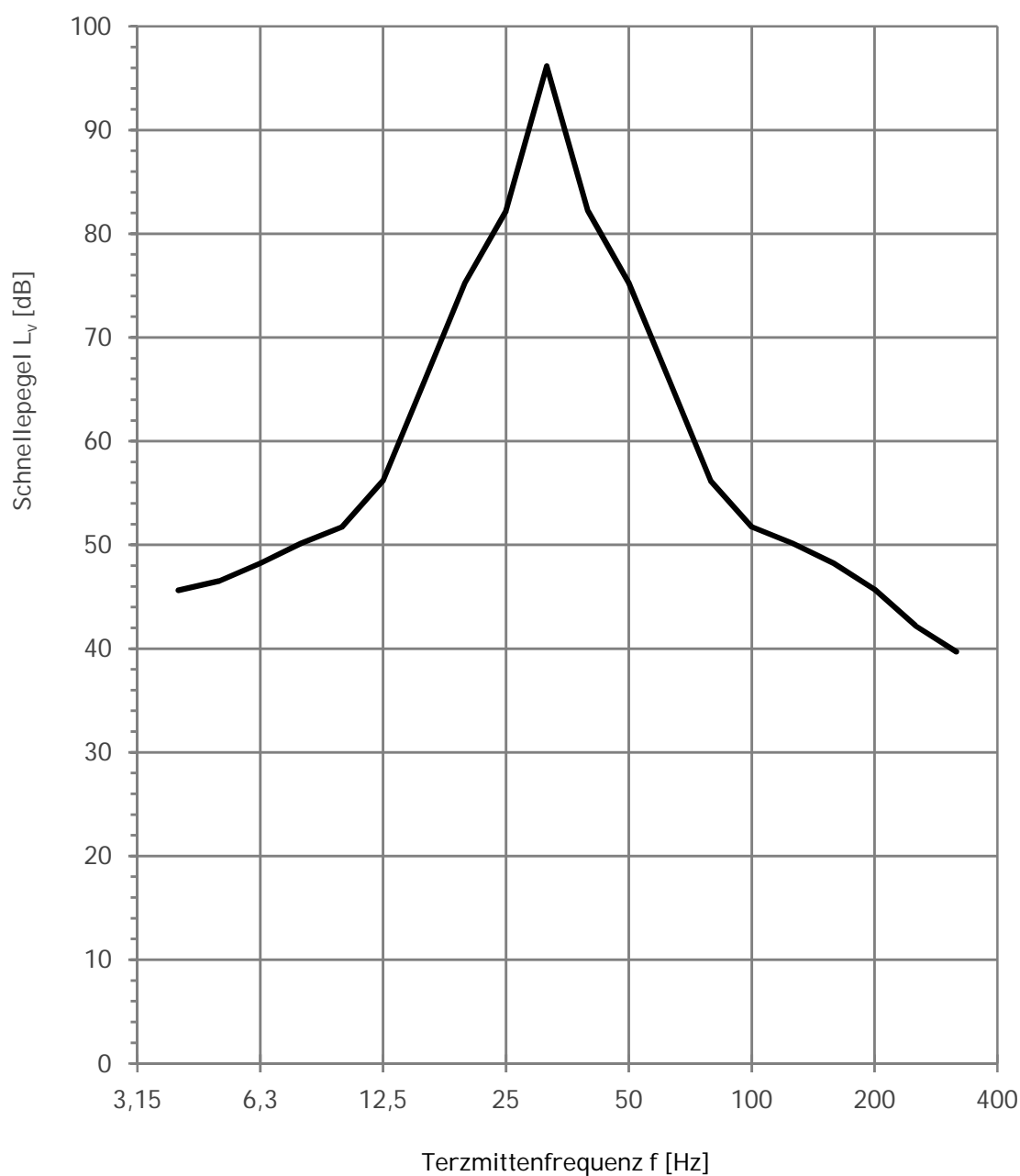
Emissionsspektrum

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\VC-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[V-Ramme.xlsx]Emission

25675276

Messpunkt (Abstand): 9 m
 Arbeitsfrequenz: 31,5 Hz
 Schwingrichtung: z
 Quelletyp: Punktquelle (PQ)
 harmonisch/stationär (HS)
 Wellenart: Raumwelle



L_v [dB]	f [Hz]
45,6	4
46,5	5
48,2	6,3
50,2	8
51,7	10
56,2	12,5
65,7	16
75,3	20
82,2	25
96,2	31,5
82,2	40
75,3	50
65,7	63
56,2	80
51,7	100
50,2	125
48,2	160
45,7	200
42,2	250
39,7	315
96,6	S
3,37	v_{Fmax}

25.06.2018

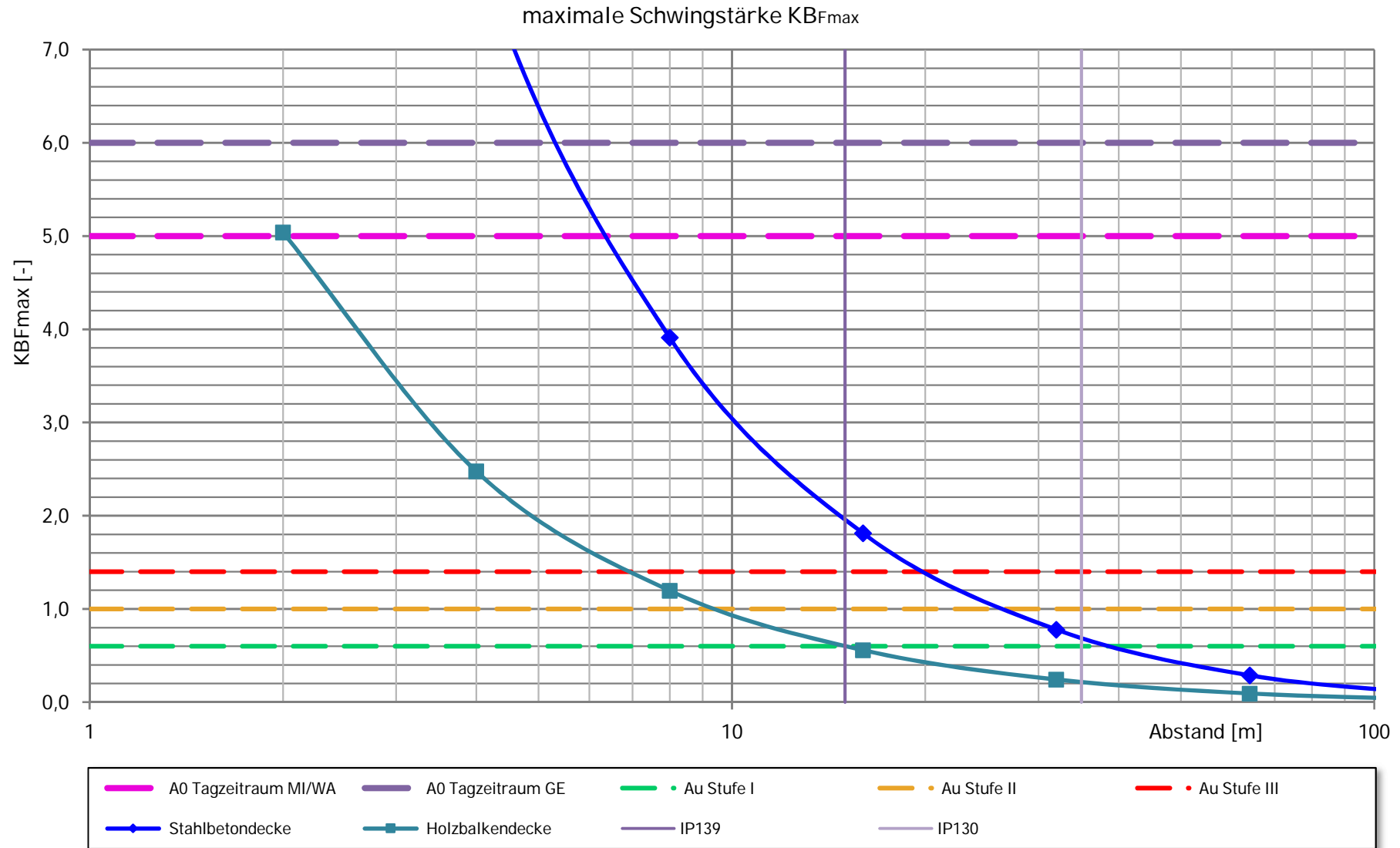
KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[V-Ramme.xlsx]KB_{Fmax}T

25675276



25.06.2018

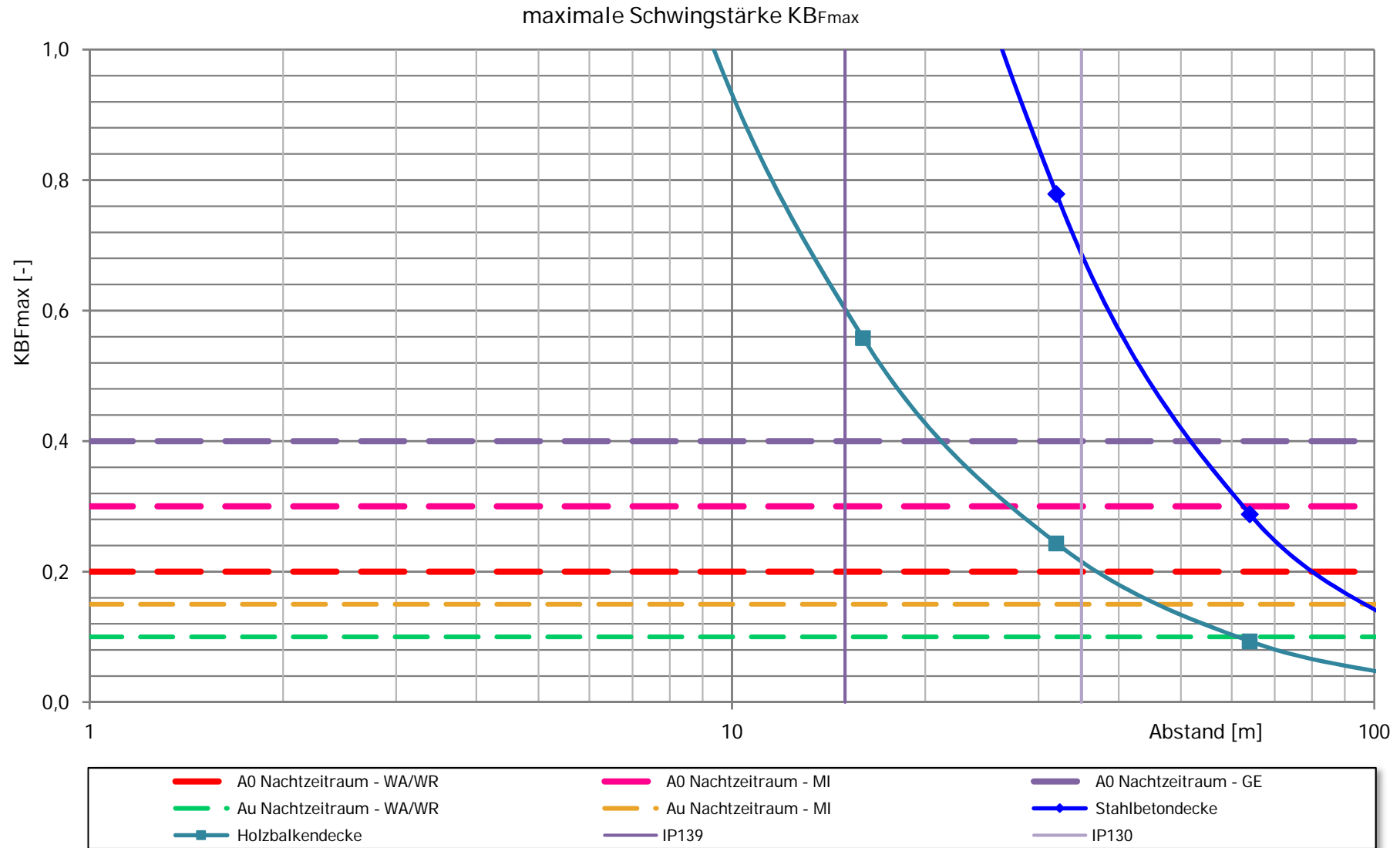
KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[V-Ramme.xlsx]KB_{Fmax}N

25675276



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

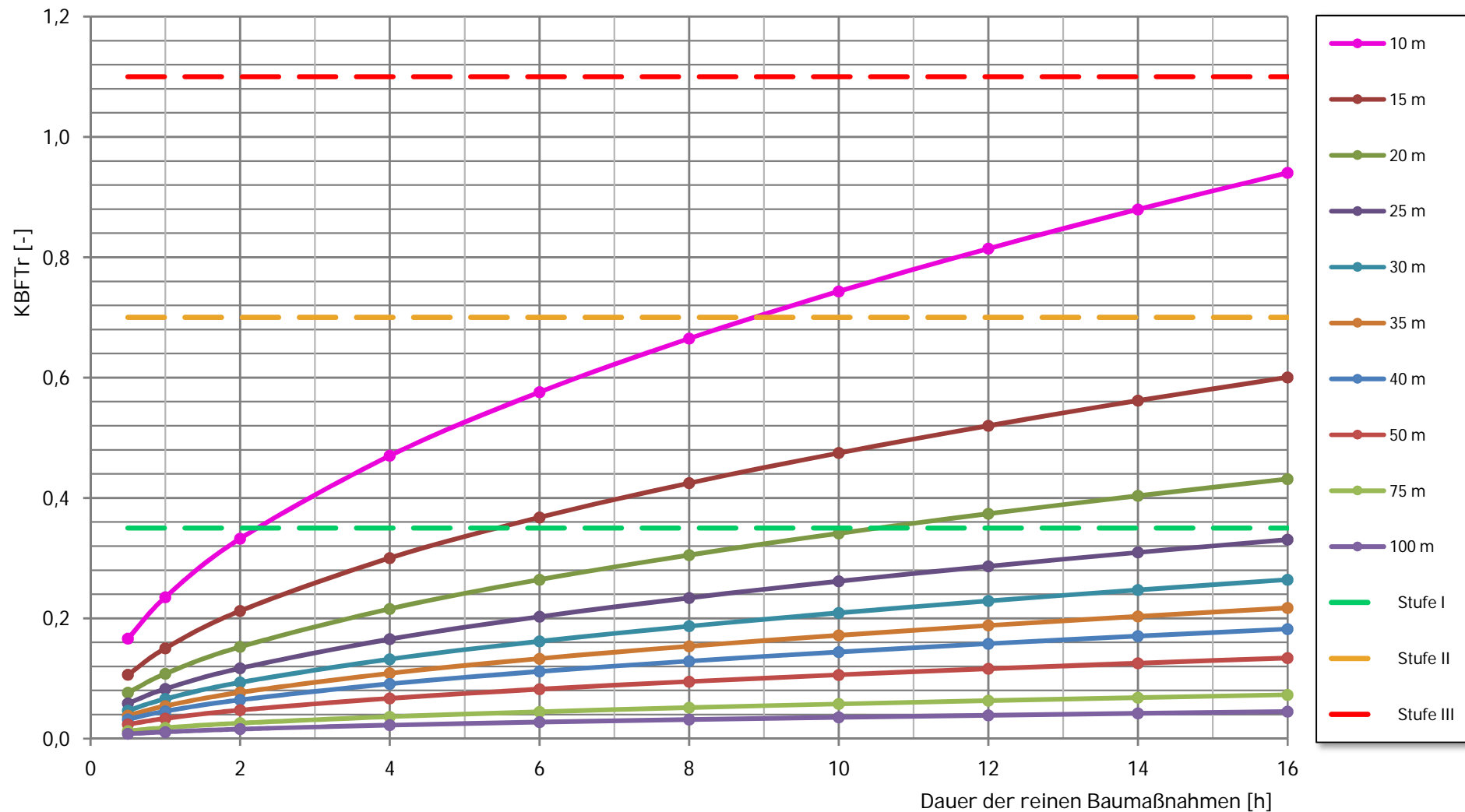
Holzbalkendecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[V-Ramme.xlsx]KB_{FTr}_Holz_T

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

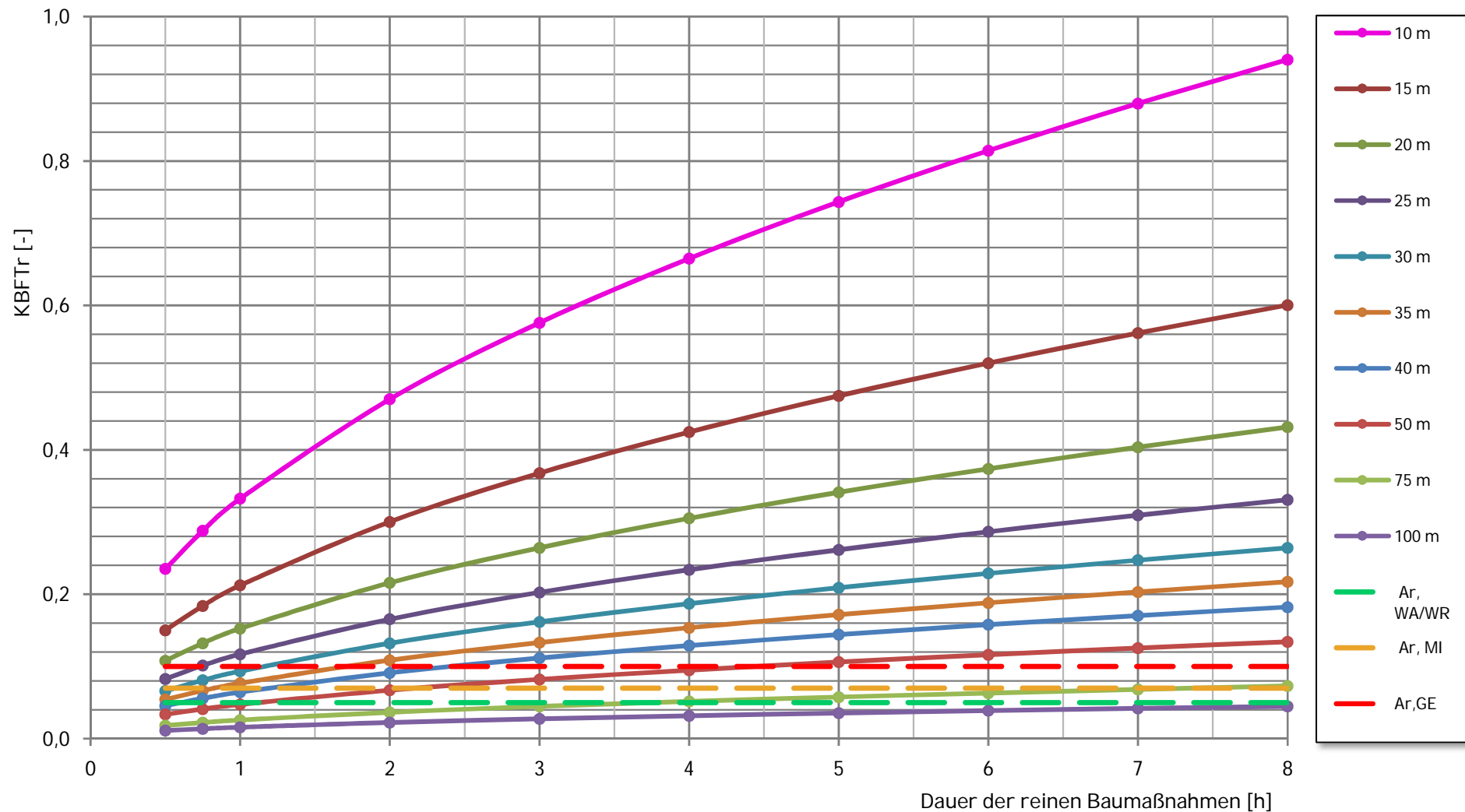
Holzbalkendecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[V-Ramme.xlsx]KBFT_r_Holz_N

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

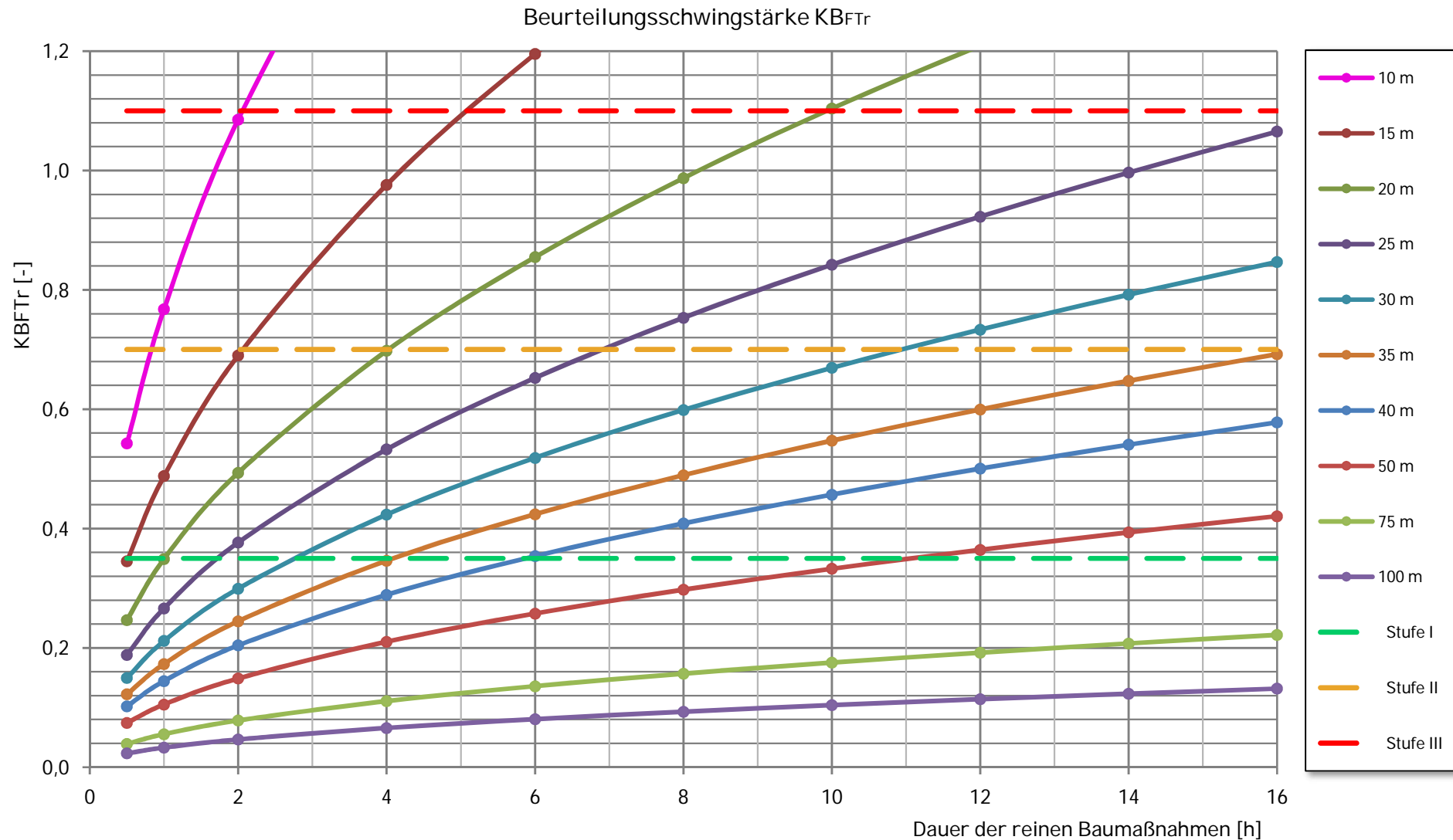
Tagzeitraum

Stahlbetondecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[V-Ramme.xlsx]KBFT_r_Beton_T

25675276



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

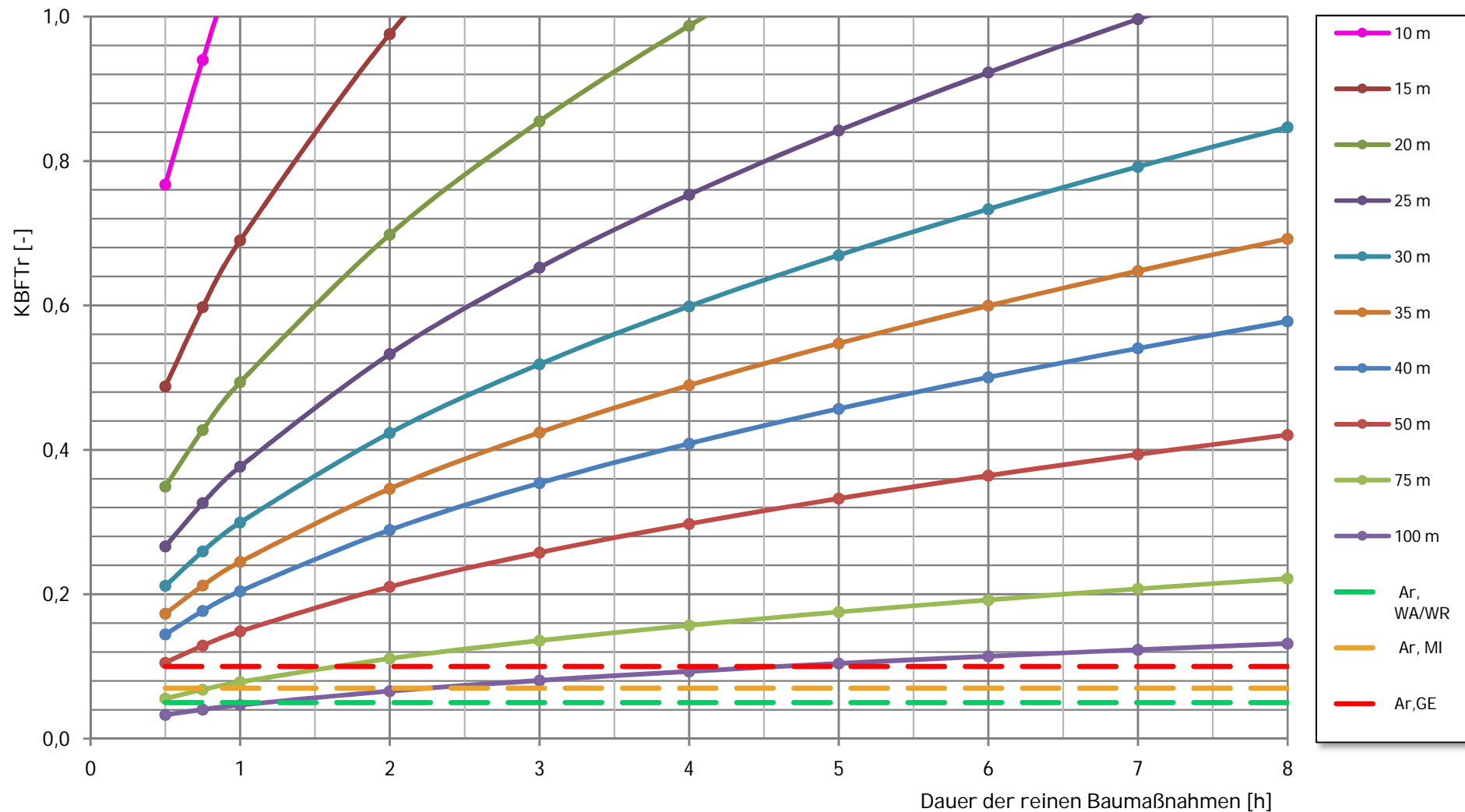
Stahlbetondecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[V-Ramme.xlsx]KBFT_r_Beton_N

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



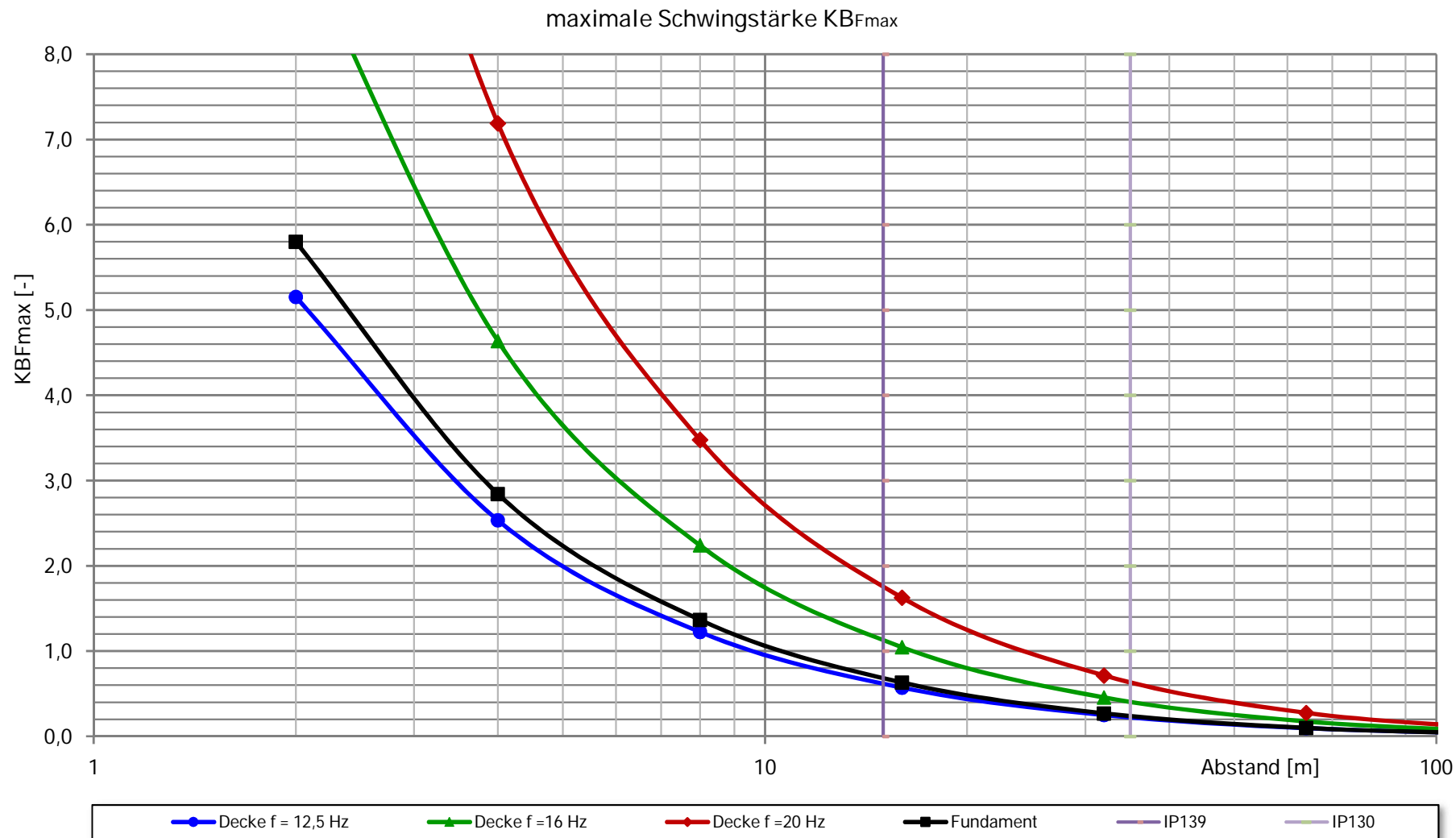
25.06.2018

Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[V-Ramme.xlsx]Vmax_Holz

25675276



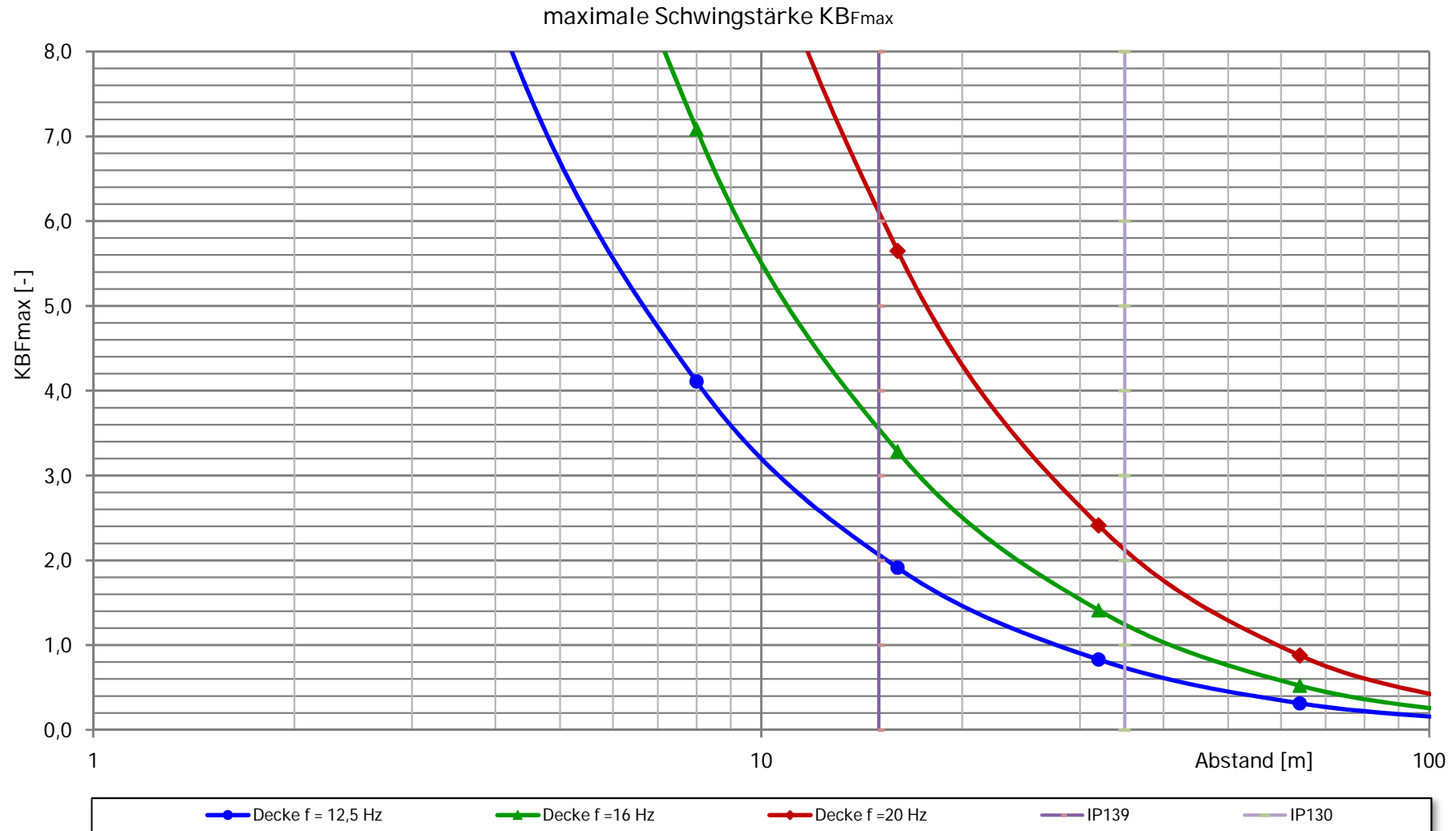
25.06.2018

Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[V-Ramme.xlsx]Vmax_Stb

25675276



25.06.2018

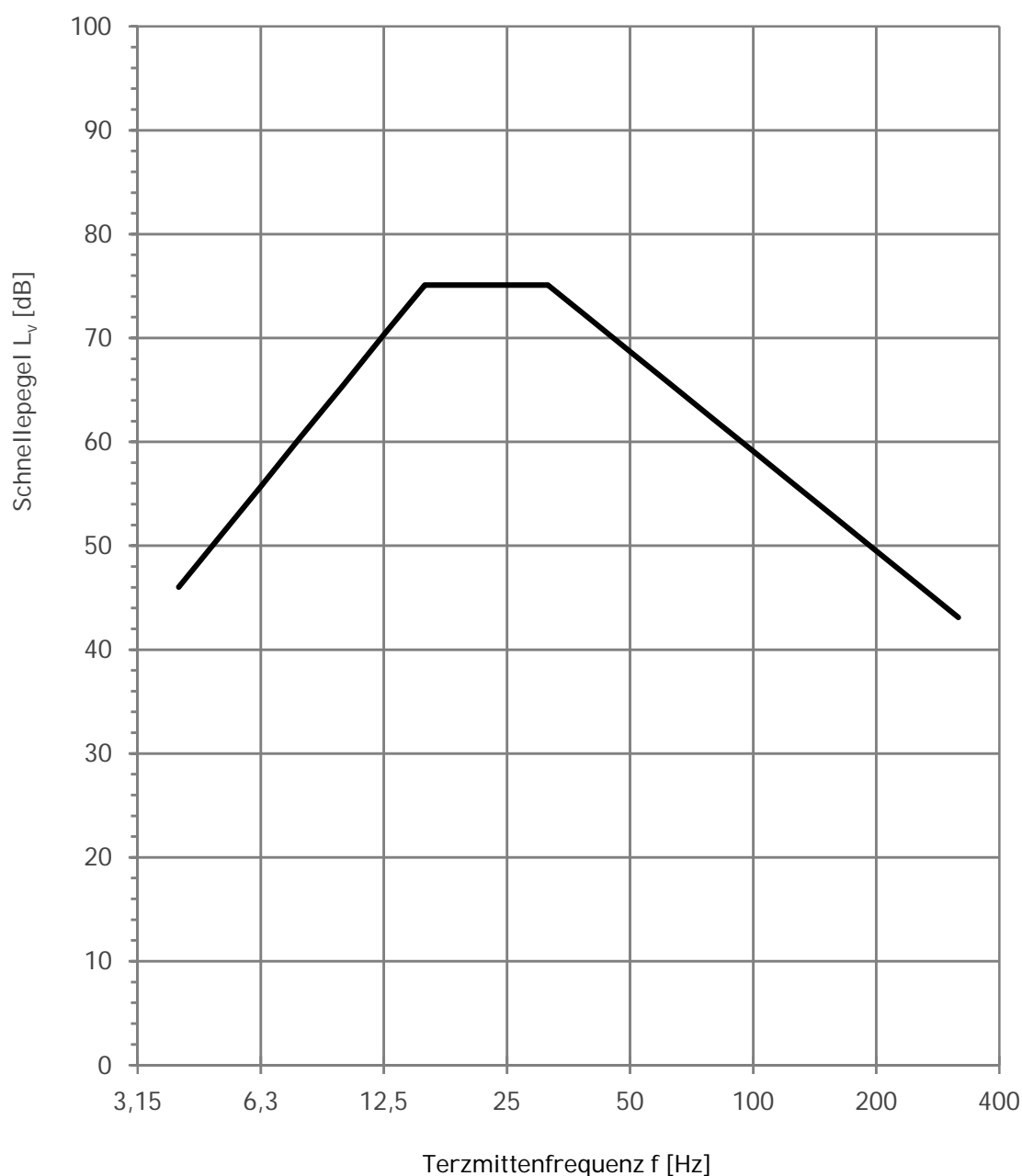
Emissionsspektrum

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetzen d. Bohrröhre)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\VC-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Bohrpfahl.xlsx\Emission

25675276

Messpunkt (Abstand): 7 m
 Arbeitsfrequenz: - Hz
 Schwingrichtung: z
 Quelltyp: Punktquelle (PQ)
 impulsartig (I)
 Wellenart: Oberflächenwelle (O)



L _v [dB]	f [Hz]
46,0	4
50,9	5
55,7	6,3
60,6	8
65,4	10
70,3	12,5
75,1	16
75,1	20
75,1	25
75,1	31,5
71,9	40
68,7	50
65,5	63
62,3	80
59,1	100
55,9	125
52,7	160
49,5	200
46,3	250
43,1	315
82,4	S
0,66	v _{Fmax}

25.06.2018

KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten

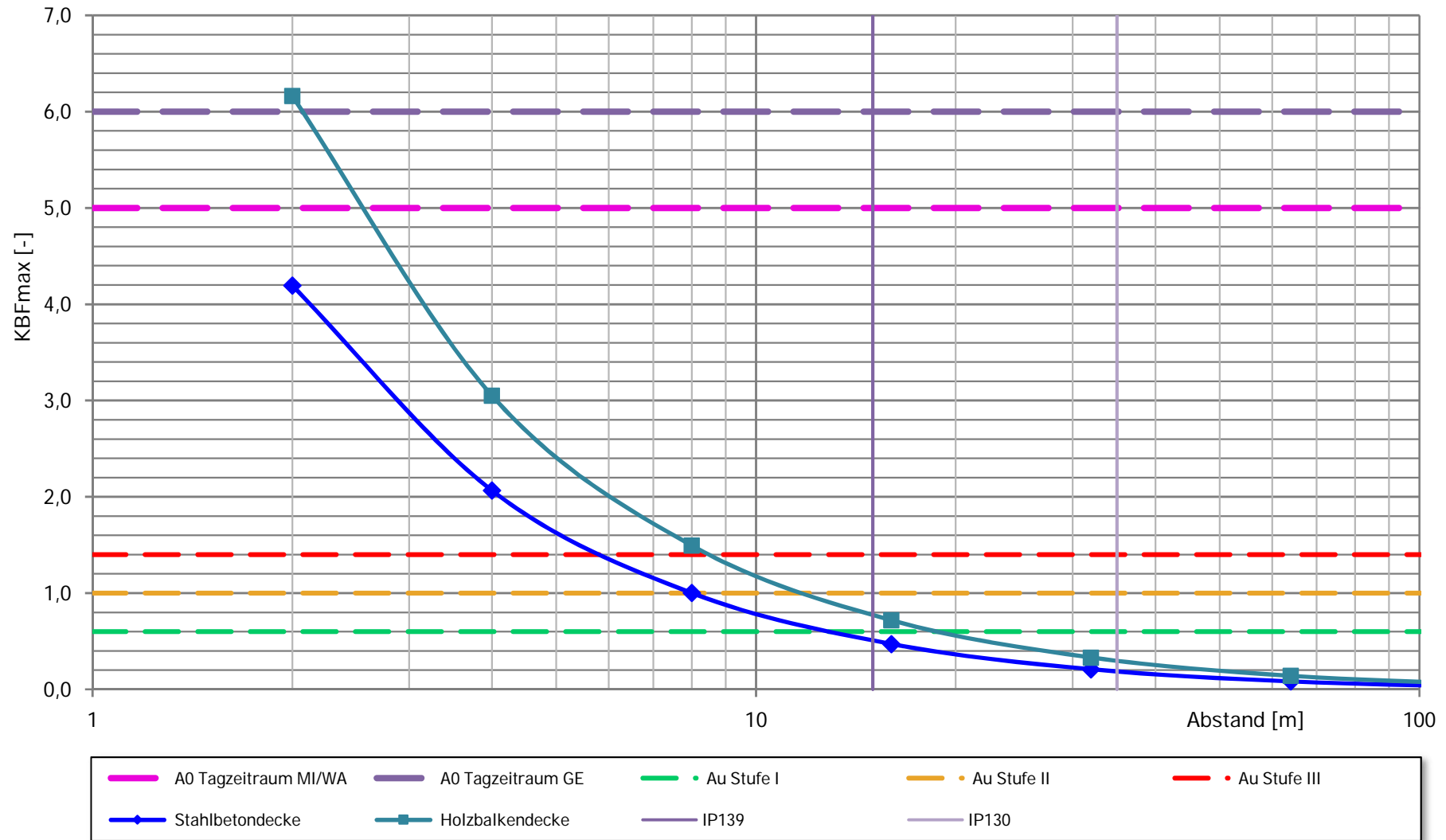
Tagzeitraum

Einbringen v. Bohrpfehlen (aufsetz)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\[Bohrpfahl.xlsx]KB_{Fmax}T

25675276

maximale Schwingstärke KB_{Fmax}



25.06.2018

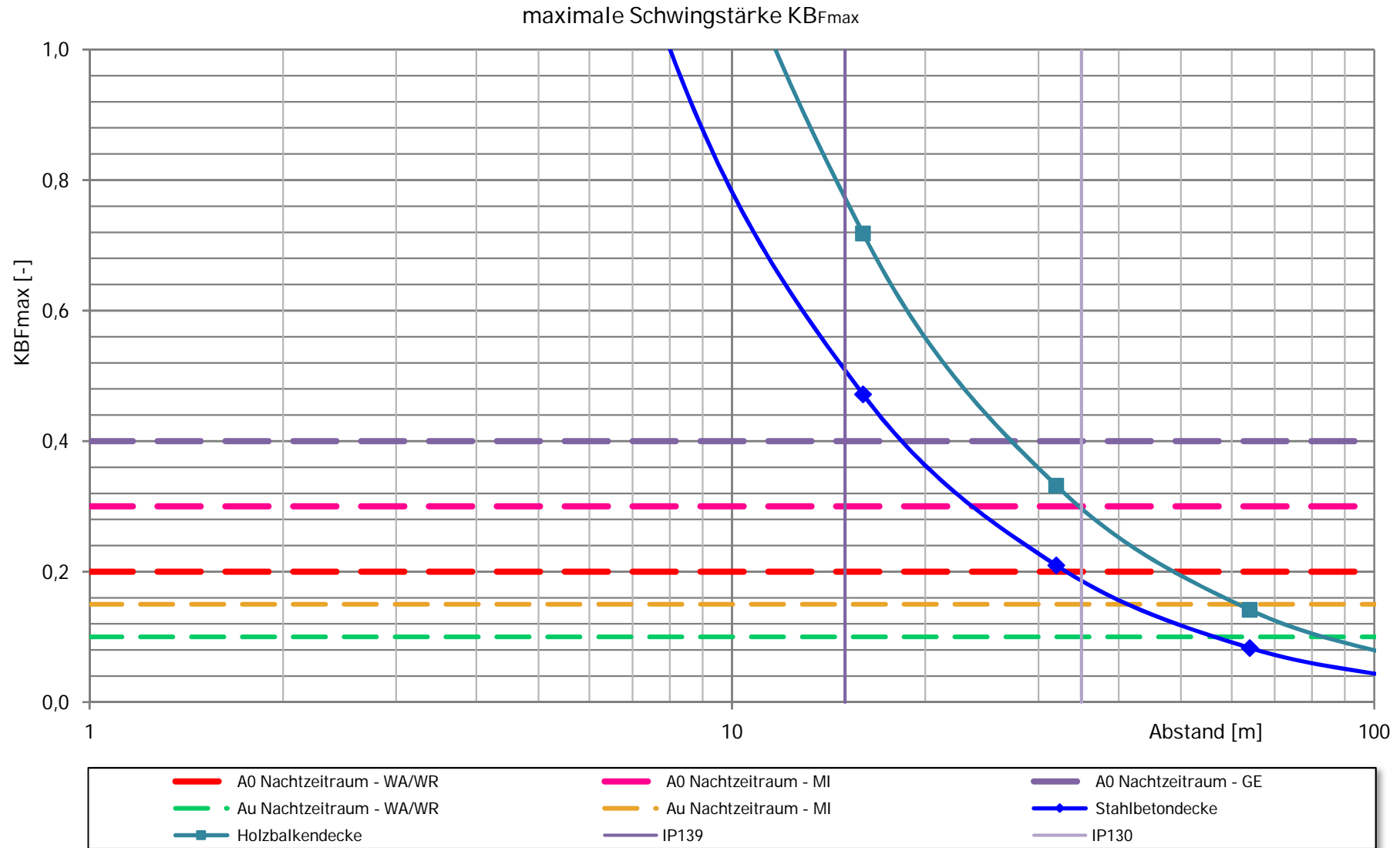
KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetz)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Bohrpfahl.xlsx\KBFmaxN

25675276



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

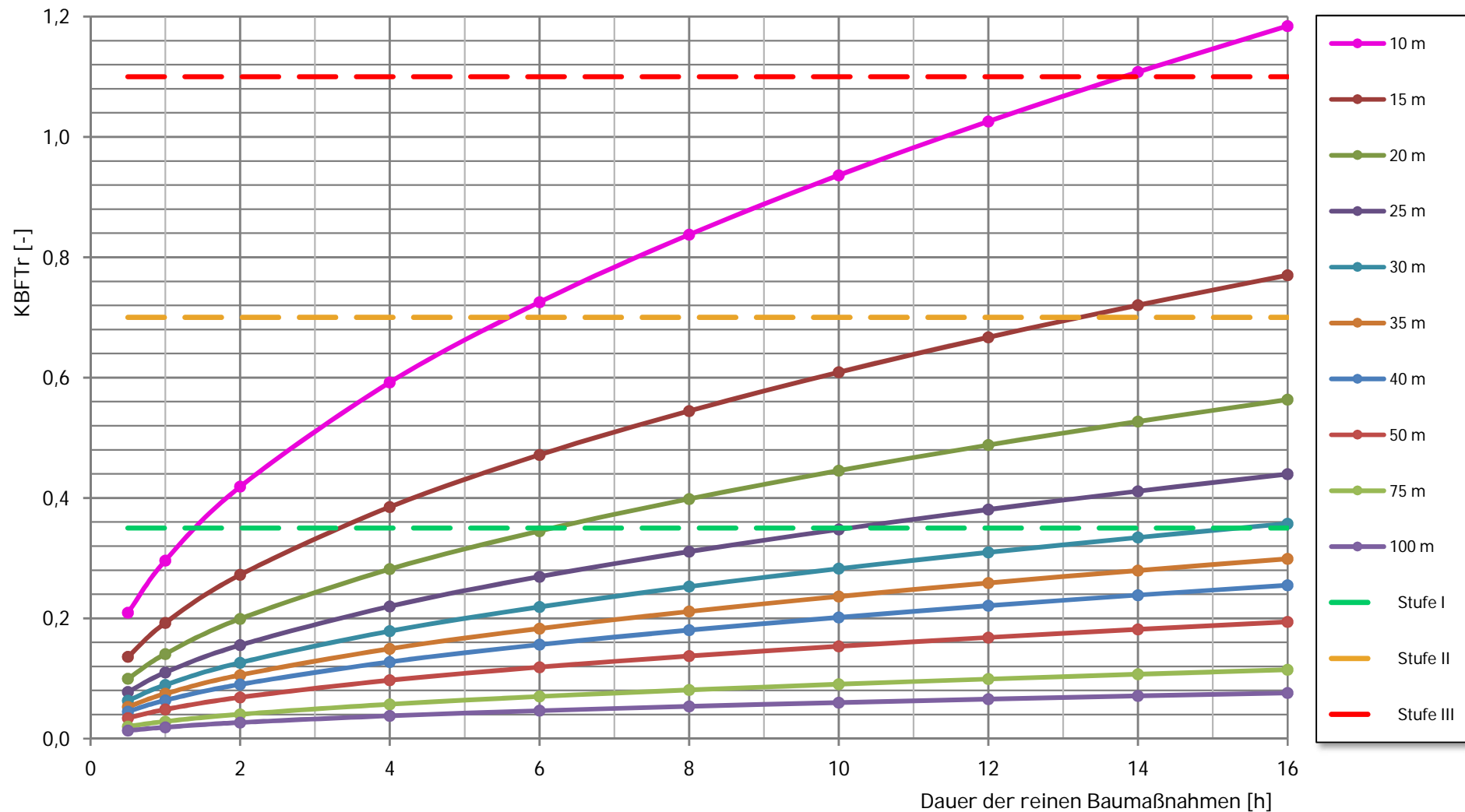
Holzbalkendecken

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetz)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Bohrpfaehl.xlsx\KBFTTr_Holz_T

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

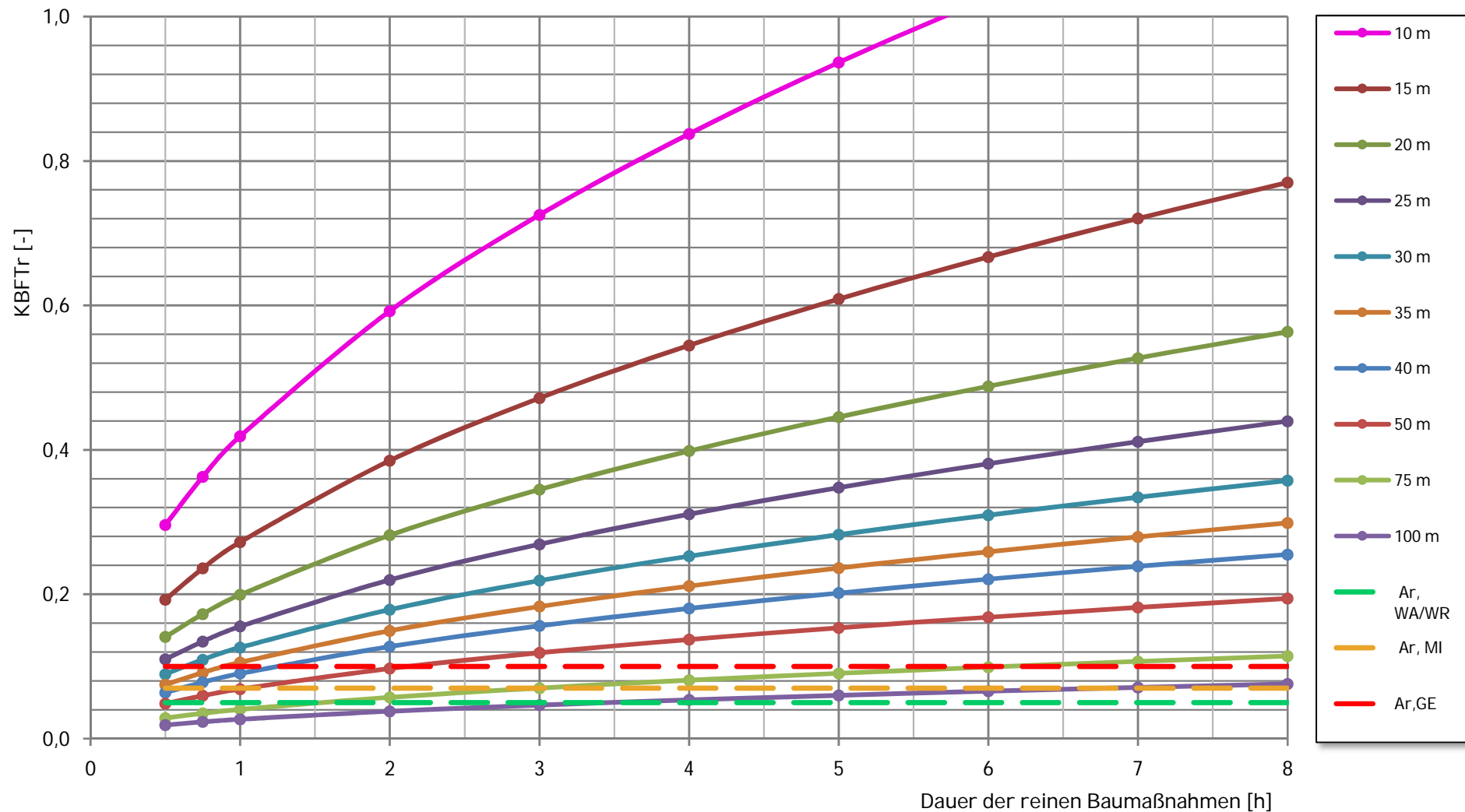
Holzbalkendecken

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetz)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Bohrpfahl.xlsx\KBFT_r_Holz_N

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

KB_{FT} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

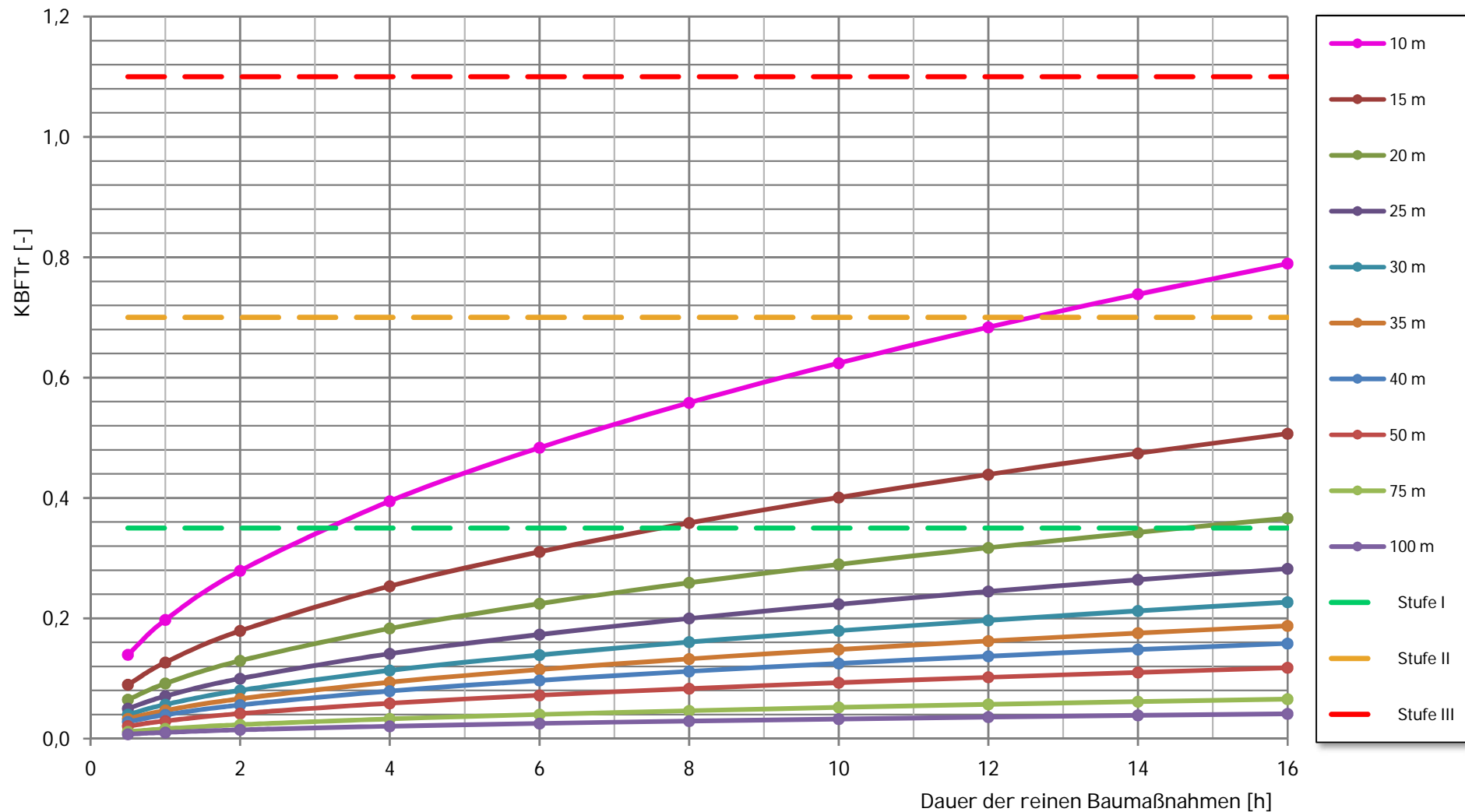
Stahlbetondecken

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetz)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Bohrpfaehl.xlsx\KBFT_{Tr}_Beton_T

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FT}



25.06.2018

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Nachtzeitraum

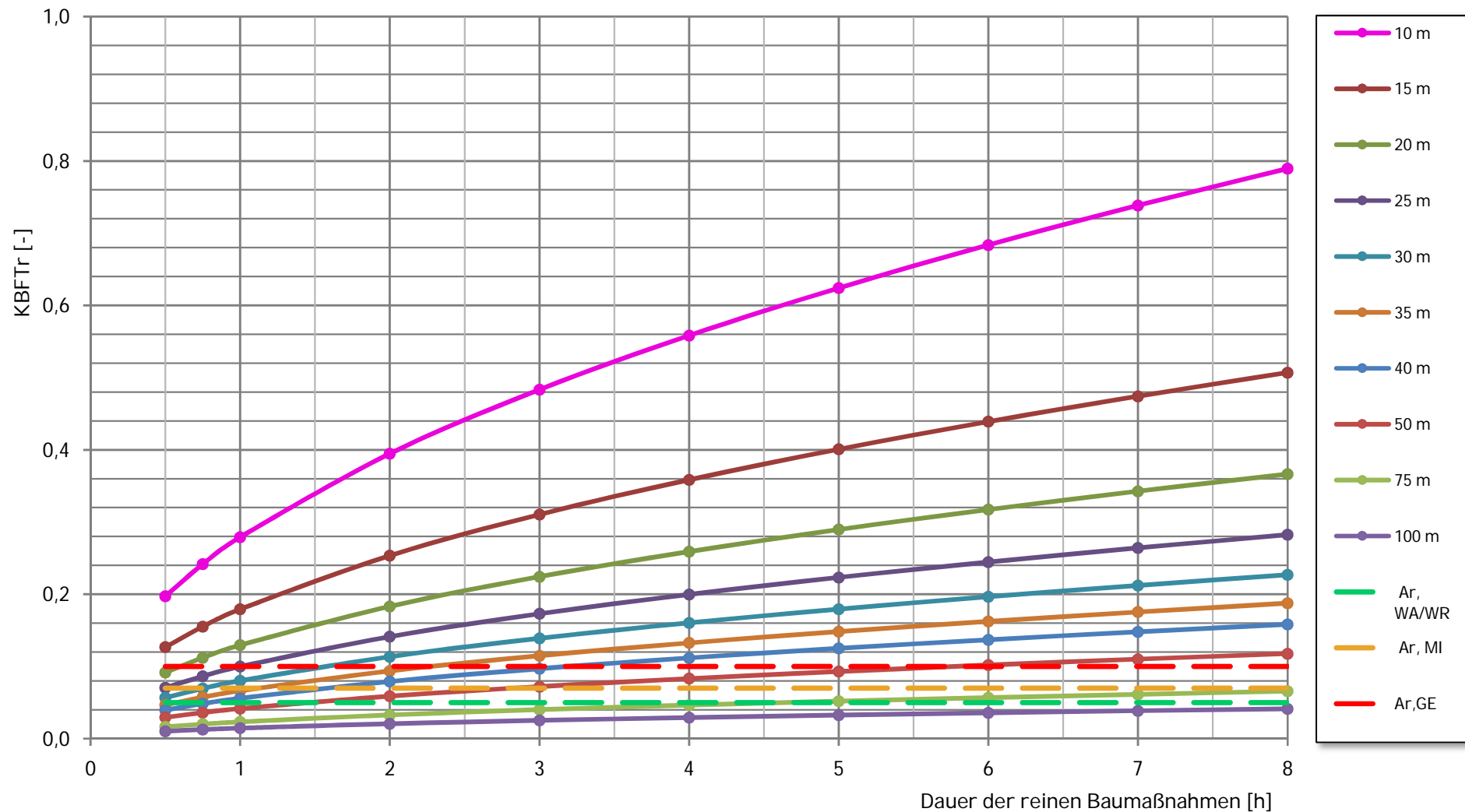
Stahlbetondecken

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetz)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Bohrpfahl.xlsx\KBFT_r_Beton_N

25675276

Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}



25.06.2018

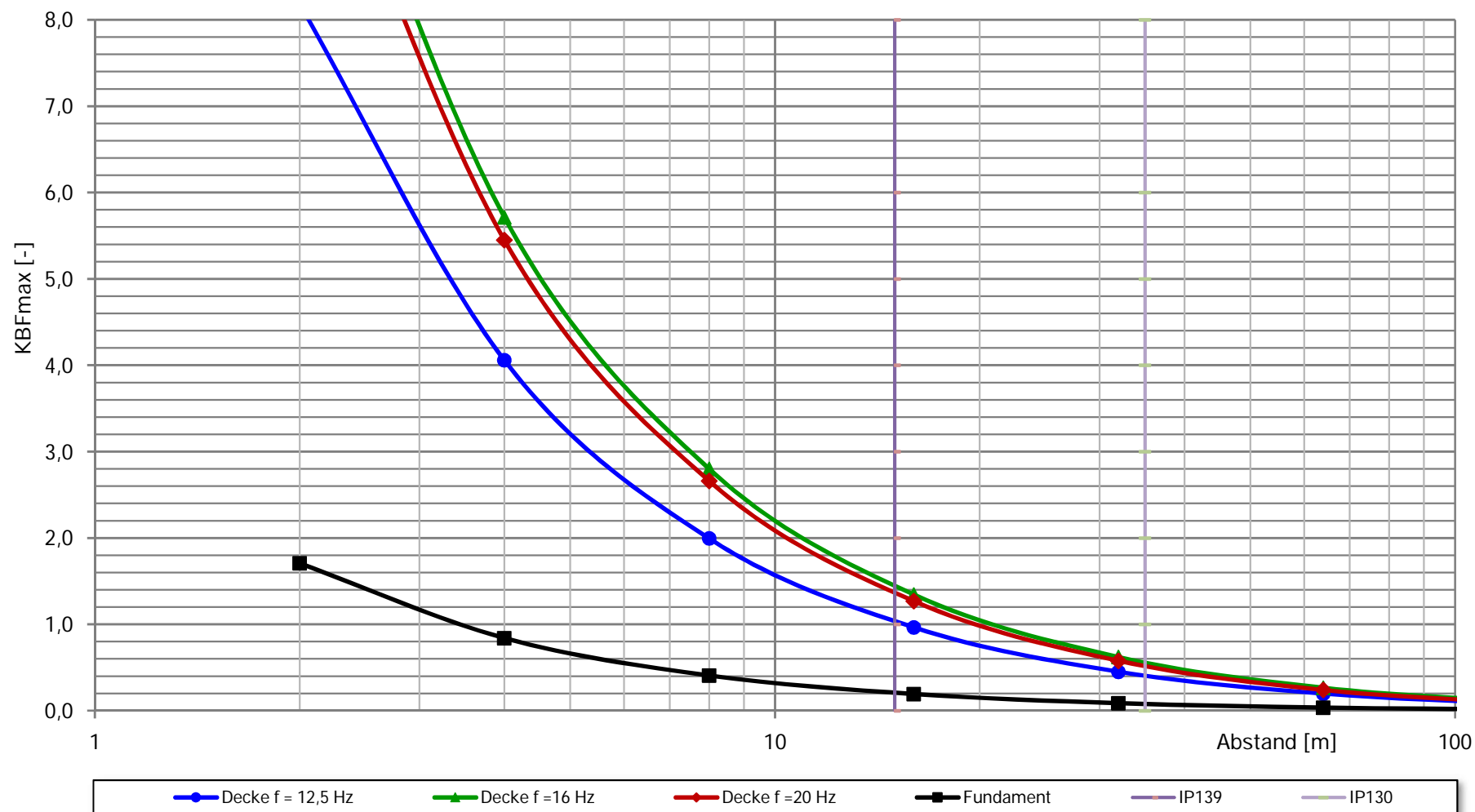
Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetz)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Bohrpfahl.xlsx\Vmax_Holz

25675276

maximale Schwingstärke KB_{Fmax}



25.06.2018

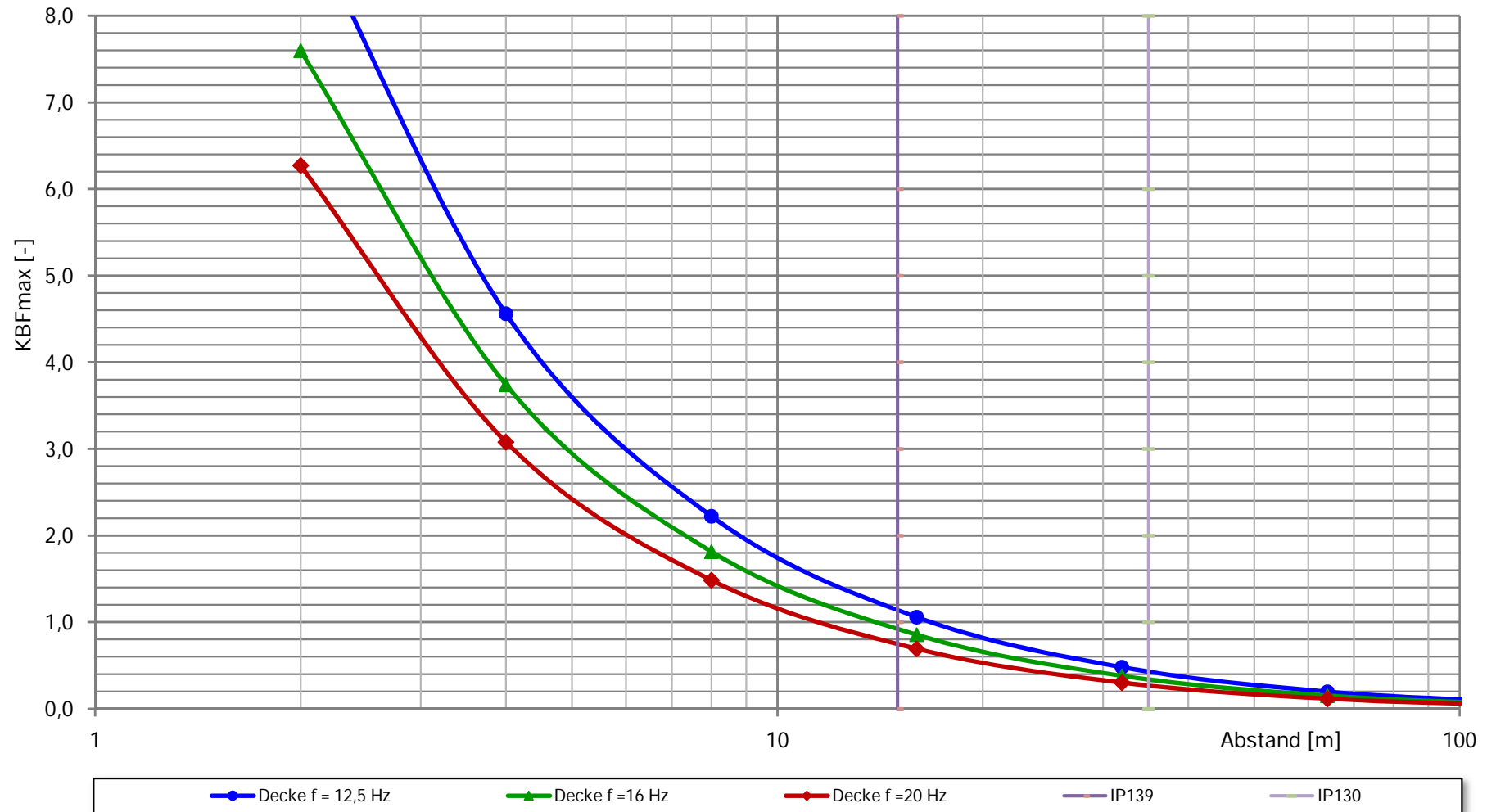
Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetz)

K:\B_Projekte\2005\8001-RTW-Regionaltangente-West\C-Bearbeitung\Bauerschütterungen_PFA_Nord\A-Emissionen\Bohrpfahl.xlsx\Vmax_Stb

25675276

maximale Schwingstärke KB_{Fmax}



25.06.2018