

Untersuchung zu baubedingten Erschütterungs- immissionen

0	Ausgangsfassung	12.07.2019
Index	Änderungen bzw. Ergänzungen	Planungsstand
<p>Vorhabenträgerin:</p> <p>DB Netz AG </p> <p>Regionalbereich Ost</p> <p>Produktionsdurchführung Berlin</p> <p>Granitzstraße 55-56</p> <p>13189 Berlin</p> <p>Datum Unterschrift</p>		
<p>Vertreter der Vorhabenträgerin:</p> <p>DB Netz AG </p> <p>Regionales Projektmanagement</p> <p>Projektrealisierung KIB Süd</p> <p>Caroline-Michaelis-Str. 5-11</p> <p>10115 Berlin</p> <p>Datum Unterschrift</p>		<p>Verfasser:</p> <p>KREBS+KIEFER FRITZ AG</p> <p>Heinrich-Hertz-Straße 2</p> <p>64295 Darmstadt</p> <p>Datum Unterschrift</p>
Genehmigungsvermerk Eisenbahn-Bundesamt		

Erschütterungstechnische Untersuchung

BAUVORHABEN:	Eisenbahnüberführung Niemetzstraße – Neubau
UMFANG:	Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen
AUFTRAGGEBER	DB Netz AG Regionalbereich Ost Projektrealisierung KIB Süd (I.NP-O-M-K (4) Caroline-Michaelis-Straße 5-11 10115 Berlin
BEARBEITUNG:	KREBS+KIEFER FRITZ AG Heinrich-Hertz-Str. 2 64295 Darmstadt T 06151 885-383 F 06151 885-220
AKTENZEICHEN:	20198040-ABE-1
DATUM:	Darmstadt, 12.07.2019



Dipl.-Phys. Peter Fritz

Dieser Bericht umfasst 27 Seiten und 4 Anhänge mit 16 Blättern.

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

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Sachverhalt und Aufgabenstellung	6
3	Bearbeitungsgrundlagen	6
4	Beschreibung des Baustellenbetriebes	7
5	Anforderungen an den Schwingungsschutz	9
5.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	9
5.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	11
5.2.1	Kurzzeitige Erschütterungen	12
5.2.2	Dauererschütterungen	14
5.3	Einwirkungsbereiche	15
6	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	15
6.1	Emissionen	16
6.1.1	Einbringen von Bohrpfählen	17
6.1.2	Vibrationsramme	17
6.2	Transmission	18
6.2.1	Transferfunktion T ₁	18
6.2.2	Transferfunktionen T ₂ und T ₃	19
6.3	Immissionen	19
7	Untersuchungsergebnisse	20
7.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	20
7.1.1	Einbringen von Bohrpfählen	21
7.1.2	Vibrationsramme	22
7.1.3	Vermeidungsmaßnahmen	23
7.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	24
7.2.1	Einbringen von Bohrpfählen	24
7.2.2	Vibrationsramme	25
8	Abschließende Bemerkungen	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte	13
Abbildung 2:	Ursachen-Wirkungs-Prinzip	16
Abbildung 3:	Geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Erschütterungstechnische Anhaltswerte für Baumaßnahmen	10
Tabelle 2:	Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen	11
Tabelle 3:	Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen auf Gebäude	13
Tabelle 4:	Anhaltswerte für Dauererschütterungen auf Gebäude	14
Tabelle 5:	Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen	21

Anhänge

Anhang 1	Übersichtslageplan
Anhang 2	Emissions-/Transmissionsansätze
Anhang 3	Beurteilung von Bohr- und Rammarbeiten nach DIN 4150-2
Anhang 4	Beurteilung von Bohr- und Rammarbeiten nach DIN 4150-3

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	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (Gewerbegebiet)
h	Stunde
Hb	Holzbalken
[Hz]	Hertz, Schwingung je Sekunde
I	impulsförmig
IP	Immissionspunkt
KB _{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB _{FTr}	Beurteilungsschwingstärke [-]
MI	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend Wohnungen noch vorwiegend Anlagen untergebracht sind (Mischgebiet)
n	Abnahmekoeffizient [-]
r	Radius um die Baumaßnahme / Abstand zur Baumaßnahme
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 Geschosdecken gemäß DIN 4150-3 [mm/s]
WA	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind

1 Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit den Baumaßnahmen „Neubau Eisenbahnüberführung Niemetzstraße“ 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:

- ❑ Es wurden die Bohrarbeiten für das Herstellen der Widerlager sowie die Rahmarbeiten während der Verbauarbeiten als erschütterungsintensive Baumaßnahmen untersucht.
- ❑ Es wurden die Auswirkungen auf die nächstgelegenen Immissionsorte mit schutzwürdigen Nutzungen untersucht. Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen erfolgte für den Tagzeitraum. Während des Nachtzeitraumes werden keine erschütterungsintensiven Geräte eingesetzt.
- ❑ Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen zum exemplarisch untersuchten Immissionsort Niemetzstraße 32 (**IP02**) werden die Anforderungen der **DIN 4150-2** während der Bohrarbeiten im Tagzeitraum eingehalten. Während der Rammarbeiten werden die unteren Anhaltswerte der Stufe II eingehalten.
- ❑ An **IP01** (Niemetzstraße 33) können die Anforderungen der **DIN 4150-2** während des Tagzeitraumes infolge der Bohr- und Rammarbeiten eingehalten werden, sofern die Dauer der reinen Baumaßnahme wie unter 7.1.1 und 7.1.2 beschrieben, begrenzt wird.
- ❑ Es ist zu empfehlen die in Abschnitt 6.5.4.3 der DIN 4150-2 aufgeführten Maßnahmen a) bis e) vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme zu ergreifen.
- ❑ Ab einem Grenzabstand von ca.

$$d \geq 44 \text{ m}$$

können erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden ausgeschlossen werden.

- ❑ Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden nach **DIN 4150-3** sind aufgrund der Intensität der Erschütterungseinwirkungen durch die untersuchten Baumaßnahmen nicht zu erwarten.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Die Eisenbahnüberführung Niemetzstraße befindet sich auf dem Streckenabschnitt Berlin-Neukölln bis Abzw. Berlin-Baumschulenweg zwischen km 0,630 der Strecke 6045 und km 16,995 der Strecke 6170. Aufgrund des aktuellen baulichen Zustandes ist ein Neubau des Bauwerkes notwendig. Dies ermöglicht das zukünftige Befahren des Bauwerkes ohne Geschwindigkeitsreduzierung.

Aufgabenstellung der vorliegenden Untersuchung ist es, die Schwingungsmissionen, 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 Fachbeiträge 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 Erschütterungsmissionen (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/ Entwurfsplanung (Erläuterungsbericht) EÜ Niemetzstraße, aufgestellt durch der DB E&C am 01.04.2019
- /8/ Bauablauf für strategische Baubetriebsplanung 2019 f. Projekt EÜ Niemetzstraße, aufgestellt von I.TV-O-P-BLN (V) am 25.04.2019
- /9/ Excel-Datei Bauphasen Baulärm f. die EÜ, Niemetzstraße, übersendet am 03.07.2019
- /10/ BE-Flächen-Pläne für die EÜ Niemetzstraße, erstellt durch DB Engineering & Consulting GmbH im Februar 2019

4 Beschreibung des Baustellenbetriebes

Im Bezirk Neukölln in Berlin wird der Neubau der Eisenbahnüberführung über die Niemetzstraße geplant, da derzeit die Verfügbarkeit der Strecken 6170 und 6045 lediglich durch zwei Zwillingsträgerbrücken als Dauerbehelf gewährleistet ist.

Die Beschreibung des Projektumfangs ist dem Erläuterungsbericht zur Entwurfsplanung /7/ zu entnehmen. Die Durchführung der Baumaßnahme gliedert sich in 7 Bauphasen, die im Folgenden aufgeführt werden. Die erschütterungstechnisch relevanten Bauarbeiten, in der vorliegenden Unterlage untersucht werden, sind fett hervorgehoben. Eine detaillierte Beschreibung der Bauphasen ist dem Sperrpausenplan /8/ zu entnehmen. Die Auflistung des jeweiligen Maschineneinsatzes und der Betriebszeiten ist in der Excel-Datei „Baulärm“ /9/ aufgeführt.

Bauphase 1:

- Baustelleneinrichtung
- Baufeldfreimachung
- Aushub Hilfsbrücke Strecke 6045
- Einbringen der Verbauten**
- Teilrückbau Stützwand Mittelbuschweg und Bestandsflügel
- Herstellung Flügel an der Südseite

Bauphase 2:

- Herstellung Kabelhilfsbrücke
- Verlegung Kabel von bestehender Kabelhilfsbrücke auf neue Kabelhilfsbrücke
- Aushub alte Kabelhilfsbrücke
- Herstellung Widerlager im Bereich südlich der Strecke 6170**

Bauphase 3:

- Herstellung Schienestegdämpfer

- Rückbau und Einbau Hilfsbrücke 6170
- Herstellen Anschluss an Bestandskabelkanal vor LSW
- Inbetriebnahme bauzeitliches Gleis
- Rückbau Konsole des bestehenden S-Bahn-Überbaus (Gleis 2)
- Herstellung Widerlager der Strecke 6170**
- Rückbau Verbauten zwischen Strecke 6020 und Strecke 6170
- Herstellung Lärmschutzwände auf S- und F-Bahnseite
- Rückbau und Aufbau Gleis
- Kabeltiefbau, Querung
- Signalgründung, Signal stellen, Rückbau Signal

Bauphase 4:

- Rückbau Verbauten
- Aushub Hilfsbrücke der Strecke 6170
- Einbau Überbau Strecke 6170 (Endlage)
- Herstellung Gleisanlage Strecke 6170
- Wiederinbetriebnahme Strecke 6170

Bauphase 5:

- Herstellung Widerlagerbank südlich der Strecke 6170
- Einbau Überbau der Strecke 6045 (Endlage)
- Herstellung Gleisanlage Strecke 6045
- Verlegung Kabel von Kabelhilfsbrücke auf bahnrechte Konsole des Überbaus Strecke 6045
- Rückbau Kabelhilfsbrücke
- Herstellung Schienenstegdämpfer
- Wiederinbetriebnahme Strecke 6045

Bauphase 6:

- Rückbau Bestandswiderlager
- Rückbau Umfahrgleis
- Belastungsstopfgang
- Herstellen Schienenstegdämpfer

Bauphase 7:

- Belastungsstopfgang
- Rückbau bestehende Straßenanlage
- Leitungsumverlegung
- Herstellung Straßenbelag mit Unterbau
- Herstellung Gehwegbelag einschließlich Unterbau

In der vorliegenden Unterlage wird das Einbringen der Verbauten unter Einsatz einer Vibrationsramme sowie das Einbringen von Bohrpfehlen mittels eines Bohrgerätes bei der Herstellung der Widerlager als erschütterungstechnisch relevanten Bauarbeiten untersucht. Hierbei wird davon ausgegangen, dass diese erschütterungsintensiven Baumaßnahmen ausschließlich im Tagzeitraum erfolgen.

Die Lage des Baustellenbereiches ist in **Anhang 1** dargestellt.

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 maximal für den Baubetrieb zu erwartenden 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 in Abhängigkeit von der Dauer an denen die Erschütterungseinwirkungen stattfinden unterschieden. Bei der Ermittlung der Einwirkdauer der 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 relevante 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, sofern 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.

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 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 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.

Bei den geplanten Baumaßnahmen sind die Erschütterungsimmissionen, die unter Einsatz eines Bohrgerätes hervorgerufen werden als kurzzeitige Erschütterungen (instationäre Einwirkung) zu betrachten. Beim Betrieb des Bohrgerätes erfolgt ein Eintrag impulsartiger Schwingungen in den Untergrund. Diese sind aufgrund der Häufigkeit des Auftretens nicht geeignet Resonanzerscheinungen an Bauwerken hervorzurufen.

Die durch die Verbauarbeiten hervorgerufenen Erschütterungsimmissionen sind gemäß **DIN 4150-3** als Dauererschütterungen (stationäre Einwirkungen) einzustufen. Beim Normalbetrieb und während der An- und Auslaufphase der Vibrationsramme erfolgt ein Eintrag harmonischer Schwingungen in den Untergrund und somit auch in nahe gelegene Bauwerke. Diese sind grundsätzlich geeignet, Resonanzerscheinungen an Bauwerken hervorzurufen.

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.

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 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 kurzzeitige Erschütterungen auf Gebäude

Die Interpolation der Anhaltswerte für verschiedene Erschütterungsfrequenzen ist in **Abbildung 1** dargestellt.

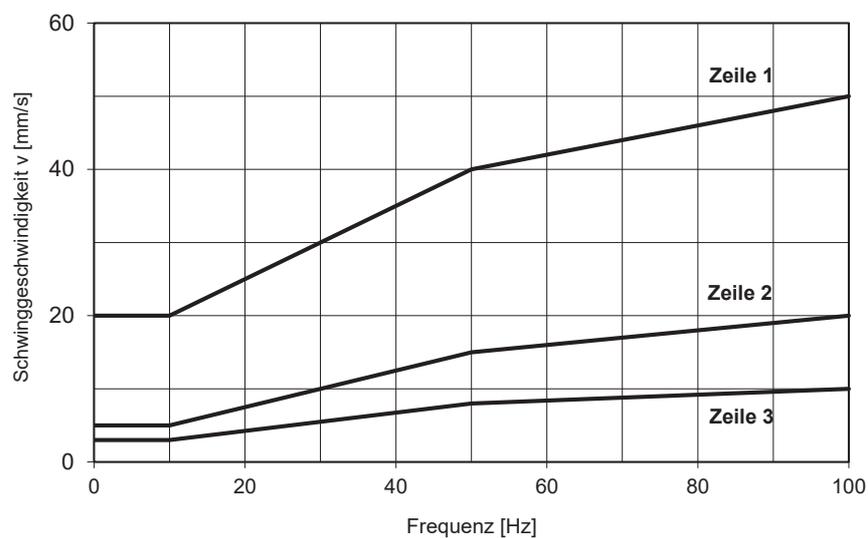


Abbildung 1: Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte

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, die 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.

5.3 Einwirkungsbereiche

Im Einwirkungsbereich der Baustelle in Berlin – Neukölln befinden sich schutzbedürftige Nutzungen, die südlich der Bahnstrecke in Mischgebieten (**MI**) liegen. Exemplarisch sind zwei Immissionspunkte untersucht worden. Der Abstand der beiden exemplarischen Immissionspunktes **IP01** und **IP02** zum Baufeld beläuft sich auf

$d_{IP01} = 9 \text{ m (Niemetzstraße 33)}$

$d_{IP02} = 35 \text{ m (Niemetzstraße 32)}$.

Die Abstände sich als Entfernung zwischen den geplanten Bauarbeiten und den Gebäudekanten zu verstehen. Beim **IP01** handelt es sich um ein Mehrfamilienwohnhaus als nächstgelegenen Wohnbebauung mit schutzwürdiger Nutzung im direkten Umfeld der Baustelle. **IP02** repräsentiert darüber hinaus das nächstgelegene Bestandsgebäude – ein Einzelhandelsgeschäft.

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 Abbildung 2 dargestellten Ursachen-Wirkungs-Prinzip ausgegangen.

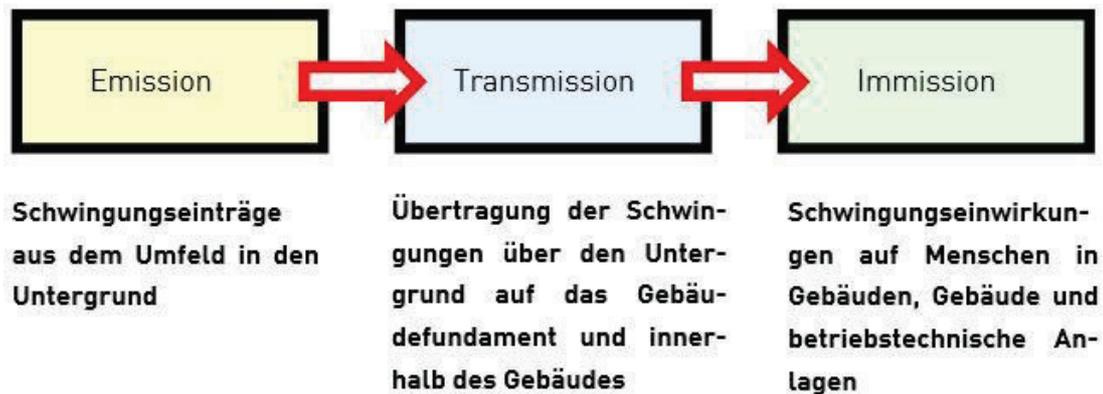


Abbildung 2: Ursachen-Wirkungs-Prinzip

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.

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.

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 der Betrieb der Vibrationsramme während der Verbauarbeiten.

Nachfolgend werden die maßgeblichen erschütterungsrelevanten Baumaschinen beschrieben. In **Anhang 2.1** sind die schwingungsintensivsten Baumaßnahmen als Emissionen mittels Terzbandspektren der Schwingschnelle grafisch dargestellt. Die angegebenen Schwingschnellen beziehen sich in der Regel jeweils auf eine Messposition im Boden und auf einen Bezugsabstand zum Emittenten. Die Emissionsspektren sind keine exemplarischen Spektren, sondern stellen eine obere Einhüllende, der bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen anzutreffenden Emissionen, dar.

6.1.1 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 2.1.1** dargestellt.

Es wird davon ausgegangen, dass die Erschütterungseinwirkungen infolge der Bohrarbeiten in einem Zeitraum zwischen **26 Tagen** $\leq D \leq$ **78 Tagen** erfolgen können. Die Arbeiten sind nur am Tag vorgesehen.

6.1.2 Vibrationsramme

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 2.1.2** 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

$$n = 0,5$$

berücksichtigt.

Es wird davon ausgegangen, dass die Erschütterungseinwirkungen infolge der Verbauarbeiten innerhalb von **2 Tagen** erfolgen können. Die Arbeiten sind nur tagsüber vorgesehen.

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).

In **Abbildung 3** wird die geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude in Abhängigkeit von der Entfernung zur Quelle für verschiedenen Quellentypen und Wellenarten dargestellt.

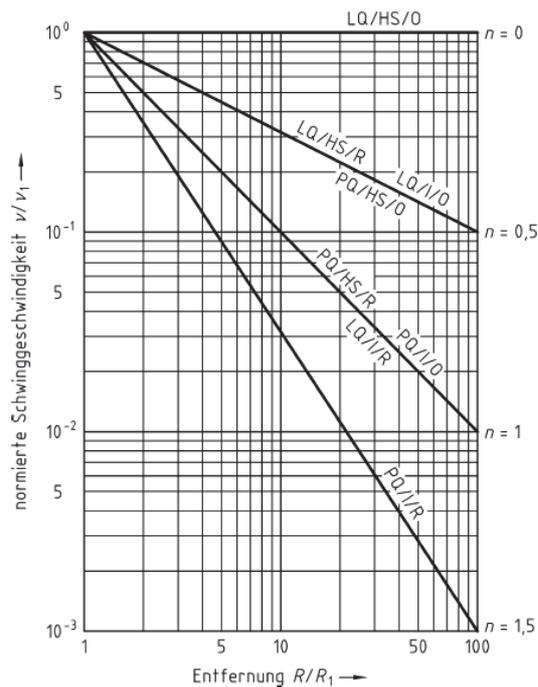


Abbildung 3: Geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude

6.2.2 Transferfunktionen T_2 und T_3

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

Innerhalb von Gebäuden unterscheidet sich das Übertragungsverhalten je nach Bauart der Geschosdecken. 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 Geschosdeckenresonanzfrequenz sind für Holzbalkendecken in **Anhang 2.3** und für Stahlbetondecken in **Anhang 2.4** dargestellt. Hierbei wird jeweils der Mittelwert \pm Standardabweichung der T_3 -Funktion berücksichtigt.

6.3 Immissionen

Die z. B. durch Abbrucharbeiten 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 der Abstandsverhältnisse 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

In den Ergebnisdiagrammen (**Anhang 3.1** bis **Anhang 4.4**) sind exemplarisch zwei Immissionsorte **IP01** und **IP02** dargestellt, deren theoretischer Abstand zum Baufeld

$$d_{IP01} = 9 \text{ m (Niemetzstraße 33 - MI)}$$

$$d_{IP02} = 35 \text{ m (Niemetzstraße 32 - MI)}.$$

beträgt. Diese Abstände sind als Entfernung zwischen der nächstgelegenen Bautätigkeit und der Gebäudekante zu verstehen.

7.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Gemäß des Bauablaufplanes /8/ beträgt die Gesamtdauer der hier untersuchten Baumaßnahmen etwa 6 Monate. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die erschütterungsintensiven Bautätig-

keiten während der Verbauarbeiten innerhalb von **2 Tagen** und die Bohrarbeiten in einem Zeitraum zwischen **26 und 78 Tagen** durchgeführt werden. Die Bauarbeiten finden im Tagzeitraum statt.

Dauer	D = 2 Tage			26 ≤ D ≤ 78		
	1	2	3	1	2	3
Anhaltswerte	A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
Stufe I	0,73	5	0,38	0,30	5	0,20
Stufe II	1,13	5	0,77	0,60	5	0,40
Stufe III	1,53	5	1,17	0,80	5	0,60

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 2.3** und **Anhang 2.4** grafisch und tabellarisch dargestellt sind:

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

7.1.1 Einbringen von Bohrpfählen

Die maximalen bewerteten Schwingstärken für diese Baumaßnahmen im Tagzeitraum wurden anhand der Ausbreitungskurven in **Anhang 3.1** 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 $A_{u, \text{Tag}}$ der Stufe III werden ab einem Abstand von

$$d > 8,0 \text{ m} / 12,0 \text{ m (Stb/Hb)}$$

für Holzbalken- bzw. Stahlbetondecken unterschritten. Ab einem Abstand von ca.

$$d > 16,0 \text{ m} / 29,0 \text{ m (Stb/Hb)}$$

sind keine erheblichen Belästigungen mehr zu erwarten.

Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen zu den exemplarisch untersuchten Immissionsorten **IP01** und **IP02** werden die oberen Anhaltswerte nach **DIN 4150-2** eingehalten bzw. unterschritten sowie die unteren Anhaltswerte $A_{u, \text{Tag}}$ der Stufe I an **IP02** unabhängig von der Deckenkonstruktion. An **IP01** wird der untere Anhaltswert der Stufe III unterschritten, sofern es sich um ein Gebäude mit Stahlbetondecken handelt, jedoch wird der untere Anhaltswert der Stufe I der

DIN 4150-2 nicht eingehalten. Handelt es sich bei **IP01** um ein Gebäude mit Holzbalkendecken, wird der untere Anhaltswert der Stufe III überschritten.

Es wird der 2. Beurteilungsschritt gemäß **DIN 4150-2**, die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärke KB_{Fr} , für den Immisionsort **IP01** erforderlich.

Die Beurteilungsschwingstärke für die Bohrarbeiten ist in **Anhang 3.2** und **Anhang 3.3** für die Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraumes dargestellt. Aus den in **Anhang 3.2** angefügten Berechnungen der Beurteilungsschwingstärke kann entnommen werden, dass die Dauer der reinen Baumaßnahmen am Tag auf maximal

$T_E \leq 2,2$ Stunde pro Tag (IP01)

zu begrenzen ist, damit der Beurteilungsanhaltswert der Stufe II (Information der Anwohner usw.) der **DIN 4150-2** eingehalten werden kann.

Die durch Bohrarbeiten (Aufsetzen des Bohrpfahls) hervorgerufenen Erschütterungsimmissionen dauern pro Bohrpfahl kürzer als 30 Sekunden, so dass die reine Einsatzzeit am Tag mit weniger als 30 Minuten angenommen werden kann. Dementsprechend wird gemäß **Anhang 3.2** der Beurteilungsanhaltswert von Stufe II eingehalten.

7.1.2 Vibrationsramme

Die maximalen bewerteten Schwingstärken für Rammarbeiten, die im Tagzeitraum stattfinden, wurden anhand der Ausbreitungskurven in **Anhang 3.4** dargestellt. Demnach kann der obere Anhaltswert am Tag $A_{o, Tag}$ (6,0 bei Gewerbegebieten, 5,0 bei Wohnnutzungen) unabhängig von der Deckenkonstruktion selbst bei geringen Abständen

$d \leq 2,5$ m

zum Baufeld eingehalten werden.

Die unteren Anhaltswerte $A_{u, Tag}$ der Stufe III nach **DIN 4150-2** werden ab einem Abstand von

$d \geq 2,5$ m / 18,0 m (Hb/Stb)

für Holzbalken- bzw. Stahlbetondecken unterschritten. Ab einem Abstand von

$d \geq 9,0$ m / 44,0 m (Hb/Stb)

sind keine erheblichen Belästigungen mehr zu erwarten.

Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen zu den exemplarisch untersuchten Immissionsorten **IP01** und **IP02** werden die oberen Anhaltswerte nach **DIN 4150-2** unterschritten. An beiden Immissionsorten **IP01** und **IP02** werden die unteren Anhaltswerte $A_{u, \text{Tag}}$ der Stufe I unterschritten, sofern es sich um ein Gebäude mit Holzbalkendecken handelt. Sind die Gebäude mit Stahlbetondecken ausgeführt, so werden die unteren Anhaltswerte überschritten. In diesem Fall ist der 2. Beurteilungsschritt gemäß **DIN 4150-2**, die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärke KB_{Fr} erforderlich.

Die Beurteilungsschwingstärke für Vibrationsarbeiten ist in **Anhang 3.5** und **3.6** für die jeweiligen Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraumes dargestellt. Aus den in **Anhang 3.5** angefügten Berechnungen der Beurteilungsschwingstärke kann entnommen werden, dass, um den Anhaltswert der Stufe II einzuhalten, die Dauer der reinen Rammarbeiten auf maximal

$T_E \leq 1,5$ Stunden pro Tag

zu begrenzen ist.

Sollte die oben genannte Dauer der reinen Rammarbeiten nicht ausreichend sein, so ist als Zielsetzung die Einhaltung der Stufe III in Betracht zu ziehen. Damit kann die Einsatzzeit der Vibrationsrammungen auf

$T_E \leq 3,5$ Stunden pro Tag

vergrößert werden. In diesem Fall sind jedoch Beweissicherungsmessungen an **IP01** (Maßnahme f) gemäß **DIN 4150-2**) erforderlich.

7.1.3 Vermeidungsmaßnahmen

Für den exemplarisch untersuchten Immissionsort **IP02** können die Anforderungen der **DIN 4150-2** während der Rammarbeiten im **Tagzeitraum** eingehalten werden.

Aufgrund der gegebenen Abstandsverhältnissen zu **IP01** können die Anforderungen der **DIN 4150-2** bei den geplanten erschütterungsintensiven Baumaßnahmen im Tagzeitraum für die jeweils maßgebliche Deckenkonstruktion eingehalten werden, sofern die Dauer der reinen Baumaßnahme, wie unter 7.1.1 und 7.1.2, begrenzt wird. Demzufolge können erhebliche Belästigungen infolge der Bohr- und Rammarbeiten nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Daher wird 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:

- 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 aufgrund der benötigten Dauer der Vibrationsmessungen als Ziel die Einhaltung der Anhaltswertes der Stufe III gesetzt werden, so ist aufgrund des Abstands zwischen den Baumaßnahmen und den schutzwürdigen Nutzungen auch die Maßnahme f) gemäß Abschnitt 6.5.4.3 der DIN 4150-2 zu ergreifen:

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

7.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

7.2.1 Einbringen von Bohrpfählen

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

Für die exemplarisch betrachteten Bebauungen ergeben sich am Fundament maximalen Schwinggeschwindigkeiten von

$$v_{\max} = 0,3 \text{ mm/s (IP01)}$$

$$v_{\max} = 0,1 \text{ mm/s (IP02)}$$

Der heranzuziehende Anhaltswert gemäß **DIN 4150-3 /5/** für die Erschütterungseinwirkungen am Fundament von

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

wird für die beiden exemplarischen Immissionsorte unterschritten.

Für die maßgebenden Geschossdecken an den exemplarischen Immissionsorten (Holzbalken/Stahlbeton) werden maximale Werte

$$v_{\max} < 2,1 / 1,3 \text{ mm/s (IP01)}$$

$$v_{\max} < 0,5 / 0,3 \text{ mm/s (IP02)}$$

ausgewiesen. Der Vergleich mit dem Anhaltswert

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

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

7.2.2 Vibrationsramme

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand der Verbauarbeiten mit Vibrationsramme zu den Gebäuden sind für Holzbalkendecken in **Anhang 4.3** und für Stahlbetondecken in **Anhang 4.4** dargestellt.

Für die exemplarisch betrachteten Bebauungen ergeben sich am Fundament maximalen Schwinggeschwindigkeiten von

$$v_{\max} = 0,6 \text{ mm/s (IP01)}$$

$$v_{\max} = 0,2 \text{ mm/s (IP02)}$$

Der heranzuziehende Anhaltswert gemäß **DIN 4150-3** /5/ für die Erschütterungseinwirkungen am Fundament von

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

wird für die beiden exemplarischen Immissionsorte unterschritten.

Für die maßgebenden Geschossdecken an den exemplarischen Immissionsorten (Holzbalken/Stahlbeton) werden maximale Werte

$$v_{\max} < 1,8 / 1,7 \text{ mm/s (IP01)}$$

$$v_{\max} < 0,3 / 0,7 \text{ mm/s (IP02)}$$

ausgewiesen. Der Vergleich mit dem Anhaltswert

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

gemäß **DIN 4150-3** für kurzzeitige Erschütterungen auf Geschossdecken belegt, dass während der Bohrarbeiten 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 Erschütterungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Demgemäß sind die mit den Bauleistungen beauftragten Unternehmen dahingehend vertraglich zu verpflichten, dass sie ausschließlich Bauverfahren und Baugeräte einsetzen, die dem (fortschreitenden) Stand der Technik entsprechen.

Die durchgeführte erschütterungstechnische Untersuchung belegt, dass im Tagzeitraum erhebliche Belästigungen im Sinne der **DIN 4150-2** während der geplanten Bohr- und Rammarbeiten im Zuge des Neubaus der Eisenbahnüberführung Niemetzstraße nicht vollständig ausgeschlossen werden können. Die in **Kapitel 7.1.1** und **7.1.2** ausgewiesenen Dauer der reinen Baumaßnahmen sind daher zu berücksichtigen.

Es ist darüber hinaus zu empfehlen vor dem Beginn der schwingungsintensiven Bauarbeiten die Maßnahmen a) bis e) und gegebenenfalls auch die Maßnahmen f) gemäß **DIN 4150-2** zu ergreifen.

Ab einem Grenzabstand von ca.

$$d_{\text{Tag}} \geq 44 \text{ m}$$

ist nicht mit erheblichen Belästigungen im Tagzeitraum zu rechnen.

Gebäudeschäden im Sinne der **DIN 4150-3** sind während der geplanten Baumaßnahmen nicht zu erwarten.

AUFGESTELLT:

GEPRÜFT:



Dipl.-Phys. Andreas Malizki

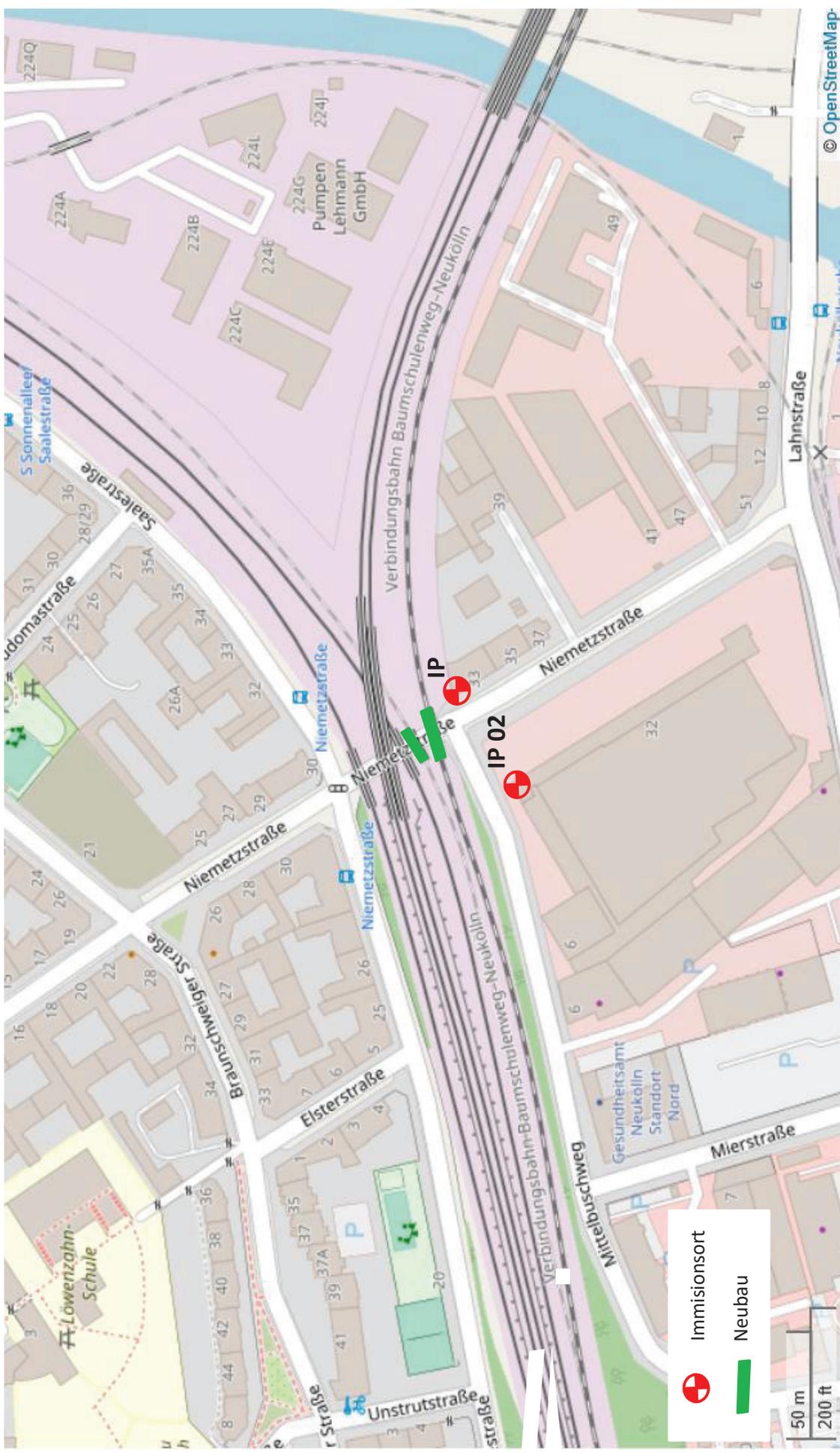


Dipl.-Ing. Karoline Urlaub

ANHANG

Übersichtslageplan: Neubau EÜ Niemetzstraße

F:\19\21\012\kx_Darmstadt\dr_Projekte\X_2019\800_EUE_Niemetzstra%C3%9Cenbearbeitung\Übersichtslageplan.spl\ANHANG 1



05.07.2019

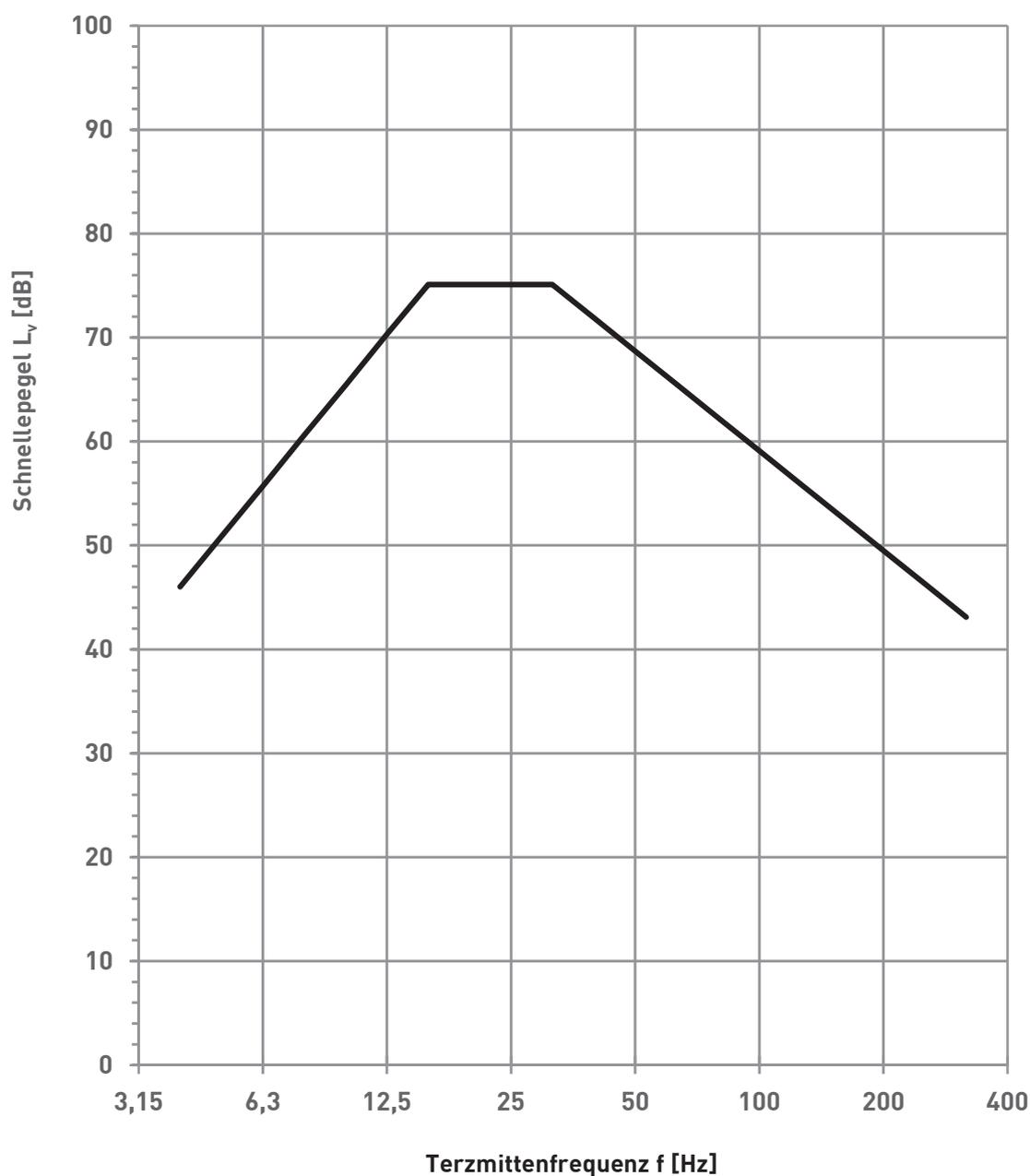
KREBS+KIEFER FRITZ AG - Heinrich-Hertz-Straße 2 - 64295 Darmstadt
Tel. (06151) 885-383 - www.kuk.de

Emissionsspektrum

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetzen d. Bohrrohre)

F:\19\21\2101\24xx_Darmstaedter_Projekte\X_20198040_EUE_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Bohrpfahl.xlsx\2.1.1_Emission

Messpunkt (Abstand): 7 m
Arbeitsfrequenz: - Hz
Schwingrichtung: z
Quellentyp: 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	Σ
0,66	v_{Fmax}

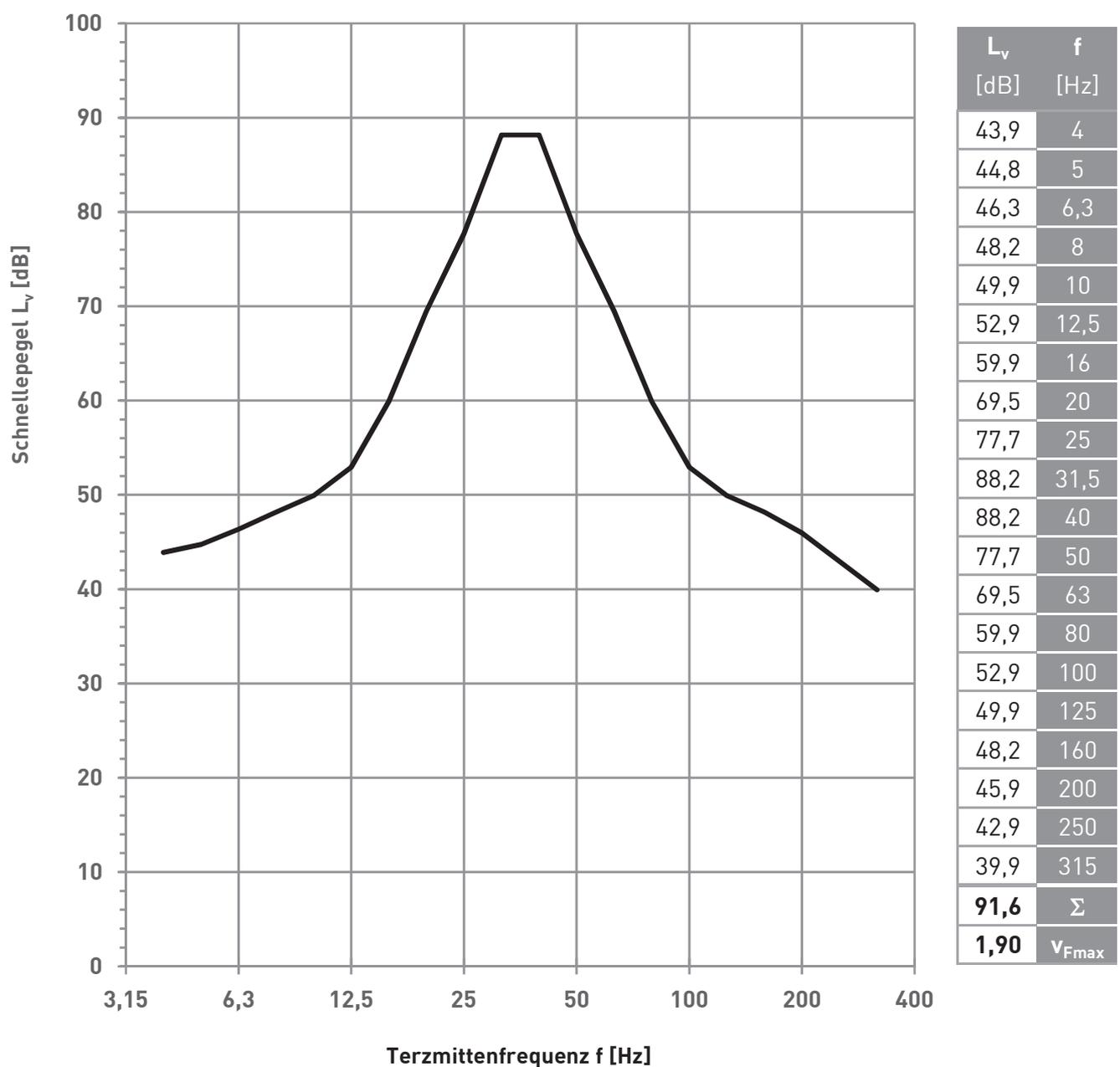
05.07.2019

Emissionsspektrum

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

F:\19\21\2101\24xx_Darmstaedter_Projekte\X_20198040_EUE_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Vibrationsramme.xlsx\2.1.1_Emission

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



05.07.2019

T₂-Funktion

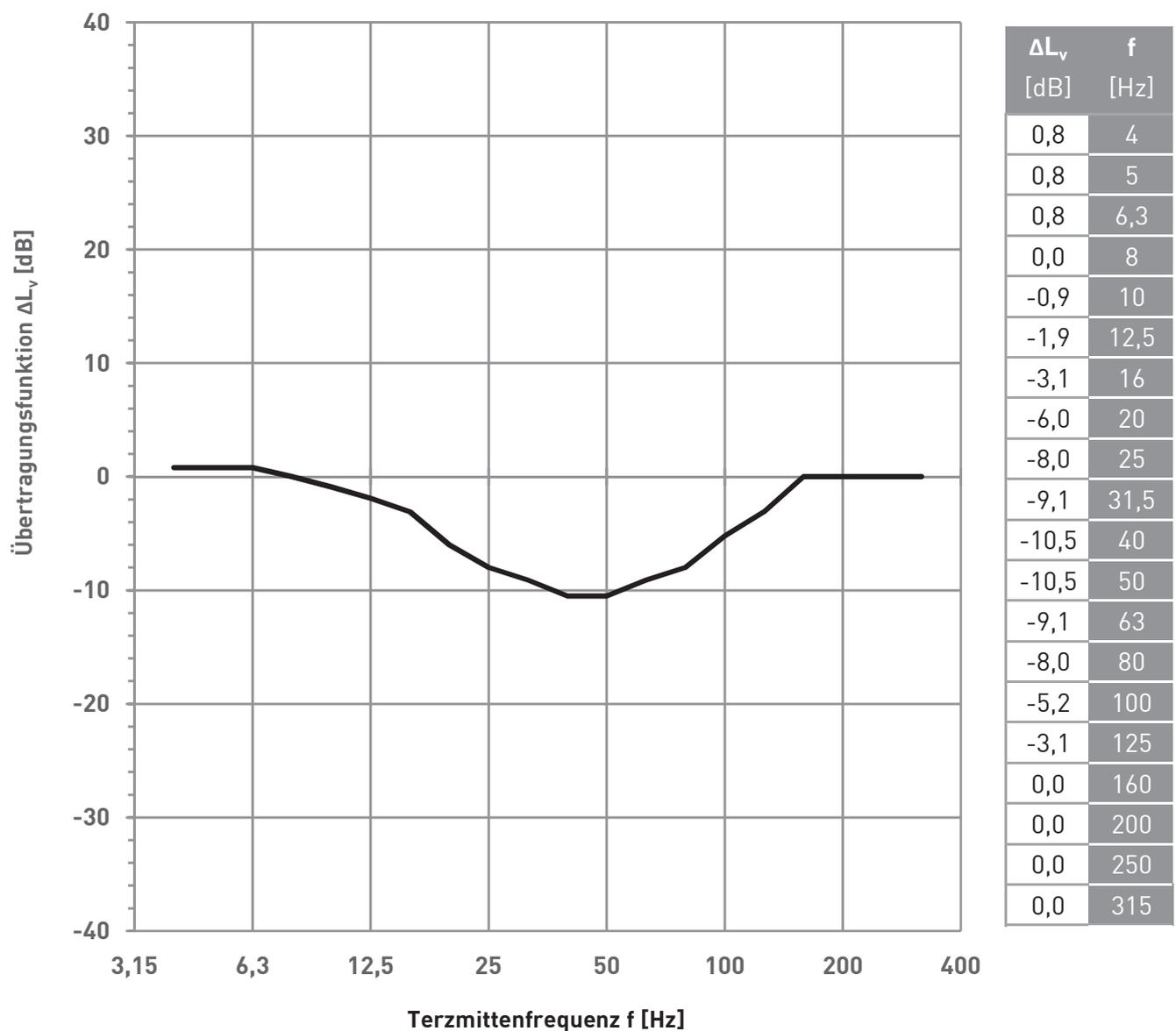
Übertragung Erdreich - Fundament

F:\19\21\2101\24xx_Darmstaedter_Projekte\X_20198040_EUE_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Bohrpfahl.xlsx\2.2_T2

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: Mehrfamilienhäuser

Schwingrichtung: vertikal (z)



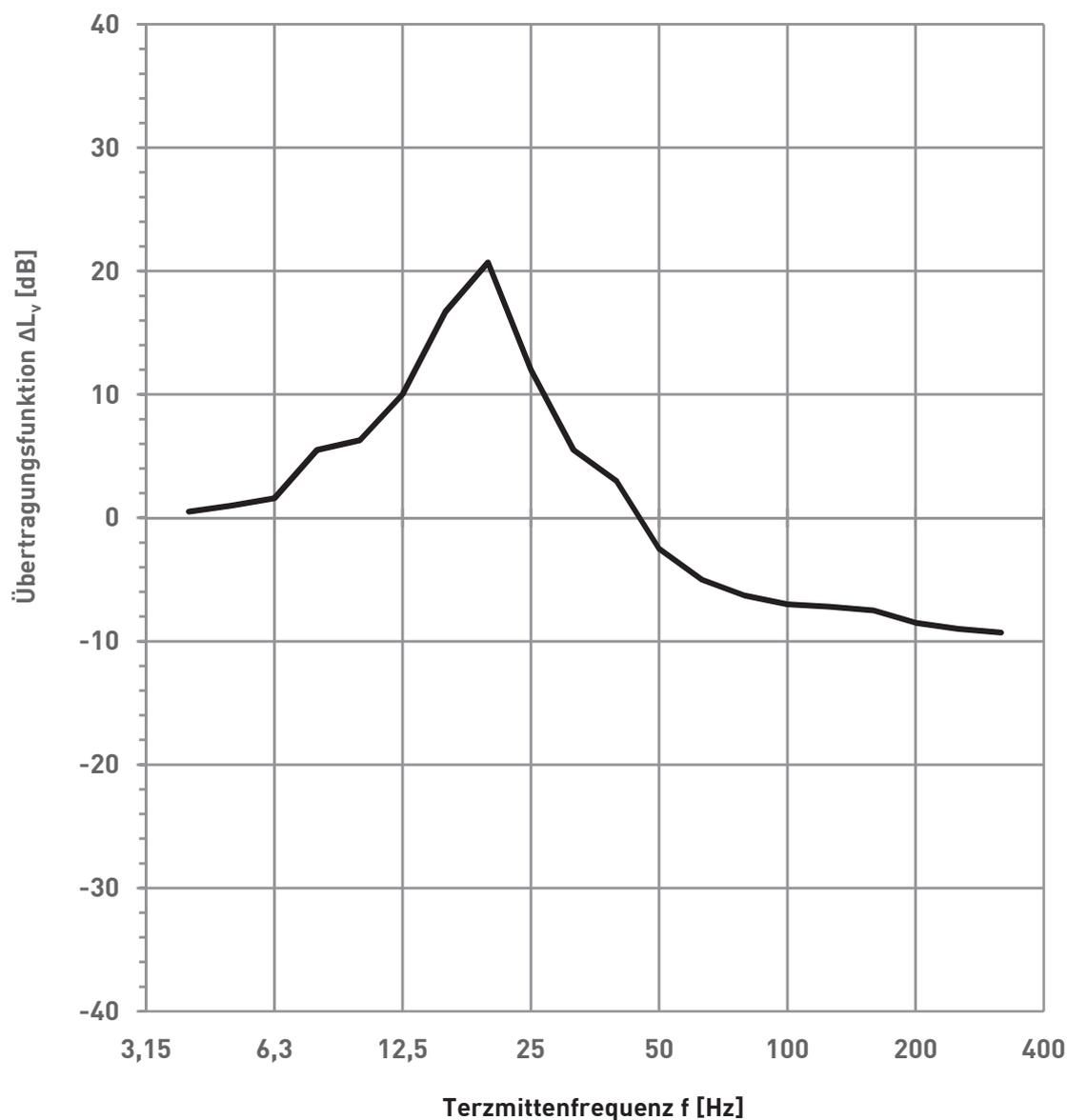
05.07.2019

T₃-Funktion

Übertragung Fundament - Geschossdecke

F:\19\21\2101\24xx_Darmstaedter_Projekte\X_20198040_EUE_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Bohrpfahl.xlsx\2.3_T3-Holz

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



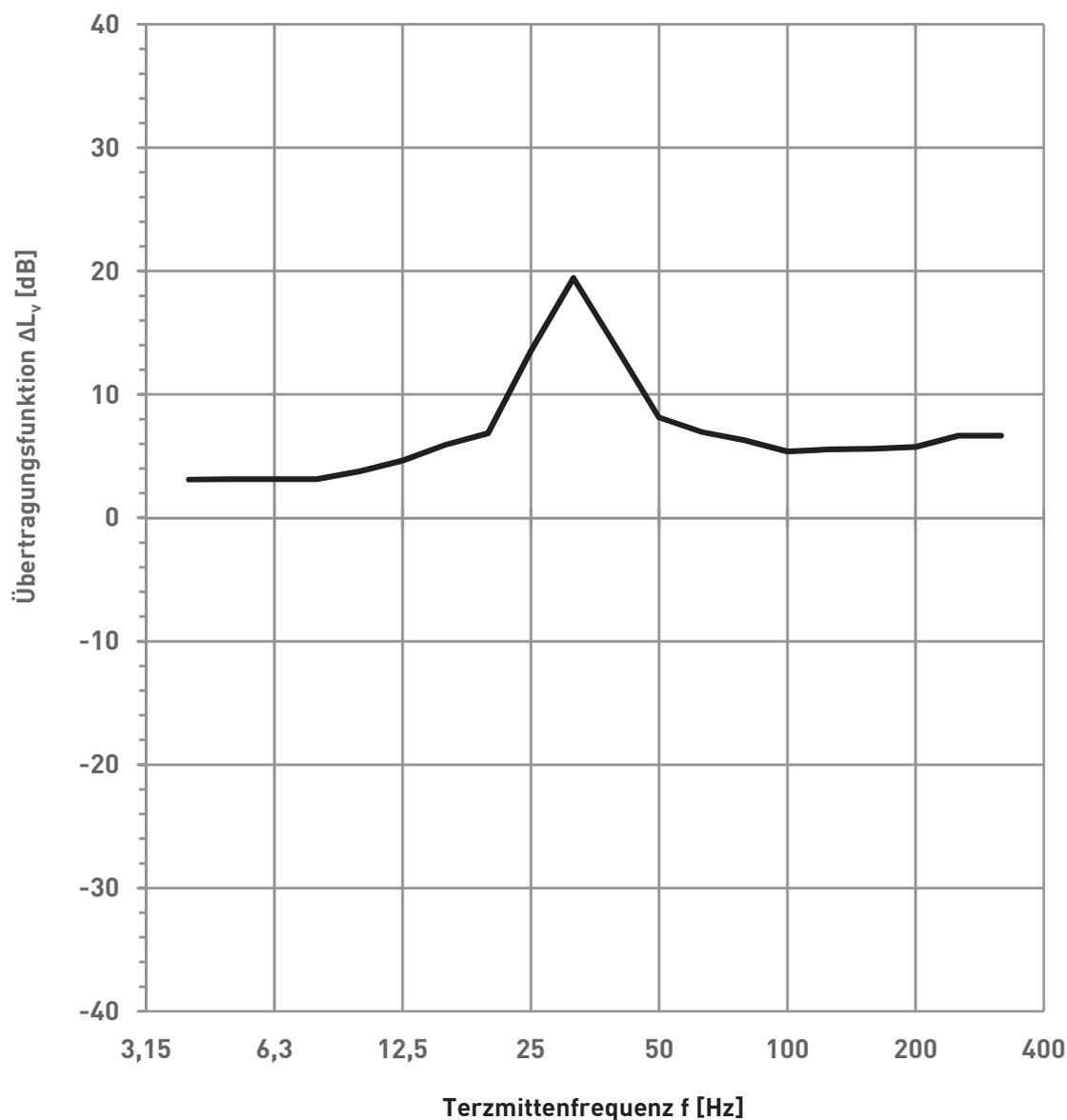
ΔL_v [dB]	f [Hz]
0,5	4
1,0	5
1,6	6,3
5,5	8
6,3	10
10,0	12,5
16,7	16
20,7	20
12,0	25
5,5	31,5
3,0	40
-2,5	50
-5,0	63
-6,3	80
-7,0	100
-7,2	125
-7,5	160
-8,5	200
-9,0	250
-9,3	315

T₃-Funktion

Übertragung Fundament - Geschosdecke

F:\19\21\2101\24xx_Darmstaedter_Projekte\X_20198040_EUE_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Bohrpfahl.xlsx\2.4_T3-Beton

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



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

05.07.2019

KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten

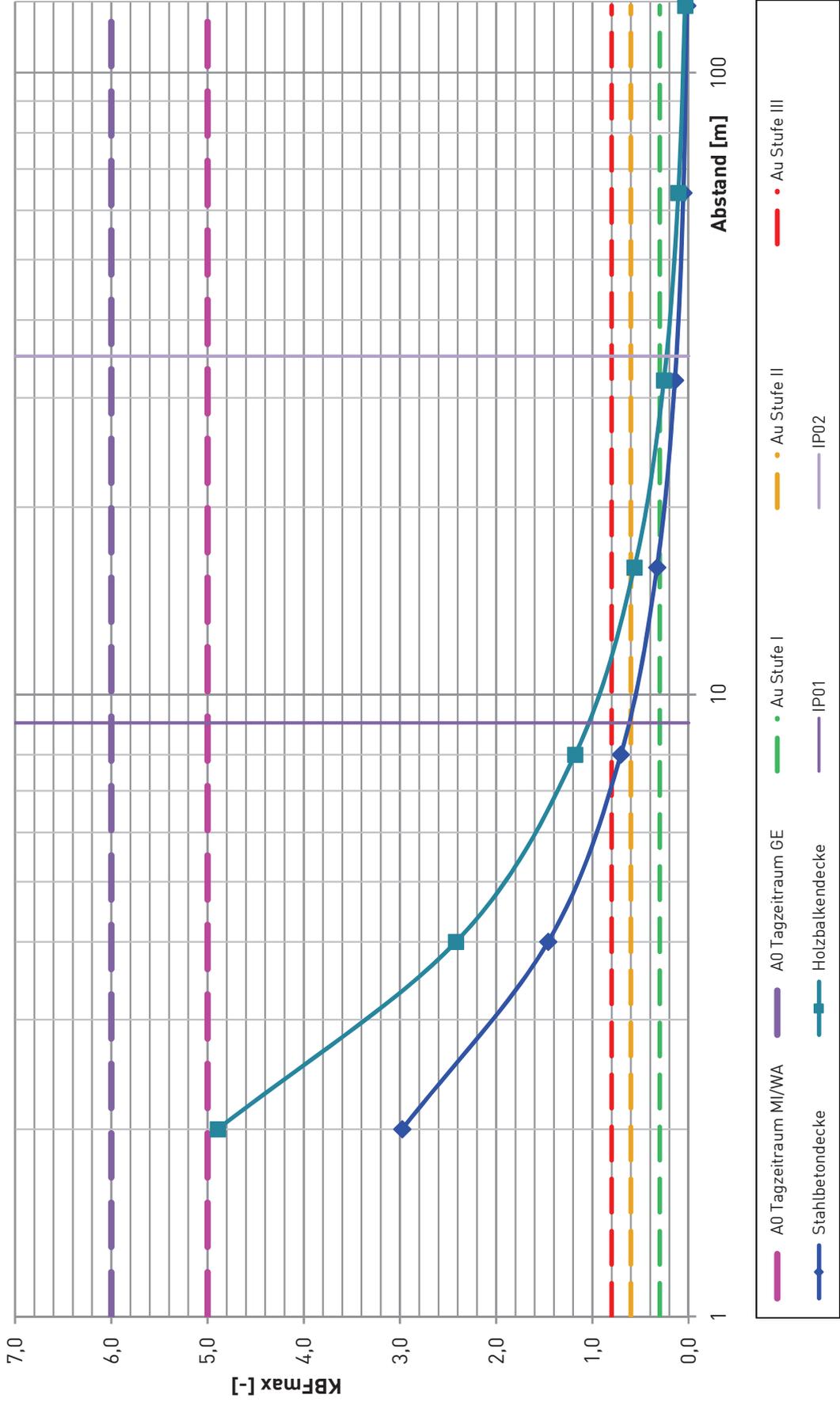
Tagzeitraum

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetzen d. Bohrröhre)



F:\19\2\1201\24xx_Darmstaedter_ProjekteX_20198040_EUE_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Bohrpfaehl.xlsx\3.1_KBFmaxT

maximale Schwingstärke KB_{Fmax}



05.07.2019

KB_{FT_r} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

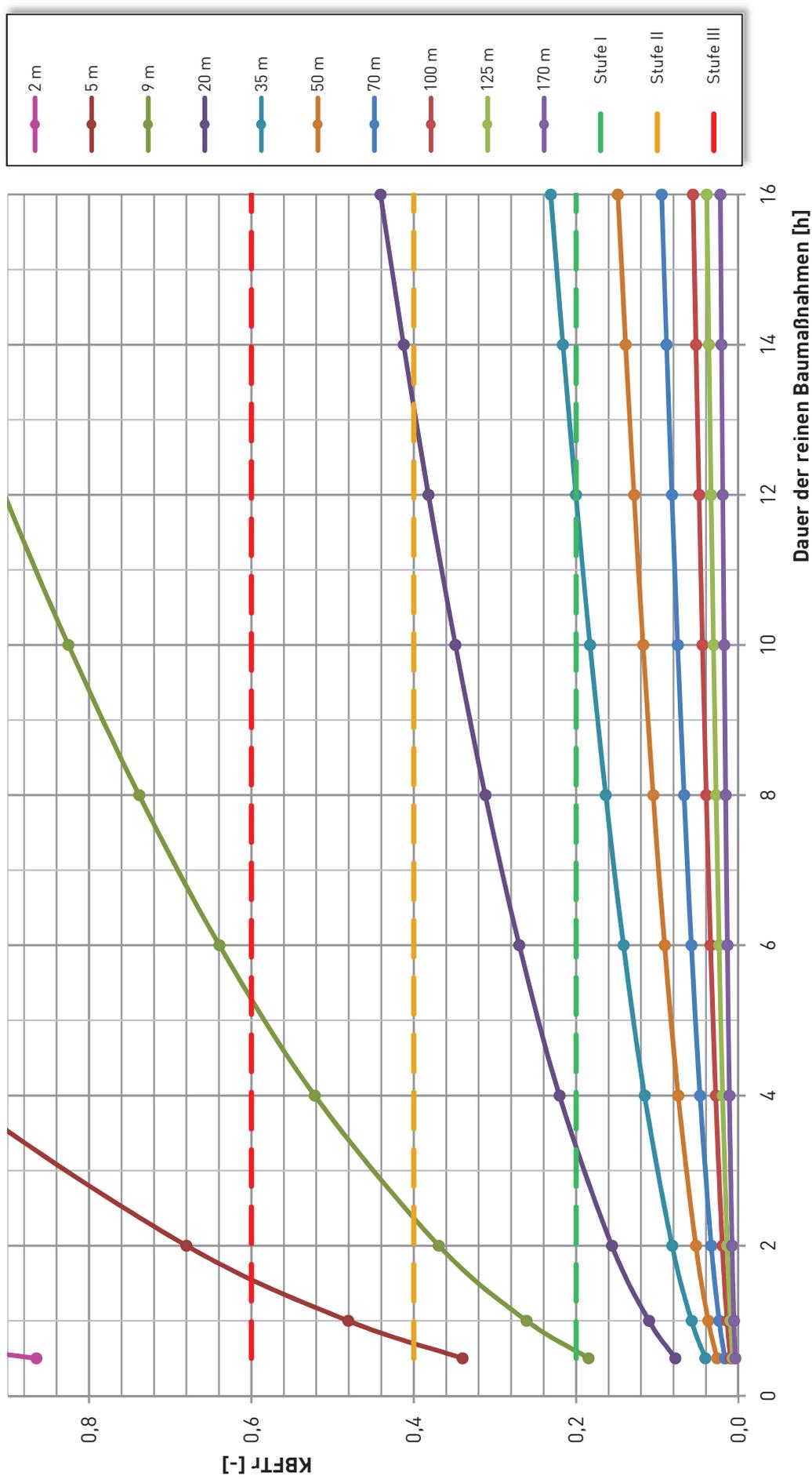
Holzbalkendecken

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetz)



F:\19\21201\24xx_Darmstaedter_Projekte\X_20198040_EUE_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Bohrpfahl.xlsx\3.2_KBFT_r_Holz_T

Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r}



05.07.2019

KB_{FT_r} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

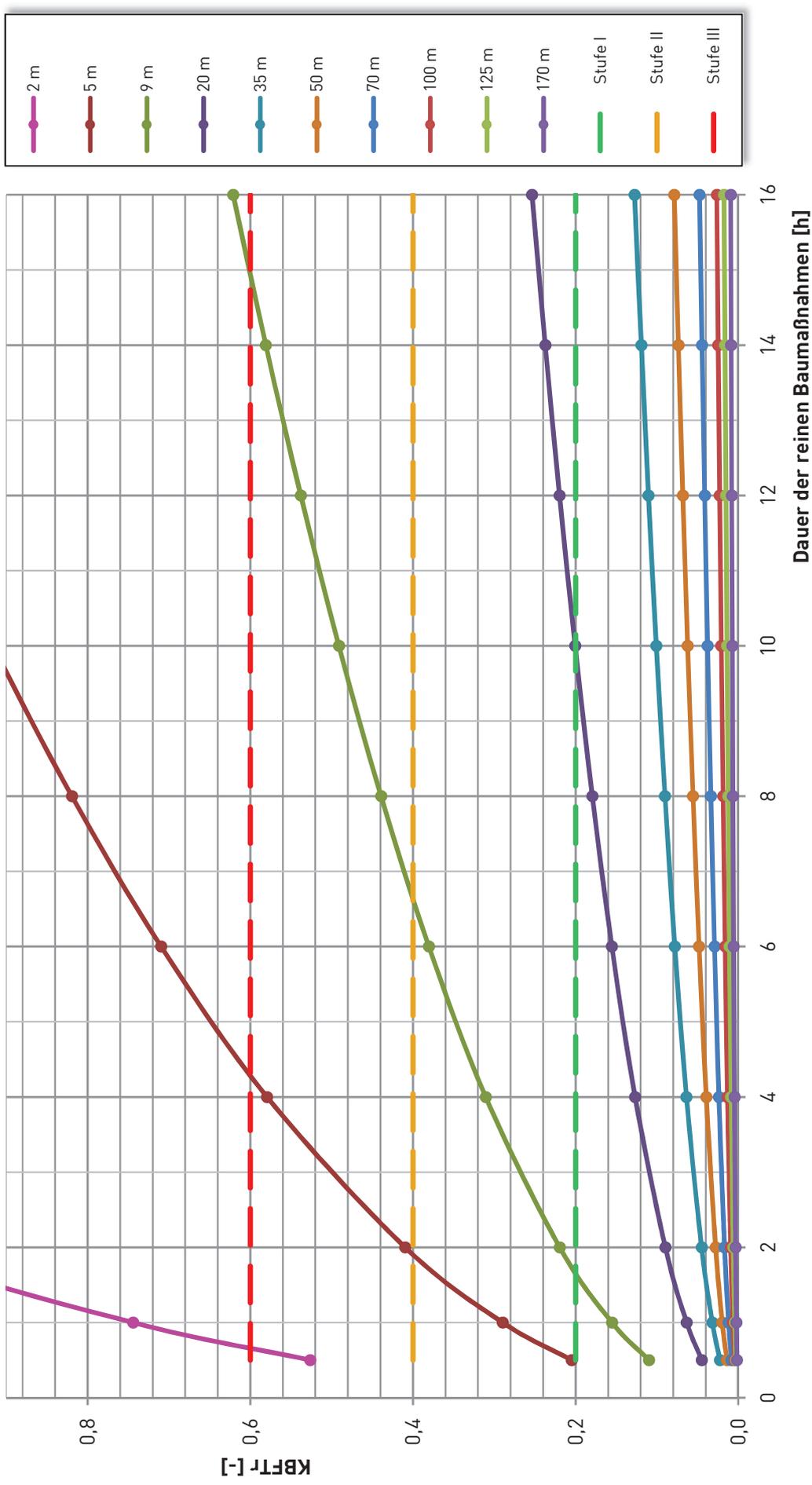
Stahlbetondecken

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetz)



F:\19\21210124xx_Darmstaedter_Projekte\X_20198040_EUE_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Bohrpfahl.xlsx\3.3_KBFT_r_Beton_T

Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r}



05.07.2019

KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten

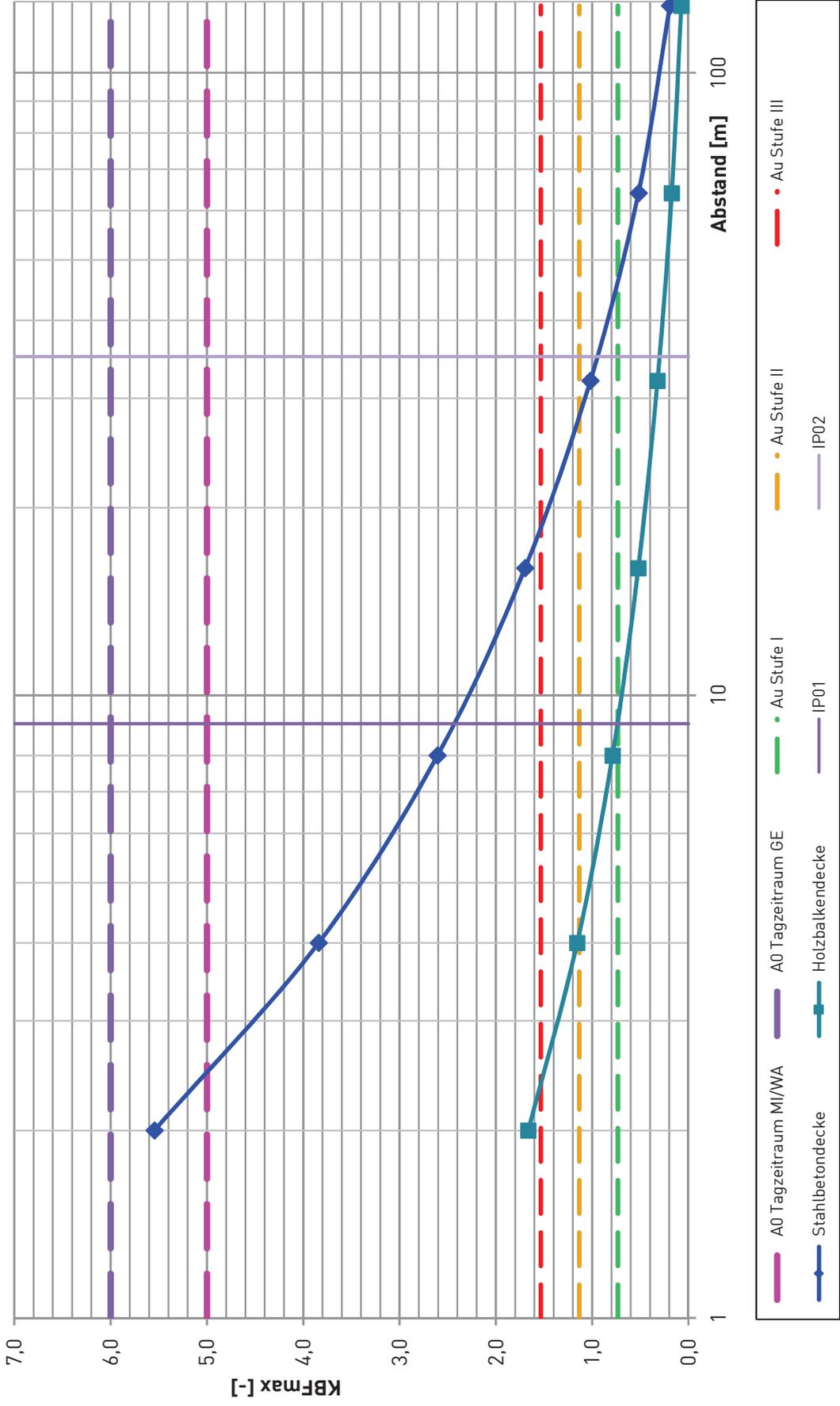
Tagzeitraum

Vibrationsramme (Normalbetrieb)



F:\19\2\1201\24xx_Darmstaedter_Projekte\X_20198040_EUE_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Vibrationsramme.xlsx\3.4_KBFmaxT

maximale Schwingstärke KB_{Fmax}



05.07.2019

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

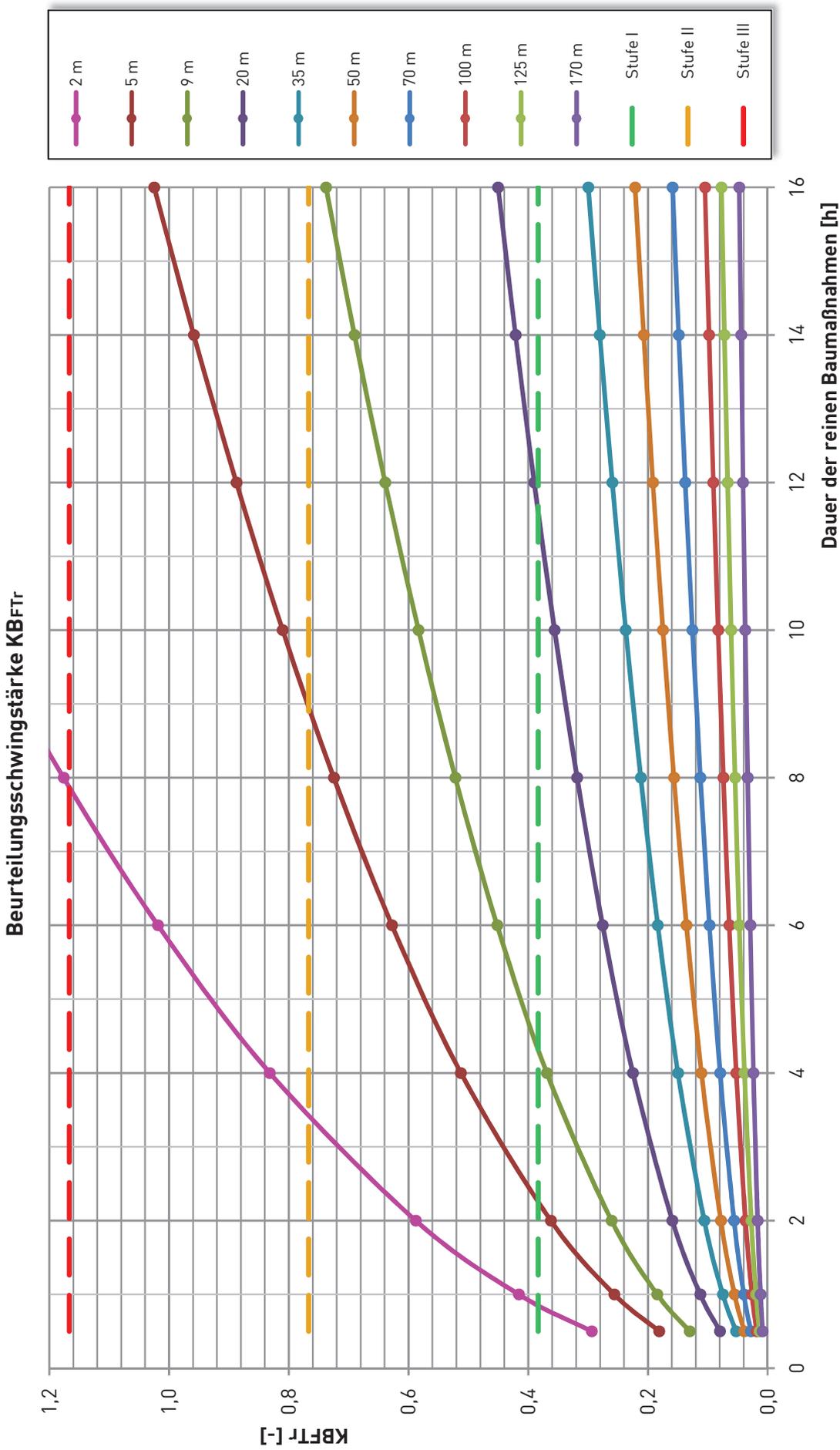
Tagzeitraum

Holz balkendecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)



\\kuk\da\Bauphysik\B_Projekte\2019\80_40_805_DBNetz_Eue_Niemetzstrasse\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Vibrationsramme.xlsx\3.5_KBFTTr_Holz_T



10.07.2019

KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

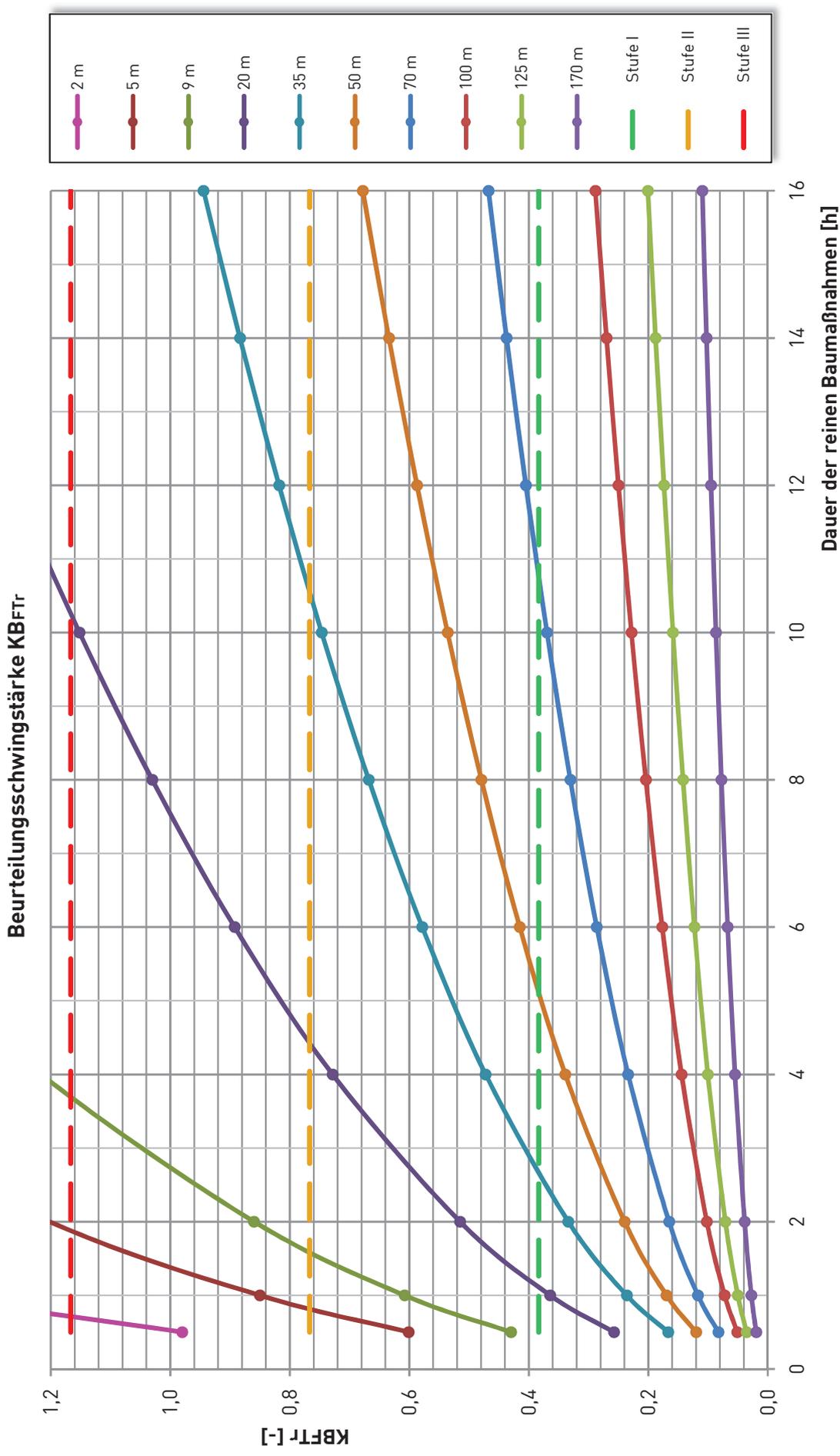
Tagzeitraum

Stahlbetondecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)



\\kuk\da\Bauphysik\B_Projekte\2019\80_40_805_DBNetz_Eue_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Vibrationsramme.xlsx\3.6_KBFT_r_Beton_I



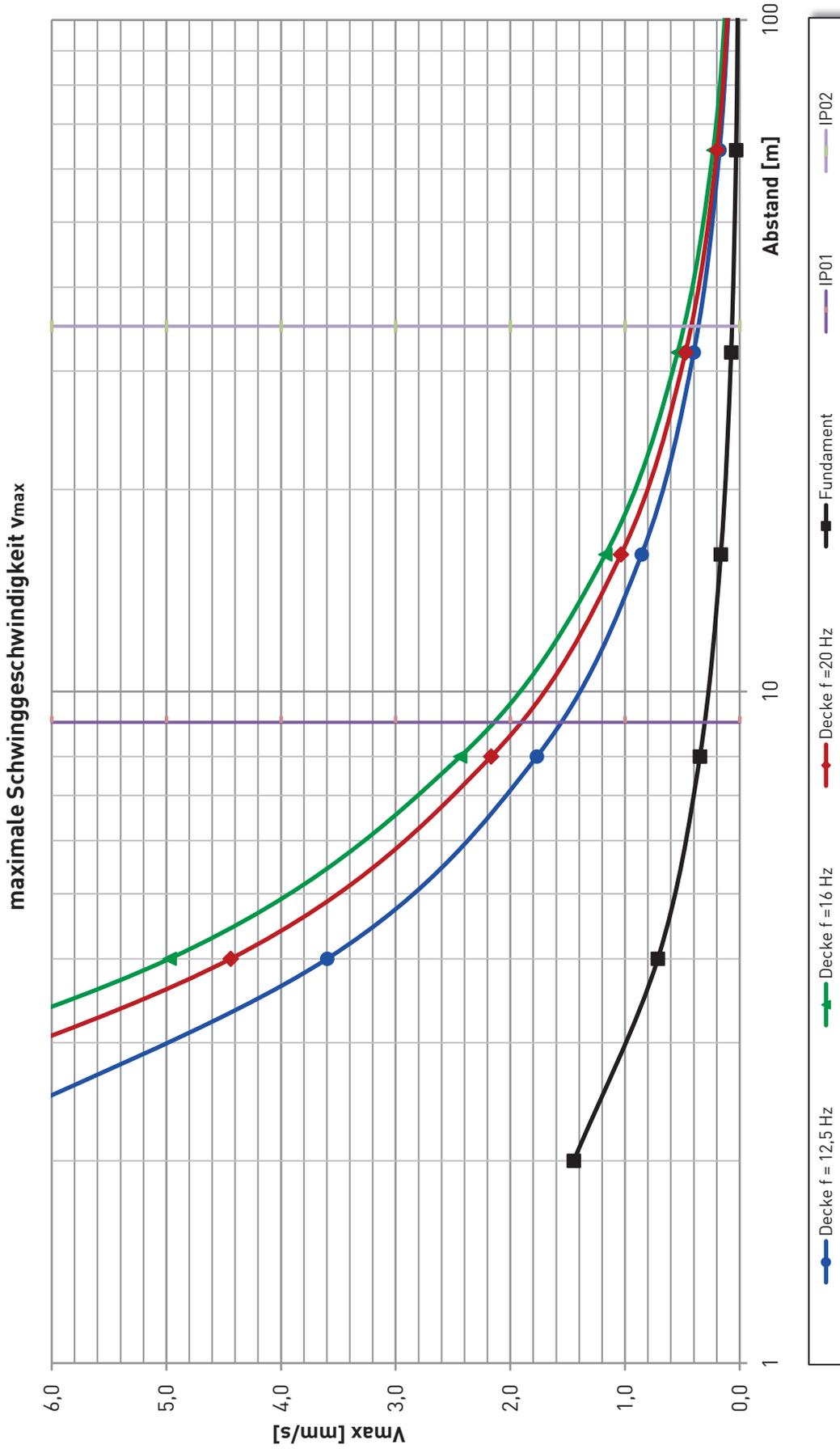
10.07.2019

Maximale Schwinggeschwindigkeit

in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken

Einbringen v. Bohrpfählen (aufsetz)

F:\19\21\2101\2xxx_Darmstaedter_ProjekteX_20198040_EUE_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Bohrpfahl.xlsx\4.1_Vmax_Holz



12.07.2019

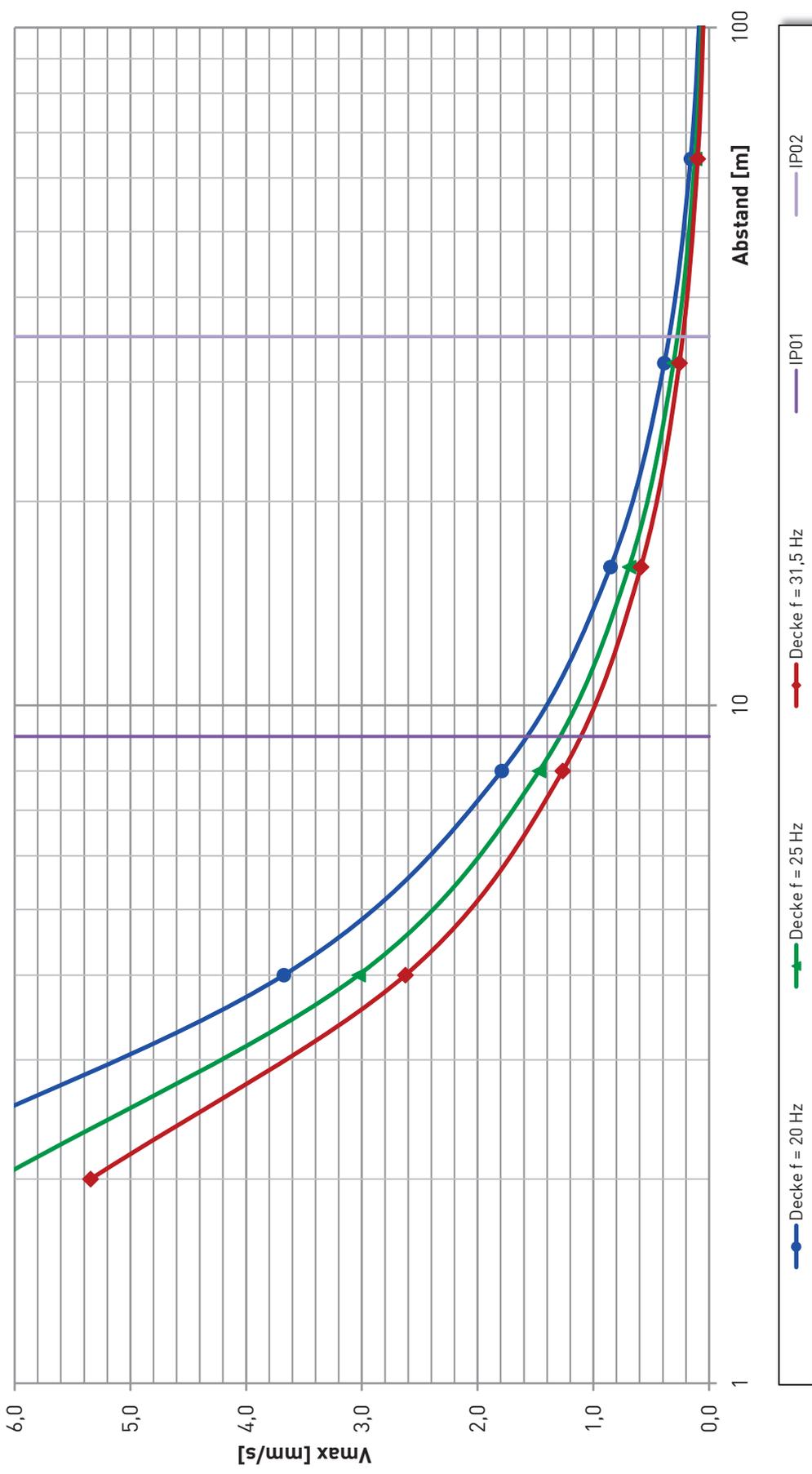
Maximale Schwinggeschwindigkeit

in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken

Einbringen v. Bohrpfehlen (aufsetz)

F:\19\21\2101\2xxx_Darmstaedter_ProjekteX_20198040_EUE_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Bohrpfahl.xlsx\4.2_Vmax_Stb

maximale Schwinggeschwindigkeit v_{max}



12.07.2019

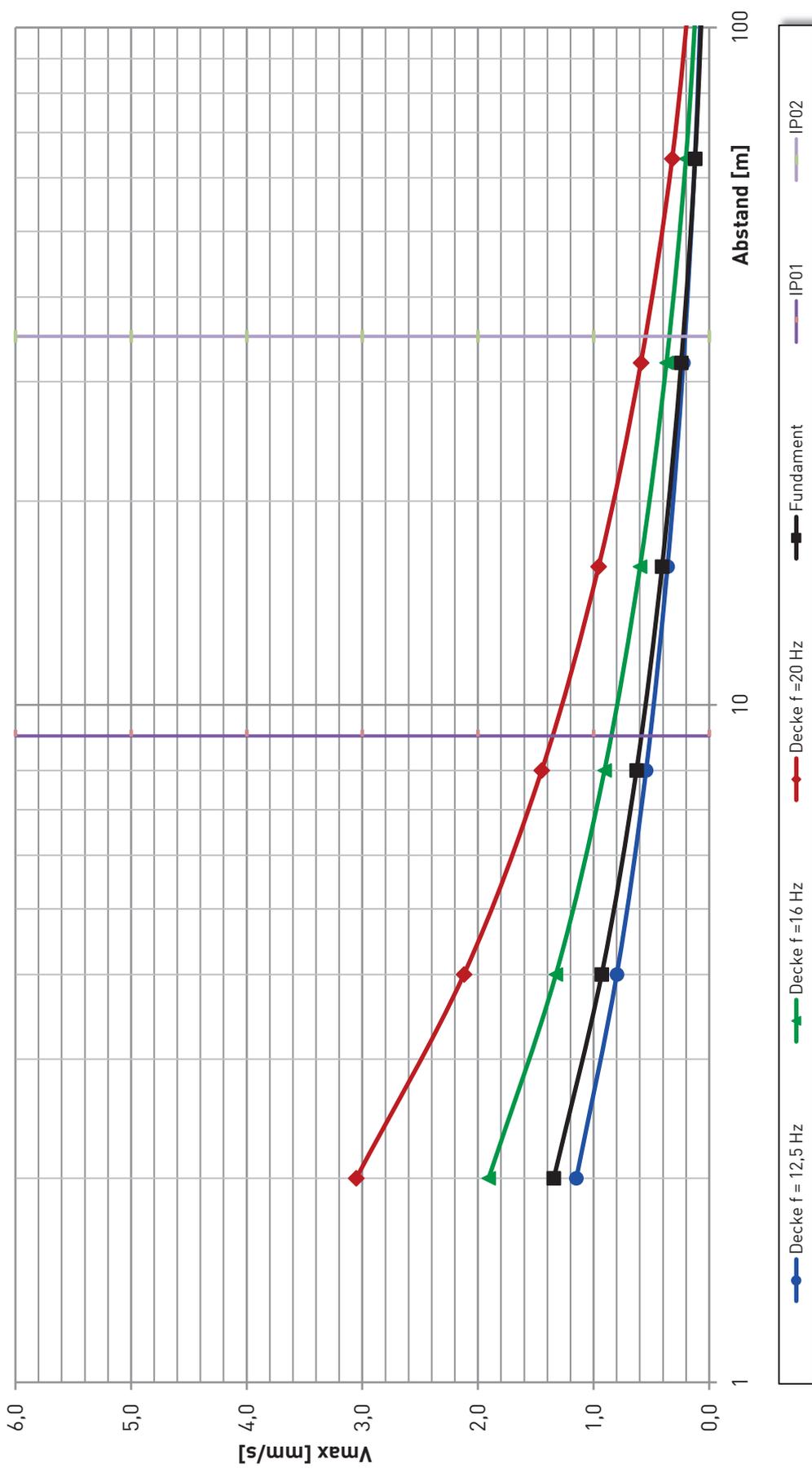
Maximale Schwinggeschwindigkeit

in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

\\kuk\da\Bauphysik\B_Projekte\2019\80_40_805_DBNetz_Eue_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE_1_Vibrationsramme.xlsx\4.3_Vmax_Holz

maximale Schwinggeschwindigkeit v_{max}



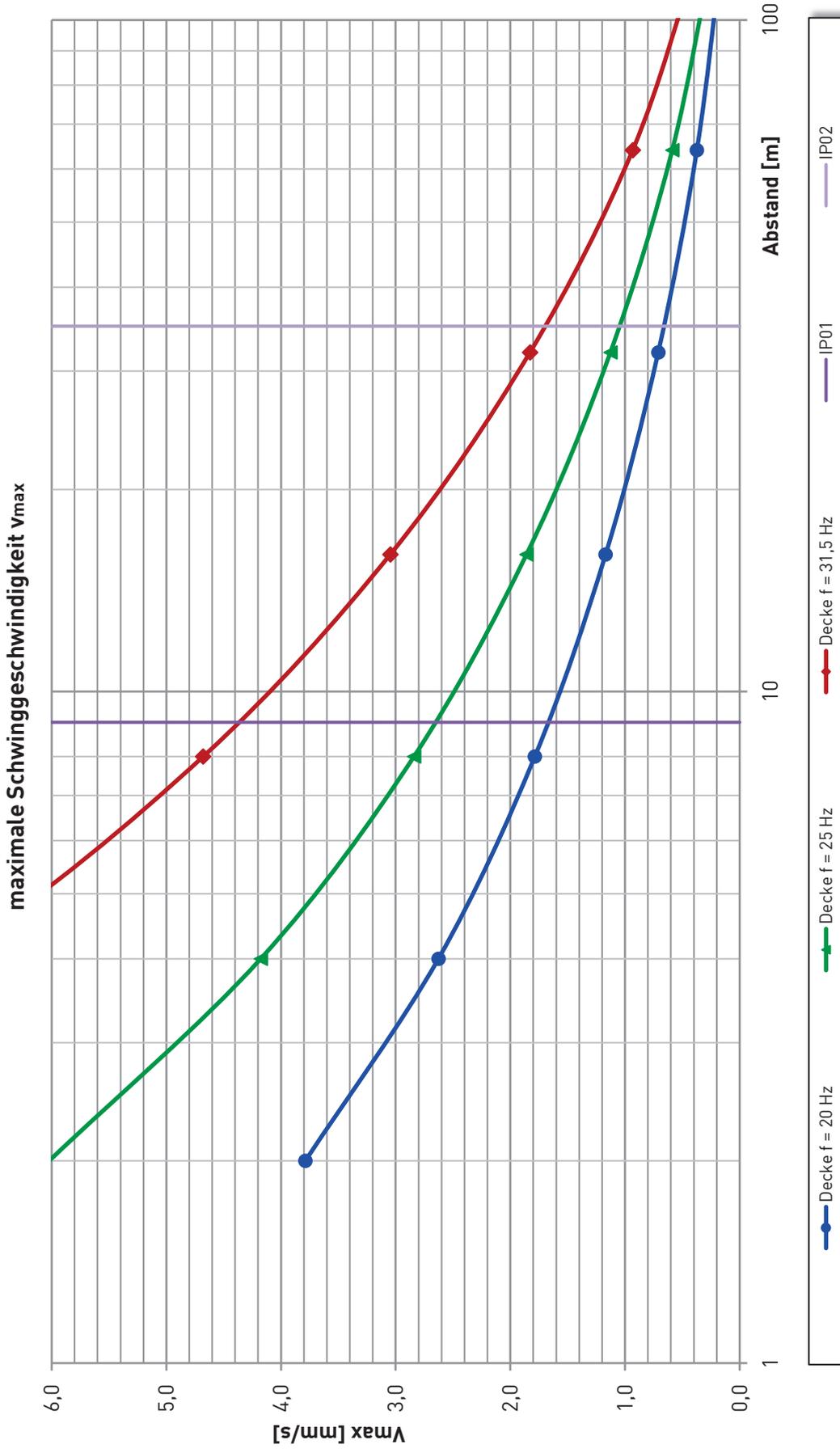
12.07.2019

Maximale Schwinggeschwindigkeit

in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

\\kuk\da\Bauphysik\B_Projekte\2019\8040_805_DBNetz_Eue_Niemetzstraße\C_Bearbeitung\20198040_ABE-1_Vibrationsramme.xlsx\4.4_Vmax_Stb



12.07.2019