

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

BAUVORHABEN:	Errichtung der RWE Rheinwassertransportleitung
UMFANG:	Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen
AUFTRAGGEBER:	RWE Power AG Stüttgenweg 2 50935 Köln
BEARBEITUNG:	KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH Heinrich-Hertz-Straße 2 64295 Darmstadt T 06151 885-383 F 06151 885-220
AKTENZEICHEN:	20220391-808-ABE-1
DATUM:	Darmstadt, 03.06.2024

Dieser Bericht umfasst 24 Seiten und 7 Anhänge mit 27 Blättern (Gesamt: 51 Seiten)

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	Anlass und Aufgabenstellung	5
2	Grundlagen	5
2.1	Bearbeitungsgrundlagen	5
2.2	Anforderungen an den Schwingungsschutz	6
2.2.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	6
2.2.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	8
2.2.2.1	Allgemeines	8
2.2.2.2	Kurzzeitige Erschütterungen	8
2.2.2.3	Dauererschütterungen	9
2.3	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	10
2.3.1	Emissionen	11
2.3.2	Transmission	11
2.3.2.1	Transferfunktion T_1	11
2.3.2.2	Transferfunktionen T_2 und T_3	13
2.3.3	Immissionen	13
3	Örtliche Gegebenheiten	14
3.1	Beschreibung des Baustellenbetriebs	14
3.2	Einwirkungsbereiche	15
4	Untersuchungsergebnisse	16
4.1	Emissionen	16
4.2	Immissionen	17
4.2.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	17
4.2.1.1	Tunnelfräse	18
4.2.1.2	Vibrationsramme	18
4.2.1.3	Vibrationswalze	19
4.2.1.4	Vermeidungsmaßnahmen	20
4.2.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	21
4.2.2.1	Immissionen	21
5	Zusammenfassung	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Erschütterungstechnische Anhaltswerte für Baumaßnahmen	7
Tabelle 2:	Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen auf Gebäude	9
Tabelle 3:	Anhaltswerte für Dauererschütterungen auf Gebäude	10
Tabelle 4:	Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen	17

Anhänge

Anhang 1	Lagepläne
Anhang 2	Emissionspektren
Anhang 3	T ₂ -Funktion / T ₃ -Funktion
Anhang 4	Berechnungsblätter Tunnelbohrmaschine
Anhang 5	Berechnungsblätter Vibrationsramme
Anhang 6	Berechnungsblätter Verdichtungsarbeiten
Anhang 7	Konfliktkarten

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 [-]
BauNVO	Baunutzungsverordnung
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 [%]
EO	Einwirkungsort
f	Frequenz [Hz]
f ₀	Deckeneigenfrequenz [Hz]
GE	Gebiete, in denen vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind
GI	Gebiete, in denen ausschließlich gewerbliche Anlagen untergebracht sind
h	Stunde
Hb	Holzbalkendecke
Hz	Hertz, Schwingung je Sekunde
HS	harmonisch / stationär
I	impulsförmig

KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB_{FTr}	Beurteilungsschwingstärke [-]
MI/MK/MD/MU	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
SK /SO	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen
Stb	Stahlbetondecke
T	Übertragungsfunktion
T_E	Einsatzdauer [h]
T_r	Beurteilungszeit [h]
v_0	Referenzwert für die Schwingschnelle [$5 \cdot 10^{-8}$ m/s]
v_i	Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
v_{max}	maximale Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
v_z	zulässige Schwinggeschwindigkeit auf Geschossdecken gemäß DIN 4150-3 [mm/s]
WA/WR/WB/WS	Gebiete, in denen vorwiegend Wohnnutzungen untergebracht sind

1 Anlass und Aufgabenstellung

Derzeit wird der Bau der Rheinwassertransportleitung der RWE Power AG geplant. Die Transportleitung soll die Tagebauen Garzweiler und Hambach mit Wasser aus dem Rhein befüllen. Hierfür werden bei der Bündelungsleitung drei, parallel verlaufende, Rohrleitungen verbaut. Für die Garzweiler- und Hambach-Leitung werden jeweils zwei Rohrleitungen verbaut.

Da sich im Umfeld der geplanten Baumaßnahmen schutzbedürftige Nutzungen, insbesondere Wohngebäude befinden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass während des Baubetriebs belastigende Erschütterungseinwirkungen in der Umgebung auftreten werden. In der vorliegenden Untersuchung werden daher die Einwirkungen des Baubetriebs auf die vorhandenen schutzwürdigen Nutzungen quantifiziert und beurteilt. Hierzu werden die aus Sicht des Erschütterungsschutzes relevanten Bautätigkeiten hinsichtlich der hierdurch hervorgebrachten Erschütterungsimmissionen untersucht. Die Untersuchung wird für fünf ausgewählte Querschnitte durchgeführt. Die Auswahl der Querschnitte beruht aus der Planung ergebenden geringsten Entfernung zu schutzbedürftigen Gebäuden entlang der Baustelle.

Die Beurteilung der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen erfolgt auf Grundlage der DIN 4150. Sofern erhebliche Belästigungen durch Bauerschütterungen nicht ausgeschlossen werden können, ist zu klären, welche nach dem gegenwärtigen Stand der Technik verfügbaren Vorsorgemaßnahmen zur Konfliktbewältigung bzw. zur Konfliktminimierung geeignet sind.

2 Grundlagen

2.1 Bearbeitungsgrundlagen

Der durchgeführten erschütterungstechnische Untersuchung liegen die folgenden Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Planunterlagen und Schriftsätze zu Grunde:

- /1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- /2/ Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (Erschütterungs-Leitlinie), Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI), Mai 2000
- /3/ Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 21.12.2010, Az: BVerwG 7 A 14.09
- /4/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen: Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Dezember 2022

- /5/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- /6/ DIN 4150, Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Dezember 2016
- /7/ Bebauungspläne im Umfeld der Transportleitung, örtliche Gemeinden, online abgerufen am 06.10.2023 / 17.10.2023 / 20.10.2023 / 24.10.2023 / 14.11.2023
- /8/ Planunterlagen der geplanten Transportleitung; Spiekermann Ingenieure GmbH, Stand: Dezember 2022
- /9/ Baugrundannahme LP3 – Verteilbauwerk inkl. Baugrube, ARGE Dorsch Gruppe RWTL c/o Spiekermann Ingenieure GmbH, Stand: 29.09.2023
- /10/ Gutachten über die Baugrundverhältnisse im Bereich des Auslaufbauwerkes, Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH, Stand: Mai 2023
- /11/ Gutachten über die Baugrundverhältnisse im Bereich der Rheinwassertransportleitung bei Dormagen – Teilprojekt Pumpwerk, Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH, Stand: 27.11.2023

2.2 Anforderungen an den Schwingungsschutz

2.2.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Für die Ermittlung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden wird das in DIN 4150-2 /5/ beschriebene Beurteilungsverfahren angewendet. Hierfür sind

- die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und
- die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT}

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.

Dauer	D ≤ 1 Tag			6 d < D ≤ 26 d			26 d < D ≤ 78 d		
	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

Für Einwirkungen, bei denen KB_{Fmax} größer als A_u , jedoch kleiner als A_o ist, ist in einem weiteren Prüfschritt die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTF} zu ermitteln und mit dem Beurteilungsanhaltswert A_r zu vergleichen. Ist KB_{FTF} 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 /5/ 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 relevante Erschütterungseinwirkungen entstehen. Bei einer Einwirkdauer D zwischen einem Tag und sechs Tagen sind die Anhaltswerte entsprechend zu interpolieren.

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.

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

2.2.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

2.2.2.1 Allgemeines

Zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen werden die Vorgaben der DIN 4150-3 /6/ 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.

2.2.2.2 Kurzzeitige Erschütterungen

Für die Beurteilung der kurzzeitigen Erschütterungseinwirkungen auf das Gesamtbauwerk sowie auf die Geschosdecken nennt die DIN 4150-3 Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schädigungen

im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden nicht zu erwarten sind. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle 2 für unterschiedliche Gebäudearten zusammengefasst.

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

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

Tabelle 2: Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen auf Gebäude

2.2.2.3 Dauererschütterungen

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

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

Tabelle 3: Anhaltswerte für Dauererschütterungen auf Gebäude

2.3 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

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

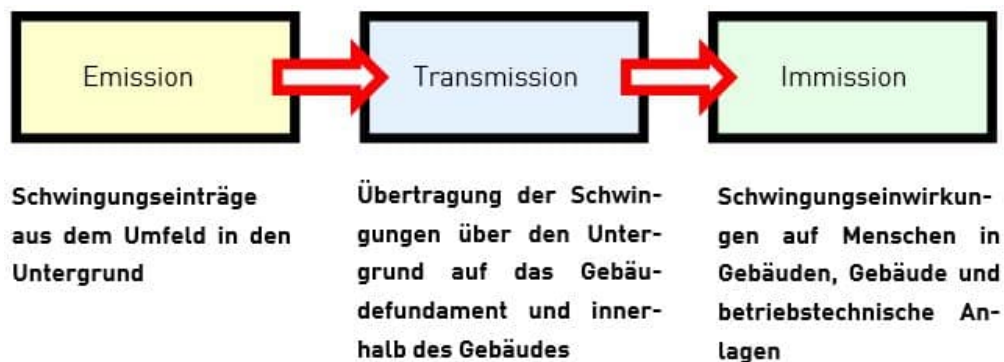


Abbildung 1: Ursachen-Wirkungs-Prinzip

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

2.3.1 Emissionen

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

Die im vorliegenden Fall maßgebenden erschütterungsrelevanten Bauaktivitäten werden in Anhang 2 als Emissionen mittels Terzbandspektren der Schwingschnelle grafisch dargestellt. Die angegebenen Schwingschnellen beziehen sich in der Regel jeweils auf eine Messposition im Boden in einem bestimmten Abstand. Die Emissionsspektren sind keine exemplarischen Spektren, sondern stellen eine obere Einhüllende der bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen anzutreffenden Emissionen dar.

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

2.3.2 Transmission

2.3.2.1 Transferfunktion T_1

Die Transferfunktion T_1 beschreibt die geometrische Amplitudenabnahme, die durch die Verminderung der Energiedichte mit wachsender Entfernung von der Erschütterungsquelle hervorgerufen wird und die vom Quellentyp und der Ausbreitungsform (Wellenart) abhängig ist. Für die T_1 -Funktion wird die entfernungsbedingte Erschütterungsabnahme nach DIN 4150-1 /4/ 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).

Vor dem Hintergrund, dass im Bereich des Vorhabens Schluff, Kiesschichten und sandige Böden vorliegen, sind diese Ansätze hierfür als repräsentativ anzusehen /9//10//11/.

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

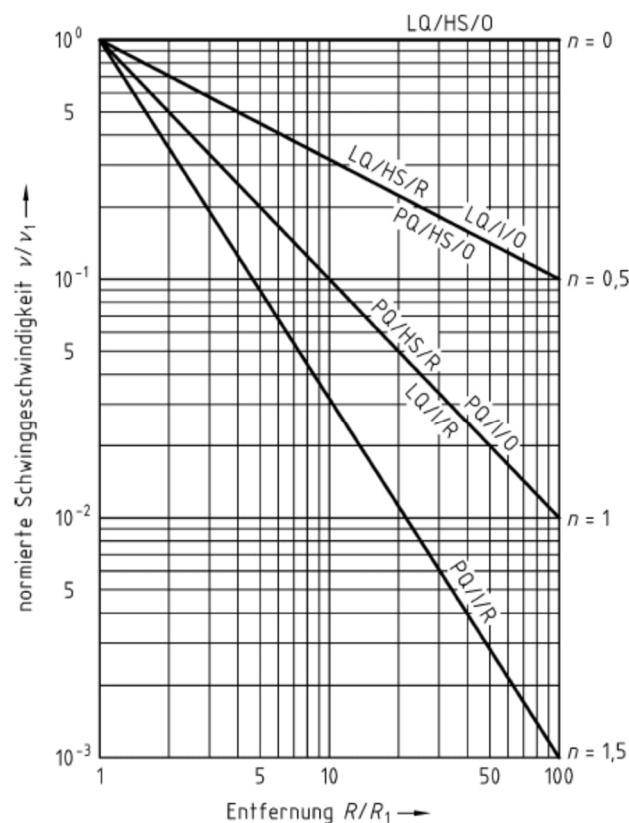


Abbildung 2: Geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude

2.3.2.2 Transferfunktionen T_2 und T_3

Die Übertragung von Erschütterungen vom Boden auf ein Gebäudefundament (T_2 -Funktion) wird im Sinne einer oberen Abschätzung mit der in Anhang 3.1 für Einfamilienhäuser ermittelt.

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

Die Eigenfrequenzen von Holzbalkendecken liegen in der Regel zwischen 10 Hz und 20 Hz, die von Stahlbetondecken liegen in der Regel zwischen 20 Hz und 40 Hz. Die der Berechnung zu Grunde gelegten Übertragungsfunktionen für die jeweils ungünstigste Geschossdeckenresonanzfrequenz sind für Holzbalkendecken in Anhang 3.2 und für Stahlbetondecken in Anhang 3.3 dargestellt. Hierbei wird jeweils der Mittelwert + Standardabweichung der T_3 -Funktion berücksichtigt.

2.3.3 Immissionen

Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen aus dem Baustellenbetrieb erfolgt hinsichtlich

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

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

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

3 Örtliche Gegebenheiten

3.1 Beschreibung des Baustellenbetriebs

Im Rahmen der geplanten Baumaßnahmen für die Rheinwassertransportleitung sind unterschiedliche Bautätigkeiten geplant. Die Querung der Transportleitung von Straßen, Schienen oder anderen Hindernissen erfolgt als offene oder geschlossene Querung.

Gemäß vorliegenden Unterlagen sind folgende Baumaßnahmen vorgesehen:

Geschlossene Querungen:

- bei anstehendem Grundwasser: Spundwandverbau / Bohrpfahlwand / Schlitzwand mit Unterwasserbetonsohle
- ohne anstehendem Grundwasser: Spundwandverbau bzw. ggfs. auch Bohrpfahlwand / Schlitzwand ohne Unterwasserbetonsohle
- Dichtblöcke im Ein- und Ausfahrbereich
- Vortrieb mit Tunnelbohrmaschine / Hydraulikpresse
- Separieranlage für Fest-/Flüssigtrennung
- Rückbau des gewählten Verbaus, zumindest der oberen 2 bis 4 m unter Geländeoberkante
- Sicherung von Leitungen Dritter durch offene Bauweise / Baggerarbeiten
- Wiederverfüllung von Baugruben / Verdichten mit Rüttelplatte etc.
- Herstellung / Rückbau von prov. Zufahrtsstraßen / BE-Flächen

Offene Querungen:

- geböschte Baugrube / teilweise kombiniert mit Spundwandverbau / Trägerbohlwand Verbau
- Asphaltabbruch Straßen / Wege
- Wiederverfüllung von Baugruben / Verdichten mit Rüttelplatte etc.
- Herstellung / Rückbau von prov. Zufahrtsstraßen / BE-Flächen

Leitungen:

- Einsatz von Verdichtungsgeräten v.a. bei Herstellung des Rohrauflegers

Aufgrund des aktuellen Stands der Planung liegt eine Bauphasenplanung zum Projekt nicht vor, aus welchen die tatsächlichen Bauphasen sowie Bauzeiten entnommen werden können.

Es wurden maßgeblich folgende Bauarbeiten sowie Maschineneinsätze vorgesehen:

Geschlossene Querungen:

- Tunnelfräse
- Vibrationsramme

Offene Querungen:

- Vibrationsramme
- Vibrationswalze

Leitungen:

- Vibrationswalze

3.2 Einwirkungsbereiche

Im Einwirkungsbereich der geplanten Baustelle befinden sich schutzbedürftige Nutzungen in Wohngebieten, Mischgebieten sowie Gewerbegebieten. Für die konkrete Untersuchung wurden fünf Querschnitte betrachtet. Zunächst wurden Betrachtungen zu den erforderlichen Bauarbeiten untersucht und die Abstände von möglichen Emissionsorten ermittelt, innerhalb derer Konflikte nicht auszuschließen sind. Ergänzend sind in der Ermittlung dieser Abstände auch exemplarische Einwirkungsorte an den nächstgelegenen schutzwürdigen Gebäuden untersucht worden. Hierbei wurden repräsentativ die folgenden Einwirkungsorte in den Querschnitten betrachtet:

Querschnitt 1 - Bündelungsleitung (km 1+100.00 bis km 1+400.00):

Eingesetzte Geräte: Tunnelfräse / Vibrationsramme

- E001 Piwipper Str. 63, Rheinfeld d ≈ 70 m (WR)

Querschnitt 2 - Bündelungsleitung (km 4+950.00 bis km 5+200.00):

Eingesetzte Geräte: Tunnelfräse / Vibrationsramme

- E002 Roseller Str. 21, Dormagen d ≈ 45 m (GE)
- E003 Petras Pforten 1x1, Dormagen d ≈ 20 m (GE)

Querschnitt 3 - Bündelungsleitung (km 10+500.00 bis km 11+100.00):

Eingesetzte Geräte: Vibrationswalze

- E004 Steppenweidenhof 1, Dormagen d ≈ 30 m (MI)
- E005 Violenhof 1, Dormagen d ≈ 30 m (MI)

Querschnitt 4 - Garzweiler-Leitung (km 3+000.00 bis km 3+500.00):

Eingesetzte Geräte: Tunnelfräse / Vibrationsramme / Vibrationswalze

- | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> E006 | Am Rückertsgraben 35, Grevenbroich | d ≈ 76 m / 85 m (WA) |
| <input type="checkbox"/> E007 | An der Erfthalle 25, Grevenbroich | d ≈ 105 m (WA) |

Querschnitt 5 - Hambacher-Leitung (km 12+500.00 bis km 13+800.00):

Eingesetzte Geräte: Vibrationsramme / Vibrationswalze

- | | | |
|-------------------------------|------------------------------|----------------|
| <input type="checkbox"/> E008 | Bedburger Str. 37, Bergheim | d ≈ 100 m (WR) |
| <input type="checkbox"/> E009 | Kirdorfer Mühle 10, Bergheim | d ≈ 46 m (MI) |

Die repräsentativ untersuchten Einwirkungsorte befinden sich unweit der Tansportleitung und weisen den geringsten Abstand zu den geplanten Bautätigkeiten und somit zu den erschütterungsintensiven Baumaßnahmen auf, weshalb diese für die Untersuchung herangezogen wurden. Die Lage der Einwirkungsorte sowie die Lage der Baubereiche sind Anhang 1 zu entnehmen.

Mittels der Gebietseinstufungen und der angegebenen Grenzabstände sind die Auswirkungen auf die übrigen Gebäude zu beurteilen.

4 Untersuchungsergebnisse

4.1 Emissionen

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

Erschütterungstechnisch relevante Bauaktivitäten stellen im vorliegenden Fall der Einsatz einer Vibrationswalze, einer Vibrationsramme bzw. einer Tunnelfräse im Zusammenhang mit der Rheinwassertransportleitung dar.

Die Erschütterungsimmissionen, die durch eine Vibrationswalze, eine Vibrationsramme bzw. einer Tunnelfräse hervorgerufen werden, sind gemäß DIN 4150-3 als Dauererschütterungen einzustufen. Sie sind in Anhang 2 als Emissionen mittels Terzbandspektren der Schwingschnelle grafisch dargestellt. Diese stellen Punktquellen dar, von denen eine harmonische Anregung ausgeht. Gemäß DIN 4150-1 /4/ wird daher für die T_1 -Funktion ein Abnahmeexponent von

$$n = 0,5$$

berücksichtigt. Die angegebenen Schwingschnellen beziehen sich in der Regel jeweils auf eine Messposition im Boden, auf einen Bezugsabstand zum Emittenten. Die Emissionsspektren sind keine exemplarischen Spektren, sondern stellen eine obere Einhüllende, bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen anzutreffenden Emissionen dar.

Die zu untersuchenden Arbeiten stellen im vorliegenden Untersuchungsabschnitt die voraussichtlich erschütterungsintensivsten Maßnahmen dar. Die Arbeiten werden abschnittsweise, unterteilt in Baulose und in der Regel zur Tagzeit ausgeführt.

4.2 Immissionen

4.2.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Als erschütterungsintensive Arbeiten sind im vorliegenden Fall die Bauarbeiten beim Einsatz einer Vibrationsplatte, Vibrationsramme bzw. einer Tunnelfräse zu betrachten. Dabei handelt es sich jeweils um punktuelle Arbeiten, welche jedoch im vorliegenden Fall an einem Standort gebündelt auftreten werden. Eine detaillierte Angabe, an wieviel aufeinanderfolgenden Tagen tatsächlich der Einsatz der Arbeitsgeräte vorgesehen ist, liegt nicht vor. Da es sich bei den Arbeiten um fortlaufende Tätigkeiten handelt wurde daher abgeleitet aus den Abmessungen der Querungen, Baugruben und Leitungsabschnitten sowie den Abständen zu den repräsentativen Einwirkungsorten zur Beurteilung für eine Vibrationswalze, Vibrationsramme bzw. für die Tunnelfräse ein Zeitraum von 2 Tagen herangezogen. Die Zeitangabe bezieht sich nicht auf die Gesamtdauer, sondern auf die direkte Einwirkungszeit an den betroffenen Gebäuden. In unmittelbarer Nähe kommt ggf. ein schonenderes Verfahren zur Anwendung.

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 liegenden interpolierten Anhaltswerte der Stufe II sind in Tabelle 4 dargestellt.

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

Tabelle 4: Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen

Die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen der Baumaßnahmen erfolgt für die jeweils ungünstigsten Deckeneigenfrequenzen für Stahlbeton- bzw. Holzbalkendecken, die in Anhang 3.2

und Anhang 3.3 grafisch und tabellarisch dargestellt sind. Dabei wurden als ungünstigste Deckeneigenfrequenzen beim Einsatz der untersuchten Arbeitsgeräte

- $f_0 = 16,0 \text{ Hz}$ bei Holzbalkendecken bzw.
- $f_0 = 31,5 \text{ Hz}$ bei Stahlbetondecken

herangezogen.

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

4.2.1.1 Tunnelfräse

Die Schwingstärken für den Einsatz einer Tunnelfräse wurden anhand der Ausbreitungskurven in Anhang 4.1 dargestellt. Demnach kann der obere Anhaltswert am Tag $A_{o, \text{Tag}}$ (5,0 bei Wohn- und Mischgebieten bzw. 6,0 bei Gewerbegebieten) unabhängig von der Deckenkonstruktion und dem Abstand eingehalten werden.

Der untere Anhaltswert $A_{u, \text{Tag}}$ der Stufe I wird ab Abständen von

$$r_{\text{Tag, Stufe I}} \geq 4,4 \text{ m} / 6,0 \text{ m (Hb/Stb)}$$

unterschritten.

Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen zu den untersuchten repräsentativen Einwirkungsorten E001 (70 m), E002 (45 m), E003 (20 m) und E006 (77 m), in den Querschnitten 1/2/4, für den Einsatz einer Tunnelfräse werden die oberen Anhaltswerte $A_{o, \text{Tag}}$ unabhängig von der Deckenkonstruktion unterschritten. Da im vorliegenden Fall der untere Anhaltswerte im Tagzeitraum für beide Deckenkonstruktionen eingehalten wird, wird der 2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2, die Bildung der Beurteilungsschwingstärke $KB_{\text{FT}, r}$, nicht erforderlich. Die grafische Darstellung ist in Anhang 4.1 zu finden.

4.2.1.2 Vibrationsramme

Die Schwingstärken für den Einsatz einer Vibrationsramme wurden anhand der Ausbreitungskurven in Anhang 5.1 dargestellt. Demnach kann der obere Anhaltswert am Tag $A_{o, \text{Tag}}$ (5,0 bei Wohn- und Mischgebieten bzw. 6,0 bei Gewerbegebieten) unabhängig von der Deckenkonstruktion und dem Abstand eingehalten werden.

Der untere Anhaltswert $A_{u, \text{Tag}}$ der Stufe II wird ab Abständen von

$$r_{\text{Tag, Stufe II}} \geq 9 \text{ m} / 40 \text{ m (Hb/Stb)}$$

unterschritten.

Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen zu den untersuchten repräsentativen Einwirkungsorten E001 (70 m), E002 (45 m), E003 (20 m), E006 (77 m) und E008 (100 m), in den Querschnitten 1/2/4/5, für den Einsatz einer Vibrationsramme werden die oberen Anhaltswerte $A_{o, \text{Tag}}$ unabhängig von der Deckenkonstruktion unterschritten. Die grafische Darstellung ist in Anhang 5.1 zu finden.

Der untere Anhaltswert $A_{u, \text{Tag}}$ der Stufe II kann für den E003 für Stahlbetondecken jedoch nicht eingehalten werden. Folglich wird der 2. Beurteilungsschritt gemäß DIN 4150-2, die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT} , erforderlich.

Die Beurteilungsschwingstärke aus einer Vibrationsramme ist in Anhang 5.2 für Stahlbetondecken in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraumes dargestellt.

Im Fall von Einwirkungsorten, welche vom Einsatzort des Gerätes 20 m entfernt sind (z.B. E003), ist zur Einhaltung der Anhaltswerte nach Stufe II der DIN 4150-2 die maximale Dauer des Einsatzes des Geräts auf

$$T_{E, \text{Stb}} \leq 3,5 \text{ Stunden pro Tag (E003)}$$

4.2.1.3 zu begrenzen. Entsprechend Anhang 5.2 vergrößern, bzw. verringern sich die zulässigen Einwirkzeiten bei größeren, bzw. geringeren Abständen zu den Einwirkorten. Vibrationswalze

Die Schwingstärken für den Einsatz einer Vibrationswalze wurden anhand der Ausbreitungskurven in Anhang 6.1 dargestellt. Demnach kann der obere Anhaltswert am Tag $A_{o, \text{Tag}}$ (5,0 bei Wohn- und Mischgebieten) unabhängig von der Deckenkonstruktion und dem Abstand eingehalten werden.

Der untere Anhaltswert $A_{u, \text{Tag}}$ der Stufe II wird ab Abständen von

$$r_{\text{Tag, Stufe II}} \geq 14 \text{ m} / 31 \text{ m (Hb/Stb)}$$

unterschritten.

Bei den gegebenen Abstandsverhältnissen zu den untersuchten repräsentativen Einwirkungsorten E004 (30 m), E005 (30 m), E006 (85 m), E007 (105 m), E008 (100 m) und E009 (46 m), in den Querschnitten 3/4/5, für den Einsatz einer Vibrationsramme werden die oberen Anhaltswerte $A_{o, \text{Tag}}$ unabhängig von der Deckenkonstruktion unterschritten. Die grafische Darstellung ist in Anhang 6.1 zu finden.

Der untere Anhaltswert $A_{u,Tag}$ der Stufe II kann für den E004 und E005 für Stahlbetondecken jedoch nicht eingehalten werden. Folglich wird der 2. Beurteilungsschritt gemäß DIN 4150-2, die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärke $KB_{FT,r}$, erforderlich.

Die Beurteilungsschwingstärke aus einer Vibrationswalze ist in Anhang 6.2 für Stahlbetondecken in Abhängigkeit von der tatsächlichen Einwirkzeit während des Tagzeitraumes dargestellt.

Im Fall von Einwirkungsorten, welche vom Einsatzort des Gerätes 30 m entfernt sind (z.B. E004), ist zur Einhaltung der Anhaltswerte nach Stufe II der DIN 4150-2 die maximale Dauer des Einsatzes des Geräts auf

$$T_{E,Stb} \leq 6,4 \text{ Stunden pro Tag (E004 / E005)}$$

zu begrenzen. Entsprechend Anhang 6.2 vergrößern, bzw. verringern sich die zulässigen Einwirkzeiten bei größeren, bzw. geringeren Abständen zu den Einwirkorten.

4.2.1.4 Vermeidungsmaßnahmen

Am Tag sind bei den gegebenen Entfernungen zu schutzwürdig genutzter Bebauung die gebiets-spezifischen Anhaltswerte stellenweise überschritten. Hier ist dann die Einsatzzeit des erschütterungsintensiven Geräts entsprechend einzuschränken um den Anhaltswert der Stufe II einzuhalten. Um die psychischen Auswirkungen von Erschütterungseinwirkungen zu vermindern können weitere Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen ergriffen werden. Die Vorhabenträgerin RWE Power AG beabsichtigt, die im Abschnitt 6.5.4.3 der DIN 4150-2 aufgeführten Maßnahmen a) bis e) vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme zu ergreifen.

- 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.*

Bei Überschreitung der Anhaltswerte für die Stufe II ist zudem die in Abschnitt 6.5.4.3 der DIN 4150-2 aufgeführte Maßnahme f) durchzuführen:

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

4.2.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

4.2.2.1 Immissionen

4.2.2.1.1 Tunnelfräse

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand des Einsatzes einer Tunnelfräse zu den Gebäuden sind für Holzbalkendecken in Anhang 4.2 und für Stahlbetondecken in Anhang 4.3 dargestellt.

Für die nächstgelegenen Bebauungen ergeben sich maßgebenden Geschossdecken (Holzbalken / Stahlbetondecken) maximale Schwinggeschwindigkeiten beim Einsatz einer Tunnelfräse von

$V_{\max, \text{Hb/Stb}} = 0,18 / 0,15 \text{ mm/s}$	am E001
$V_{\max, \text{Hb/Stb}} = 0,30 / 0,25 \text{ mm/s}$	am E002
$V_{\max, \text{Hb/Stb}} = 0,51 / 0,55 \text{ mm/s}$	am E003
$V_{\max, \text{Hb/Stb}} = 0,17 / 0,14 \text{ mm/s}$	am E006

Der Vergleich mit dem Anhaltswert für Wohngebäude bzw. Bürogebäude von

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

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

4.2.2.1.2 Vibrationsramme

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand des Einsatzes einer Vibrationsramme zu den Gebäuden sind für Holzbalkendecken in Anhang 5.3 und für Stahlbetondecken in Anhang 5.4 dargestellt.

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

$V_{\max, \text{Hb/Stb}} = 0,30 / 0,98 \text{ mm/s}$	am E001
$V_{\max, \text{Hb/Stb}} = 0,75 / 1,44 \text{ mm/s}$	am E002
$V_{\max, \text{Hb/Stb}} = 1,48 / 3,01 \text{ mm/s}$	am E003
$V_{\max, \text{Hb/Stb}} = 0,43 / 0,90 \text{ mm/s}$	am E006
$V_{\max, \text{Hb/Stb}} = 0,30 / 0,62 \text{ mm/s}$	am E008

Der Vergleich mit dem Anhaltswert für Wohngebäude bzw. Bürogebäude von

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

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

4.2.2.1.3 Vibrationswalze

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand des Einsatzes einer Vibrationswalze zu den Gebäuden sind für Holzbalkendecken in Anhang 6.3 und für Stahlbetondecken in Anhang 6.4 dargestellt.

Für die nächstgelegenen Bebauungen ergeben sich maßgebenden Geschossdecken (Holzbalken / Stahlbetondecken) maximale Schwinggeschwindigkeiten beim Einsatz einer Vibrationswalze von

$V_{\text{max, Hb/Stb}} = 1,38 / 2,24 \text{ mm/s}$	am E004
$V_{\text{max, Hb/Stb}} = 1,38 / 2,24 \text{ mm/s}$	am E005
$V_{\text{max, Hb/Stb}} = 0,45 / 0,72 \text{ mm/s}$	am E006
$V_{\text{max, Hb/Stb}} = 0,34 / 0,53 \text{ mm/s}$	am E007
$V_{\text{max, Hb/Stb}} = 0,37 / 0,57 \text{ mm/s}$	am E008
$V_{\text{max, Hb/Stb}} = 0,90 / 1,48 \text{ mm/s}$	am E009

Der Vergleich mit dem Anhaltswert für Wohngebäude von

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

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

5 Zusammenfassung

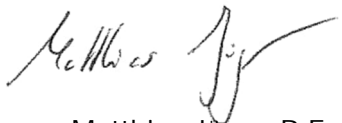
Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG, /1/) soll jede Baustelle so geplant oder eingerichtet und betrieben werden, dass Erschütterungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Demgemäß sind die mit den Bauleistungen beauftragten Unternehmen dahingehend vertraglich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

Im Zusammenhang mit dem Bauvorhaben Rheinwassertransportleitung wurde geprüft, ob die aus den geplanten Bautätigkeiten resultierenden Erschütterungsimmisionen zu erheblichen

Belästigungen von Menschen in Gebäuden im Sinne der DIN 4150-2 oder zu Schäden an baulichen Anlagen im Sinne der DIN 4150-3 führen können. Die Ergebnisse der Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ❑ Erhebliche Belästigungen durch Erschütterungen beim Einsatz einer Vibrationsramme bzw. einer Vibrationswalze können gemäß DIN 4150-2 auf Grund der gegebenen Abstandsverhältnisse zu den nächstgelegenen schutzwürdigen Nutzungen nicht ausgeschlossen werden. Für die geplanten Arbeiten sind die Maßnahmen a) bis e) der DIN 4150-2 durchzuführen.
- ❑ Ab einer Entfernung zur Baustelle von etwa 4,4 m beim Betrieb einer Tunnelfräse, etwa 40 m beim Betrieb einer Vibrationsramme und etwa 31 m beim Betrieb einer Vibrationswalze, werden die unteren Anhaltswerte voraussichtlich im Tagzeitraum unabhängig von der Deckenkonstruktion und der Gebietsnutzung unterschritten werden. Hier werden die Anforderungen der DIN 4150-2 eingehalten.
- ❑ Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden (DIN 4150-3) sind aufgrund der Intensität der Erschütterungseinwirkungen der untersuchten Baumaßnahmen nicht zu erwarten.

AUFGESTELLT:



Matthias Jäger, B.Eng.

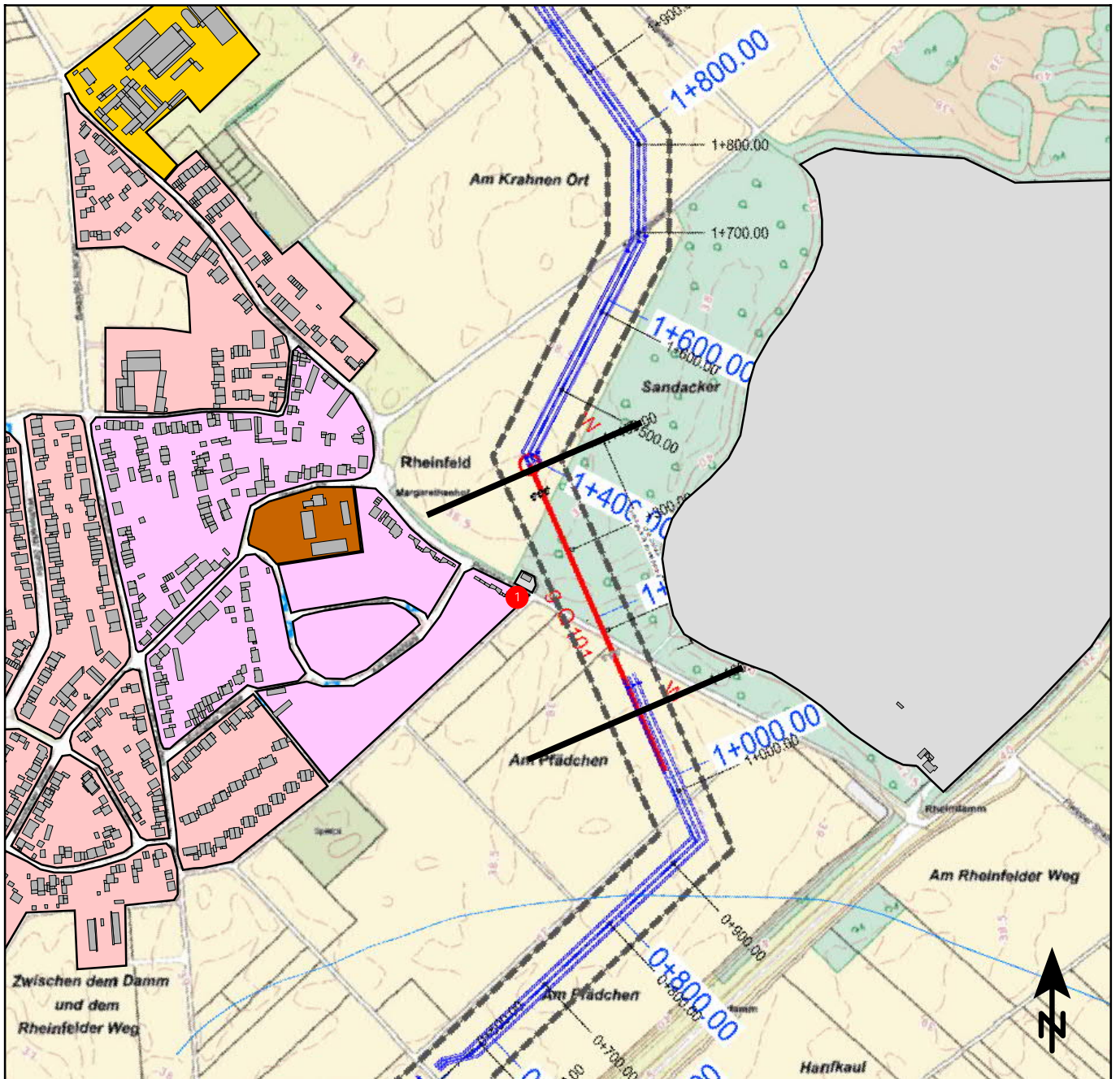
GEPRÜFT UND FREIGEgeben:



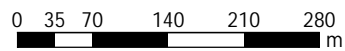
Dipl.-Ing. Mario Grafen

ENDE DES BERICHTS

ANHANG



Maßstab 1:7000



- Einwirkungsort
- Allgemeines Wohngebiet
- Reines Wohngebiet
- Mischgebiete
- Dorfgebiete
- Gewerbegebiete
- Gebäude
- Querschnittbegrenzung

KREBS+KIEFER
Dorsch Gruppe

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

05.01.2024; Bericht Nr. 20220391-808-ABE-1

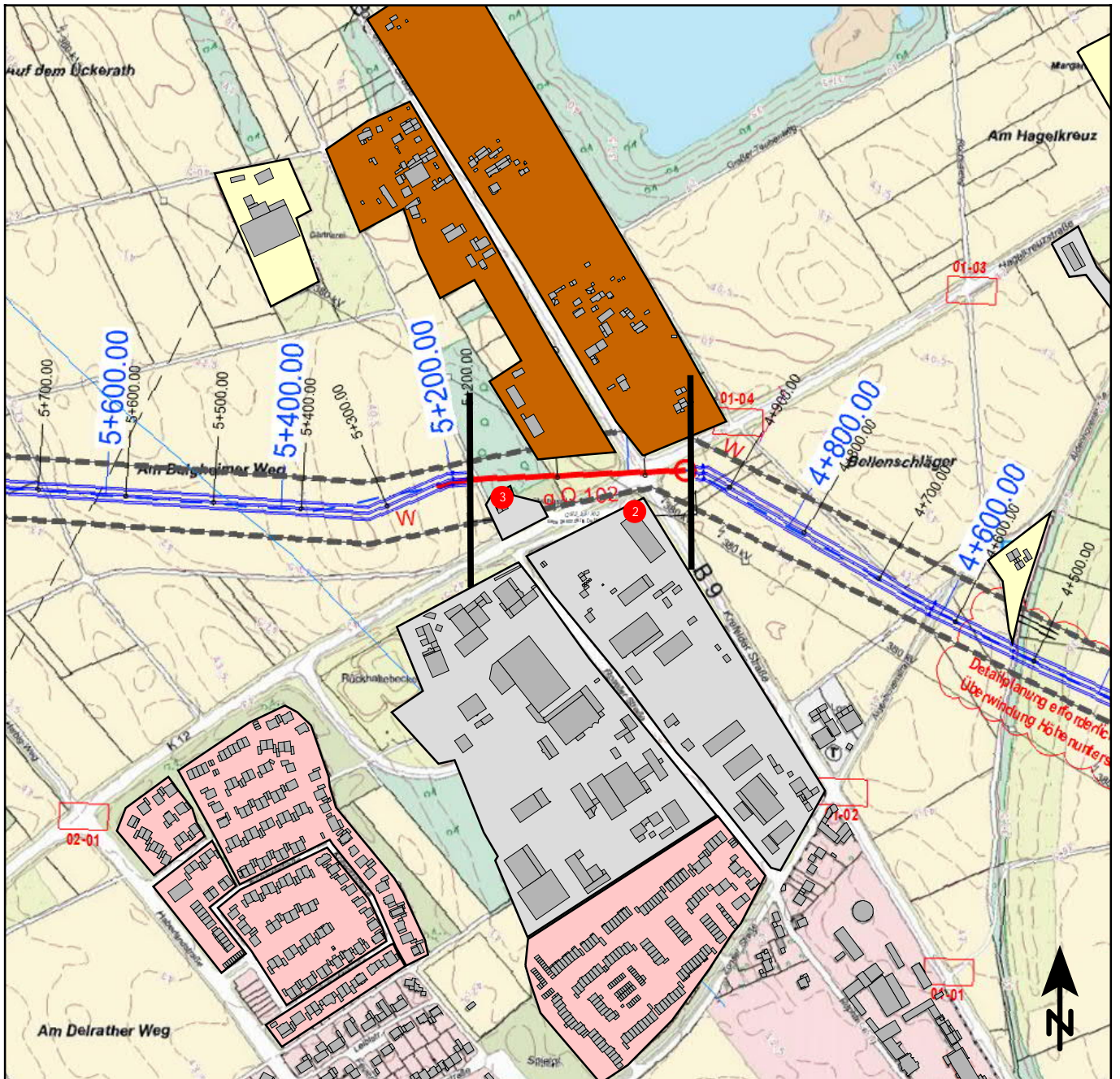
RWE Power AG

Rheinwasser Transportleitung

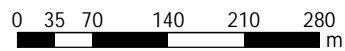
- Querschnitt 1 -

km 1+100.00 bis km 1+400.00

ANHANG 1.1



Maßstab 1:7000



- Einwirkungsort
- Allgemeines Wohngebiet
- Dorfgebiete
- Wohngebäude Außenbereich
- Gewerbegebiet
- Gebäude
- Querschnittbegrenzung



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

05.01.2024; Bericht Nr. 20220391-808-ABE-1

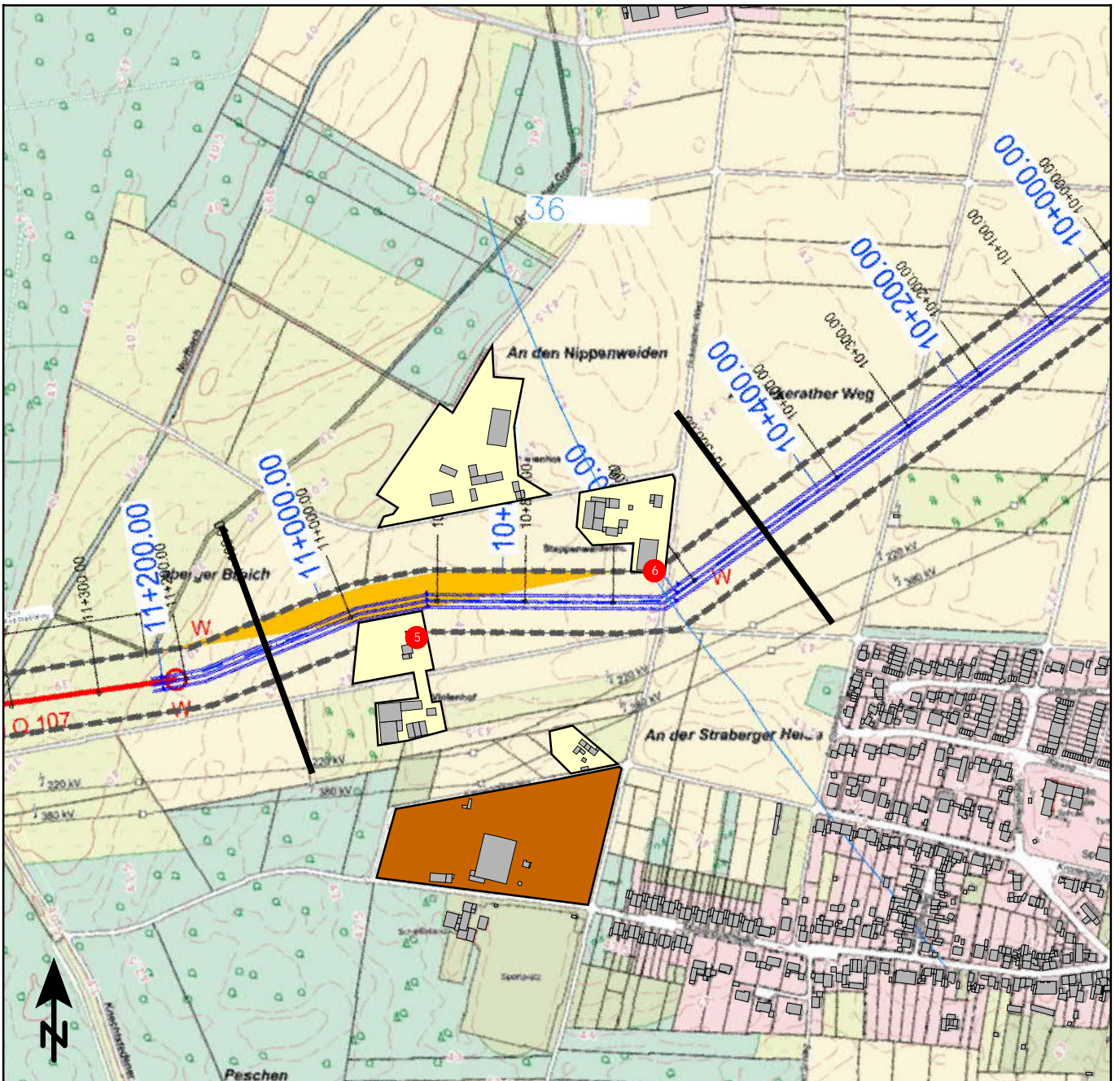
RWE Power AG

Rheinwasser Transportleitung

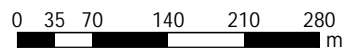
- Querschnitt 2 -

km 4+950.00 bis km 5+200.00

ANHANG 1.2



Maßstab 1:7000



- Einwirkungsort
- Allgemeines Wohngebiet
- Wohngebäude Außenbereich
- Sportanlagen
- Gebäude
- Querschnittbegrenzung



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

05.01.2024; Bericht Nr. 20220391-808-ABE-1

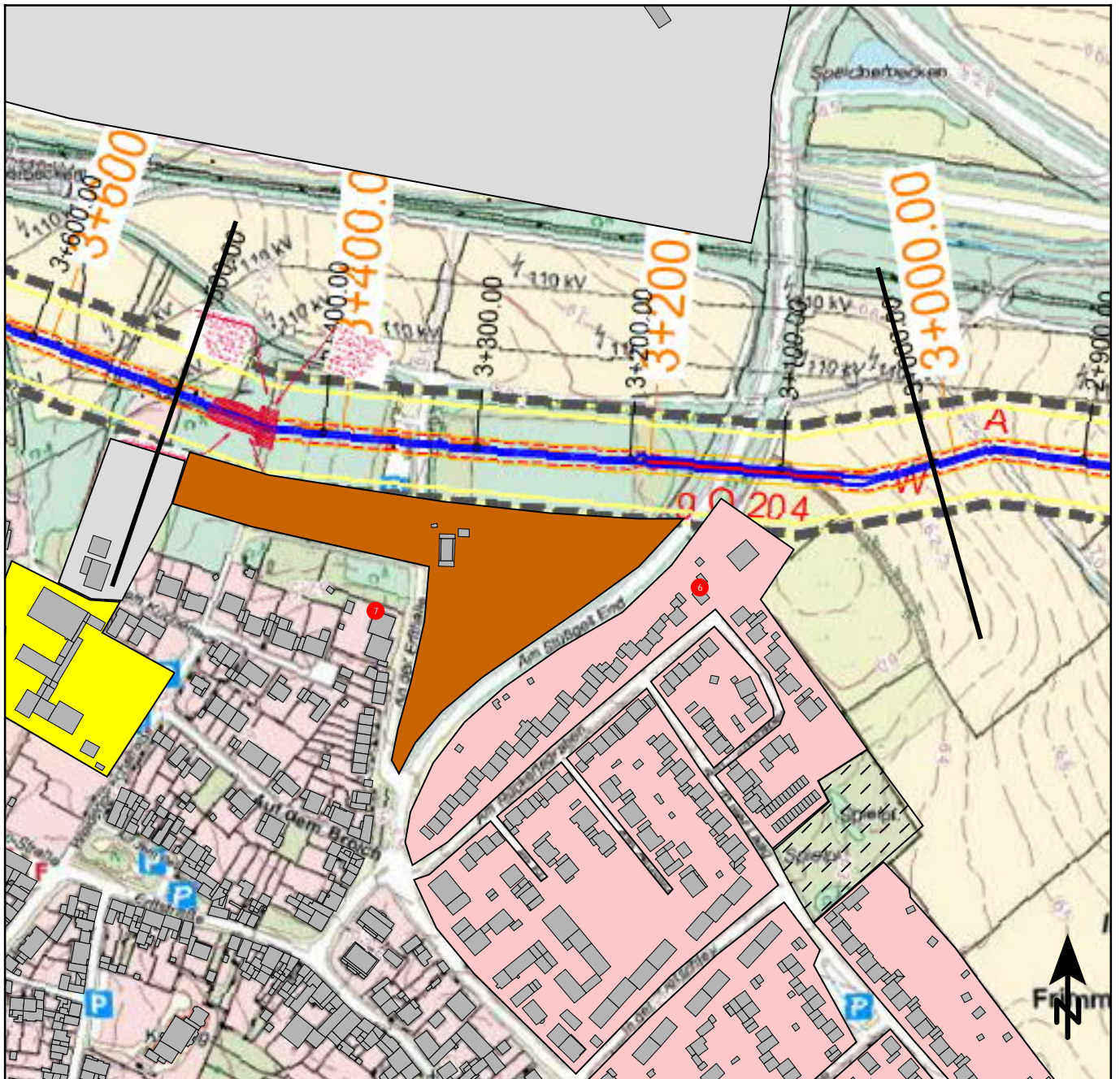
RWE Power AG

Rheinwasser Transportleitung

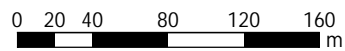
- Querschnitt 3 -

km 10+500.00 bis km 11+000.00

ANHANG 1.3



Maßstab 1:4000



- Einwirkungsort
- Allgemeines Wohngebiet
- Industriegebiete
- Schulen
- Sportanlagen
- Parkanlagen
- Gebäude
- Querschnittbegrenzung



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

05.01.2024; Bericht Nr. 20220391-808-ABE-1

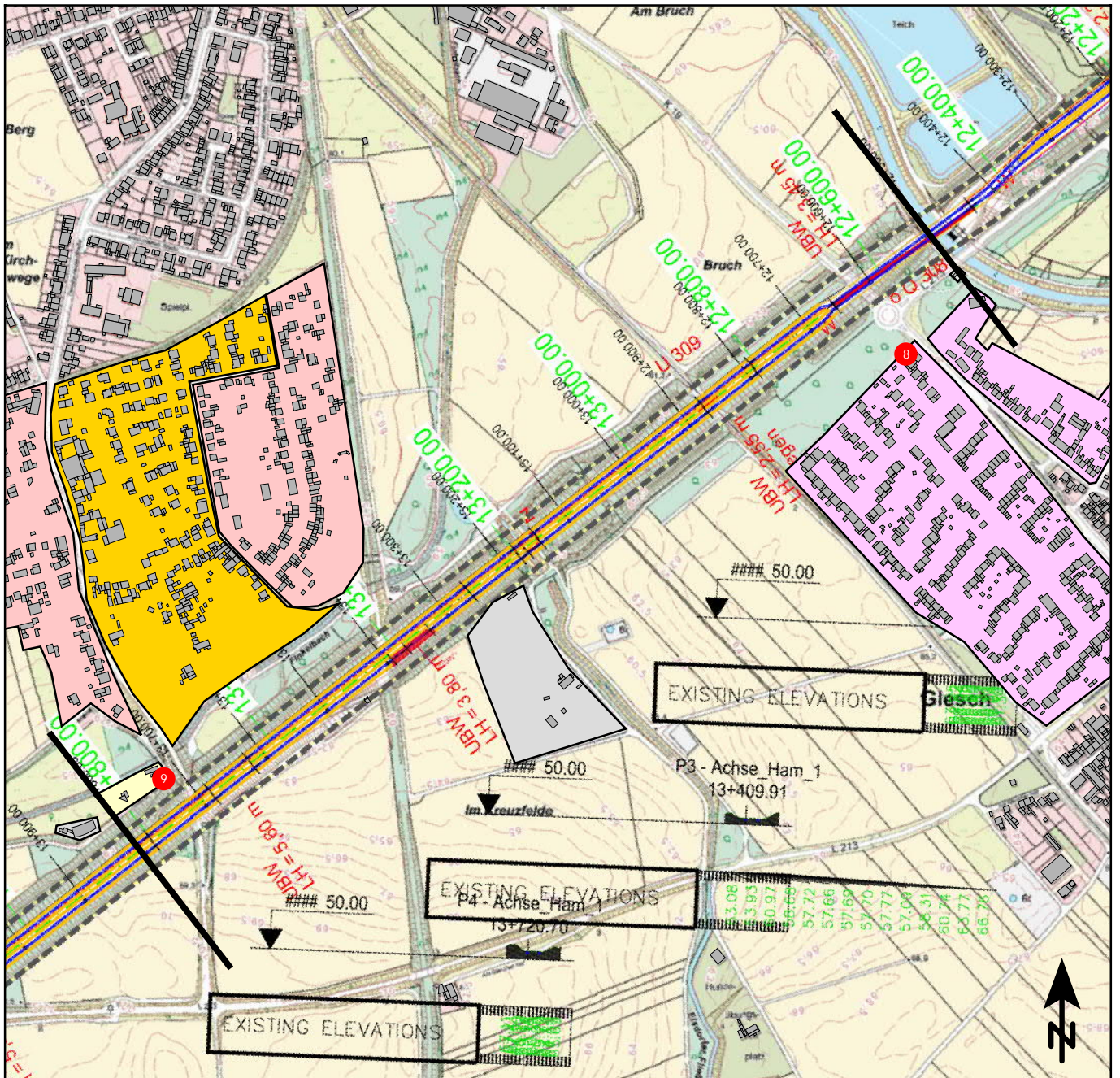
RWE Power AG

Rheinwasser Transportleitung

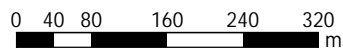
- Querschnitt 4 -

km 3+000.00 bis km 3+500.00

ANHANG 1.4



Maßstab 1:8000



- Einwirkungsort
- Allgemeines Wohngebiet
- Gewerbegebiete
- Mischgebiete
- Reines Wohngebiet
- Wohngebäude Außenbereich
- Gebäude
- Querschnittbegrenzung



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

05.01.2024; Bericht Nr. 20220391-808-ABE-1

RWE Power AG

Rheinwasser Transportleitung

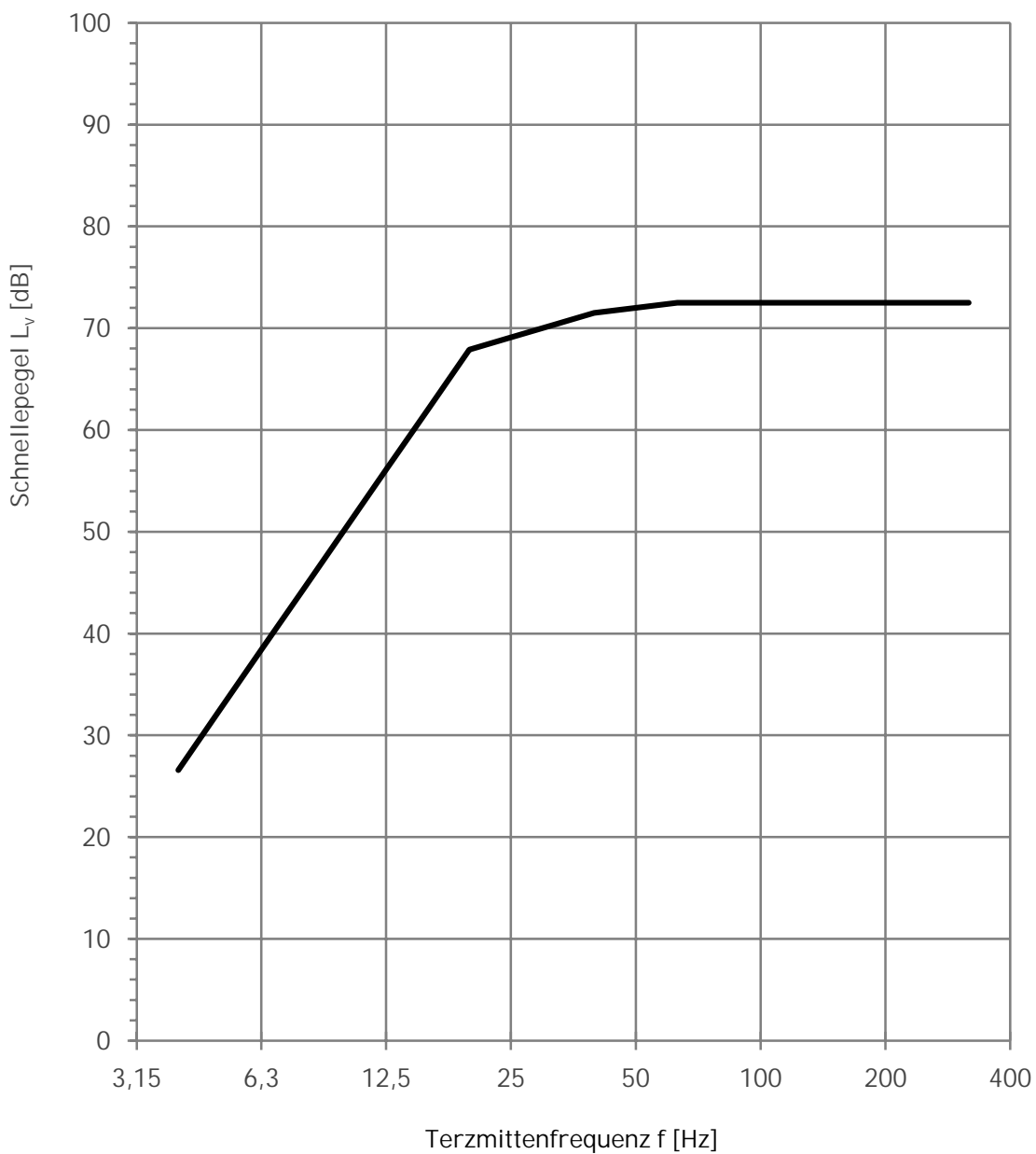
- Querschnitt 5 -

km 12+500.00 bis km 13+800.00

ANHANG 1.5

Emissionsspektrum Tunnelfräse

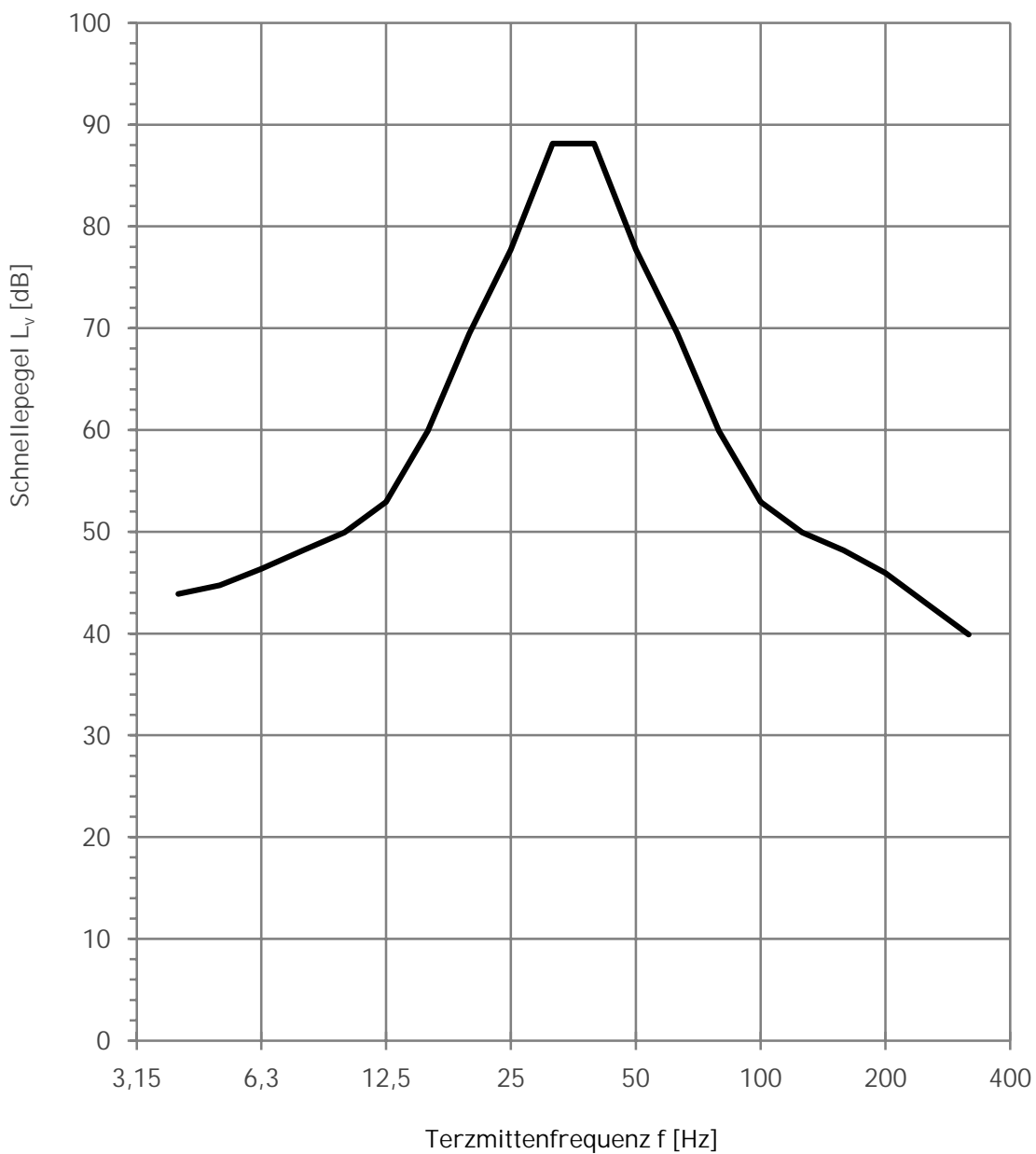
Messpunkt (Abstand): 8 m
 Arbeitsfrequenz: - Hz
 Schwingrichtung: z
 Quelltyp: Punktquelle (PQ)
 harmonisch/stationär (HS)
 Wellenart: Raumwelle (R)



L _v [dB]	f [Hz]
26,6	4
32,5	5
38,4	6,3
44,3	8
50,2	10
56,1	12,5
62,0	16
67,9	20
69,1	25
70,3	31,5
71,5	40
72,0	50
72,5	63
72,5	80
72,5	100
72,5	125
72,5	160
72,5	200
72,5	250
72,5	315
83,0	Σ
0,71	V _{Fmax}

Emissionsspektrum Vibrationsramme (Normalbetrieb)

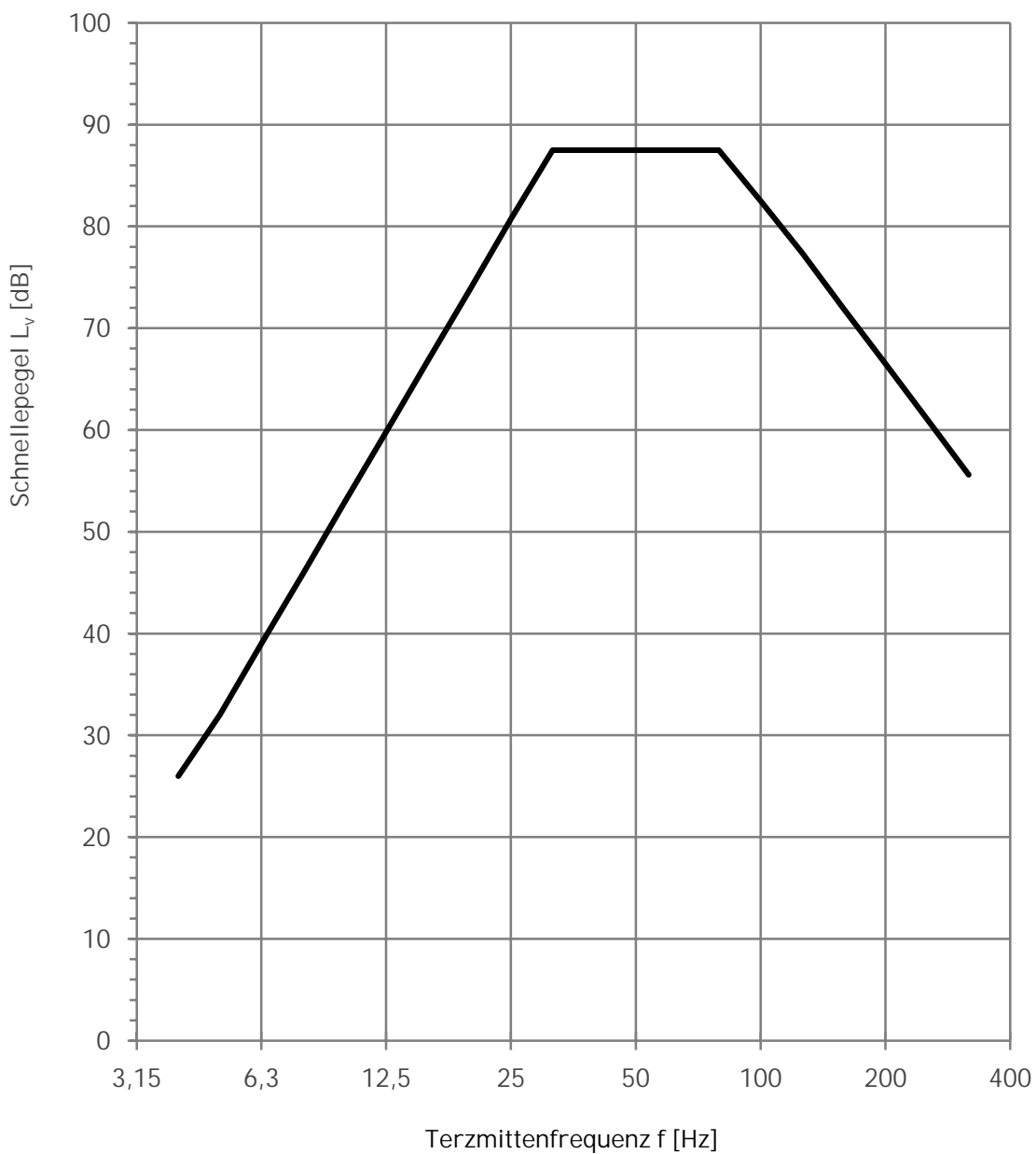
Messpunkt (Abstand): 9 m
 Arbeitsfrequenz: 35 Hz
 Schwingrichtung: z
 Quelltyp: Punktquelle (PQ)
 harmonisch/stationär (HS)
 Wellenart: Oberflächenwelle



L_v [dB]	f [Hz]
43,9	4
44,8	5
46,3	6,3
48,2	8
49,9	10
52,9	12,5
59,9	16
69,5	20
77,7	25
88,2	31,5
88,2	40
77,7	50
69,5	63
59,9	80
52,9	100
49,9	125
48,2	160
45,9	200
42,9	250
39,9	315
91,6	Σ
1,90	V_{Fmax}

Emissionsspektrum Vibrationswalze

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

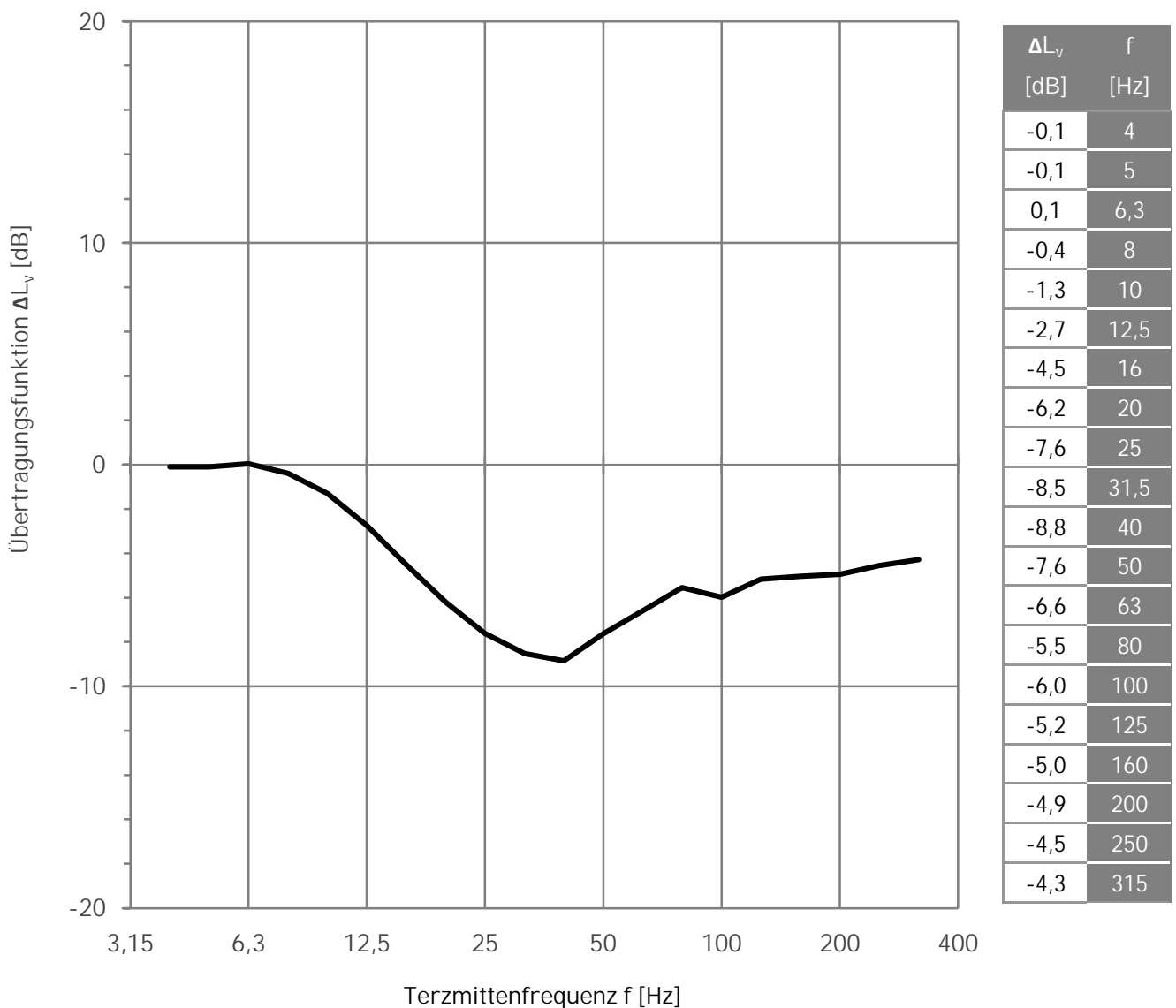


L_v [dB]	f [Hz]
26,0	4
32,0	5
39,0	6,3
45,9	8
52,9	10
59,8	12,5
66,8	16
73,7	20
80,7	25
87,5	31,5
87,5	40
87,5	50
87,5	63
87,5	80
82,5	100
77,4	125
71,9	160
66,5	200
61,1	250
55,6	315
95,1	Σ
2,83	V_{Fmax}

T₂-Funktion Übertragung Erdreich - Fundament

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

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



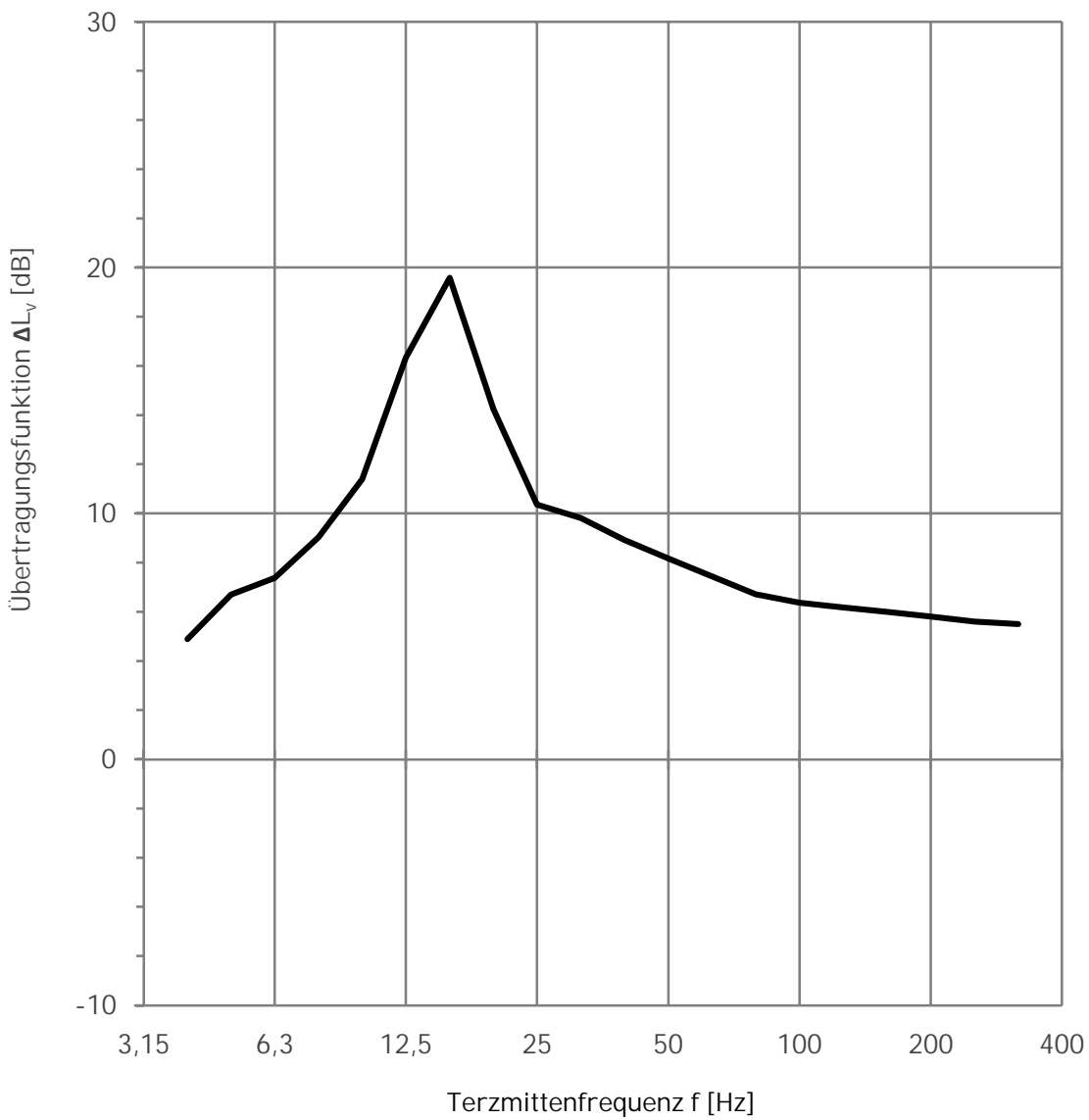
T₃-Funktion Übertragung Fundament - Geschossdecke

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

Deckenart: Holzbalkendecke

Schwingrichtung: z

Deckeneigenfrequenz: f = 16 Hz



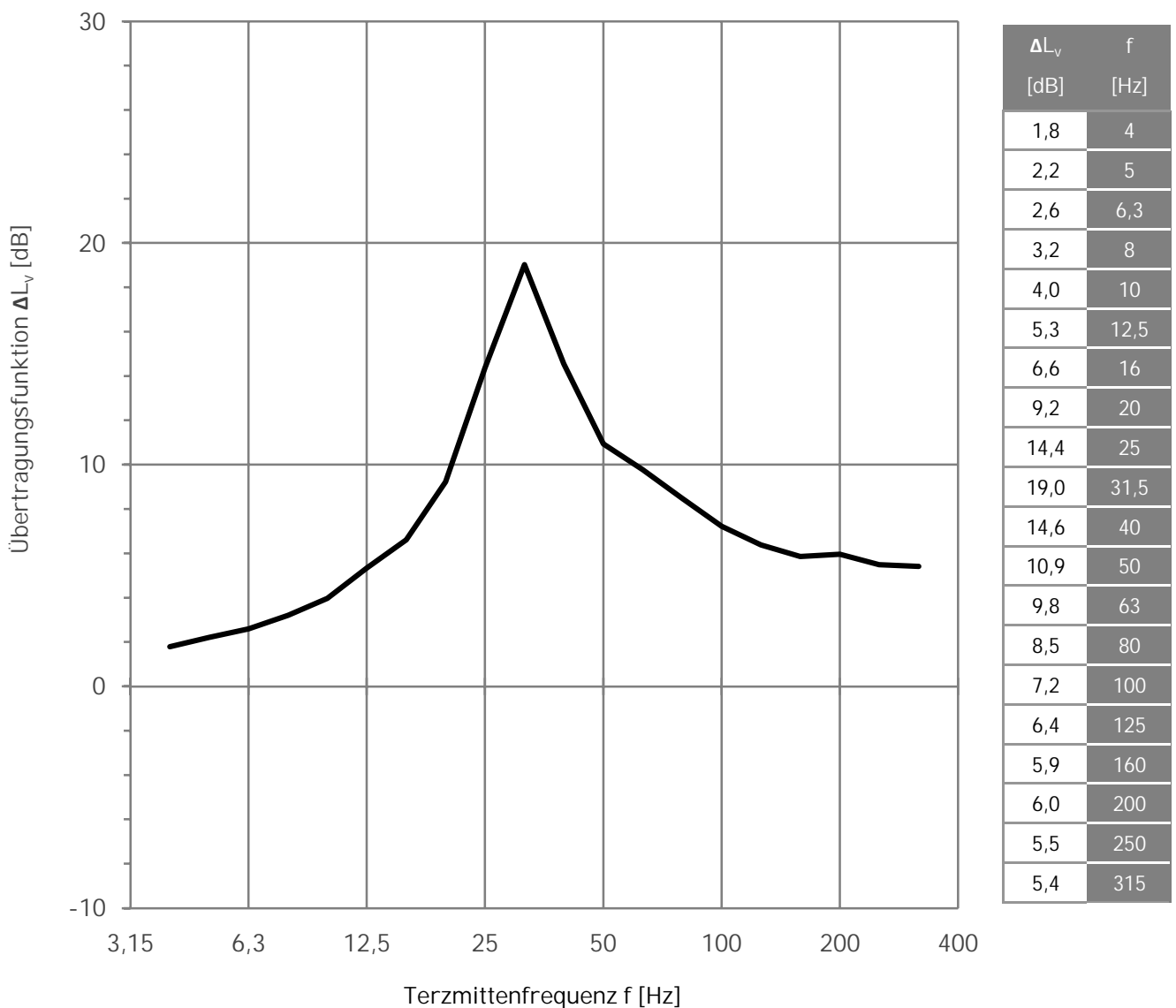
T₃-Funktion Übertragung Fundament - Geschossdecke

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

Deckenart: Stahlbetondecke

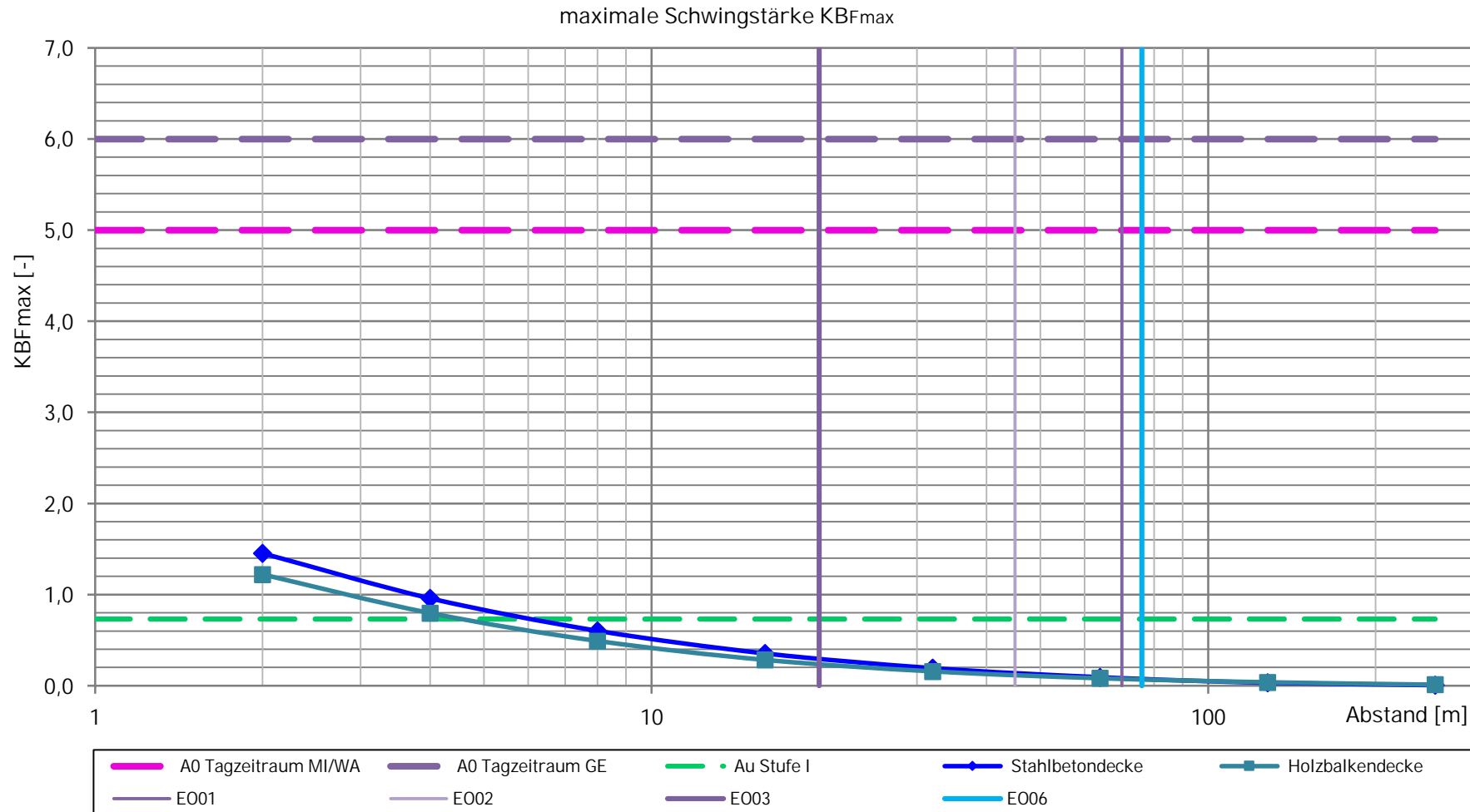
Schwingrichtung: z

Deckeneigenfrequenz: f = 31,5 Hz



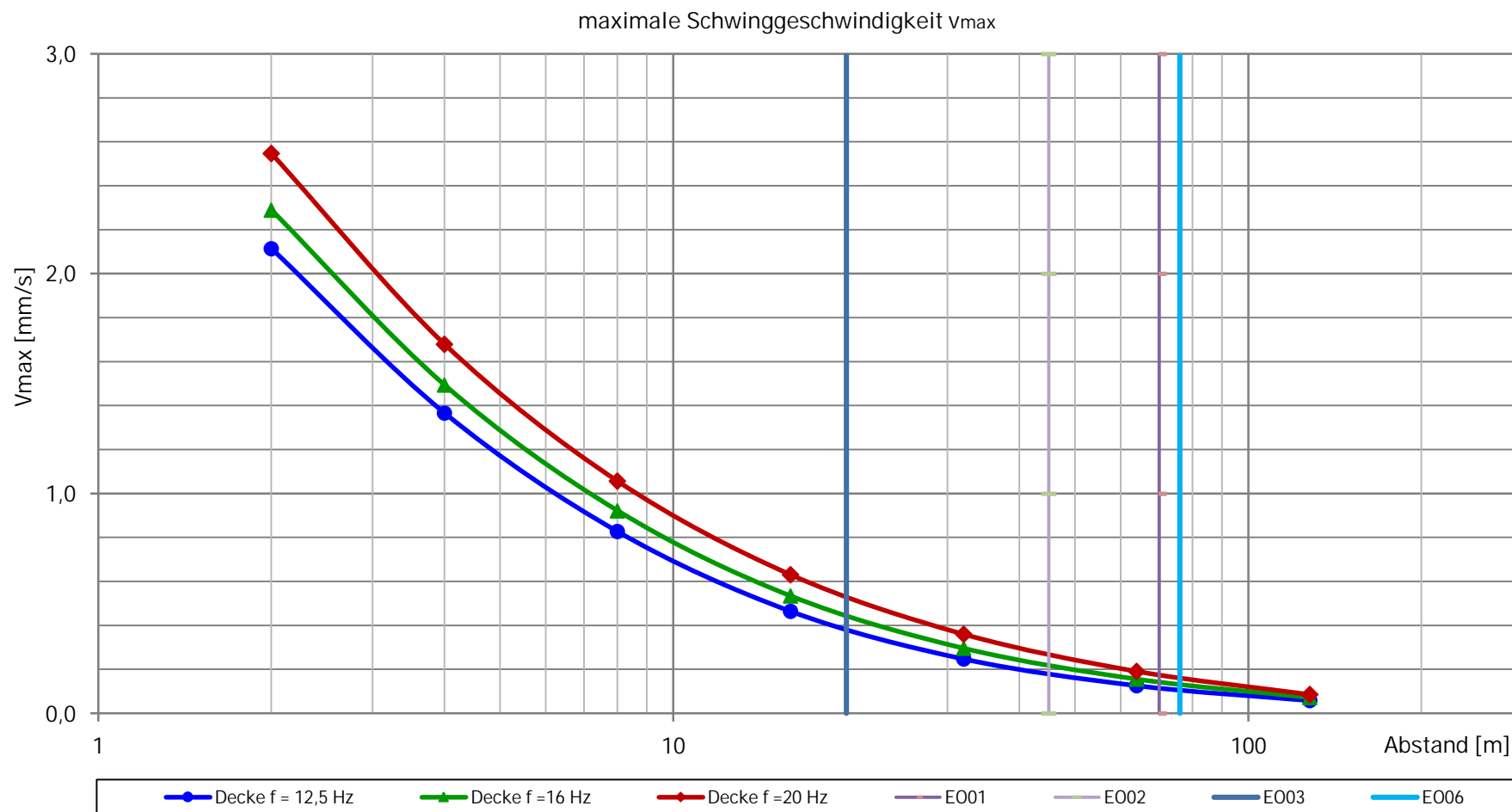
KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten
 Tagzeitraum

Tunnelfräse



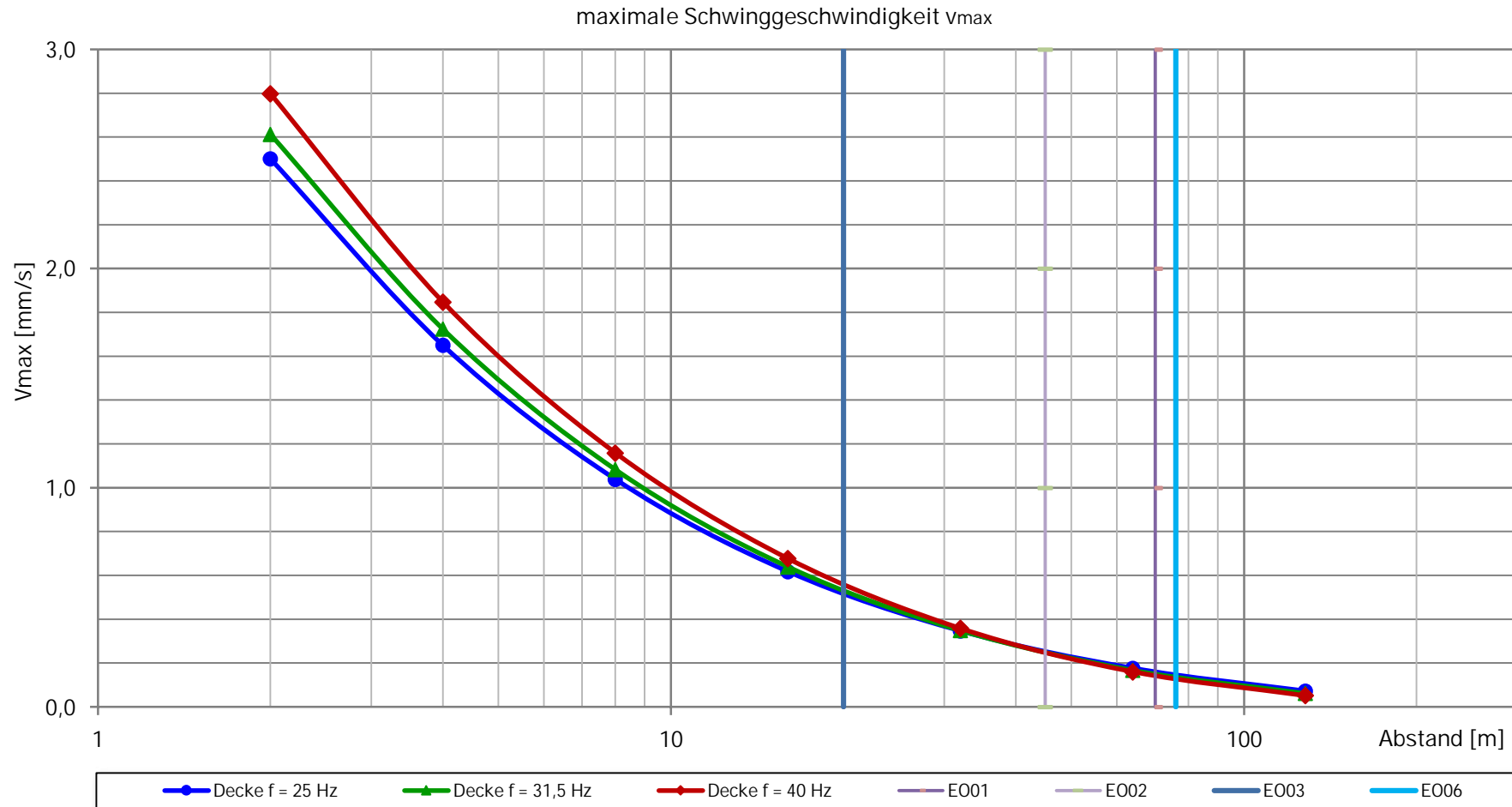
Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken

Tunnelfräse



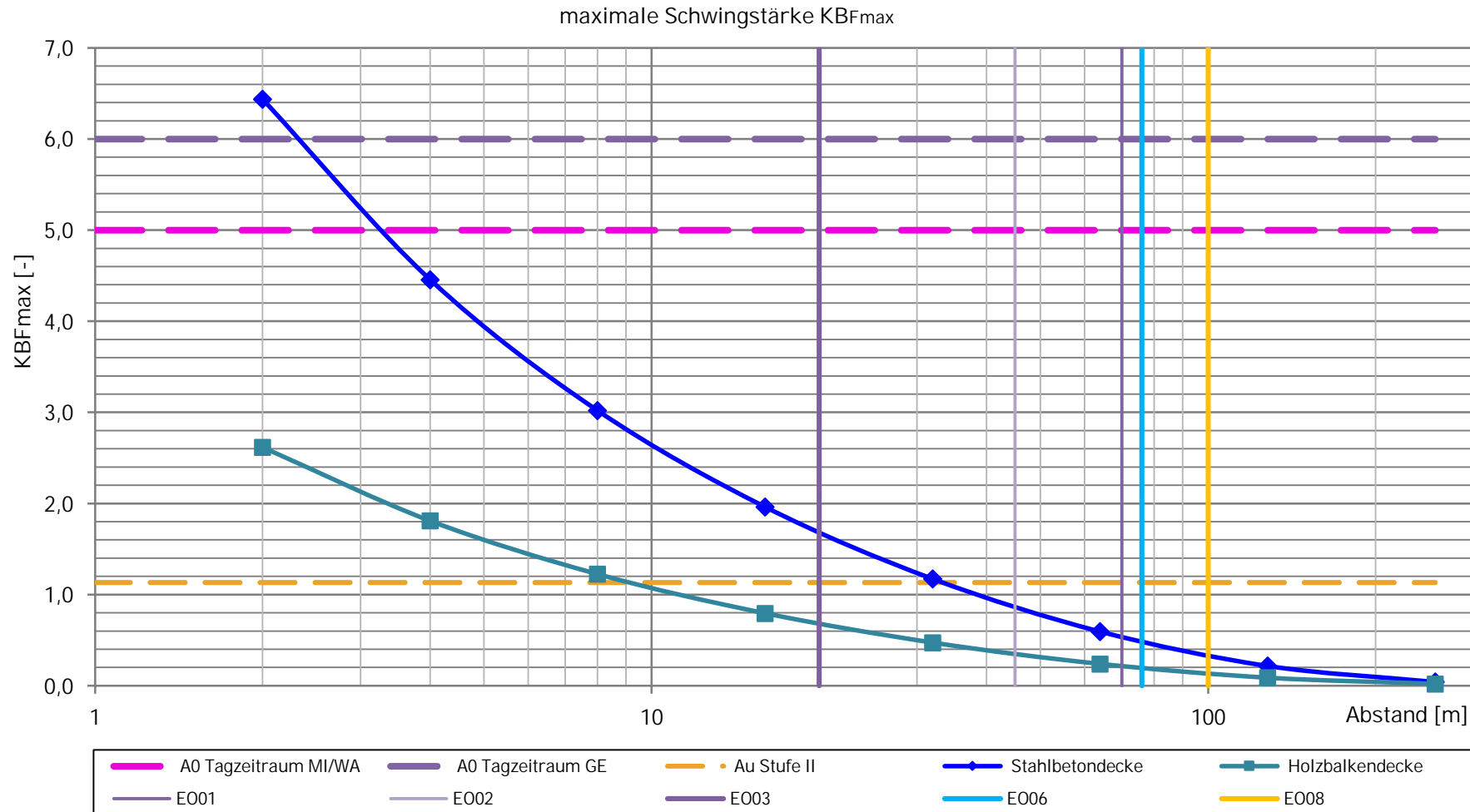
Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken

Tunnelfräse



KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten
 Tagzeitraum

Vibrationsramme (Normalbetrieb)

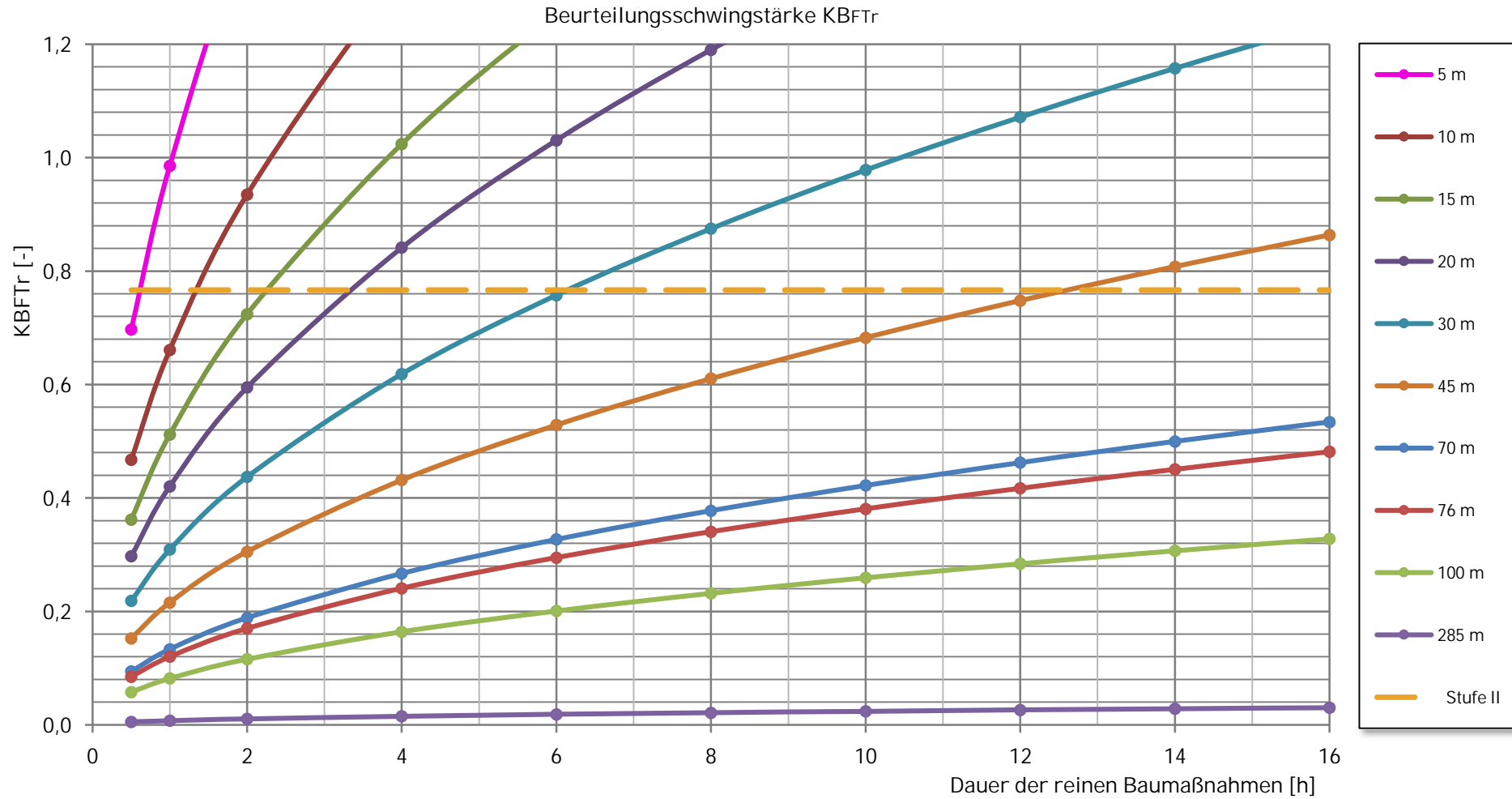


KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

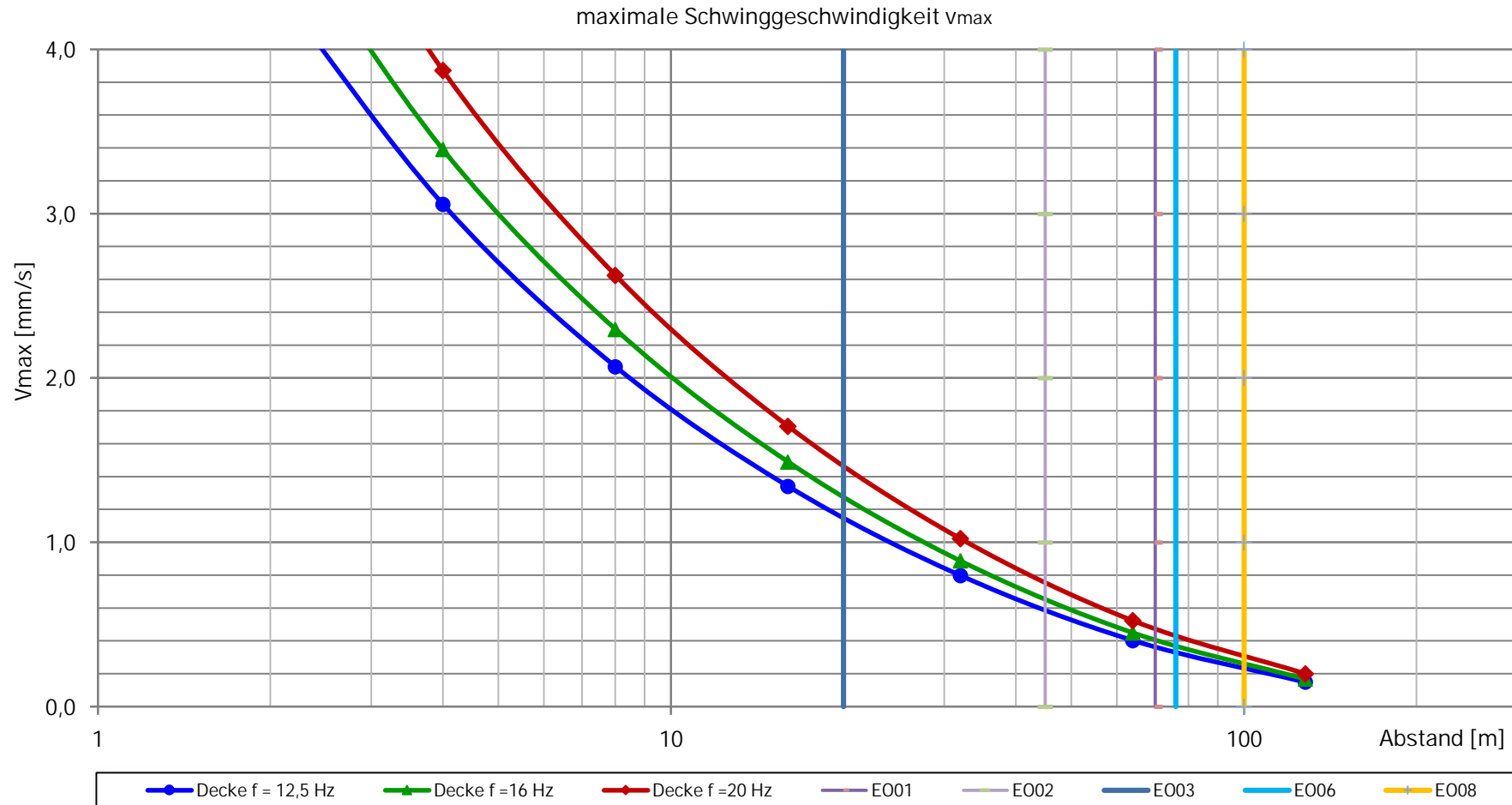
Stahlbetondecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)



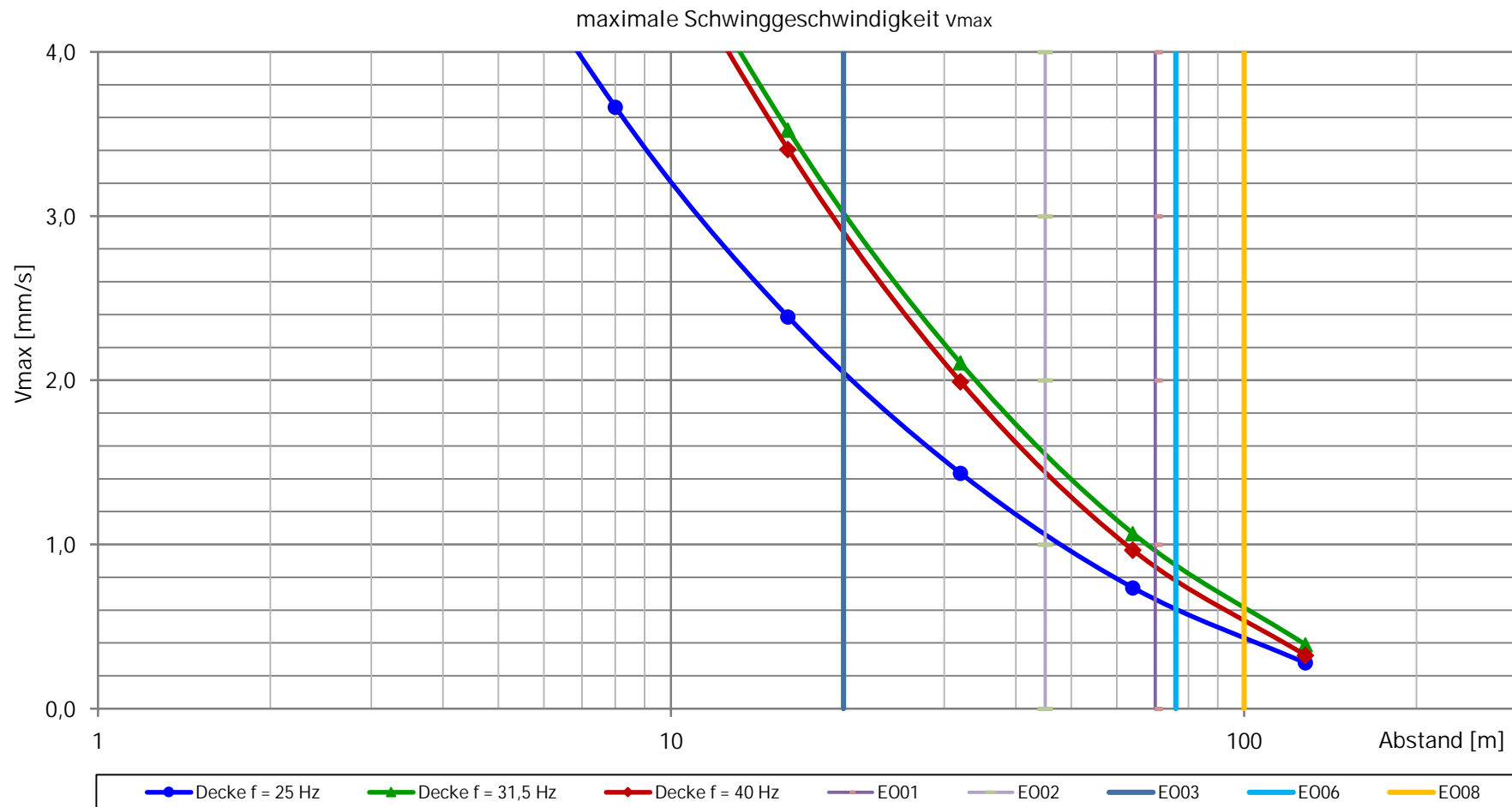
Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)



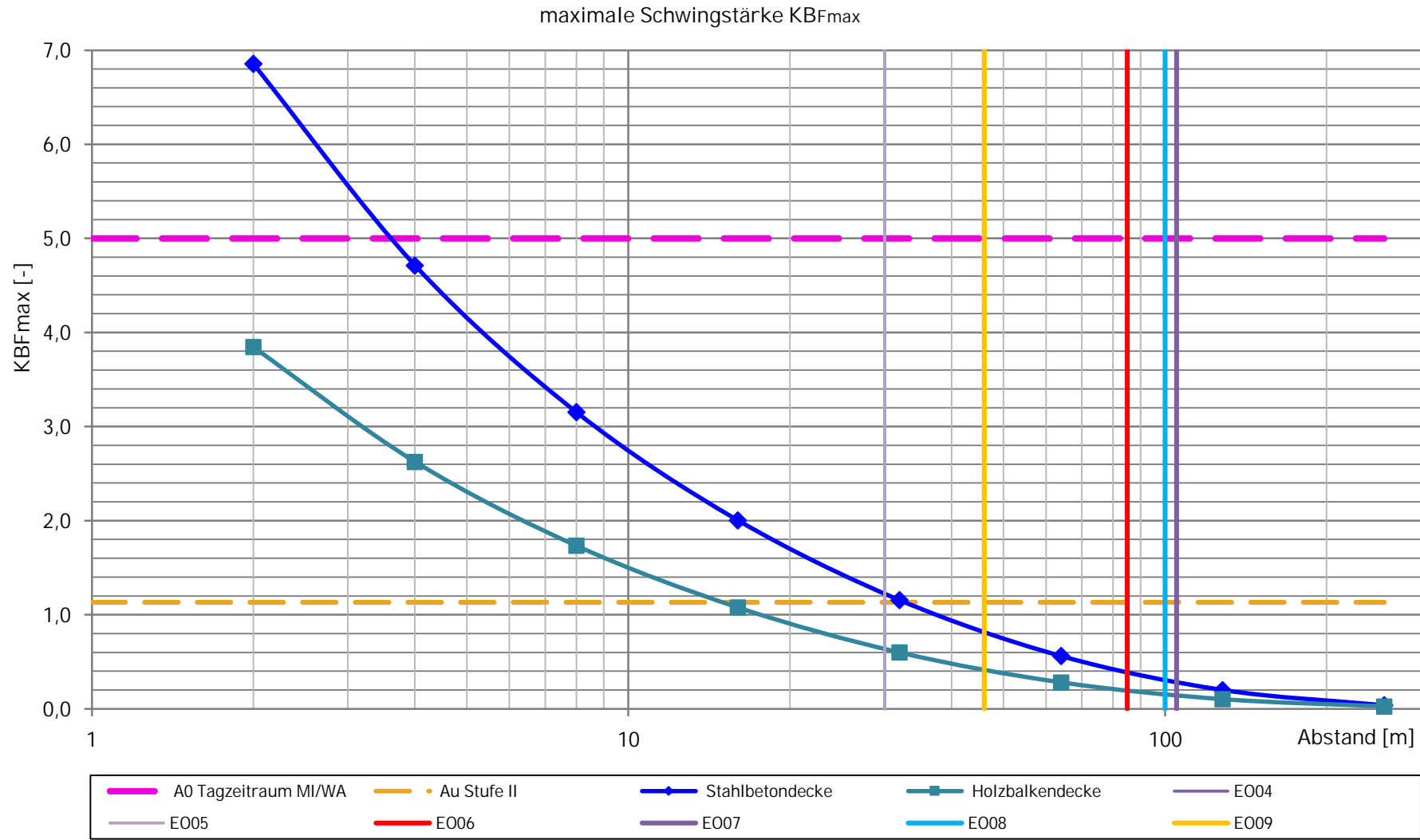
Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken

Vibrationsramme (Normalbetrieb)



KB_{Fmax} in typischen Geschossbauten
 Tagzeitraum

Vibrationswalze

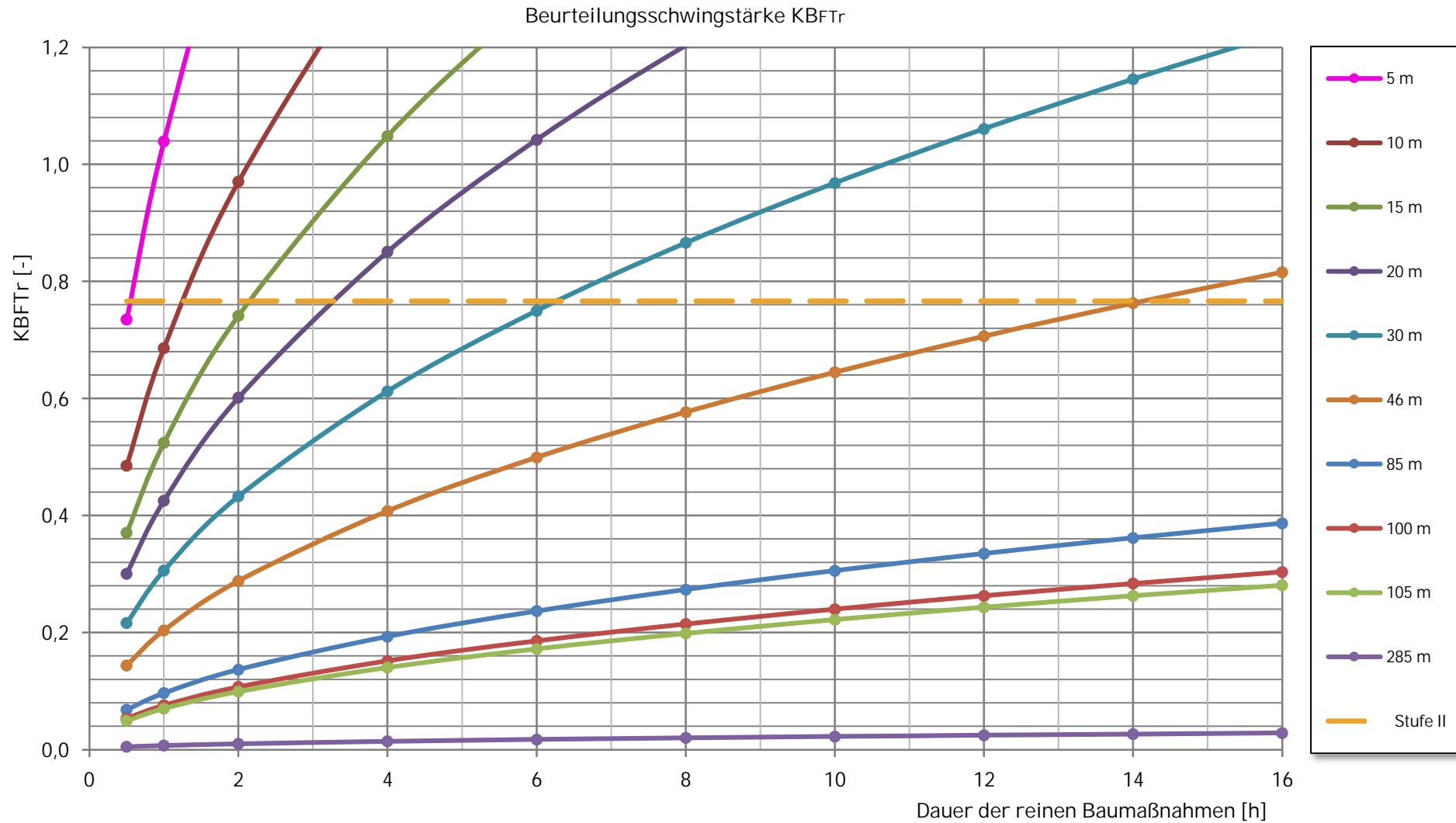


KB_{FTr} in typischen Geschossbauten

Tagzeitraum

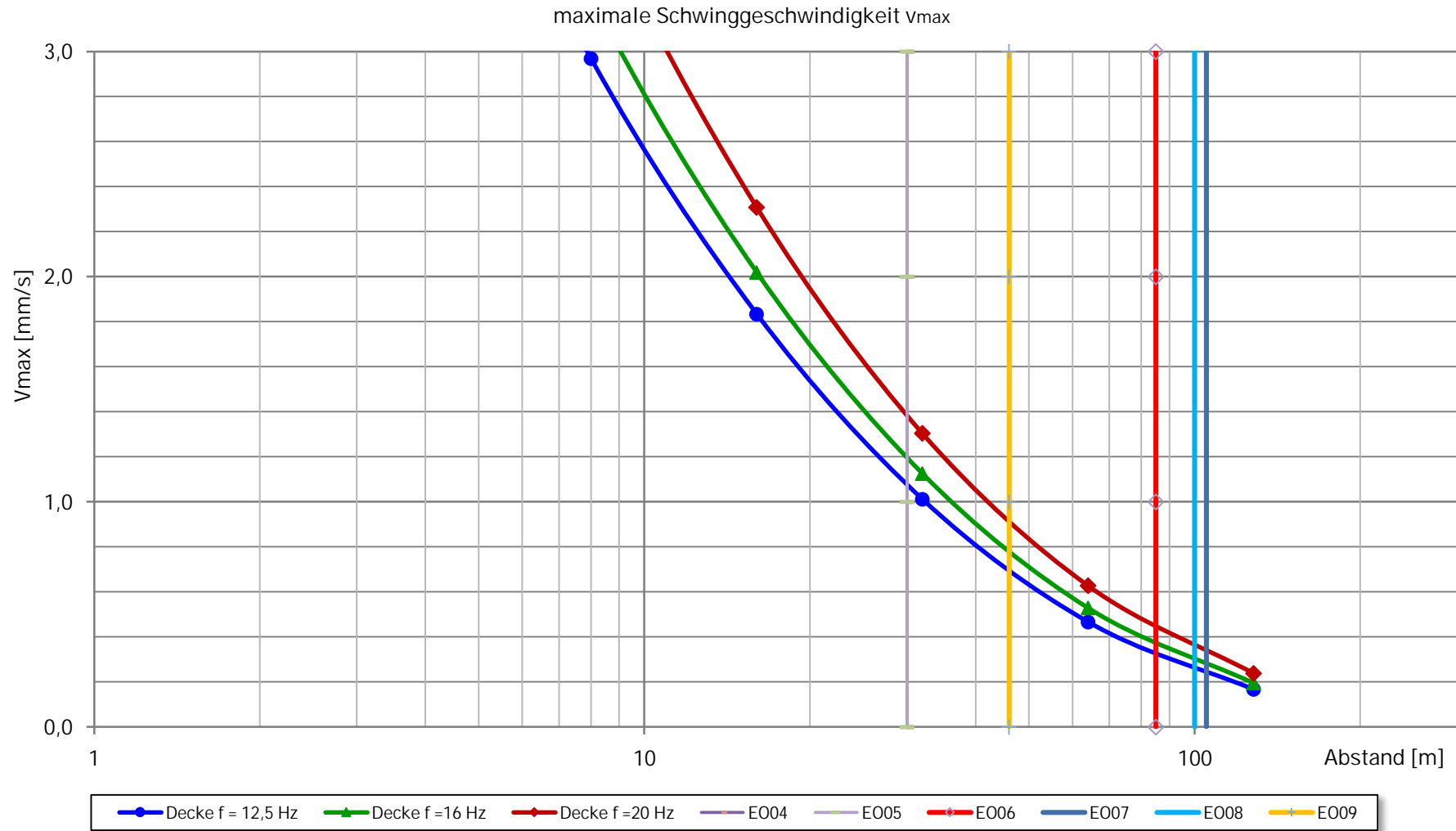
Stahlbetondecken

Vibrationswalze



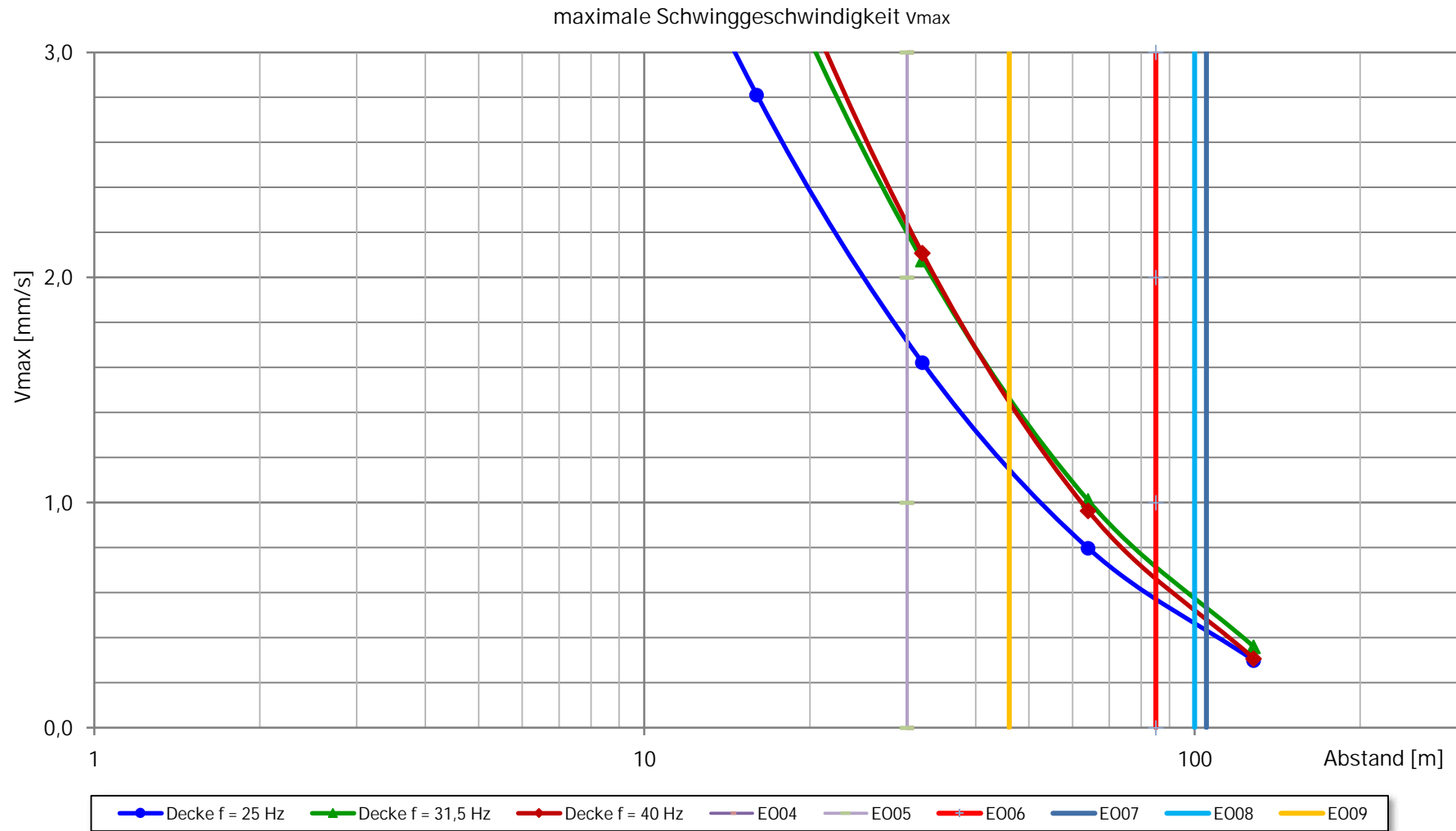
Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Holzbalkendecken

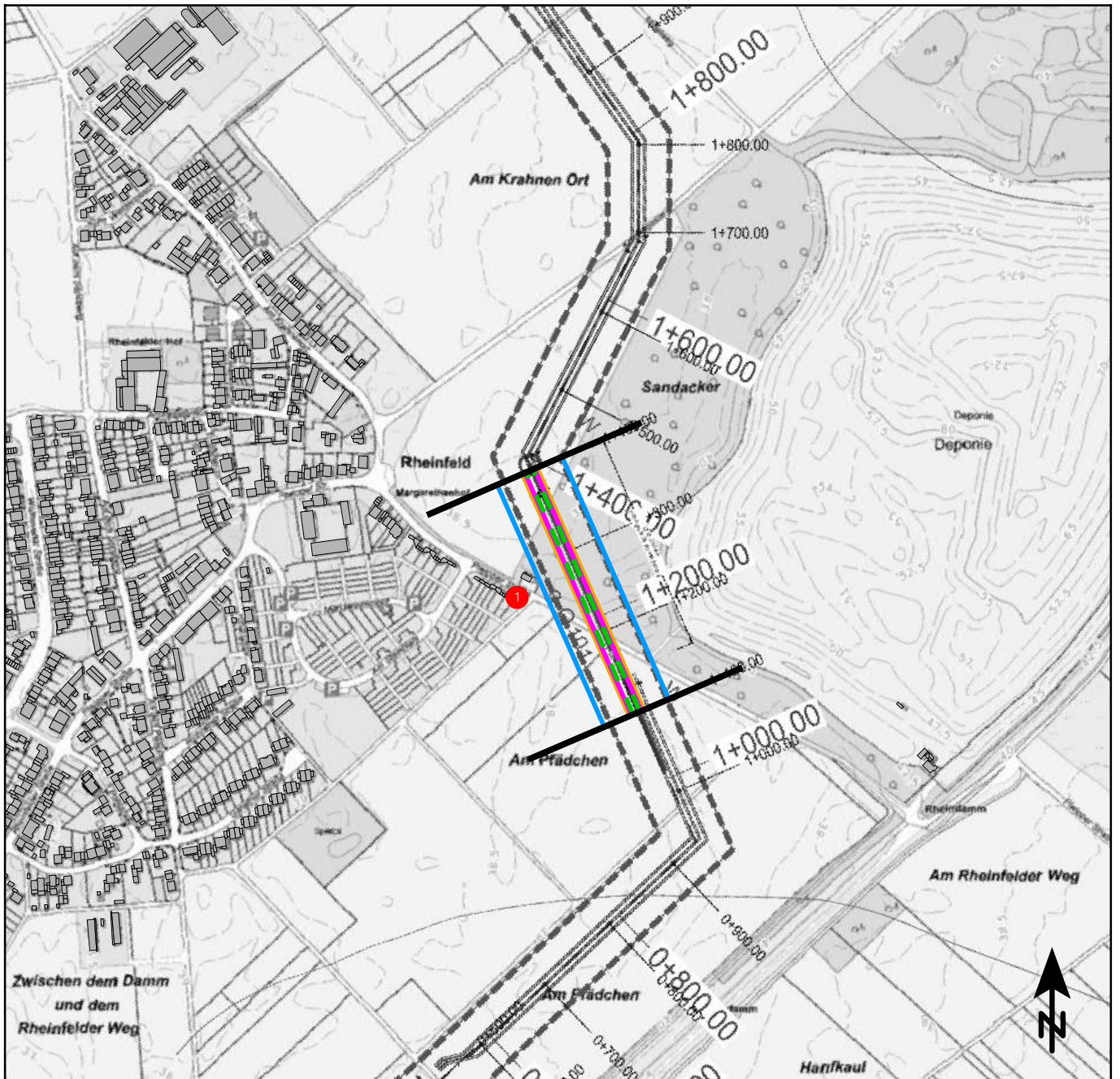
Vibrationswalze



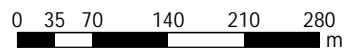
Maximale Schwinggeschwindigkeit in typischen Geschossbauten mit Stahlbetondecken

Vibrationswalze





Maßstab 1:7000



- Einwirkungsort
- Querschnittsbegrenzung
- Tunnelfräse Stufe I - Tag Hb DIN 4150-2
- Tunnelfräse Stufe I - Tag Stb DIN 4150-2
- Vibrationsramme Stufe II - Tag Hb DIN 4150-2
- Vibrationsramme Stufe II - Tag Stb DIN 4150-2



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

05.01.2024; Bericht Nr. 20220391-808-ABE-1

RWE Power AG

Rheinwasser Transportleitung

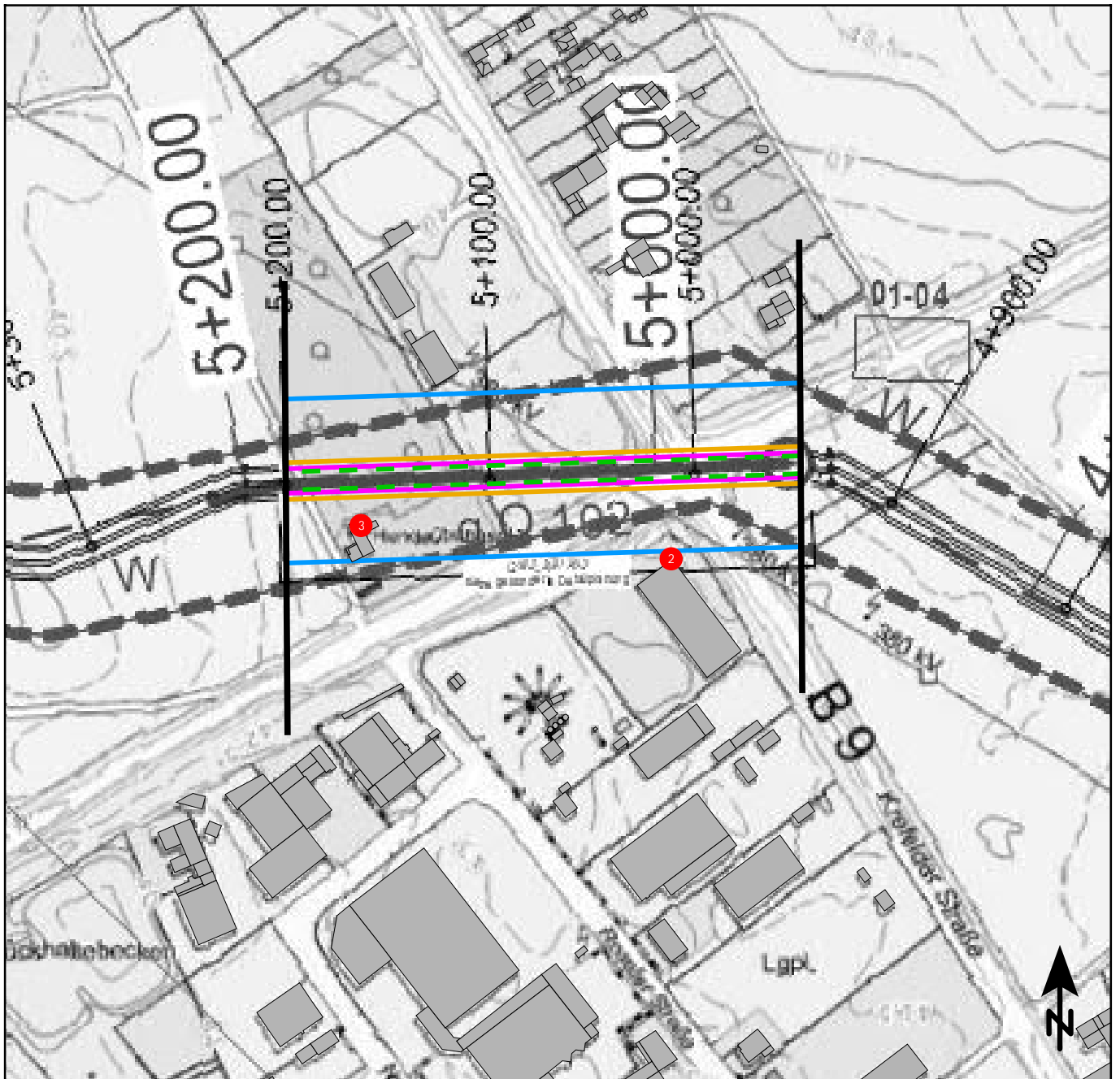
- Konfliktkarte Querschnitt 1 -

km 1+100.00 bis km 1+400.00

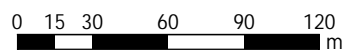
Tunnelfräse / Vibrationsramme

Grenzabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2
 Beurteilungszeitraum Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr)

ANHANG 7.1



Maßstab 1:3000



- Einwirkungsort
- Querschnittsbegrenzung
- Tunnelfräse Stufe I - Tag Hb DIN 4150-2
- Tunnelfräse Stufe I - Tag Stb DIN 4150-2
- Vibrationsramme Stufe II - Tag Hb DIN 4150-2
- Vibrationsramme Stufe II - Tag Stb DIN 4150-2



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

05.01.2024; Bericht Nr. 20220391-808-ABE-1

RWE Power AG

Rheinwasser Transportleitung

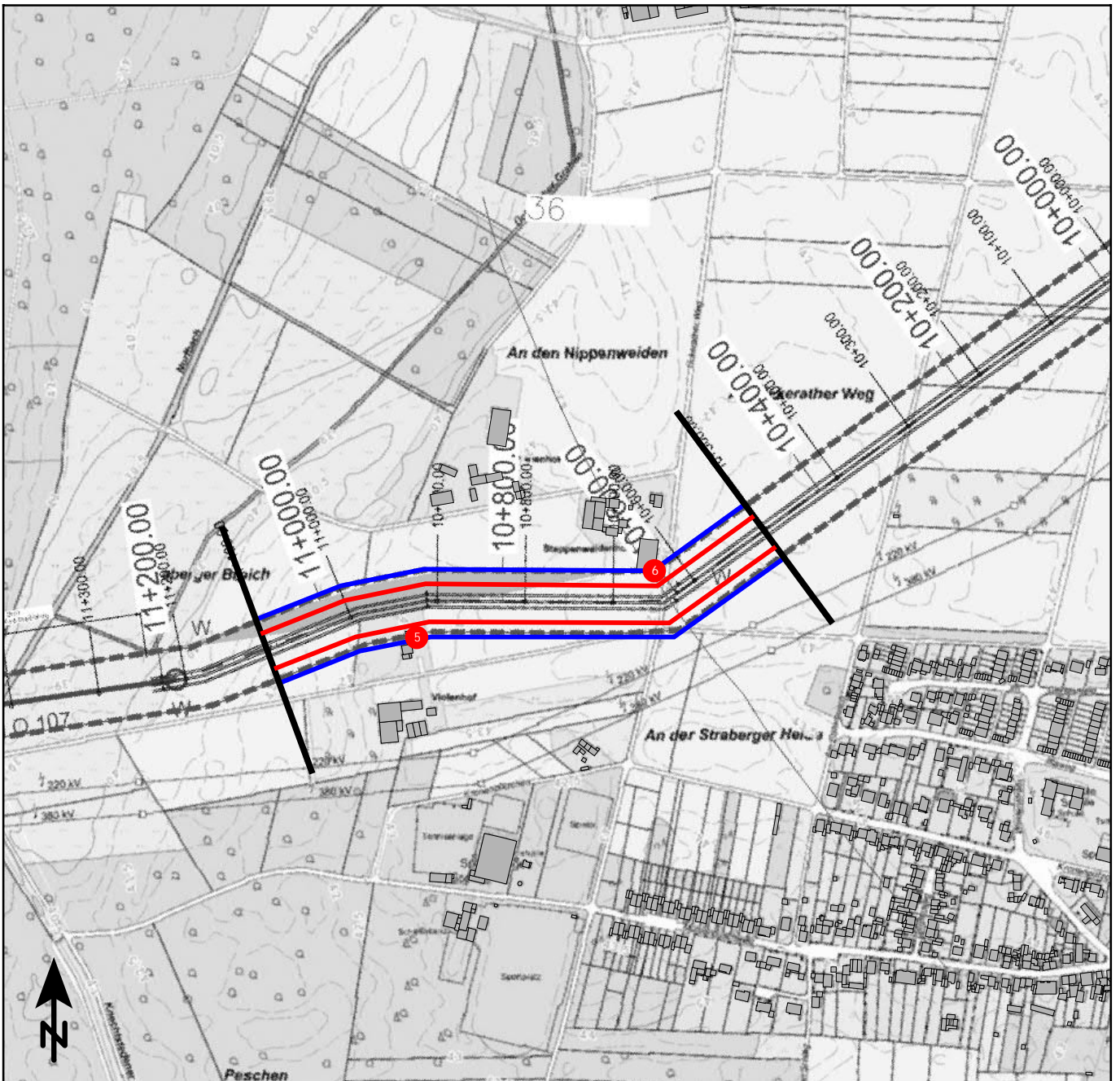
- Konfliktkarte Querschnitt 2 -

km 4+950.00 bis km 5+200.00

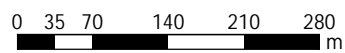
Tunnelfräse / Vibrationsramme

Grenzabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2
 Beurteilungszeitraum Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr)

ANHANG 7.2



Maßstab 1:7000



- Einwirkungsort
- Querschnittsbegrenzung
- Vibrationswalze Stufe II - Tag Hb DIN 4150-2
- Vibrationswalze Stufe II - Tag Stb DIN 4150-2



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

05.01.2024; Bericht Nr. 20220391-808-ABE-1

RWE Power AG

Rheinwasser Transportleitung

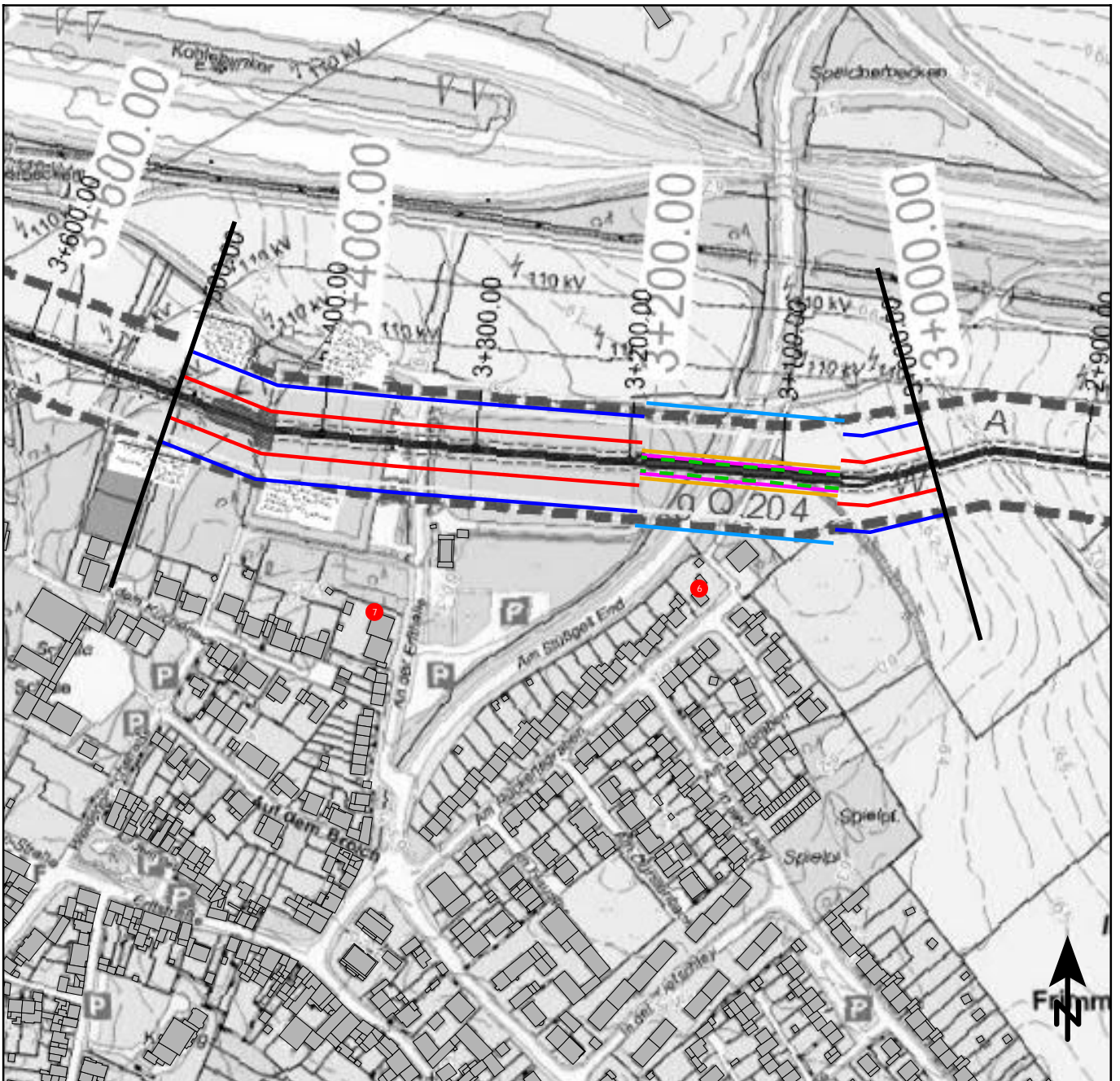
- Konfliktkarte Querschnitt 3 -

km 10+500.00 bis km 11+000.00

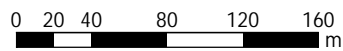
Vibrationswalze

Grenzabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2
 Beurteilungszeitraum Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr)

ANHANG 7.3



Maßstab 1:4000



- Einwirkungsort
- Querschnittsbegrenzung
- Vibrationswalze Stufe II - Tag Hb DIN 4150-2
- Vibrationswalze Stufe II - Tag Stb DIN 4150-2
- Tunnelfräse Stufe I - Tag Hb DIN 4150-2
- Tunnelfräse Stufe I - Tag Stb DIN 4150-2
- Vibrationsramme Stufe II - Tag Hb DIN 4150-2
- Vibrationsramme Stufe II - Tag Stb DIN 4150-2



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

05.01.2024; Bericht Nr. 20220391-808-ABE-1

RWE Power AG

Rheinwasser Transportleitung

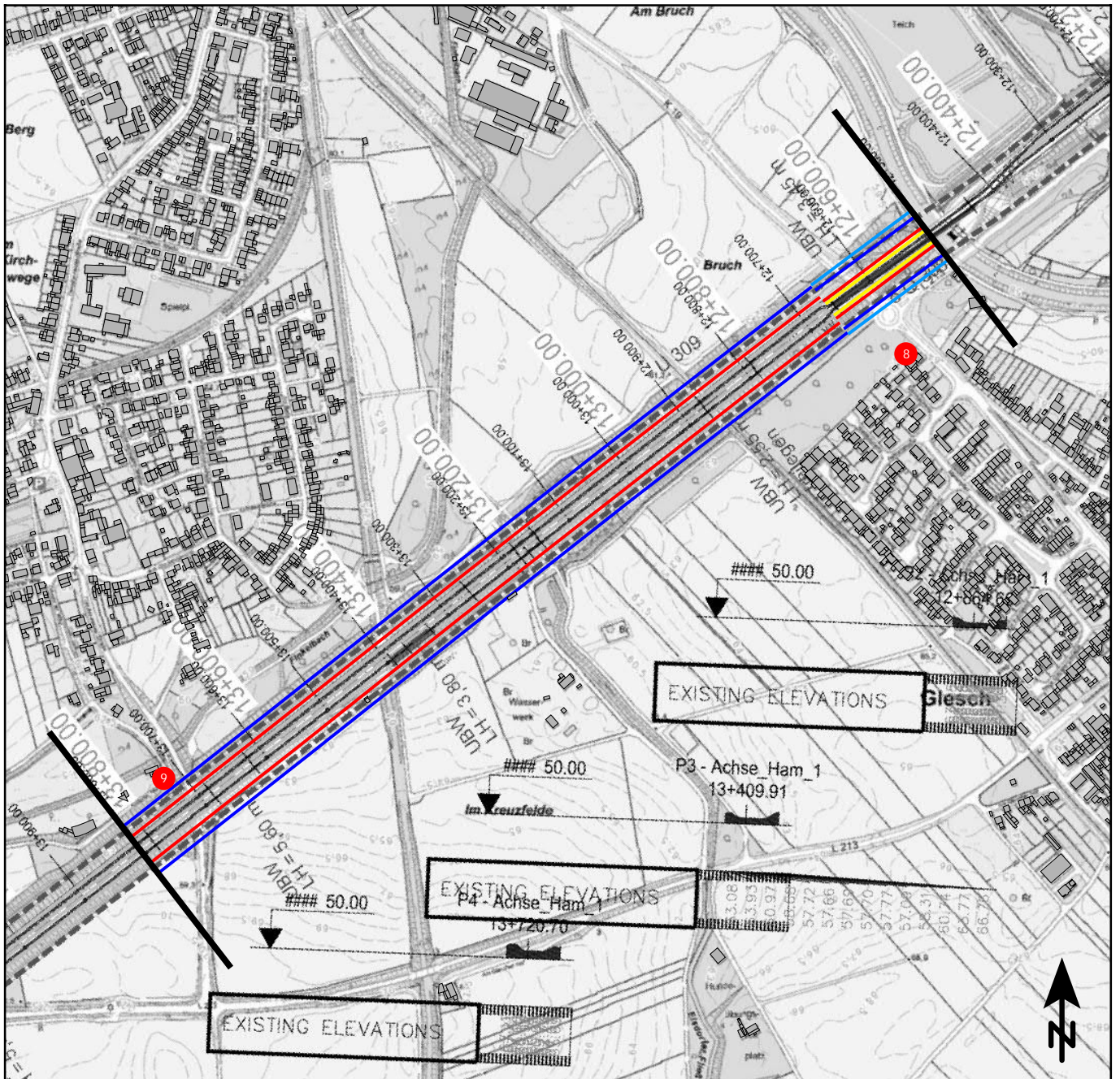
- Konfliktkarte Querschnitt 4 -

km 3+000.00 bis km 3+500.00

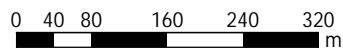
Tunnelfräse / Vibrationsramme / Vibrationswalze

Grenzabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2
 Beurteilungszeitraum Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr)

ANHANG 7.4



Maßstab 1:8000



- Einwirkungsort
- Querschnittsbegrenzung
- Vibrationswalze Stufe II - Tag Hb DIN 4150-2
- Vibrationswalze Stufe II - Tag Stb DIN 4150-2
- Vibrationsramme Stufe II - Tag Hb DIN 4150-2
- Vibrationsramme Stufe II - Tag Stb DIN 4150-2



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

05.01.2024; Bericht Nr. 20220391-808-ABE-1

RWE Power AG

Rheinwasser Transportleitung

- Konfliktkarte Querschnitt 5 -

km 12+500.00 bis km 13+800.00

Vibrationsramme / Vibrationswalze

Grenzabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2

Beurteilungszeitraum Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr)

ANHANG 7.5