FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
BAUDYNAMIK & BAUPHYSIK
TECHNISCHE AKUSTIK

Messstelle zur Ermittlung der Emission und Immission von Geräuschen und Erschütterungen

Schallschutzprüfstelle DIN 4109
Zertifikat: VMPA-SPG-203-00-HE

Fehlheimer Str. 24 ❑ 64683 Einhausen
Telefon (06251) 9646-0
Telefax (06251) 9646-46

E-Mail: info@fritz-ingenieure.de
www.fritz-ingenieure.de

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Vorhaben:
Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart („Stuttgart 21“)
Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg,
Bereich Stuttgart – Wendlingen mit Flughafenanbindung

Abschnitt:
Planfeststellungsabschnitt 1.1
Talquerung mit neuem Hauptbahnhof
Bahn-km -0,4-42,0 bis Bahn-km +0,4+32,0

Untersuchungsumfang:
Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen im Rahmen der Abbrucharbeiten des Nordflügels und Erstellung der Baugrube für das Technikgebäude

Bericht Nr.: **97440-ABE-1**
Datum: **15.06.2010**

Auftraggeber:

DB ProjektBau GmbH
Räpplenstraße 17
70191 Stuttgart

Sachbearbeiter:

Dipl.-Phys Peter Fritz
Dipl.-Ing. Rolf Schneider

Umfang des Dokumentes

Textteil:	25 Seiten
ANHANG 1:	2 Seiten
ANHANG 2:	4 Seiten
ANHANG 3:	6 Seiten

Dieser Bericht ist nur für den Gebrauch des Auftraggebers bestimmt.
Eine darüber hinausgehende Verwendung, vor allem durch Dritte, unterliegt dem Schutz des Urheberrechts gemäß UrhG.

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung 5

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung 6

3 Bearbeitungsgrundlagen 7

4 Beschreibung des Baustellenbetriebes 8

5 Anforderungen an den Erschütterungsschutz 9

5.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden 9

5.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen 12

5.3 Einwirkungen auf betriebstechnische Anlagen 13

6 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise 16

6.1 Beschreibung der Lastfälle 16

6.2 Prognose der Erschütterungsimmissionen 17

6.2.1 Emission 18

6.2.2 Transmission 18

6.2.3 Immissionen 20

7 Untersuchungsergebnisse 21

7.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden 21

7.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen 23

7.3 Einwirkungen auf betriebstechnische Anlagen 24

8 Abschließende Bemerkungen 24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte 13
Abbildung 2: Anhaltswerte für schwingungsempfindliche Anlagen 14
Abbildung 3 : Ursachen-Wirkungs-Prinzip 18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen 10
Tabelle 2: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen 11
Tabelle 3: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke 13
Tabelle 4: Klassifizierung der Anhaltswerte 15
Tabelle 5: Abstände schutzbedürftiger Gebäude 22
Tabelle 6: maximale bewertete Schwingstärken KB_{Fmax} 22
Tabelle 7: maximale Schwinggeschwindigkeit v_{max} 24

Anhänge

Anhang 1 Emissionen
Anhang 2 Transmissionen
Anhang 3 Erschütterungsimmissionen

Abkürzungsverzeichnis

A	Anhaltswert
A_{EDv}	Anhaltswert EDV-Anlagen
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 Schwinggeschwindigkeit gemäß DIN 4150-3
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
c	Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle [m/s]
D	Dauer von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen
D	Dämpfungsgrad [%] nach DIN 4150-1
dB	Dezibel
d_{min}	Mindestabstand [m]
f	Frequenz [Hz]
f_0	Deckeneigenfrequenz [Hz]
Hz	Hertz, Schwingung je Sekunde
KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB_{FTr}	Beurteilungsschwingstärke [-]
kJ	Kilojoule [kgm^2/s^2]
LAI	Landesausschuss für Immissionsschutz
LF	Lastfall
n	Exponent der Wellenart nach DIN 4150-1
PFA	Planfeststellungsabschnitt
T_1	Übertragung im Erdreich
T_2	Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament
T_3	Übertragung vom Gebäudefundament auf die Geschossdecken
v_0	Referenzwert für die Schwingschnelle [$5 * 10^{-8}$ m/s]
v_i	Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
v_z	zulässige Schwinggeschwindigkeit auf Geschossdecken gemäß DIN 4150-3

1 Zusammenfassung

Die erschütterungstechnische Untersuchung zum Baubetrieb für das Projekt Stuttgart 21 im PFA 1.1 hat zu den folgenden Ergebnissen geführt:

- ❑ Beurteilungsrelevante Erschütterungseinwirkungen entstehen ausschließlich beim Einbringen der Bohrpfähle zur Baugrubensicherung für das neue 2-geschossige Technikgebäude und den geplanten Abbrucharbeiten des Nordflügels. Diese Bauarbeiten finden ausschließlich im Tagzeitraum statt. Hinsichtlich des Schwerlastverkehrs auf den Baustraßen wird davon ausgegangen, dass die LKWs auf Baustraßen mit befestigten Fahrbahnoberflächen im Nahbereich von Gebäuden verkehren, sodass auch hier keine relevanten Erschütterungen entstehen werden. Der Zustand der Baustraßen ist während der Bauphase zu kontrollieren und gegebenenfalls auszubessern.

- ❑ Durch den Bautrieb Bauaktivitäten ergeben sich unter Berücksichtigung der gegebenen Abstandsverhältnisse und der vorhandenen schutzbedürftigen Nutzungen keine Erschütterungsimmissionen, die im Sinne der DIN 4150-2 als „erheblich belästigend“ einzustufen sind.

- ❑ Auch hinsichtlich der Einwirkungen auf bauliche Anlagen können mögliche Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150-3 ausgeschlossen werden.

- ❑ Hinsichtlich der Einwirkungen auf betriebstechnische Anlagen wurde das den beurteilungsrelevanten Bauaktivitäten nächstgelegene schutzbedürftige Gebäude der Landesbank untersucht. Auch hier sind weder durch den Abbruch, noch durch die Verbauarbeiten im Bereich des geplanten Technikgebäudes Beeinträchtigungen sensibler EDV-Anlagen infolge der Erschütterungseinwirkungen zu erwarten.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Das Projekt „Stuttgart 21“ hat die Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart sowie den Bereich Stuttgart-Wendlingen (mit Flughafenanbindung) der Aus- und Neubaustrecke ABS/NBS Stuttgart-Augsburg zum Gegenstand. Der **Planfeststellungsabschnitt 1.1** (**PFA 1.1**) umfasst den Bereich der Talquerung. Unter Nr. 3.3.5 des Planfeststellungsbeschlusses wird der Vorhabenträgerin auferlegt, dem Eisenbahn-Bundesamt rechtzeitig vor Baubeginn erschütterungstechnische Detailgutachten zum Baubetrieb vorzulegen. Diese Detailgutachten sind abschnittsübergreifend zu erarbeiten, das heißt es sind jeweils sämtliche gleichzeitig auftretenden Erschütterungsimmissionen zu berücksichtigen und unabhängig von der Zuweisung zu einem Planfeststellungsabschnitt zu beurteilen.

Als erste bauliche Maßnahme ist der Umbau des bestehenden Kopfbahnhofes in der Stuttgarter Innenstadt geplant. In diesem Zusammenhang werden der Abbruch des Nordflügels des Bahnhofs und die Erstellung der Baugrube für das geplante Technikgebäude durchgeführt.

Diese Maßnahmen werden systembedingt zu Einwirkungen durch Geräusche und Erschütterungen im näheren Umfeld führen. Die Einwirkungen resultieren zum einen aus den Abbrucharbeiten und zum anderen aus den Sicherungsmaßnahmen für die Baugrube des Technikgebäudes.

Aufgrund der innerörtlichen Lage der Bauflächen ist nicht auszuschließen, dass im Zusammenhang mit den Bauarbeiten erschütterungstechnische Konflikte an schutzwürdigen Nutzungen in der unmittelbaren Nachbarschaft ausgelöst werden. Aus diesem Grund ist es erforderlich, die Einwirkungen des Baubetriebs auf die vorhandenen schutzwürdigen Nutzungen zu quantifizieren und zu beurteilen. Hierzu werden die aus Sicht des Erschütterungsschutzes relevanten Lastfälle analysiert. Die aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen sind auf Grundlage allgemein anerkannter Regelwerke wie der die 4150 zu erheben und zu beurteilen.

Konkret ist zu prüfen, ob bzw. in welchen Bauphasen erhebliche Belästigungen durch Erschütterungen zu erwarten sind und ob diese zu möglichen Schäden an Gebäuden oder Gebäudeteilen führen können. Des Weiteren ist zu prüfen, ob Einwirkungen auf Betriebsanlagen zu erwarten

sind, die die Funktionsfähigkeit der Betriebsanlagen beeinträchtigen könnten. Soweit Konflikte nicht ausgeschlossen werden können, sind unter Berücksichtigung des Angemessenheitsgrundsatzes und unter Berücksichtigung des Standes der Technik geeignete planerische oder organisatorische Maßnahmen zur Vermeidung oder zur Minimierung der Konflikte vorzusehen.

Die erschütterungstechnisch relevanten Einwirkungen resultieren vorwiegend aus den Abbruchmaßnahmen und aus den erforderlichen Arbeiten zur Herstellung von Bohrpfählen, die der Sicherung der Baugrube für das Technikgebäude dienen. Aus dem Schwerlastverkehr auf den BE-Flächen sind keine erschütterungsrelevanten Immissionen zu erwarten.

3 Bearbeitungsgrundlagen

Der durchgeführten schalltechnischen 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/ Planfeststellungsbeschluss für den Umbau des Bahnknotens Stuttgart „Projekt Stuttgart 21“, Planfeststellungsabschnitt 1.1 (Talquerung mit neuen Hauptbahnhof), Bau-km -0.4+42,0 – +0,4+32,0 in Stuttgart, Eisenbahn-Bundesamt, Außenstelle Karlsruhe / Stuttgart, 28.01.2005, Az. 59160 Pap-PS 21-PFA 1.1 (Talquerung)

/4/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001

/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“, Februar 1999

/7/ Methods of Developing Vibration and Acoustic Noise Specifications for Microelectronics Process Tools, Colin C. Gordon, California – 1994

/8/ Vibrationen, Ursachen, Messung, Analysen und Maßnahmen; Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Dokumentation zur D-A-CH-Studientagung 1991

/9/ Bodendynamik, Grundlagen und Anwendungen, Hrsg. Wolfgang Haupt; 1986

/10/ Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Bericht Nr. 107

/11/ Lageplan Planungsabschnitt 1. Talquerung mit Hauptbahnhof Bauablaufplanung km -0,4 -42 bis 0,4 +32; Maßstab 1:750; Ingenieur-Arbeitsgemeinschaft BGS Boll und Partner

/12/ Angaben zum Betriebsablauf und der Bauausführungsplanung, Projektmanagement Drees & Sommer Stuttgart

4 Beschreibung des Baustellenbetriebes

Aus Sicht des Erschütterungsschutzes sind die Bauaktivitäten von Bedeutung, die mit dem Einleiten hoher Wechselkräfte in den Untergrund verbunden sind. Im vorliegenden Fall ist zu erwarten, dass insbesondere der Abbruch des Nordflügels und die baulichen Maßnahmen zur Errichtung des Technikgebäudes mit relevanten Erschütterungsimmissionen verbunden sind. Für die Errichtung des unterirdischen Technikgebäudes ist die Herstellung des Baugrubenverbaus mit Bohrpfählen in die Betrachtungen einzubeziehen.

Grundlage der erschütterungstechnischen Erhebungen ist ein durch den Vorhabenträger auf Grundlage der Entwurfsplanung konkretisiertes Konzept für die Durchführung der Teilbaumaßnahmen. Die hier betrachtete Teilbaumaßnahme lässt sich wiederum in zwei Maßnahmen unterteilen, in denen es zu erschütterungstechnisch relevanten Emissionen durch die Bauaktivitäten kommen kann.

Als erstes ist der Abbruch des Nordflügels vorgesehen. Als Vorbereitung dafür muss das Gebäude vollständig entkernt werden. Es müssen beispielsweise alle Bodenbeläge, Möbelhölzer und Deckenplatten ausgebaut werden. Die Klebeschichten unter den Bodenbelägen, sämtliche elektrische und sanitäre Installationen sind zu entfernen. Der dabei entstehende Bauschutt wird mit Baggern und Radladern aufbereitet und in Container gefüllt, die mit Lkws abtransportiert werden. Hier kommen Minibagger, Bagger und Radlader für die Beladung von Lkw und Containern sowie Kompressoren für die Bereitstellung von Druckluft zum Einsatz. Im Anschluss daran findet der eigentliche Abbruch des Nordflügels statt.

Für den Rückbau der Tragkonstruktion werden Stahlkonstruktionen mit Hilfe von Hydraulikbaggern abgebaut. Das Gebäude wird dann geschossweise von oben nach unten mit einem Zangenbagger abgetragen. Gleichermaßen werden Bodenplatten und Stützfundamente zurückgebaut. Das Abbruchmaterial wird entsprechend dem Entsorgungskonzept getrennt und gegebenenfalls mit entsprechenden Geräten zerkleinert, so dass die Beladung und der Transport möglich sind.

Nachdem der Abbruch des Nordflügels abgeschlossen ist, beginnen die Vorbereitungen für den Bau des Technikgebäudes. Hier erfolgen das Ausheben der Baugrube und der Abtransport des ausgehobenen Materials mit LKWs, sowie das Einbringen von Bohrpfählen zur Baugrubensicherung. Parallel dazu wird für den provisorischen Kanal Lautenschlagerstraße eine Stufenbaugrube hergestellt.

5 Anforderungen an den Erschütterungsschutz

5.1 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 Beurteilungsgrößen $\mathbf{KB_{Fmax}}$ und $\mathbf{KB_{FTr}}$ mit den Anhaltswerten der Norm zu vergleichen. Zunächst erfolgt ein Vergleich der für den Baubetrieb erwarteten maximalen bewerteten Schwingstärke $\mathbf{KB_{Fmax}}$ mit den Anhaltswerten $\mathbf{A_u}$ und $\mathbf{A_o}$ in der DIN 4150-2. Ist $\mathbf{KB_{Fmax}}$ kleiner oder gleich dem Anhaltswert $\mathbf{A_u}$, dann ist die Anforderung der Norm eingehalten. Ist $\mathbf{KB_{Fmax}}$ größer als der Anhaltswert $\mathbf{A_o}$, dann ist die Anforderung der Norm nicht eingehalten. Für Einwirkungen, bei denen

KB_{Fmax} größer als **A_u**, aber kleiner als **A_o** ist, ist in einem weiteren Prüfschritt die Beurteilungsschwingstärke **KB_{FTr}** zu ermitteln und mit dem Anhaltswert **A_r** zu vergleichen. Ist **KB_{FTr}** kleiner oder gleich **A_r**, sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

Für die zeitlich begrenzten Erschütterungen bei Baumaßnahmen werden die Anhaltswerte nach Tabelle 2 der **DIN 4150-2** /5/ herangezogen. Sie sind in **Tabelle 1** zusammengestellt und richten sich nach der Anzahl von Tagen, an denen die Erschütterungseinwirkungen stattfinden. Bei der Ermittlung der Dauer der einwirkenden Erschütterungen ist gemäß **DIN 4150-2**, Kapitel 6.5.4.2 nicht die gesamte Dauer der Baumaßnahme, sondern die zusammenhängende Anzahl der Tage zu verstehen, an denen tatsächlich relevanten Erschütterungseinwirkungen entstehen. Bei einer Einwirkdauer D zwischen 1 Tag und 6 Tagen sind die Anhaltswerte entsprechend zu interpolieren.

Tabelle 1: Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen

Dauer	**D ≤ 1 Tag**			**6 Tg. < D ≤ 26 Tg.**			**26 Tg < D ≤ 78 Tg.**		
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									

Die Anhaltswerte gelten ausschließlich für den Tagzeitraum (6.00 Uhr bis 22.00 Uhr), die Beurteilung erfolgt in 3 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 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 Ländesausschusses für Immissionsschutz (LAI) /2/ für Einwirkdauern von mehr als 78 Tagen eine Beurteilung nach den Anhaltswerten aus Tabelle 1 der **DIN 4150-2**, die in **Tabelle 2** zusammengestellt sind, für zeitlich unbegrenzte Einwirkungen gefordert. Für im Nachtzeitraum (22.00 Uhr bis 6.00 Uhr) auftretende Erschütterungen gelten ebenfalls die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der **DIN 4150-2**.

Bei der Ermittlung der Beurteilungsschwingstärken ist zu beachten, dass der Zeitraum von 6.00 Uhr bis 22.00 Uhr als Tagzeitraum anzusehen ist. Die Zeiträume von 6.00 Uhr bis 7.00 Uhr und von 19.00 Uhr bis 22.00 Uhr sind gemäß **DIN 4150-2**, Kapitel 3.7.4 als Ruhezeiten einzustufen.

Bei den erforderlichen Bauaktivitäten wird davon ausgegangen, dass keine Bauarbeiten während des Nachtzeitraumes durchgeführt werden. Des Weiteren sind im Rahmen dieser Baumaßnahme nach dem derzeitigen Planungsstand keine erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten mit einer Dauer von mehr als 78 Tagen geplant.

Tabelle 2: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

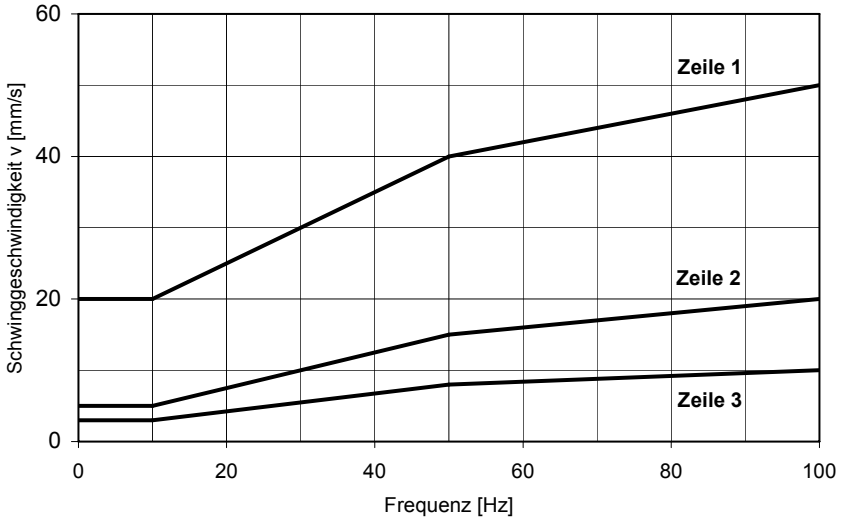
Zeile	Gebietsnutzung	Tag			Nacht		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Industriegebiet	0,40	6,00	0,20	0,30	0,60	0,15
2	Gewerbegebiet	0,30	6,00	0,15	0,20	0,40	0,10
3	Mischgebiet	0,20	5,00	0,10	0,15	0,30	0,07
4	Wohngebiet	0,15	3,00	0,07	0,10	0,20	0,05
5	Sondergebiete*	0,10	3,00	0,05	0,10	0,15	0,05

*besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. Krankenhäuser, Kurkliniken

5.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen wird die **DIN 4150-3** /6/ herangezogen. Die Norm nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden nicht zu erwarten sind.

Abbildung 1: Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte



Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne dieser Norm ist z. B. die Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen sowie die Verminderung der Tragfähigkeit von Decken. Bei Wohngebäuden wird auch bei Rissbildung in Putz und Wänden von einer Minderung des Gebrauchswertes ausgegangen.

Die maßgebenden Anhaltswerte für **kurzzeitige** Erschütterungen an Gebäudefundamenten sowie für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses sind in **Tabelle 3** zusammengestellt. Die Interpolation der Anhaltswerte für verschiedene Erschütterungsfrequenzen ist in **Abbildung 1** dargestellt.

Tabelle 3: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke

Zeile	Gebietsnutzung	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in 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 (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind.	3	3 - 8	8 - 10	8
* Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden					

Als kurzzeitige Erschütterungen sind Einwirkungen zu werten, wie sie z. B. beim Einbringen von Bohrpfählen durch das Aufsetzen der Bohrrohre entstehen. Neben den in **Tabelle 3** genannten Anhaltswerten nennt die **DIN 4150-3** einen Anhaltswert von

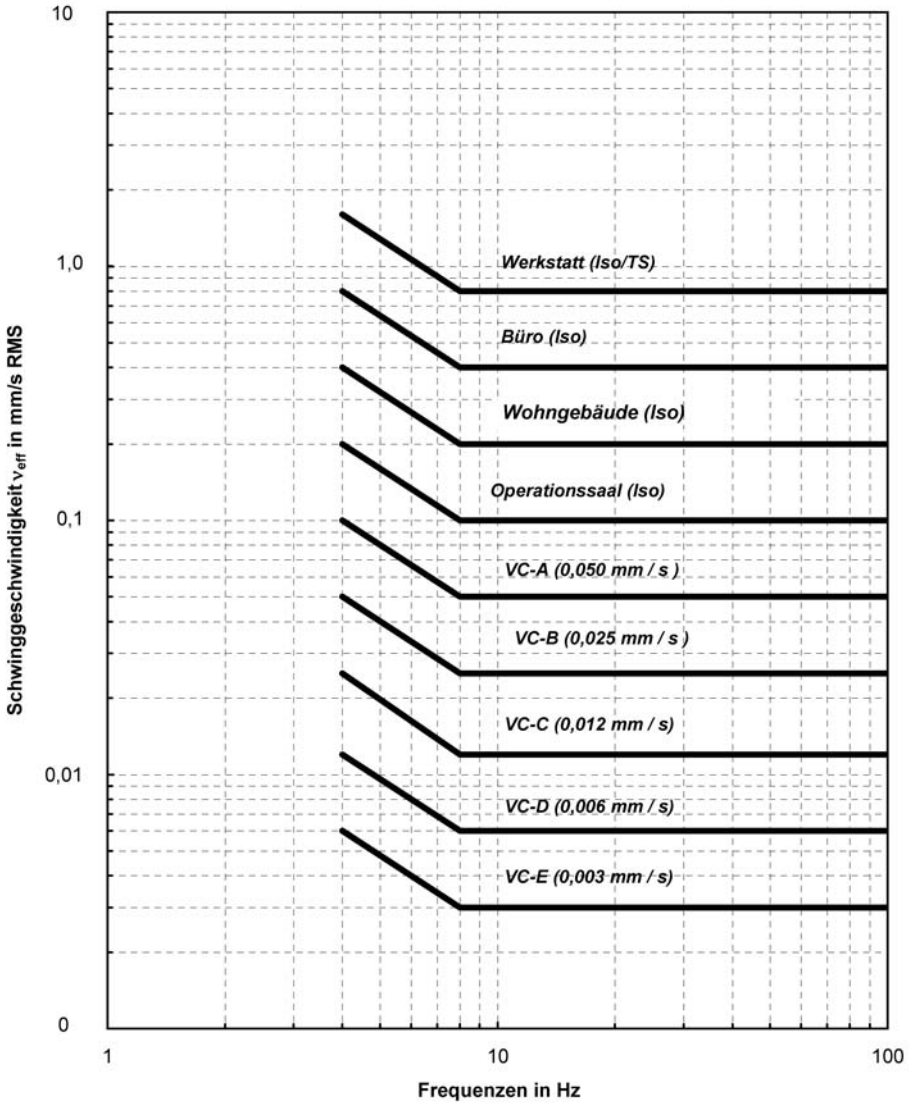
$$\mathbf{A_v = 20\ mm/sec}$$

für das Auftreten kurzzeitiger **vertikaler** Deckenschwingungen.

5.3 Einwirkungen auf betriebstechnische Anlagen

Als Anhaltswerte für zulässige Schwingungseinwirkungen auf schwingungsempfindliche Anlagen in Gebäuden werden häufig die von Colin G. Gordon entwickelten Schwingungskriterien (Vibration-Criteria VC) /7/ herangezogen. Diese Kriterien haben mittlerweile Eingang in den Entwurf der Norm ISO/TS 10811 („Mechanical vibration and shock – Vibration and shock in buildings with sensitive equipment“) gefunden.

Abbildung 2: Anhaltswerte für schwingungsempfindliche Anlagen



Hierin werden sowohl Kriterien für zulässige Schwingungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Nutzungen in Gebäuden als auch für schwingungsempfindliche Anlagen angegeben. Die Anforderungen werden in Abhängigkeit von der Frequenz der Schwingung mit „Vibration Criteria“ (**VC**) bezeichnet und in die Kategorien A bis E untergliedert.

Tabelle 4: Klassifizierung der Anhaltswerte

Klasse	Schwing-geschwindigkeit	Anwendung
Werkstatt (Iso)	0,800 mm/s	Gut spürbare Schwingungen. Anwendbar auf Werkstätten und unsensible Orte
Büro (Iso)	0,400 mm/s	Spürbare Schwingungen. Anwendbar auf Büros und unsensible Orte
Wohngebäude. (Iso)	0,200 mm/s	Gerade noch spürbare Schwingungen. Anwendbar auf Ruhezonen in den meisten Fällen. Eventuell anwendbar auf Computer, einfache Mikroskope und Laborgeräte
Operationssaal (Iso)	0,100 mm/s	Schwingungen nicht spürbar. Geeignet für sensible Ruhezonen. Vorwiegend geeignet für Mikroskope bis 100-fache Vergrößerung
VC-A	0,050 mm/s	Überwiegend geeignet für optische Mikroskope bis 400-fache Vergrößerung
VC-B	0,025 mm/s	Ein geeigneter Standard für optische Mikroskope bis 1000-fache Vergrößerung, lithographische Geräte (einschl. Stepper) bis 3 µm Linienbreite
VC-C	0,012 mm/s	Ein guter Standard für die meisten lithographischen Geräte bis 1 µm Linienbreite.
VC-D	0,006 mm/s	Überwiegend geeignet für anspruchsvolle Apparaturen einschließlich Elektronenmikroskop (REM und TEM) und E-Beam Systeme, die am Rande ihrer Leistungsfähigkeit arbeiten
VC-E	0,003 mm/s	Kriterium ist schwer einzuhalten. Geeignet für höchst sensible Systeme einschließlich Lasergeräte mit langen optischen Weglängen und anderen Systemen mit außergewöhnlich hohen dynamischen Stabilitätsanforderungen.

Im Rahmen erschütterungstechnischer Untersuchungen zum Baustellenbetrieb sind in der weit überwiegenden Anzahl der Fälle die Schwingungen auf EDV-Anlagen zu beurteilen, wie dies auch hier der Fall ist. Das Erfordernis ergibt sich aus dem Sachverhalt, dass sich im Untergeschoss des Gebäudes der LBBW ein Rechenzentrum befindet. Hierbei kommt es nicht nur darauf an, dass physikalische Schäden an den Geräten vermieden werden, sondern vielmehr auch darauf, dass es in Folge der dynamischen Beanspruchung der Geräte nicht zu „spontanen Systemausfällen“ kommt, die im Normalfall zu Datenverlusten führen und eine erhebliche Beeinträchtigung von Betriebsabläufen bedeuten können.

Einen expliziten Anforderungswert für EDV-Anlagen gibt es „in der Vibration Criteria (VC)“ von Colin G. Gordon nicht. Zwar wird darauf hingewie-

sen, dass die Anforderungswerte von Wohngebäuden eventuell auch auf Computer anzuwenden sind, jedoch haben Untersuchungen die sich konkret mit Einwirkungen auf Plattenlaufwerke befassen, gezeigt, dass maximale Schwinggeschwindigkeiten von bis zu 1 mm/s in der Regel zu keinen Beeinträchtigungen von EDV-Anlagen führen. Daher wird im vorliegenden Fall der Anforderungswert für die EDV-Anlagen mit

$$\mathbf{A_{EDV} = 1{,}0\ mm/s}$$

festgelegt.

6 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

6.1 Beschreibung der Lastfälle

Im Folgenden werden die maßgebenden Arbeitsvorgänge beschrieben und hinsichtlich ihrer erschütterungstechnischen Relevanz beurteilt:

Lastfall 1: Hierbei werden sämtliche Rückbaumaßnahmen am Nordflügel berücksichtigt, die nicht an der Tragkonstruktion des Bauwerkes angreifen. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um die Arbeiten zur Entkernung. Relevante Erschütterungsemissionen entstehen bei diesen Bauarbeiten nicht.

Lastfall 2: Abbruch der Tragkonstruktion des Nordflügels. Der Abbruch wird geschossweise von oben nach unten mit einem Zangenbagger abgetragen. Hierbei ist zu beachten, dass der Abbruch kleinteilig erfolgt. Das Herabfallen von schweren Massen (m > 400 kg) aus großen Fallhöhen ist zu vermeiden. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass es durch herabfallende Massen aus Fallhöhen von bis zu 2,5 m, die einer typischen Geschosshöhe entspricht, zu impulsartigen dynamischen Lasten kommt. Die durch die Fallenergien von bis zu 10 kJ induzierten dynamischen Belastungen können wiederum zu möglichen Beeinträchtigungen in nahegelegenen Gebäuden führen. Daher können auch für die erforderlichen Abbrucharbeiten beurteilungsrelevante Erschütterungsimmissionen nicht ausgeschlossen werden.

Lastfall 3: Bohren der Bohrpfähle für den Verbau der Baugrube "Technikgebäude". Hierbei wird davon ausgegangen, dass für die Durchführung der Arbeiten der Einsatz von einem Großbohrgerät erforderlich ist. Der

Einsatz von Bohrpfählen zur Herstellung des Baugrubenverbaus gehört nachweislich zu den „erschütterungsarmen“ Bauverfahren. Dies ist im Wesentlichen dem Sachverhalt geschuldet, dass beim Eindringen eines rotierenden Bohrkopfes lediglich geringe dynamische Lasten in den Baugrund eingeleitet werden. Beim Einbringen von Bohrpfählen entstehen daher die höchsten Schwingungsemissionen durch das Aufsetzen der Bohrrohre und nicht durch den eigentlichen Bohrvorgang. Hierbei handelt es sich um eine impulsförmige Anregung mit einer Energie, die erfahrungsgemäß in der Größenordnung von 5 kJ liegt, die zu beurteilungsrelevanten Erschütterungsimmissionen in nahegelegenen schutzwürdigen Gebäuden führen können.

Lastfall 4: Ausheben der Baugrube für das Technikgebäude und Abfahren des ausgehobenen Materials. Dabei können wesentliche Erschütterungsemissionen von Lkw- Bewegungen zum Transport des Aushubmaterials ausgehen. Da der Abtransport des Erdreichs über eine befestigte Zufahrt erfolgt, sind relevante Erschütterungseinwirkungen, die erhebliche Belästigungen oder gar Gebäudeschäden bewirken können nicht zu erwarten.

Lastfall 5: Herstellung eines provisorischen Kanals Lautenschlagerstraße. Der unterhalb der Lautenschlagerstraße verlaufende Abwasserkanal muss auf Höhe des geplanten Technikgebäudes verlegt werden. Dafür muss eine Stufenbaugrube ausgehoben und das ausgehobene Erdreich abtransportiert werden. Durch diese erforderlichen Bauarbeiten sind keine beurteilungsrelevanten Erschütterungsimmissionen zu erwarten.

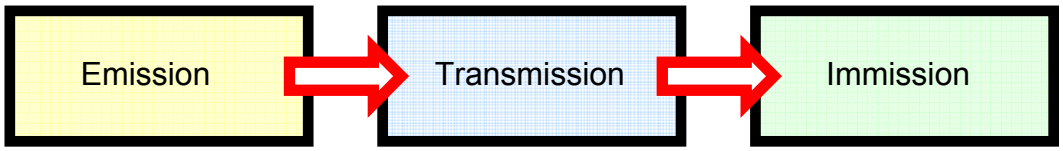
Somit sind maßgebliche Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden, auf bauliche Anlagen bzw. betriebstechnische Anlagen bei Durchführung der geplanten Baumaßnahmen ausschließlich infolge der erforderlichen Abbrucharbeiten des Nordflügels durch fallende Massen (**Lastfall 2**) und den erforderlichen Arbeiten beim Einbringen der Bohrpfähle für den Baugrubenverbau des Technikgebäudes (**Lastfall 3**) zu erwarten.

6.2 Prognose der Erschütterungsimmissionen

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 3** dargestellten Ursachen-Wirkungsprinzip ausgegangen.

Abbildung 3 : Ursachen-Wirkungs-Prinzip



Schwingungseinträge aus dem Umfeld in den Untergrund	**Übertragung der Schwingungen über den Untergrund auf das Gebäudefundament und innerhalb des Gebäudes**	**Schwingungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Gebäude und betriebstechnische Anlagen**

6.2.1 Emission

Die der erschütterungstechnischen Beurteilung des Baustellenbetriebes zugrunde gelegten Erschütterungsemissionen sind in **Anhang 1** in Form von Terzspektren angegeben. Die Spektren stellen im Sinne einer oberen Abschätzung eine obere Einhüllende mehrerer messtechnisch ermittelter Einzelspektren dar. Für das Einbringen der Bohrpfähle, das heißt für die stoßenden Lasten des Bohrgestänges, wird das Schwingschnellespektrum für eine Fallenergie von **5 kJ** in einem Bezugsabstand von 8 m ausgewiesen. (**Anhang 1.1**) Der Emissionsansatz für herab fallende Massen bei den Abbrucharbeiten (**Anhang 1.2**) steht für eine Fallenergie von **10 kJ**. Das angegebene Referenzabstand bezieht sich ebenfalls auf einen Abstand von 8 m. Die Fallenergie von 10 kJ entspricht einer herab fallenden Masse von 500 kg bei einer Fallhöhe von ca. 2,50 m.

6.2.2 Transmission

Der Übertragungsweg (Transmission) von der Emissionsquelle bis auf die Geschossdecken der Gebäude bzw. Räume mit schutzwürdigen Nutzungen gliedert sich in folgende 3 Übertragungsfunktionen:

T1: Übertragung im Untergrund bis vor das Gebäude
T2: Übertragung vom Boden auf das Gebäudefundament
T3: Übertragung vom Fundament auf die Geschossdecken

Für die T1-Funktion wird die entfernungsbedingte Erschütterungsabnahme nach **DIN 4150-1** /4/ zu Grunde gelegt. Hierin ist die geometrische Amplitudenabnahme berücksichtigt, die durch die Verminderung der Energiedichte mit wachsender Entfernung von der Erschütterungsquelle hervorgerufen wird und die vom Quellentyp und der Ausbreitungsform (Wellenart) abhängig ist. Die zusätzliche Minderung der Amplituden durch Absorption der Schwingungsenergie im Boden (Materialdämpfung) erfolgt frequenzabhängig und wird durch den Dämpfungsgrad **D** und die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Boden quantifiziert. Die Untersuchungen sind im Sinne einer oberen Abschätzung, d. h. unter Berücksichtigung einer hohen Emission und günstiger Ausbreitungsbedingungen durchzuführen. Der Dämpfungsgrad **D** wird daher mit maximal 0,01 (entsprechend Lockergestein) angesetzt. Da es sich beim Aufsetzen der Bohrrohre bzw. bei fallenden Massen um eine impulsförmige Anregung und im Sinne der DIN 4150-1 um eine Punktquelle handelt, ergibt sich ein Exponent von

$$\mathbf{n = 1{,}0.}$$

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit wird mit

$$\mathbf{c = 200\ m/s}$$

berücksichtigt.

Die Übertragung der Erschütterungen vom Boden auf ein Gebäudefundament (T2-Funktion) wird mit der in **Anhang 2.1** angegebenen Übertragungsfunktion berücksichtigt.

Für das Übertragungsverhalten innerhalb von Gebäuden (T3-Funktion) werden die in **Anhang 2.2** bis **Anhang 2.4** angegebenen typischen Übertragungsfunktion berücksichtigt. Die dargestellten Funktionen gelten für verschiedene Gebäude. Im vorliegenden Fall bedeutet dies konkret, dass die angegebenen Übertragungsfunktionen sowohl für die Prüfung der Belange des Erschütterungsschutzes im Gebäude der LBBW als auch für die Prüfung der Belange im IC-Hotel herangezogen werden. Bei den T_3-Funktionen handelt es sich um eine statistisch ausgewertete, auf die Biegeeigenfrequenz normierte T_3-Funktion. Es werden Gebäude mit unterschiedlichen Deckenabmessungen und Deckenkonstruktionen, die durch 3 unterschiedliche Deckeneigenfrequenzen charakterisiert werden, unter-

sucht. Hierbei handelt es sich um die folgenden Biegeeigenfrequenzen von Geschossdecken:

f_0 = 16,0 Hz
f_0 = 20,0 Hz
f_0 = 25,0 Hz

6.2.3 Immissionen

Da im Regelfall die in den Untergrund eingeleiteten dynamischen Beanspruchungen in vertikaler Richtung eingeleitet werden und da üblicherweise die Vertikalkomponenten der Schwingschnelle am Fundament und auf den Geschossdecken in Raummitte die Schwingschnellen in den übrigen beiden Raumrichtungen deutlich überschreiten, werden die die Prognosebetrachtungen ausschließlich für Vertikalkomponenten der Erschütterungseinwirkungen vorgenommen. Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen aus dem Baustellenbetrieb erfolgt hinsichtlich

- ❑ Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden,
- ❑ Einwirkungen auf bauliche Anlagen,
- ❑ Einwirkungen auf betriebstechnische Anlagen.

Für die beiden beurteilungsrelevanten **Lastfälle 2** und **3** wird unter Zugrundelegung der angegebenen Transferfunktionen die gemäß DIN 4150, Teil 2 relevanten Beurteilungsgrößen, die maximale bewertete Schwingstärke (**KB_{Fmax}**) und die Beurteilungsschwingstärke (**KB_{FTr}**) ermittelt.

Zur Beurteilung der Einwirkungen auf bauliche Anlagen ist gemäß DIN 4150, Teil 3 der Maximalwert der unbewerteten Schwingschnelle **v_{max}** [mm/s] zu bestimmen. Für die Beurteilung der Einwirkungen auf betriebstechnische Anlagen, im Regelfall EDV-Anlagen, wird ebenfalls der Maximalwert der unbewerteten Schwingschnelle herangezogen.

Für die Beurteilung der Einwirkungen werden unter Berücksichtigung der oben angegebenen Parameter Ausbreitungsberechnungen durchgeführt. Das bedeutet, dass für die jeweiligen Baumaßnahmen zum Beispiel differenziert für verschiedene Geschossdecken (Räume) die **Grenzabstände** ermittelt werden können, ab denen nicht ausgeschlossen werden kann, dass es zu Überschreitungen der relevanten Anforderungswert kommt. Soweit sich Objekte außerhalb der rechnerisch ermittelten Grenzabstände

befinden, kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass aus Sicht des Erschütterungsschutzes keine Konflikte zu erwarten sind.

7 Untersuchungsergebnisse

7.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der baubetrieblichen Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden sind in **Anhang 3.3** bis **Anhang 3.6** in Form von Ausbreitungskurven für die maßgebende Geschossdeckeneigenfrequenz dargestellt. Für den ersten Schritt der Beurteilung wird die maximale bewertete Schwingstärke $\mathbf{KB_{Fmax}}$ in Abhängigkeit vom Abstand für den beurteilungsrelevanten Tagzeitraum ausgewiesen. (**Anhang 3.3** und **Anhang 3.5**)

Gemäß dem Planfeststellungsbeschluss zum PFA 1.1 /3/ wird unter Abschnitt 3.3.2 gefordert, dass die Vorhabenträgerin zum Schutz von Menschen in Gebäuden sicherzustellen hat, dass durch die baubedingten Erschütterungseinwirkungen bis zu 78 Tagen die Anhaltswerte der **Stufe II** der Tabelle 2 der DIN 4150-2 einzuhalten sind. Die Dauer der Bohrarbeiten liegt gemäß den Angaben des technischen Planers bei ca. 20 Tagen. Daher gilt ein oberer Anhaltswert von

$$\mathbf{A_u = 5{,}0}$$

und ein unterer Anhaltswert von

$$\mathbf{A_u = 0{,}80.}$$

Die den beiden beurteilungsrelevanten Bauaktivitäten nächstgelegenen schutzbedürftigen Gebäude sind das „IC-Hotel“ und das Gebäude der Landesbank. Für diese Gebäude sind bedingt durch die Abstandsverhältnisse die höchsten Immissionen zu erwarten. Sind die Anforderungen für diese Gebäude erfüllt, so kann davon ausgegangen werden, dass dies auch für die umliegende Bebauung der Fall ist. Die Abstandsverhältnisse der Gebäude zur Baugrube Technikgebäude und Abbruch Nordflügel sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

Tabelle 5: Abstände schutzbedürftiger Gebäude

Schutzwürdige Nutzung	Abstand [m]	
	Baugrube Technikgeb.	Abbruch Nordflügel
IC-Hotel	≈ 4,0 m	15 m
Landesbank	< 50 m	24 m

Hinsichtlich der schutzbedürftigen Nutzung des „IC-Hotels“ ist zu berücksichtigen dass bei einer typischen Nutzung die Hotelzimmer am Tag im Allgemeinen nicht dem schutzbedürftigen Aufenthalt von Personen dienen. Daher erfolgt die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen im Tagzeitraum für dieses Gebäude lediglich orientierend. Eine Schutzbedürftigkeit besteht hier vorwiegend in der Nacht. Da nachts keine Bauarbeiten stattfinden kann es im Hotel nur bedingt zu nutzungseinschränkenden Einwirkungen kommen.

In dem Verwaltungsgebäude der LBBW findet eine gewerbliche Büronutzung im Tagzeitraum statt. Wie in **Anhang 3.3** und Anhang 3.4 zu sehen ist ergeben sich die nachfolgend aufgeführten maximale bewertete Schwingstärken:

Tabelle 6: maximale bewertete Schwingstärken KB_{Fmax}

Schutzwürdige Nutzung	Bohrpfähle (LF3)	Abbruch (LF2)
	KB_{Fmax}	KB_{Fmax}
IC-Hotel	0,9	0,4
Landesbank	< 0,1	0,2

Für das Gebäude der LBBW ergeben sich für beide Lastfälle KB_{Fmax}-Werte, die unterhalb des unteren Anhaltswertes $\mathbf{A_u}$ nach Tabelle 1 liegen. Somit sind die Anforderungen an den Immissionsschutz mit Sicherheit erfüllt. Erhebliche Belästigungen durch Erschütterungen aus dem Baubetrieb sind in diesem Gebäude nicht zu erwarten. Die Schwingstärken liegen im Bereich der Fühlschwelle des menschlichen Empfindens.

Für das IC-Hotel ergeben sich für den Lastfall 2 Schwingstärken, die deutlich unterhalb des unteren Anhaltswertes A_u liegen, aber dennoch spürbar sind. Für den Lastfall 3 hingegen überschreiten die Schwingstärke den

unteren Anhaltswert, sodass hier zur weiteren Beurteilung der Erschütterungsimmissionen der 2. Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2 durchgeführt werden muss.

Die Ergebnisse für den 2. Schritt der Beurteilung sind in **Anhang 3.4** ebenfalls in Form von Ausbreitungskurven dargestellt. Die Beurteilungsschwingstärken für den Tagzeitraum sind in Abhängigkeit vom Abstand und der reinen Bohrdauer ausgewiesen. Dies ist eine deutliche obere Abschätzung, da die impulsartigen Anregungen durch das Aufeinanderschlagen des Bohrgestänges lediglich sporadisch und nicht permanent auftreten. Gemäß DIN 4150-2, Tabelle 2 liegt der Beurteilungsanhaltswert $\mathbf{A_r}$ der **Stufe II**, welcher im vorliegenden Fall anzuwenden ist bei

$$\mathbf{A_u = 0{,}6.}$$

Dieser Wert kann bei einer reinen Bohrdauer von **7,5 Stunden** eingehalten werden. Dieser Zeitrahmen wird mit Sicherheit nicht überschritten. Demzufolge sind erheblich belästigende baubetriebsbedingte Erschütterungsimmissionen für die schutzbedürftigen Gebäude im direkten Umfeld der Baumaßnahme nicht zu erwarten.

7.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung hinsichtlich der Einwirkungen auf bauliche Anlagen sind in **Anhang 3.1** und **Anhang 3.2** ebenfalls in Form von Ausbreitungskurven dargestellt. Hierbei wird die beurteilungsrelevante maximale Schwinggeschwindigkeit v_{max} in Abhängigkeit vom Abstand für das Fundament und für die Geschossdecke ausgewiesen. Gemäß **Tabelle 3** wird für das Gebäudefundament ein Anhaltswert

$$\mathbf{A = 5{,}0\ mm/s}$$

der Beurteilung zu Grunde gelegt. Für die Geschossdecke gilt gemäß DIN 4150-3 /6/ ein Anhaltswert

$$\mathbf{A_v = 20\ mm/s.}$$

Die Ergebnisse für die beiden nächstgelegenen Gebäude sind in **Tabelle 7** zusammengestellt.

Tabelle 7: Maximale Schwinggeschwindigkeit v_{max}

Schutzwürdige. Nutzung	Bohrpfähle (LF3)		Abbruch (LF2)	
	Fundament	Decke	Fundament	Decke
IC-Hotel	0,7	1,7	0,3	0,7
Landesbank	< 0,1	0,2	0,2	0,4

Wie der Tabelle 7 zu entnehmen ist werden für beide nächstgelegenen Gebäude die Anforderungen am Gebäudefundament, als auch auf den Geschossdecken mit Abstand erfüllt. Demzufolge können mögliche Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150-3 sowohl infolge der erforderlichen Bohrarbeiten zur Herstellung der Baugrube für das Technikgebäude, als auch infolge der Abbrucharbeiten ausgeschlossen werden.

7.3 Einwirkungen auf betriebstechnische Anlagen

Es wird davon ausgegangen, dass sich lediglich in der Landesbank schwingungsempfindliche EDV-Anlagen befinden. Hier ergeben sich Schwinggeschwindigkeiten auf den Geschossdecken, die um den Faktor 4 bis 5 unter dem zulässigen Anhaltswert

$$\mathbf{A_{EDV} = 1{,}0\ mm/s}$$

liegen. Somit sind auch mögliche Beeinträchtigungen infolge der baubetrieblichen Erschütterungsimmissionen auf betriebstechnische Anlagen **nicht** zu erwarten.

8 Abschließende Bemerkungen

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

Die vorliegende erschütterungstechnische Untersuchung wurde für die der Baumaßnahme umliegenden Gebäude durchgeführt. Unter Berücksichtigung der gegebenen Abstandsverhältnisse und den Schutzbedürftigkeiten

sind weder erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden, noch mögliche Gebäudeschäden infolge der Abbrucharbeiten und der Verbauarbeiten für das neue Technikgebäude zu erwarten. Auch hinsichtlich schwingungssensibler Anlagen in den umliegenden Gebäuden können auf Grund der gegebenen Abstandsverhältnisse mögliche Beeinträchtigungen ausgeschlossen werden.

Dipl.-Phys. Peter Fritz **Dipl.-Ing. Rolf Schneider**

ANHANG

Emissionsspektrum

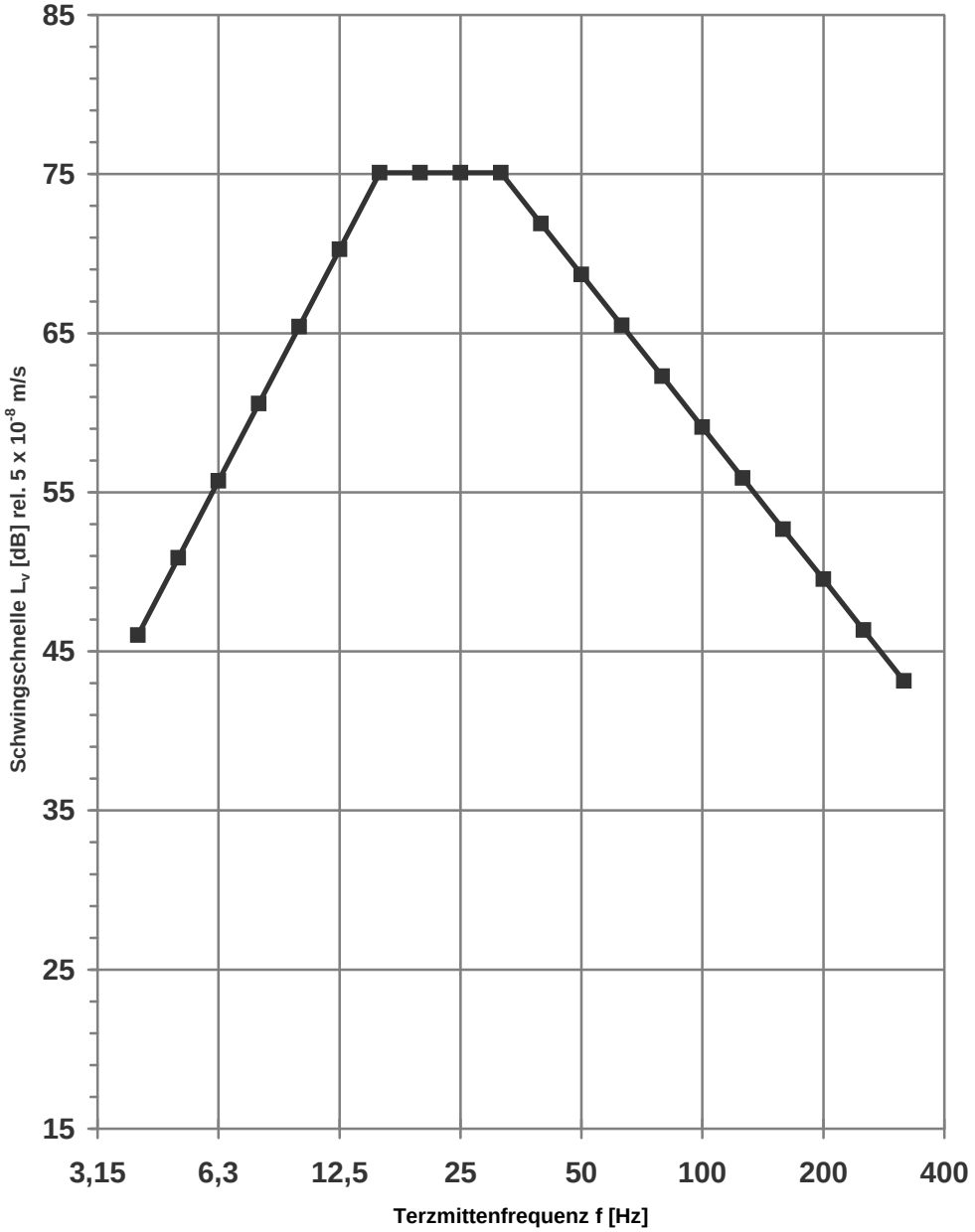
Einbringen von Bohrpfählen

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

X:\Projekte2\1997\97400-Stuttgart-21\nach PfB\Baubetrieb 1.1\Abbruch Nordf Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

Quelle Einbringen von Bohrpfählen
impulsartige Erschütterung durch das Aufsetzen der Bohrrohre

Fallenergie 5 KJ
Abstand 8 m



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
0,651	v_{eff}

Referenz:
$v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

Emissionsspektrum

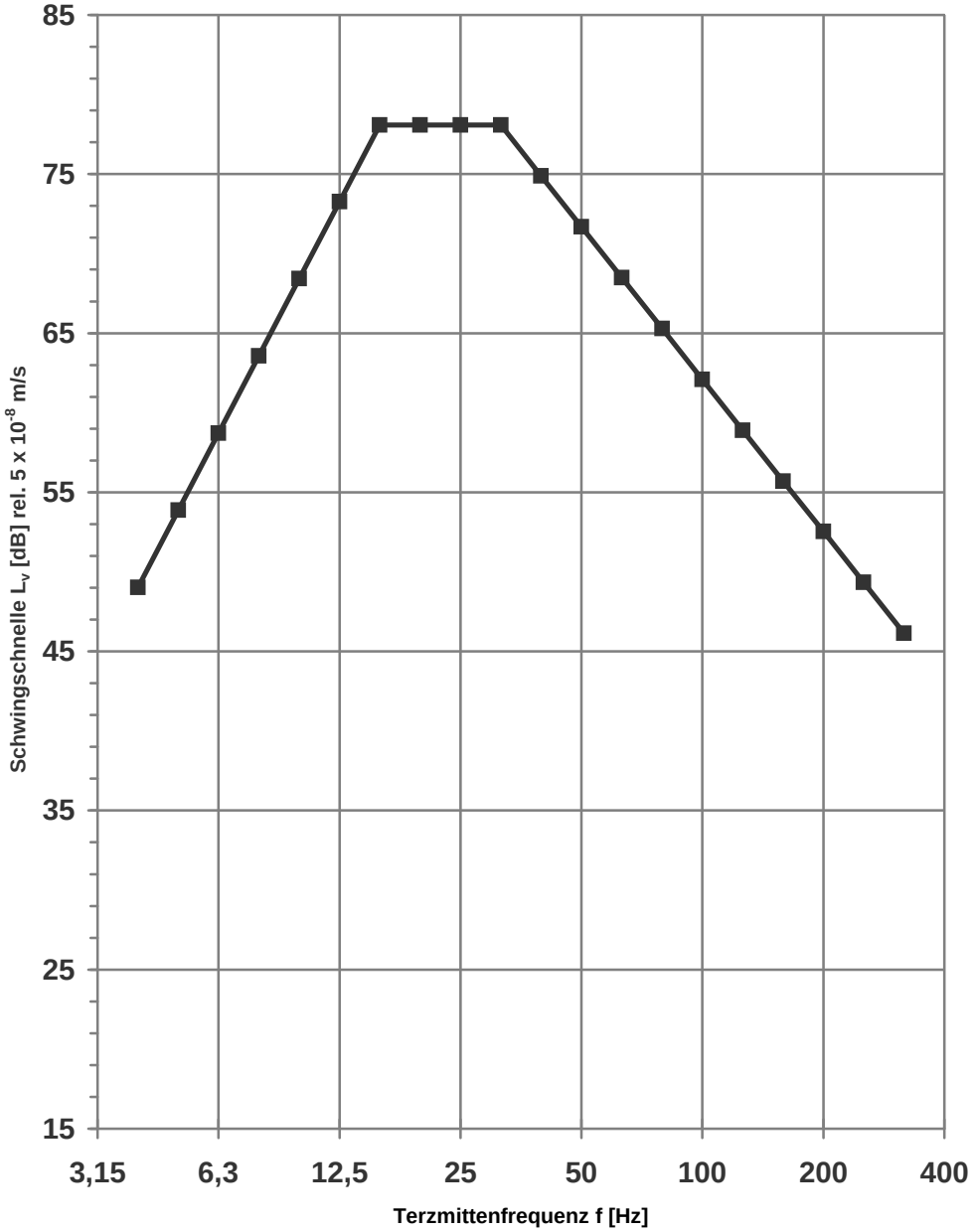
herabfallende Masse bei Abbruch

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

X:\Projekte2\1997\97400-Stuttgart-21\nach PfB\Baubetrieb 1.1\Abbruch Nordf Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

Quelle Fallende Massen
impulsartige Erschütterung durch fallende Massen

Fallenergie 10 KJ
Abstand 8 m



L_v [dB]	f [Hz]
49,0	4
53,9	5
58,7	6,3
63,6	8
68,4	10
73,3	12,5
78,1	16
78,1	20
78,1	25
78,1	31,5
74,9	40
71,7	50
68,5	63
65,3	80
62,1	100
58,9	125
55,7	160
52,5	200
49,3	250
46,1	315
85,4	Σ
0,933	v_{eff}

Referenz:
$v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

Übertragungsfunktion

Erdreich - Fundament (T2)

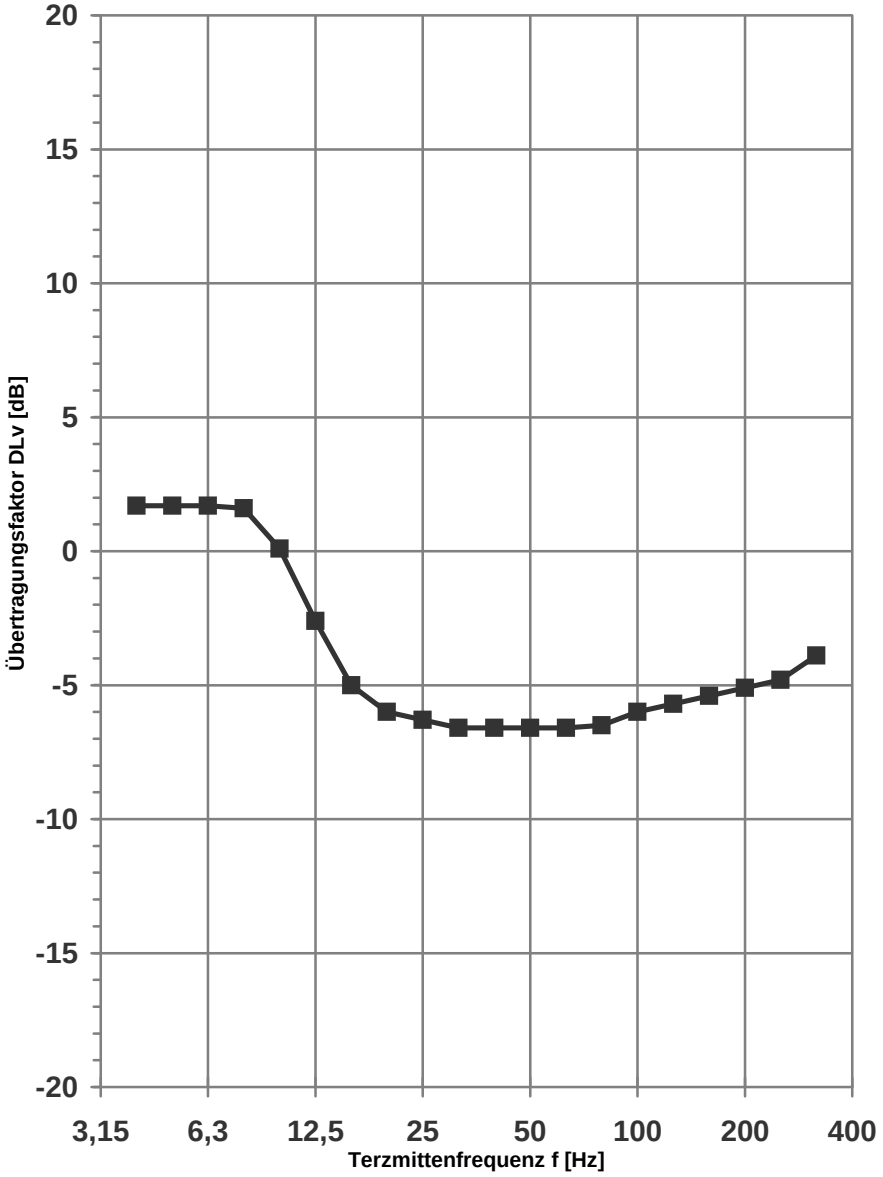
FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

X:\Projekte2\1997\97400-Stuttgart-21\nach PfB\Baubetrieb 1.1\Abbruch Nordfl Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

Quelle: Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen
Landesamt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Nr. 107
J. Melke, 1992
Bild 7.8 a: Typische Minderung bei Übertragung von Erschütterungen vom Erdreich auf das Gebäudefundament

Gebäudetyp mehrgeschossige Gebäude in Massivbauweise

Schwingrichtung vertikal (z)



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

Übertragungsfunktion

Fundament - Geschossdecke (T3)

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

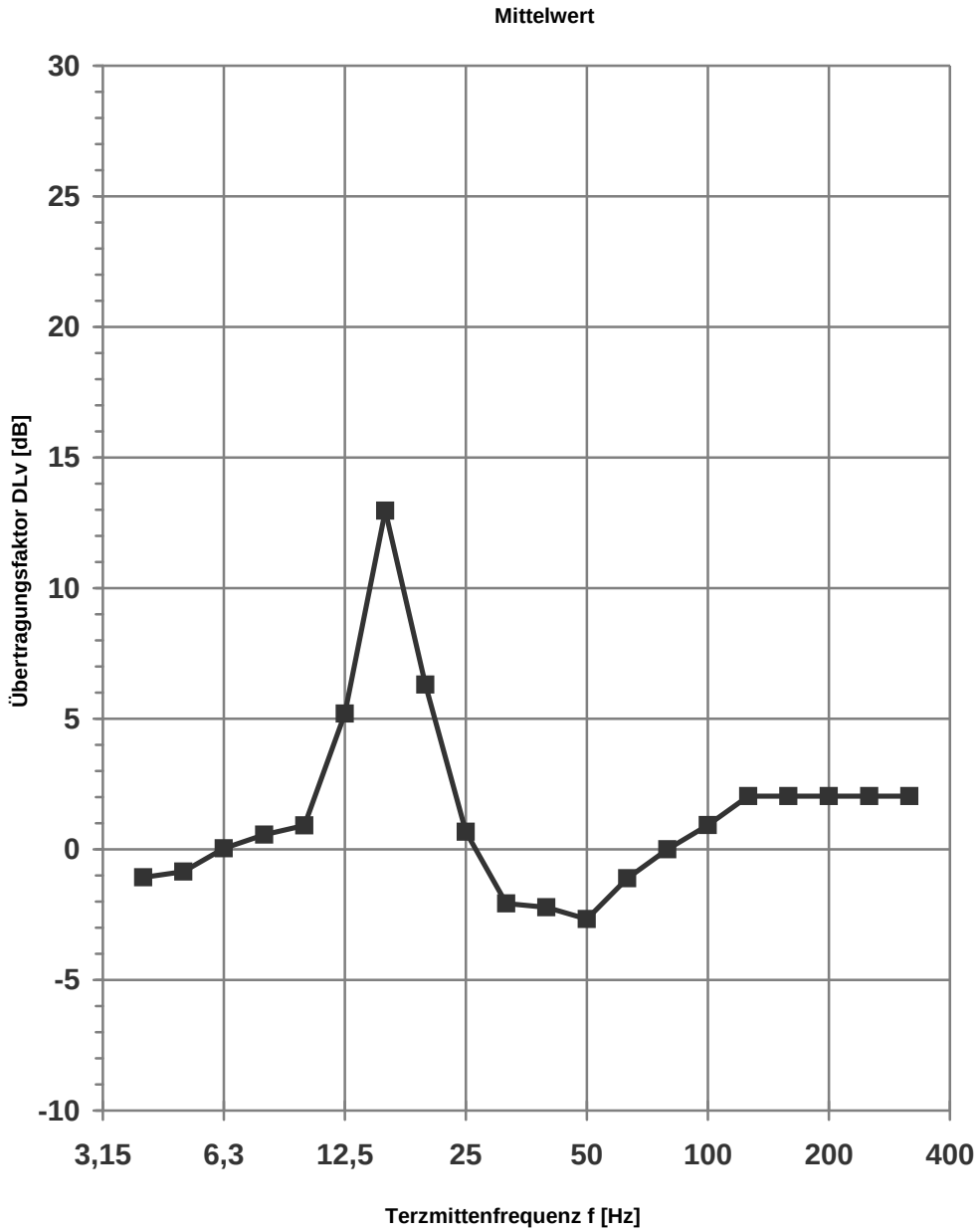
X:\Projekte2\1997\97400-Stuttgart-21\nach PfB\Baubetrieb 1.1\Abbruch Nordf| Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

Quelle: Körperschall- und Erschütterungssschutz, Leitfaden für den Planer (Ausgabe: August 1996, berichtigt Februar 1999), Bild 4a: Gebäude mit Betondeckenaufbau
Deutsche Bahn AG, FTZ 81 München

Deckenart Stahlbetondecke, Resonanzfrequenz f_0= **16 Hz**

Resonanzfrequenz mehrgeschossige Gebäude in Massivbauweise

Schwingrichtung vertikal (z)



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

Übertragungsfunktion

Fundament - Geschossdecke (T3)

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

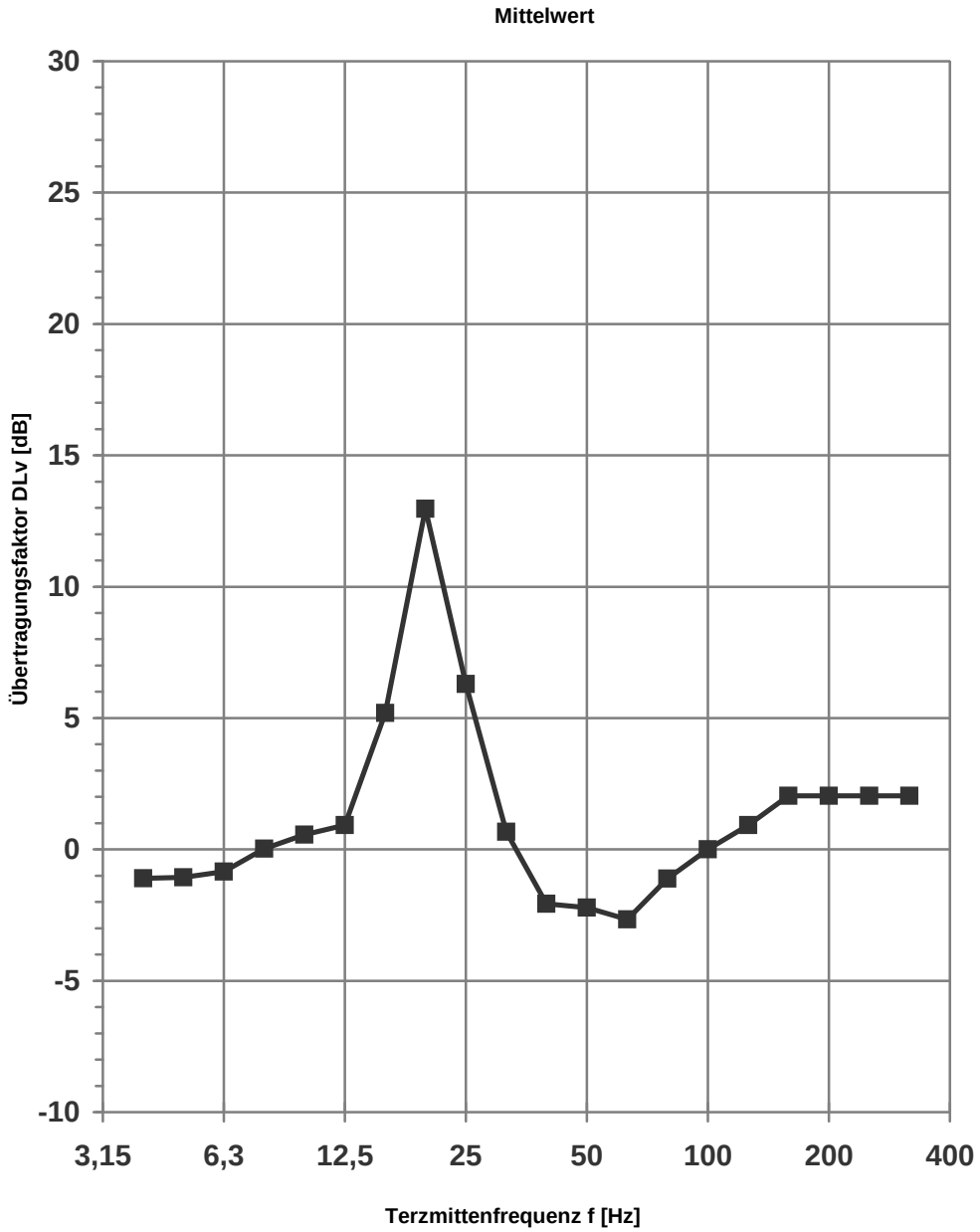
X:\Projekte2\1997\97400-Stuttgart-21\nach PfB\Baubetrieb 1.1\Abbruch Nordf| Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

Quelle: Körperschall- und Erschütterungssschutz, Leitfaden für den Planer (Ausgabe: August 1996, berichtigt Februar 1999), Bild 4a: Gebäude mit Betondeckenaufbau
Deutsche Bahn AG, FTZ 81 München

Deckenart Stahlbetondecke, Resonanzfrequenz f_0= **20 Hz**

Resonanzfrequenz mehrgeschossige Gebäude in Massivbauweise

Schwingrichtung vertikal (z)



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

Übertragungsfunktion

Fundament - Geschossdecke (T3)

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

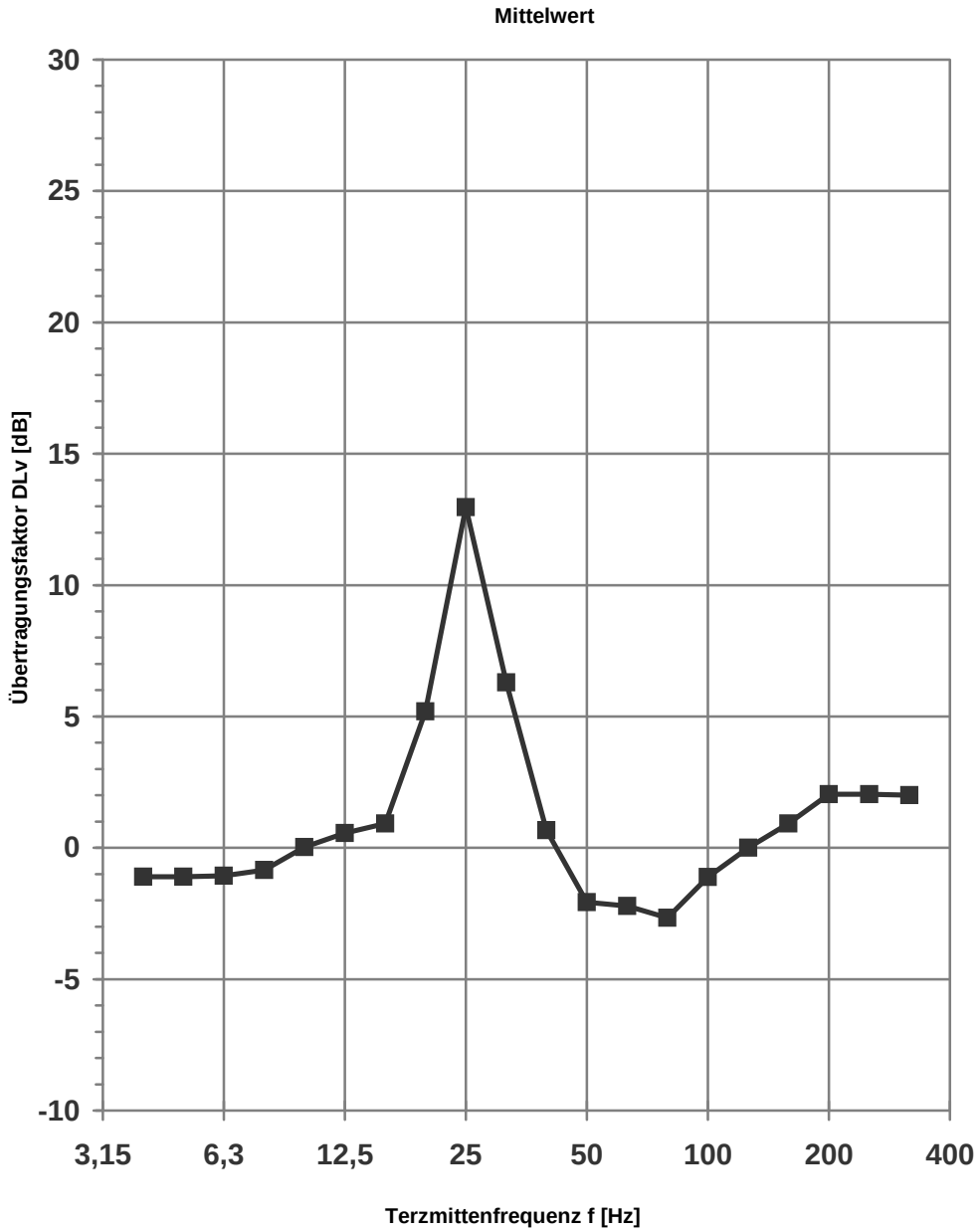
X:\Projekte2\1997\97400-Stuttgart-21\nach PfB\Baubetrieb 1.1\Abbruch Nordf| Zeilenhöhe 10,5 Schriftgröße 6

Quelle: Körperschall- und Erschütterungssschutz, Leitfaden für den Planer (Ausgabe: August 1996, berichtigt Februar 1999), Bild 4a: Gebäude mit Betondeckenaufbau
Deutsche Bahn AG, FTZ 81 München

Deckenart Stahlbetondecke, Resonanzfrequenz f_0= **25 Hz**

Resonanzfrequenz mehrgeschossige Gebäude in Massivbauweise

Schwingrichtung vertikal (z)



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

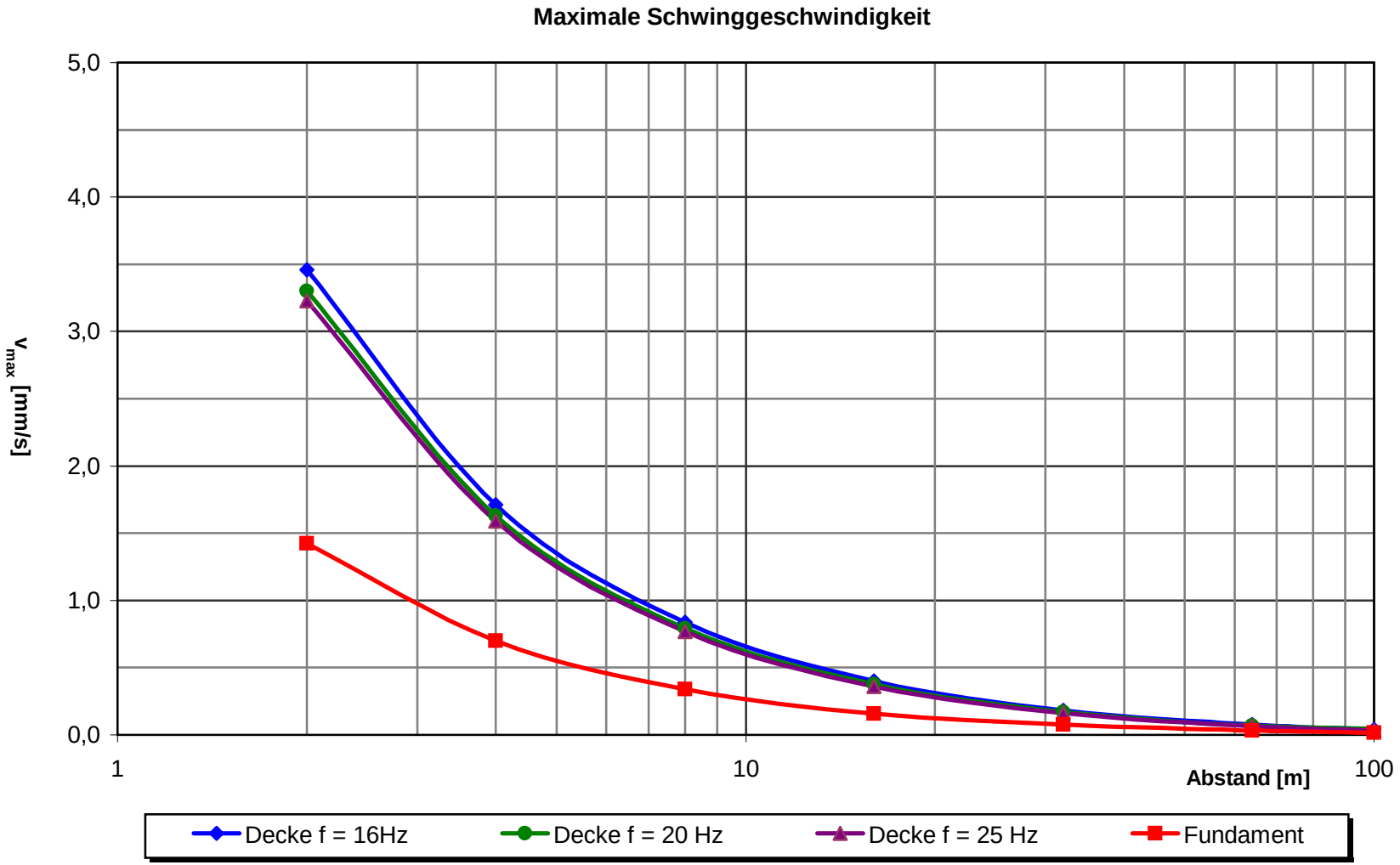
maximale Schwinggeschwindigkeit v_{max} [mm/s]

in typischen Geschossbauten durch Einbringen von Bohrpfählen, Fallenergie = 5 KJ

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

N:\2006\06133-VVS-DBPB - EÜ Eislingen-Fils\2008-07 Baubetrieb\Bauerschütterungen\[V_Ramme.xls]KBFmaxA

Stahlbetondecken



Anhang 3.1

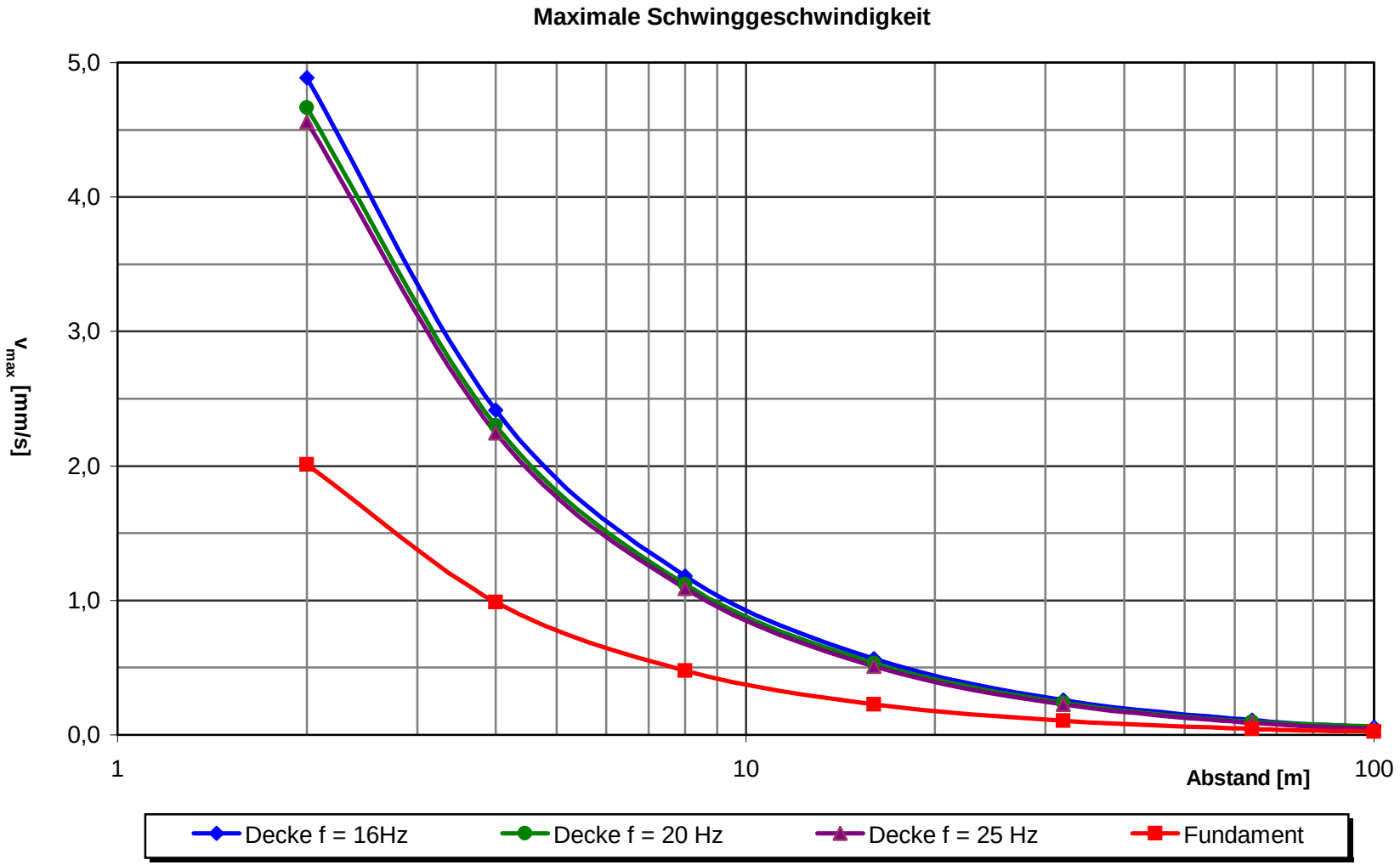
maximale Schwinggeschwindigkeit v_{max} [mm/s]

in typischen Geschossbauten durch herabfallende Massen; Fallenergie = 10 KJ

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

N:\2006\06133-VVS-DBPB - EÜ Eislingen-Fils\2008-07 Baubetrieb\Bauerschütterungen\[V_Ramme.xls]KBFmaxA

Stahlbetondecken



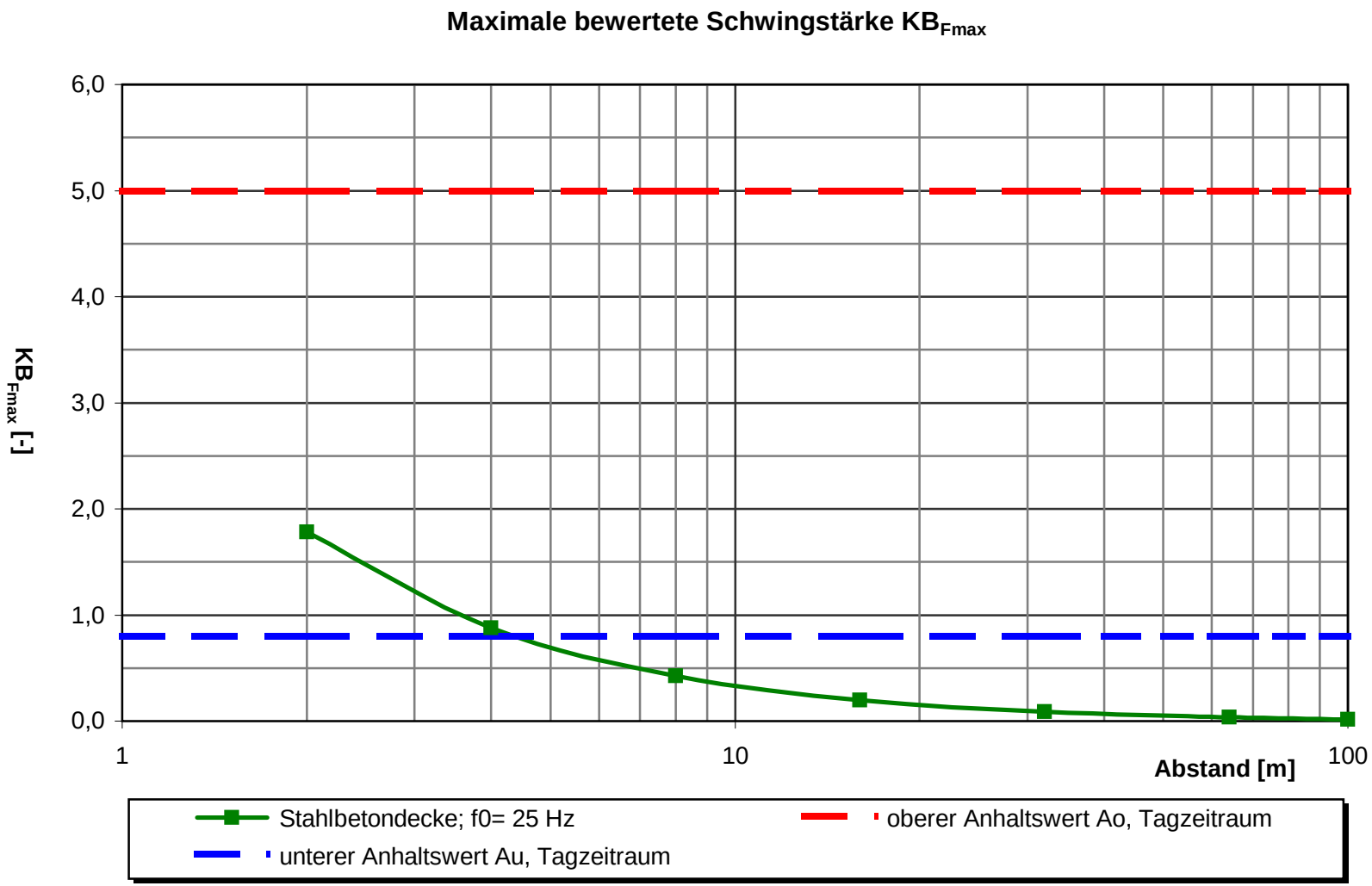
Anhang 3.2

maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} [-]

in typischen Geschossbauten durch Einbringen von Bohrpfählen, Fallenergie = 5 KJ

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

N:\2006\06133-VVS-DBPB - EÜ Eislingen-Fils\2008-07 Baubetrieb\Bauerschütterungen\[V_Ramme.xls]KBFmaxA



Anhang 3.3

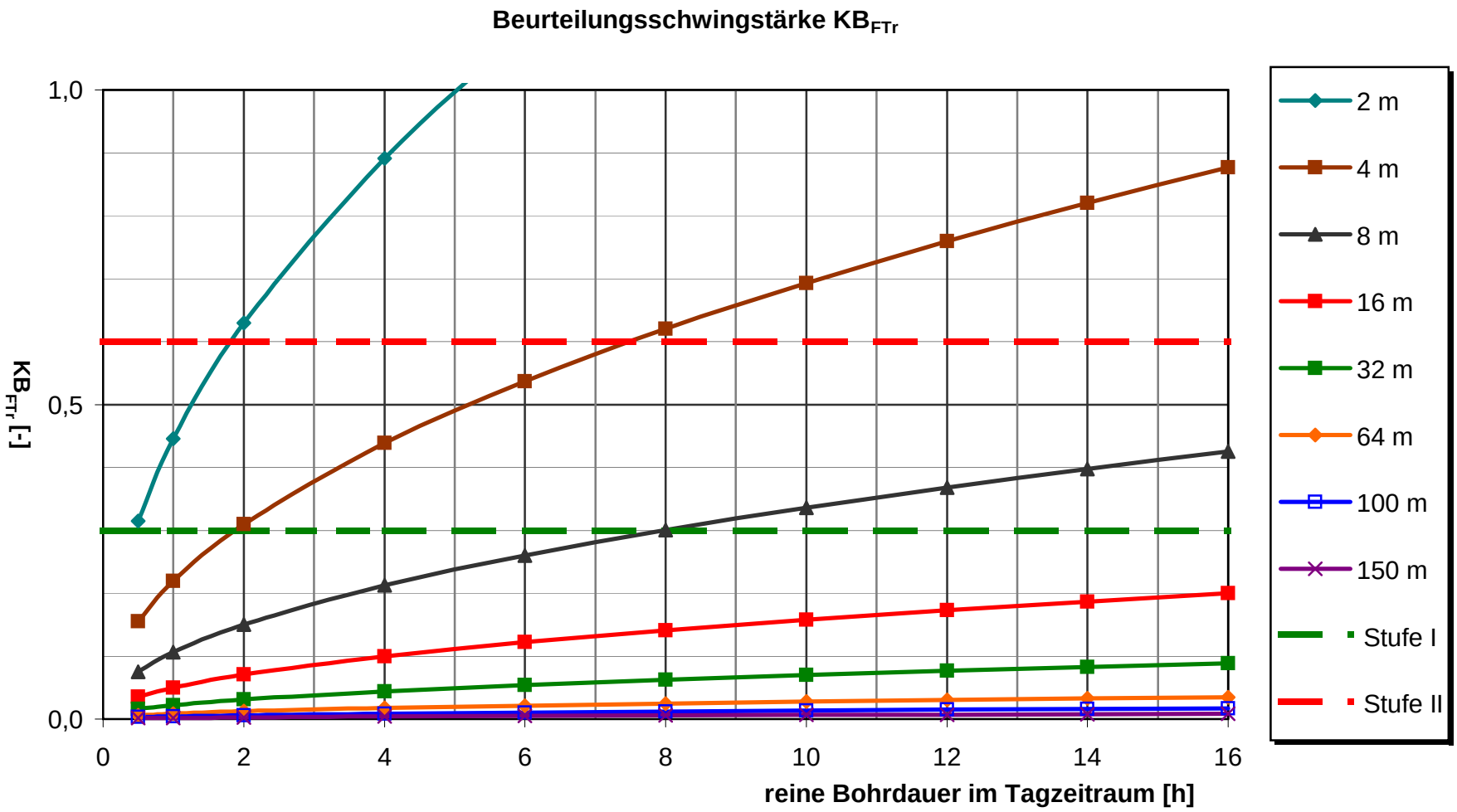
Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} [-]

in typischen Geschossbauten durch Einbringen von Bohrpfählen, Fallenergie = 5 KJ

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

N:\2006\06133-VVS-DBPB - EÜ Eislingen-Fils\2008-07 Baubetrieb\Bauerschütterungen\[V_Ramme.xls]KBFmaxA

Stahlbetondecken



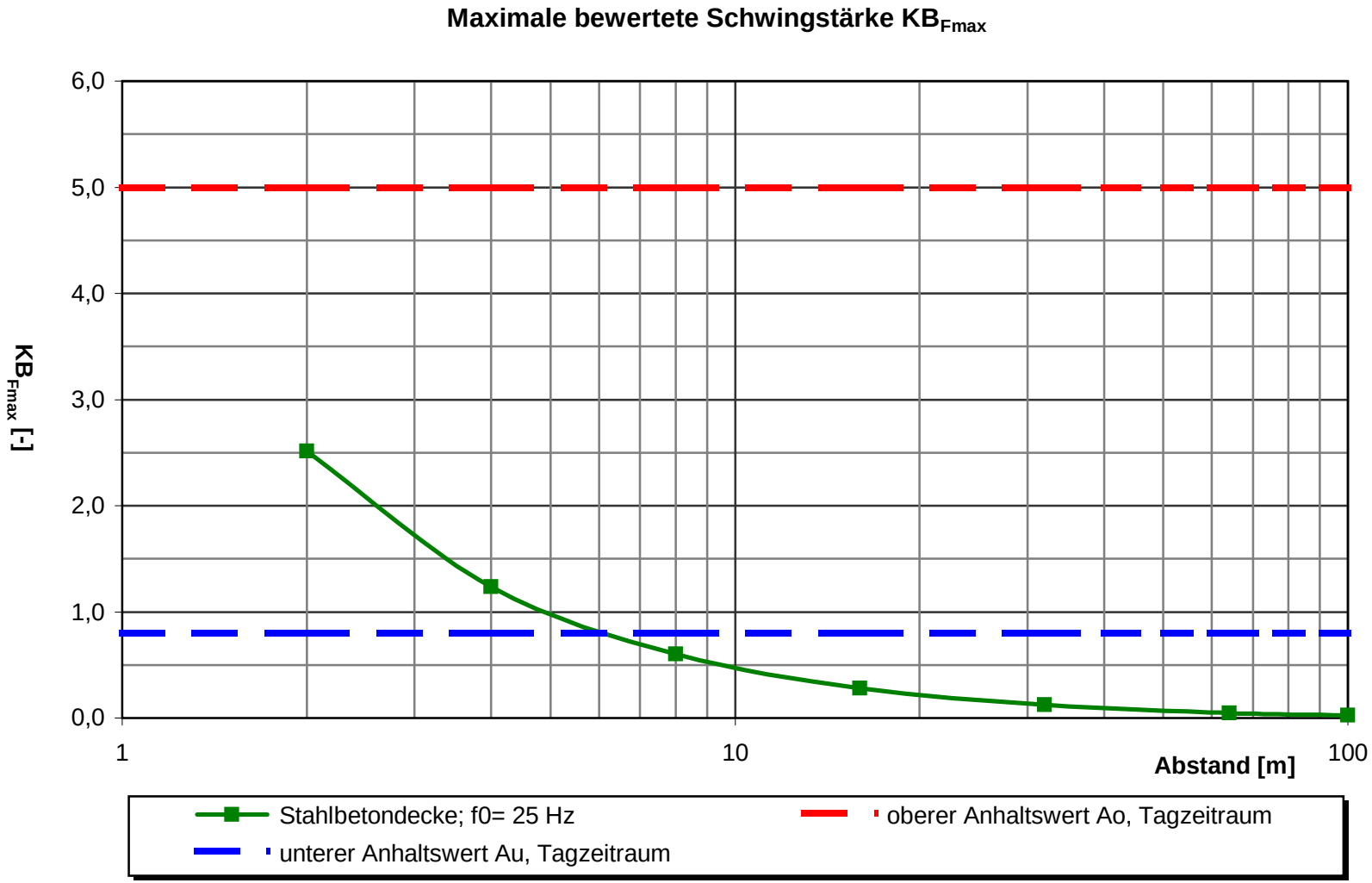
Anhang 3.4

maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} [-]

in typischen Geschossbauten durch herabfallende Massen; Fallenergie = 10 KJ

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

N:\2006\06133-VVS-DBPB - EÜ Eislingen-Fils\2008-07 Baubetrieb\Bauerschütterungen\[V_Ramme.xls]KBFmaxA



Anhang 3.5

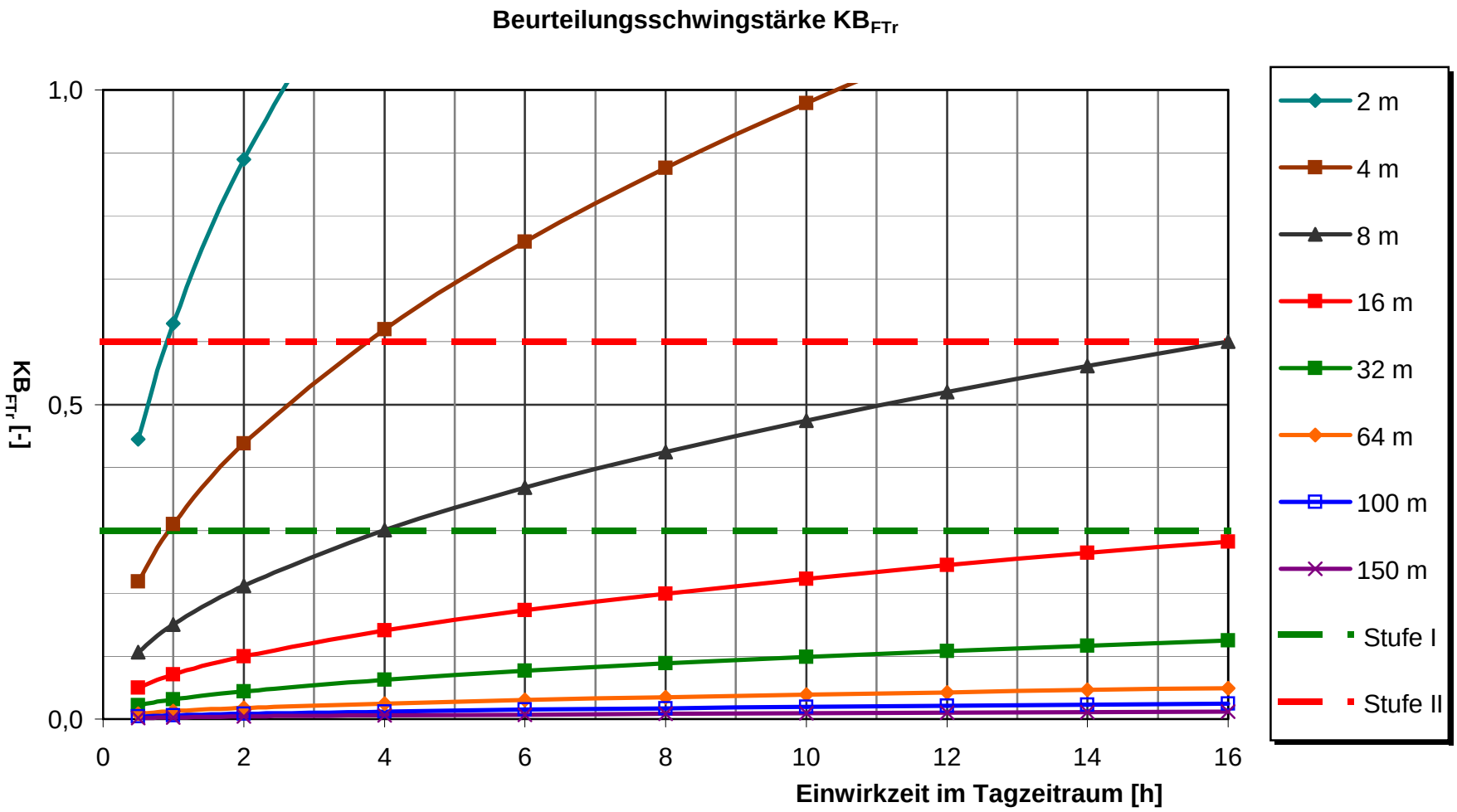
Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} [-]

in typischen Geschossbauten durch herabfallende Massen; Fallenergie = 10 KJ

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

N:\2006\06133-VVS-DBPB - EÜ Eislingen-Fils\2008-07 Baubetrieb\Bauerschütterungen\[V_Ramme.xls]KBFmaxA

Stahlbetondecken



Anhang 3.6