Nur zur Information

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Vorhaben:
Neubau der bestehenden 110-KV-Bahnstromleitung
Abzw. Uw Nabern

Untersuchungsumfang:
Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen

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.

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
BAUDYNAMIK & BAUPHYSIK
TECHNISCHE AKUSTIK

Messstelle zur Ermittlung der Emission und Immission von Geräuschen und Erschütterungen nach § 26 BImSchG

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

Bericht Nr.: **15270-ABE-2**
Datum: **02.06.2016**

Auftraggeber:

DB Projekt
Stuttgart-Ulm GmbH
Bahntechnik / Oberbau
Räpplenstraße 17
70191 Stuttgart

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. Rolf Schneider

Qualitätskontrolle:

Dipl.-Ing. (FH) Katrin Endres

Umfang des Dokumentes:

Textteil:	20	Seiten
Anhang 1:	1	Seite
Anhang 2:	1	Seite
Anhang 3:	3	Seiten
Anhang 4:	3	Seiten
Anhang 5:	2	Seiten

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung 5

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung 5

3 Bearbeitungsgrundlagen 6

4 Baubeschreibung 7

5 Anforderungen an den Schwingungsschutz 8

5.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden 8

5.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen 10

6 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise 12

6.1 Emissionen 13

6.2 Transmission 14

6.2.1 Transferfunktion T1 14

6.2.2 Transferfunktionen T2 und T3 14

6.3 Immissionen 15

7 Untersuchungsergebnisse 16

7.1 Emissionen 16

7.2 Immissionen 16

7.2.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden 17

7.2.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen 18

8 Abschließende Bemerkungen 19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte 11
Abbildung 2: Ursachen-Wirkungs-Prinzip 13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erschütterungstechnische Anhaltswerte für Baumaßnahmen 8
Tabelle 2: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen 10
Tabelle 3: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke 12
Tabelle 4: Abstände nächstgelegene Bebauung 16
Tabelle 5: KB_{Fmax}-Werte 17

Anhänge

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

Abkürzungsverzeichnis

A	Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A_r	Beurteilungs-Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A_u	unterer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
A_v	Anhaltswert für die Schwinggeschwindigkeit gemäß DIN 4150-3 [-]
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
c_p	Ausbreitungsgeschwindigkeit im Boden [m/s]
[d]	Tag
D	Dauer von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen [d]
D	Dämpfungsgrad [%]
[dB]	Dezibel
f	Frequenz [Hz]
f_0	Deckeneigenfrequenz [Hz]
[Hz]	Hertz, Schwingung je Sekunde
KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB_{FTr}	Beurteilungsschwingstärke [-]
LAI	Landesausschuss für Immissionsschutz
n	Abnahmekoeffizient [-]
T	Übertragungsfunktion
v_0	Referenzwert für die Schwingschnelle [$5 \cdot 10^{-8}$ m/s]
v_i	Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
v_{max}	maximale Schwinggeschwindigkeit [mm/s]
v_z	zulässige Schwinggeschwindigkeit auf Geschossdecken gemäß DIN 4150-3 [mm/s]

1 Zusammenfassung

Im Rahmen der geplanten Baumaßnahme zur Herstellung der 110-KV-Bahnstromleitung Abzweig Hattenhofen – Uw Nabern BL 593 wurde geprüft, ob die aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden oder zu Schäden an baulichen Anlagen führen können. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ❑ Im Rahmen der Herstellung der 110-kV-Bahnstromleitung werden die bestehenden Mastfundamente abgebrochen. Hierbei wurde als „worst case" das Zertrümmern der abgebrochenen Fundamente mit Hilfe einer Baggerschaufel untersucht. Diese Arbeiten führen zu beurteilungsrelevanten Erschütterungsimmissionen. Alle weiteren Bauaktivitäten führen zu keinen signifikanten oder deutlich geringeren Immissionen als die der Abbrucharbeiten. Unter Berücksichtigung der gegebenen Abstandsverhältnisse sind im gesamten Einwirkungsbereich der Baumaßnahme erheblich belästigende Erschütterungsimmissionen im Sinne der **DIN 4150-2** infolge der erforderlichen Abbrucharbeiten **nicht** zu erwarten.

- ❑ Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden sind aufgrund der Intensität der Erschütterungseinwirkungen durch die geplanten Abbrucharbeiten **nicht** zu erwarten.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Die DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH plant den Umbau von bestehenden Masten der Netze BW für den Abzweig Hattenhofen – Uw Nabern. Hierbei werden die Masten inklusive Gründungen vollständig zurückgebaut und standortgleich oder mit einer Verschiebung um wenige Meter inklusive Gründungen neu errichtet. Die Lage der Masten ist dem Übersichtslageplan in **Anhang 1** zu entnehmen.

Aufgabe der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung ist es, die aus den erforderlichen Bauaktivitäten zur Herstellung der Bahnstromfernleitungsmasten resultierenden Schwingungsimmissionen im Umfeld der Baumaßnahme sowohl hinsichtlich der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, als auch auf bauliche Anlagen zu ermitteln und zu

beurteilen. So können bereits im Rahmen des Genehmigungsverfahrens mögliche Konfliktpotentiale infolge der baubetrieblichen Aktivitäten aufgezeigt und gegebenenfalls geeignete planerische, organisatorische oder bauliche Maßnahmen zur Vermeidung dieser Immissionskonflikte erarbeitet werden.

3 Bearbeitungsgrundlagen

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

/4/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999

/5/ DIN 4150, Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Februar 1999

/6/ Bodendynamik, Grundlagen und Anwendungen, Hrsg. Wolfgang Haupt, 1986

/7/ 18. Symposium – Bauwerksdynamik und Erschütterungsmessungen, Ziegler Consultants, Mai 2015 Empa Dübendorf

/8/ DB-Leitfaden für den Planer, Körperschall- und Erschütterungsschutz, August 1996

/9/ Übersichtslageplan 110-kV-Bahnstromleitung Nr.593, Abzweig Hattenhofen – Uw Nabern, Omexom Power & Grid, Maßstab 1 : 25000

/10/ Grunderwerbspläne für die Planfeststellung 110-kV-Bahnstromleitung Nr. 593 Abzweig Hattenhofen – Uw Nabern, Omexom Power & Grid, Maßstab 1 : 1000

/11/ Baubeschreibung 110-KV-Bahnstromleitung Abzweig Hattenhofen – Uw Nabern BL 593, Omexom Power & Grid

4 Baubeschreibung

Bei der geplanten Baumaßnahme handelt es sich um den Neubau der 110-kV-Bahnstromleitung Nr. 593. Es erfolgt ein vollständiger Rückbau der bestehenden Masten der Netze BW und der jeweils zugehörigen Fundamenten. Die neuen Masten werden dann entweder standortgleich oder mit einer Verschiebung von wenigen Metern neu errichtet. Die Baustellen der einzelnen Maststandorte werden jeweils für ca. 10 bis 12 Wochen ausgeführt. Hiervon werden 4 Wochen alleine für das Aushärten des Fundaments benötigt, währenddessen in der Regel keine weiteren Bautätigkeiten erfolgen. Die tatsächliche Bauausführung von 6 bis 8 Wochen untergliedert sich in folgende 5 emissionsrelevante Bauphasen:

1. Rückbau der Bestandmasten
2. Abbruch des Bestandfundamentes i.V. mit der Herstellung der Baugrube
3. Gründungsausführung
4. Aufstellen des Mastunterteils mit anschließender Masterrichtung (Aufstockung mittels Autokran)
5. Montage von Anlageteilen und Nebeneinrichtungen sowie Neubesei lung der Masten.

Die Bauausführung beschränkt sich punktuell und temporär an einen Maststandort, eine Bauausführung parallel an zwei Maststandorten ist nicht vorgesehen. Die Bauarbeiten werden ausschließlich im Tagzeitraum ausgeführt. Die Ausführung von Ramm- oder Verpresspfähle ist bei der BL 593 nicht vorgesehen. Von den vorgenannten 5 Bauphasen ist hinsichtlich möglicher erschütterungstechnischer Einwirkungen nur der Abbruch der Bestandsfundamente von Relevanz. Der Abbruch erfolgt mit Hilfe eines Spitzmeißels oder auch durch den Einsatz der Baggerschaufel. Das gelockerte Bestandsfundament wird anschließend mit dem Bagger auf LKWs aufgeladen.

5 Anforderungen an den Schwingungsschutz

5.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Für die Ermittlung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden wird das in **DIN 4150-2** /4/ beschriebene Beurteilungsverfahren angewendet. Hierfür sind die 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 $\mathbf{KB_{Fmax}}$ größer als $\mathbf{A_u}$, aber kleiner als $\mathbf{A_o}$ ist, ist in einem weiteren Prüfschritt die Beurteilungsschwingstärke $\mathbf{KB_{FTr}}$ zu ermitteln und mit dem Anhaltswert $\mathbf{A_r}$ zu vergleichen. Ist $\mathbf{KB_{FTr}}$ kleiner oder gleich $\mathbf{A_r}$, sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

Tabelle 1: Erschütterungstechnische Anhaltswerte für Baumaßnahmen

Dauer	**D ≤ 1 Tag**			**6 d < D ≤ 26 d**			**26 d < D ≤ 78 d**		
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	A_u	A_o *)	A_r	A_u	A_o *)	A_r	A_u	A_o *)	A_r
Stufe I	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
Stufe II	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe III	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6
*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt A_o = 6									

Für die zeitlich begrenzten Erschütterungen bei Baumaßnahmen werden die Anhaltswerte nach Tabelle 2 der **DIN 4150-2** /4/ 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 einem Tag und sechs Tagen sind die Anhaltswerte entsprechend zu interpolieren.

Die Anhaltswerte gelten ausschließlich für den Tagzeitraum (06.00 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 Länderausschusses für Immissionsschutz /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 06.00 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 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.

Im Rahmen dieser Baumaßnahme sind keine erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten mit einer durchgehenden Dauer von mehr als 78 Tagen

geplant. Die beurteilungsrelevanten Bauarbeiten sollen ausschließlich im Tagzeitraum durchgeführt werden.

Tabelle 2: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

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

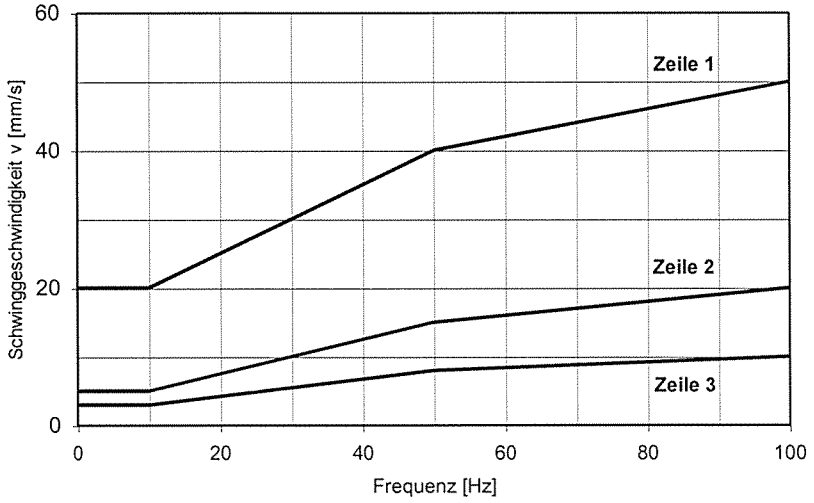
5.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen wird die **DIN 4150-3** /5/ herangezogen. Die Norm nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden nicht zu erwarten sind.

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.

Abbildung 1: Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte



Kurzzeitige Erschütterungen sind im Sinne der Norm Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in der betroffenen Struktur Resonanz zu erzeugen. Als kurzzeitige Erschütterungen (instationäre Einwirkungen) sind Einwirkungen zu werten, die z. B. während der Verdichtungsarbeiten mit Hilfe von Vibrationsplatten entstehen. Neben den in **Tabelle 3** genannten Anhaltswerten nennt die **DIN 4150-3** einen Anhaltswert von

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

für das Auftreten **kurzzeitiger vertikaler** Deckenschwingungen.

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

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

6 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

Die Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baustellenbetrieb zu erwartenden Erschütterungsimmissionen wird für repräsentative Ausbreitungsbedingungen und typische Gebäudetypen durchgeführt. Da erschütterungsrelevante Bauaktivitäten in unterschiedlichen Abständen zu schutzwürdig genutzten Gebäuden stattfinden, werden die Erschütterungsimmissionen anhand von Ausbreitungskurven ermittelt, für die eine Beurteilung in beliebigen Abständen möglich ist. Zur Berechnung der Ausbreitungskurven werden für alle erschütterungstechnisch relevanten Bauaktivitäten empirisch ermittelte Emissionsspektren herangezogen und mit Hilfe von Ausbreitungs- und Übertragungsmodellen in Abhängigkeit des Abstandes zur Immissionsquelle ausgewertet. Die Ermittlung der aus den Baumaßnahmen resultierenden Schwingungsimmissionen an und in Gebäuden erfolgt auf der Grundlage von Ausbreitungsberechnungen. Hierbei wird für die Übertragung der Schwingungen stets von dem in **Abbildung 2** dargestellten Ursachen-Wirkungsprinzip ausgegangen.

Abbildung 2: 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**

6.1 Emissionen

Erschütterungsrelevante Emissionen können durch den Einsatz des Spitzmeißels beim Abbruch des Fundamentes entstehen. Höhere Emissionen ergeben sich jedoch beim Zerkleinern des Fundamentes durch den Einsatz der Baggerschaufel. Dieser Lastfall wird als „worst case" der Untersuchung zu Grunde gelegt. Die Emission ist als Terzbandspektrum der Schwingschnelle in **Anhang 2** dargestellt.

Erschütterungsemissionen sind hierbei Schwingungen, die von Baumaschinen in den Untergrund eingeleitet werden. Die angegebenen Schwingschnellen beziehen sich in der Regel jeweils auf eine Messposition im Boden und in 8 m Abstand zum Emittenten (Bezugsabstand). Die Emissionsspektren sind keine exemplarischen Spektren, sondern stellen eine obere Einhüllende der bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen anzutreffenden Emissionen dar. Da die dynamischen Beanspruchungen im Regelfall in vertikaler Richtung in den Untergrund eingeleitet werden und üblicherweise die Vertikalkomponenten der Schwingschnelle am Fundament und auf den Geschossdecken die Schwingschnellen in den übrigen beiden Raumrichtungen deutlich überschreiten, werden die Prognosebetrachtungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungseinwirkungen vorgenommen. Für die erforderlichen Abbrucharbeiten wird im Sinne einer oberen Abschätzung gemäß den Angaben von Omexom Power & Grid /11/ das Zertrümmern des Fundamentes mit Hilfe der Baggerschaufel ausgegangen.

6.2 Transmission

6.2.1 Transferfunktion T1

Für die T1-Funktion wird die entfernungsbedingte Erschütterungsabnahme nach **DIN 4150-1 /3/** 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,** die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Boden und den Abnahmekoeffizienten **n** quantifiziert.

Für das Zertrümmern des Bestandsfundamentes mit der Baggerschaufel werden unter Berücksichtigung der Vorgaben der **DIN 4150-1** folgende Parameter berücksichtigt:

$$D = 1\ \%$$
$$c_p = 200\ m/s$$
$$n = 1{,}0$$

Für den Abnahmeexponenten **n** wird berücksichtigt, dass das Schlagen mit der Baggerschaufel im Sinne der **DIN 4150-1** eine impulsförmige Punktquelle darstellt. Die Schwingungen werden vorrangig als Oberflächenwellen übertragen.

6.2.2 Transferfunktionen T2 und T3

Die Übertragung von Erschütterungen vom Boden auf ein Gebäudefundament (T2-Funktion) wird im Sinne einer oberen Abschätzung mit der in **Anhang 3.1** angegebenen Übertragungsfunktion ermittelt. Der Berechnung wird hierbei die T2-Funktion von Einfamilienwohnhäusern zu Grunde gelegt.

Innerhalb von Gebäuden unterscheidet sich das Übertragungsverhalten je nach Bauart der Geschossdecken. Da im vorliegenden Fall nicht ausgeschlossen werden kann, dass die im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme befindlichen Gebäude sowohl Holzbalkendecken als auch Deckenkonstruktionen aus Stahlbeton aufweisen, werden im Sinne einer

oberen Abschätzung für beide Deckenkonstruktionen Berechnungen durchgeführt.

Die Eigenfrequenzen von Stahlbetondecken liegen in der Regel zwischen 20 Hz und 40 Hz, die von Holzbalkendecken zwischen 12,5 Hz und 20 Hz. In **Anhang 3.2** und **Anhang 3.3** sind die der Berechnung zu Grunde gelegten Übertragungsfunktionen der Geschossdecken dargestellt. Hierbei wird jeweils der Mittelwert der **T3**-Funktion berücksichtigt.

6.3 Immissionen

Die beim Zertrümmern des Bestandsfundaments induzierten Schwingungen wirken sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Raumrichtung. Da im Regelfall die in vertikaler Richtung in Bauwerke eingeleiteten dynamischen Beanspruchungen bedingt durch das Übertragungsverhalten der Gebäude zu maximalen Schwinggeschwindigkeiten führen, werden hier ausschließlich die vertikalen Schwingungskomponenten betrachtet. Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen aus dem Baustellenbetrieb erfolgt hinsichtlich

- ❑ Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden und
- ❑ Einwirkungen auf bauliche Anlagen.

Für die beurteilungsrelevanten erschütterungstechnischen **Einwirkungen** wird unter Zugrundelegung der angegebenen Transferfunktionen die gemäß **DIN 4150-2** relevante Beurteilungsgröße, die maximale bewertete Schwingstärke $\mathbf{KB_{Fmax}}$ ermittelt.

Zur Beurteilung der Einwirkungen auf bauliche Anlagen ist gemäß **DIN 4150-3** der Maximalwert der unbewerteten Schwingschnelle $\mathbf{v_{max}}$ [mm/s] zu bestimmen.

Zur Beurteilung der Einwirkungen werden unter Berücksichtigung der oben angegebenen Parameter 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 denen nicht ausgeschlossen werden kann, dass es zu Überschreitungen der relevanten Anforderungswerte kommen wird. Soweit sich Objekte außerhalb der rechnerisch ermittelten Grenzabstände befin-

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

7 Untersuchungsergebnisse

7.1 Emissionen

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.

Erschütterungstechnisch relevante Bauaktivitäten stellen die Abbruchsarbeiten unter Einsatz der Baggerschaufel dar. Beim Zertrümmern des Fundamentes wird der Schlag der Baggerschaufel auf das Bestandsfundament als Emissionsvorgang berücksichtigt. Das Emissionsspektrum findet sich in **Anhang 2**. Dieses berücksichtigt eine breitbandige Anregung im tieferfrequenten Bereich.

7.2 Immissionen

Die den bestehenden Mastfundamenten nächstgelegenen schutzbedürftigen Bebauungen. (vgl. **Anhang 1**) sind in der nachfolgenden **Tabelle 4** zusammengefasst. Insgesamt wird in 4 Bereiche in 3 Gemarkungen unterschieden:

Tabelle 4: Abstände nächstgelegene Bebauung

Bereich	Gemarkung	Anschrift	Mast Nr.	Abstand r [m]
1	Hattenhofen	Roßwanghof	304	115
2	Ohmden	Lindenhof	312	70
3	Ohmden	Fabrikstraße 14	320	4
		Fabrikstraße 9	321	55
4	Jessingen	Neue Weilheimer Str. 28	329	55

Alle anderen Gebäude im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme haben einen größeren Abstand. Sofern für das nächstgelegene Gebäude die Anforderungen der **DIN 4150** erfüllt werden, kann davon ausgegangen wer-

den, dass dies für die restliche im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme liegenden schutzbedürftigen Gebäude der Fall ist

7.2.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen aus Zerkleinern des Bestandsfundamentes mit Hilfe der Baggerschaufel werden zunächst die maximalen beurteilten Schwingstärken (**KB_{Fmax}**) unter Berücksichtigung möglicher Deckenkonstruktionen ermittelt. Es wird geprüft, ob der untere Anhaltswert nach **DIN 4150-2** /4/ eingehalten werden kann. Die Ergebnisse sind in **Anhang 4.1** für Stahlbeton- und Holzbalkendeckenkonstruktionen dargestellt.

Die Abbrucharbeiten werden ausschließlich am Tag durchgeführt. Die **DIN 4150-2** nennt für den Tagzeitraum einen oberen Anhaltswert von

$$A_{o,\,Tag} = 5{,}0.$$

Es wird angestrebt, dass die Anhaltswerte der **Stufe I** für den Tagzeitraum eingehalten werden. Der untere Anhaltswert der **Stufe I** für eine Einwirkdauer von D ≤ 2 im Tagzeitraum ergibt sich zu

$$A_{u,\,Tag} = 0{,}73.$$

In **Tabelle 5** sind die maximalen bewerteten Schwingstärken **KB_{Fmax}** für die den Abbrucharbeiten nächstgelegenen Gebäude der einzelnen Bereiche zusammengefasst.

Tabelle 5: KB_{Fmax}-Werte

Bereich	Anschrift	r [m]	KB_{Fmax} Stb. / Holz	A_o eingehalten Stb. / Holz	A_u eingehalten Stb. / Holz
1	Roßwanghof	115	0,12 / 0,24	ja / ja	ja / ja
2	Lindenhof	70	0,25 / 0,46	ja / ja	ja / ja
3	Fabrikstraße 14	4	6,2 / 10,2	nein / nein	nein / nein
	Fabrikstraße 9	55	0,38 / 0,60	ja / ja	ja / ja
4	Neue Weilheimer Str. 28	55	0,38 / 0,60	ja / ja	ja / ja

Der obere Anhaltswert **A_o** als auch der untere Anhaltswert **A_u** der **Stufe I** wird bis auf das Gebäude Fabrikstraße 14 in allen Gebäuden für beide Geschossdeckentypen unterschritten. Die Anforderungen der **DIN 4150-2** sind für diese Gebäude bereits im ersten Schritt der Beurteilung erfüllt.

Erhebliche Belästigungen infolge der erforderlichen Abbrucharbeiten sind nicht zu erwarten. Für das Gebäude **Fabrikstraße 14** in der Gemarkung Ohmden hingegen wird der obere Anhaltswert $\mathbf{A_o}$ überschritten. Erhebliche Belästigungen infolge der Abbrucharbeiten sind zu erwarten. Aufgrund des sehr geringen Abstandes des Gebäudes zu dem Bestandsmastfundament ist das Fundament nicht mit der Baggerschaufel zu zerkleinern und im Boden zu belassen.

Der 2. Schritt der Beurteilung gemäß **DIN 4150-2** die Bildung der Beurteilungsschwingstärke $\mathbf{KB_{FTr}}$ wird im vorliegenden Fall nicht erforderlich.

7.2.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Die Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand der Abbrucharbeiten zu den Gebäuden sind für Stahlbetondecken in **Anhang 5.1**, für Holzbalkendecken in **Anhang 5.2** dargestellt.

Das den Abbrucharbeiten nächstgelegene beurteilungsrelevante Gebäude (Fabrikstraße 14) hat einen Abstand von

$$\mathbf{r = 4\ m.}$$

Somit ergibt sich für dieses Gebäude am Fundament eine maximale Schwinggeschwindigkeit von

$$\mathbf{v_{max} = 6{,}6\ mm/s.}$$

Der zulässige Anhaltswert gemäß **DIN 4150-3** für kurzzeitige Erschütterungen am Gebäudefundament von Wohngebäuden beträgt

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

und wird somit überschritten.

Die am Gebäudefundament ermittelten Schwinggeschwindigkeiten sind daher als **kritisch** zu sehen. Für die restlichen Gebäude im Einwirkungsbereich der Abbrucharbeiten ergeben sich am Fundament für einen minimalen Abstand von

$$\mathbf{r = 55\ m}$$

maximale Schwinggeschwindigkeiten von bis zu

$$v_{max} = 0{,}5 \text{ mm/s.}$$

Diese unterschreiten den Anforderungswert um den Faktor 10 und sind daher als unkritisch einzustufen.

Für die maßgebenden Geschossdecken (Stahlbeton / Holzbalken) werden für das Gebäude Fabrikstraße 14 maximale Werte von

$$v_{max} \leq 11{,}5 \text{ / } 19{,}8 \text{ mm/s}$$

ausgewiesen. Der Vergleich mit dem Anhaltswert

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

gemäß **DIN 4150-3** für kurzzeitige Erschütterungen auf Geschossdecken belegt, dass durch die Abbruchsarbeiten Gebäudeschäden in dem Gebäude Fabrikstraße 14 durch baubedingte Erschütterungen **nicht** völlig ausgeschlossen werden können, da die Schwinggeschwindigkeiten im Grenzbereich des zulässigen Anhaltswertes für Geschossdecken liegen. Für die restlichen Untersuchungsbereiche ergeben sich maximale Schwinggeschwindigkeiten von

$$v_{max} \leq 0{,}7 \text{ / } 1{,}2 \text{ mm/s.}$$

Diese unterschreiten den zulässigen Anhaltswert der **DIN 4150-3** für Geschossdecken deutlich und sind daher unkritisch. Gebäudeschäden im Sinne der **DIN 4150-3** können somit für die restlichen Gebäude im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme ausgeschlossen werden.

8 Abschließende Bemerkungen

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

Die durchgeführte erschütterungstechnische Untersuchung belegt, dass für die **erforderlichen** Abbrucharbeiten bei den gegebenen Abstandsverhältnissen erhebliche Belästigungen ausgeschlossen werden können.

Gebäudeschäden im Sinne der **DIN 4150-3** sind ebenfalls, sofern das Bestandsfundament von Mast 320 im Boden belassen wird, **nicht** zu erwarten.

Dipl.-Phys. Peter Fritz

Von der Industrie- und Handelskammer öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
Dipl.-Phys. Peter Fritz
Sachverständiger für Schall- und Erschütterungsschutz im Städtebau, Hochbau, Anlagenbau und am Arbeitsplatz

FRITZ GmbH - Beratende Ingenieure VBI - Meßstelle nach § 26 BImSchG zur Ermittlung von Geräuschen und Erschütterungen