

Auftraggeber: ISU PlanHelmholtzstraße 2-9
10587 Berlin**Objekt: Neue Straßenverbindung- Straße an der Schule****Titel: Schall- und Schwingungstechnische Untersuchung**Unterlage 17.4.2: Berechnung und Beurteilung der
Erschütterungsimmissionen während der Bauarbeiten**Auftrag-Nr.:** 2019 007 142/2**Erstfassung:** 25.04.2023**Umfang:** 23 Dokumentseiten inkl. Verzeichnisse und Deckblatt
0 AnlagenBearbeitet:
Essen, den 25.04.2023Geprüft und freigegeben:
Essen, den 25.04.2023

FCP IBU GmbH
25.04.2023
Ladenspelderstraße 61
45147 Essen
0201-87445-0
J.A. Böhm

FCP IBU GmbH
25.04.2023
Ladenspelderstraße 61
45147 Essen
0201-87445-0
i.v. A. Martha

M. Sc. Lukas Böhm

Dr.-Ing. Alexander Martha

ÄNDERUNGSINDEX

Index	Datum	Bearbeitet	Freigegeben	Bemerkungen

ZUSAMMENFASSUNG

Geplant ist der Neubau einer Straßenverbindung zwischen Hönower Straße/ Pestalozzistraße über die Straße an der Schule und dessen südliche Verlängerung bis Hultschiner Damm Höhe Gut Mahlsdorf.

Im Hinblick auf die notwendige Genehmigung der Baumaßnahme ist eine Schwingungstechnische Untersuchung zur Beurteilung der Erschütterungs- und Körperschallimmissionen während der Bauphasen durchzuführen. Hiermit wurde die FCP IBU GmbH beauftragt.

Insgesamt gesehen ist festzustellen, dass von den Bautätigkeiten zur Erstellung der neuen Straßenfahrbahnen Erschütterungs- und Körperschallimmissionen ausgehen, die im Wesentlichen unterhalb der relevanten Anhalts- und Richtwerte liegen. Vorausgesetzt wurde hierbei, dass eine ausreichende Information der Anlieger über die immissionstechnisch relevanten Arbeiten zeitnah erfolgt. Die möglicherweise vereinzelt auftretende Überschreitung von Körperschallimmissionen beim Abbruch der Straßenoberfläche ist verfahrensbedingt. Im Falle einer nachgewiesenen Überschreitung während der Abbrucharbeiten ist ein kleinerer Meißel zu verwenden. Im Falle von Überschreitungen während der Verdichtungsarbeiten ist durch Anpassung des Geräteeinsatzes zu reagieren.

VERWEISE

1. **AVV Baulärm.** Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschemissionen – . 1970.
2. **BauNVO.** Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO). 14. Juni 2021. Erstausgabe: 26.06.1962.
3. **16. BImSchV.** 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verkehrslärmschutzverordnung. 12.06.1990.
4. **DIN 4150-1.** Erschütterungen im Bauwesen; Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen.
5. **DIN 4150-2.** Erschütterungen im Bauwesen; Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden. Juni 1999.
6. **DIN 45633.** Präzisionsschallpegelmesser - Allgemeine Anforderungen. März 1970.
7. **BImSchG.** Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. 2021.
8. **Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz.** Amtsblatt für Brandenburg: Leitlinie zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (Erschütterungs-Leitlinie). Brandenburg : s.n., 17. Mai 2005. Nr. 23.
9. **DIN 4150-3.** Erschütterungen im Bauwesen; Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen. Dezember 2016.
10. **TA Lärm.** *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz. Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm.* 2017.
11. **DIN 45680.** Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft.

INHALTSVERZEICHNIS

Änderungsindex.....	ii
Zusammenfassung	iii
Verweise.....	iv
1 Aufgabenstellung	1
2 Grundlagen.....	2
2.1 Planungsunterlagen.....	2
2.2 Lage und Gebietsausweisung.....	3
2.3 Gebäudestruktur	4
3 Immissionskennwerte	5
3.1 Erschütterungen	5
3.2 Körperschall.....	5
4 Beurteilungskriterien	6
4.1 Vorbemerkung	6
4.2 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden	7
4.3 Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke	10
4.4 Körperschalleinwirkungen auf Menschen.....	14
5 Erschütterungsemissionen.....	15
5.1 Vorbemerkung	15
5.2 Beschreibung der Arbeitsabläufe	16
6 Beurteilung	17
6.1 Vorbemerkung	17
6.2 Kanalbau	17
6.3 Abbruch der vorhandenen Straße.....	17
6.4 Wiederherstellung der Straßenoberfläche.....	18
6.5 Fazit	18

1 AUFGABENSTELLUNG

Geplant ist der Neubau einer Straßenverbindung zwischen Hönower Straße/ Pestalozzistraße über die Straße an der Schule und dessen südliche Verlängerung bis Hultschiner Damm Höhe Gut Mahlsdorf.

Im Hinblick auf die notwendige Genehmigung der Baumaßnahme ist eine Schall- und Schwingungstechnische Untersuchung zur Beurteilung der Immissionen während der Bauphasen durchzuführen. Hiermit wurde die FCP IBU GmbH beauftragt.

Diesem Bericht sind die Ergebnisse der Schwingungstechnischen Untersuchung für die Beurteilung der Erschütterungs- und Körperschallimmissionen während der Bautätigkeiten zu entnehmen.

2 GRUNDLAGEN

2.1 PLANUNGSUNTERLAGEN

Die folgenden Unterlagen wurden für die schwingungstechnische Untersuchung herangezogen:

- [U1] Leistungsbeschreibung Neue Straßenverbindung – Straße an der Schule

- [U2] Übersichtslageplan der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz
Unterlage Nr. 3, Blatt-Nr. 1. Stand: 05/2019

- [U3] Bauablaufkonzept Neue Straßenverbindung – Straße an der Schule
Lageplan U03_M2000-BAblauf der einzelnen Bauabschnitte

- [U4] Lagepläne der schalltechnischen Untersuchung zur Gebietseinstufung
Unterlage 17.1.1 Erläuterungsbericht

- [U5] Schall- und Schwingungstechnische Untersuchung – Unterlage 17.4.1:
Berechnung und Beurteilung der Schallimmissionen während der Bauarbeiten auf
Basis der AVV Baulärm
FCP IBU GmbH, Stand 25.04.2023

2.2 LAGE UND GEBIETSAUSWEISUNG

Die geplanten Baumaßnahmen finden beginnend von der Hönower Straße/ Pestalozzistraße über die Straße an der Schule und dessen südliche Verlängerung bis hin zum Hultschiner Damm Höhe Gut Mahlsdorf statt [U1].

Die Gebietseinstufung wurde in Anlehnung an die Schalltechnische Untersuchung zum Betrieb [U4] vorgenommen.

Zum Großteil befindet sich in der Umgebung der Baustelle ein Allgemeines Wohngebiet. Sondergebiete stellen zum einen die Friedrich-Schiller-Grundschule an der Schule 13, 12623 Berlin, die Kita Rosengarten Pestalozzistraße 29, 12623 Berlin und die ISS Mahlsdorf an der Schule 41-59, 12623 Berlin dar.

Südöstlich der ISS Mahlsdorf befindet sich ein Gewerbegebiet. Das Gebiet rund um das Gebäude an der Schule 82, 12623 Berlin wird als Mischgebiet eingestuft.

Südlich der Straße Hultschiner Damm befindet sich zunächst Mischgebiet und anschließend allgemeines Wohngebiet.

Eine übersichtliche Darstellung der verwendeten Nutzungsgebiete in der Rechendatei befindet sich in Anlage-Nr. 1.1.1 und Anlage-Nr. 1.1.2 der schalltechnischen Untersuchung zum Baulärm [U5].

Die Einordnung der Gebietseinstufung bezogen auf die AVV Baulärm (1) erfolgt nach Tabelle 1.

Kürzel, § BauNVO (2)	Gebietszuordnung	
	16. BImSchV (3)	AVV Baulärm (1)
GE §§8, 9	Gewerbegebiete	Gebiete, in denen nur gewerbliche oder industrielle Anlagen und Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind
		Gebiete, in denen vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind
MI §§5, 5a, 6, 6a, 7	Kerngebiete, Dorfgebiete, Mischgebiete und Urbane Gebiete	Gebiete mit gewerblichen Anlagen und Wohnungen, in denen weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind
WA §§ 2, 3, 4, 4a	Reine und allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	Gebiete, in denen vorwiegend Wohnungen untergebracht sind
		Gebiete, in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind
KS §11 u. A.	Krankenhäuser, Schulen, Kurheime und Altenheime	Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten

Tabelle 1: Gebietseinstufung und Zuordnung zur BauNVO (2)

2.3 GEBÄUDESTRUKTUR

Die direkt angrenzende Bebauung ist vielfältig. Es werden übliche Gebäudestrukturen angesetzt, sodass für die Immissionsprognose auf vorhandene Erkenntnisse über die Schwingungsausbreitung in Gebäuden zurückgegriffen werden kann.

3 IMMISSIONSKENNWERTE

3.1 ERSCHÜTTERUNGEN

Erschütterungen bezeichnen mechanische Schwingungen. Die physikalische Größe, die zur Beschreibung der Erschütterungseinwirkungen überwiegend verwendet wird, ist die Schwinggeschwindigkeit (4).

Im Umfeld von Tiefbaustellen sind Erschütterungen z. B. durch Verdichtungs-, Ramm-, oder Abbrucharbeiten oft unvermeidbar. Die hiervon ausgehenden Erschütterungen breiten sich über den Baugrund aus und vermindern sich mit zunehmendem Abstand. Bauwerke im Einwirkungsbereich werden von den Erschütterungen am Fundament erfasst und ebenfalls zu Schwingungen angeregt, die sich innerhalb der Gebäude aufgrund deren dynamischer Eigenschaften verstärken oder abschwächen können. Diese Erschütterungen können von Menschen wahrgenommen werden, wenn eine bestimmte Fühlbarkeitsschwelle überschritten wird (5).

Die Einleitung der Schwingungsenergie in den Erdboden, die Ausbreitung im Boden und die Übertragung in Gebäude sind jeweils wegen unterschiedlicher Bodeneigenschaften, z. B. Inhomogenitäten, Filterwirkung eingeschlossener Lockerbodenschichten, Brechung und Reflexion von Wellen an Grenzschichten und Übergängen, sehr komplex. In der Regel kann mit Hilfe von messtechnisch ermittelten Emissionen oder Literaturangaben anhand statistisch oder individuell ermittelter Gebäudeübertragungsfaktoren eine Aussage über die erschütterungstechnischen Einwirkungen auf die vorhandene Bebauung getroffen werden (4).

3.2 KÖRPERSCHALL

Als Körperschall werden solche Schwingungen bezeichnet, die sich mit Frequenzen im Hörbereich in festen Medien (Erdreich, Gebäude) ausbreiten. Die messbaren Körperschallsignale sind die Schwinggeschwindigkeit v des angeregten Mediums in mm/s und der vom Medium abgestrahlte Schallwecheldruck p in N/m² (Sekundärluftschall oder auch Körperschall-Schalldruckpegel). Der aus der Körperschallübertragung entstehende Innenraumpegel (Sekundärluftschall) wird als hörbarer Luftschall dem frequenzabhängigen menschlichen Hörvermögen mit der sogenannten A-Bewertung nach DIN 45633 (6) der Signale angepasst. Dieser Schallpegel wird zur Beurteilung der Körperschallimmissionen herangezogen.

4 BEURTEILUNGSKRITERIEN

4.1 VORBEMERKUNG

Baustellen gelten nach § 3 Abs. 5 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes BImSchG (7) als nicht genehmigungsbedürftige Anlagen. Nach BImSchG (7) wird vom Betreiber gefordert, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind und dass unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Es existieren auf nationaler Ebene zurzeit keine expliziten gesetzlichen Regelungen zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen auf Menschen bzw. auf bauliche Anlagen. Auf Länderebene in Brandenburg durch die Leitlinie zur Messung, Beurteilung und Vermeidung von Erschütterungsimmissionen (8) sowie in einschlägigen Sachverständigenäußerungen werden jedoch Beurteilungsmaßstäbe zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen beschrieben. Die Bewertung der Erheblichkeit von Belästigungen bzw. Nachteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne des BImSchG (7) ist daher anhand von Regelwerken sachverständiger Organisationen oder von einzelfallbezogenen Gutachten vorzunehmen, wobei üblicherweise die Normenreihen der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ (4), (5), (9) herangezogen werden.

Die DIN 4150 - Teil 1 (4) gibt eine Anleitung für die Vorermittlung von Erschütterungen und enthält Verfahren, Angaben und Hinweise, auf deren Grundlage die Werte von Erschütterungsgrößen vorausgesagt und beurteilt werden können.

Zweck der DIN 4150 - Teil 2 (5) ist es insbesondere, Anforderungen und Anhaltswerte aufzuzeigen, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden vermieden werden können.

Die DIN 4150 - Teil 3 (9) legt ein Verfahren für die Ermittlung und Beurteilung der durch Erschütterungen verursachten Einwirkungen auf bauliche Anlagen fest. Sie gilt für Bauwerke, die nicht nach spezifischen Normen und Richtlinien für dynamische Einwirkungen auszulegen sind. Insbesondere finden sich hierin Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit nicht zu erwarten sind.

4.2 ERSCHÜTTERUNGSEINWIRKUNGEN AUF MENSCHEN IN GEBÄUDEN

In der DIN 4150, Teil 2, von Juni 1999 - Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkung auf Menschen in Gebäuden - (5) sind Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen zusammengestellt. Ebenso sind Beurteilungsverfahren und Anhaltswerte für durch Baustellen verursachte Erschütterungsimmissionen festgelegt.

Die Beurteilung von zeitlich begrenzten Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen zur Tagzeit erfolgt in drei Stufen:

- Eine untere Stufe I, bei deren Unterschreitung auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist.
- Eine mittlere Stufe II, bei deren Unterschreitung ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist, falls Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen ergriffen werden. Bei zunehmender Überschreitung auch dieser Stufe werden mit wachsender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten. Ist zu erwarten, dass Erschütterungseinwirkungen auftreten, die oberhalb der Anhaltswerte der Stufe II liegen, so ist zu prüfen, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren möglich ist.
- Eine obere Stufe III, bei deren Überschreitung die Einwirkungen unzumutbar sind. In diesem Fall wird die Vereinbarung besonderer Maßnahmen notwendig.

Anhaltswerte für diese drei Stufen sind in Tabelle 2 (Tabelle 2 der DIN 4150-2 (5)) für verschiedene Einwirkungsdauern D zusammengestellt. Dabei wird auf eine Unterteilung nach Baugebietsarten weit gehend verzichtet.

Dauer	$D \leq 1\text{Tag}$			6 Tage < $D \leq 26$ Tage			26 Tage < $D \leq 78$ Tage		
	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	1,0	5	0,6

*Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt $A_o = 6$.

Tabelle 2: Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen (Tabelle 2 DIN 4150-2, (5))

Für die Erschütterungseinwirkungsdauern zwischen 1 Tag und 6 Tagen dürfen die Werte aus Tabelle 2 interpoliert werden.

Für die Beurteilung ist zunächst die maximale bewertete Schwingstärke (KB_{Fmax}) heranzuziehen und mit den Anhaltswerten A_u und A_o zu vergleichen:

$$\begin{aligned} KB_{Fmax} \leq A_u &\rightarrow \text{Richtwert eingehalten} \\ KB_{Fmax} > A_o &\rightarrow \text{Richtwert überschritten} \end{aligned} \quad (1)$$

Falls KB_{Fmax} zwischen A_u und A_o liegt, ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} nach Gleichung 2 zu ermitteln (5):

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} \quad (2)$$

T_r	Beurteilungszeit (Tag 16 h, Nacht 8 h)
T_e	Einwirkungszeit
KB_{FTm}	Taktmaximal-Effektivwert während der Einwirkzeit

Für die Beurteilung gilt dann:

$$A_u < KB_{Fmax} \leq A_o \text{ und } KB_{FTr} \leq A_r \rightarrow \text{Richtwert eingehalten} \quad (3)$$

Im Falle der Durchführung erschütterungsrelevanter Arbeiten im Nachtzeitraum gelten die Nacht-Anhaltswerte nach Tabelle 3 (Tabelle 1 der DIN 4150-2 (5)).

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05
<p>In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung - BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.</p>							

Tabelle 3: Anhaltswerte zur Beurteilung der Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2 (5) in Anlehnung an die Gebietseinstufungen nach BauNVO (2).

4.3 ERSCHÜTTERUNGSEINWIRKUNGEN AUF BAUWERKE

Die Einwirkung von Erschütterungen auf Gebäude wird nach heutigem Stand der Technik auf der Grundlage der DIN-Norm 4150, Teil 3, "Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkung auf bauliche Anlagen", Ausg. Dezember 2016, (9) beurteilt.

Diese Norm enthält Angaben für die Ermittlung und Beurteilung der durch Erschütterungen verursachten Einwirkungen auf bauliche Anlagen, die für vorwiegend ruhende Beanspruchung bemessen sind, soweit solche Angaben nicht in anderen Normen oder Richtlinien gegeben sind. Die Norm nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden nicht eintreten.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne dieser Norm sind z. B.:

- Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen,
- Verminderung der Tragfähigkeit von Decken.

Bei Gebäuden nach Tabelle 4 (Tabelle 1 der DIN 4150-3, (9)), Zeilen 2 und 3, ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z. B.

- Risse im Putz von Wänden auftreten,
- bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden,
- Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.

Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

Kurzzeitige Erschütterungen (Abschnitt 5 der Norm, (9)):

Aus zahlreichen Messungen der Schwinggeschwindigkeit an Gebäudefundamenten wurden Erfahrungswerte gewonnen, die einen Anhalt für die Beurteilung kurzzeitiger Gesamtbauwerkserschütterungen geben. Für diese Beurteilung wird der größte Wert der drei Einzelkomponenten (vertikale und horizontale Schwingrichtung) der Schwinggeschwindigkeit v_i am Fundament herangezogen. Für die Beurteilung geben darüber hinaus die Schwingungen in der Ebene der obersten Decke, die auf den Außenwänden aufliegt, wesentliche Hinweise.

In der Tabelle 4 (Tabelle 1 der DIN 4150-3, (9)) sind für die verschiedenen Gebäudearten Anhaltswerte für v_i am Fundament und in der obersten Deckenebene angegeben. Die Anhaltswerte gelten für 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. Anderenfalls sind die Erschütterungen als stationäre Bauwerksschwingungen anzusehen und zu beurteilen.

Wenn die Anhaltswerte nach Tabelle 4 eingehalten werden, treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf direkte Erschütterungseinwirkungen zurückzuführen wären, nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf. Werden trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für diese Schäden maßgebend sind.

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s				
		Fundament alle Richtungen			Deckenebene des obersten Vollgeschosses	Decken vertikal
		Frequenzen			alle Frequenzen	
		< 10 Hz	10 – 50 Hz	50 – 100 *) Hz		
1	Gewerbl. genutzte Bauten, Industriebauten und ähnl. strukturierte Bauten	20	20 – 40	40 – 50	40	20
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartige Bauten	5	5 – 15	15 – 20	15	20
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 u.2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind.	3	3 – 8	8 – 10	8	20
*) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.						

Tabelle 4: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke (Tabelle 1 der DIN 4150-3 (9))

Wenn bei kurzzeitigen Erschütterungen Deckenschwingungen auftreten, ist für $v \leq 20$ mm/s in vertikaler Messrichtung am Ort der größten Schwinggeschwindigkeit - dies ist im Allgemeinen in Deckenmitte - eine Verminderung des Gebrauchswertes der Decken nicht zu erwarten.

Dauererschütterungen (Abschnitt 6 der Norm (9)):

In der Tabelle 5 (Tabelle 2 der DIN 4150-3, (9)) sind für die verschiedenen Gebäudearten Anhaltswerte für den größeren Wert der beiden horizontalen Einzelkomponenten v_i in der obersten Deckenebene angegeben.

Werden die Anhaltswerte nach Tabelle 5 eingehalten, treten Schäden nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf. Werden diese Werte überschritten, so folgt daraus nicht, dass Schäden auftreten müssen.

Wenn Bauwerke in Oberschwingungen angeregt werden, können die Höchstwerte auch in anderen Deckenebenen oder in der Fundamentebene auftreten. Für ihre Beurteilung dürfen ebenfalls die Anhaltswerte nach Tabelle 5 herangezogen werden.

Für die Verwendung anderer Referenzpunkte bedarf des besonderen Nachweises.

	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s	
		Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen	Decken, vertikal, alle Frequenzen
1	<i>Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten</i>	10	10
2	<i>Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige</i>	5	10
3	<i>Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind</i>	2,5	10

Tabelle 5: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Bauwerke (Tabelle 2 der DIN 4150-3 (9))

Bei Bauteilschwingungen wie Geschossdecken- und Wandschwingungen darf die dynamische Belastung durch Dehnungsmessungen am schwingenden Bauteil bzw. durch Berechnung ermittelt werden.

Vertikale Schwinggeschwindigkeiten bis 10 mm/s führen bei Geschossdecken in Gebäuden nach Tabelle 4, Zeilen 1 und 2 erfahrungsgemäß nicht zu Schäden, selbst wenn die bei der statischen Bemessung zulässigen Spannungen voll in Anspruch genommen sind. Diese Schwingungen sind sehr stark spürbar. Bei Gebäuden nach Tabelle 5, Zeile 3 kann kein Anhaltswert angegeben werden.

Etwa auftretende leichte Schäden können nicht ohne weiteres der dynamischen Belastung zugeordnet werden, es müssen vielmehr die näheren Umstände untersucht werden.

4.4 KÖRPERSCHALLEINWIRKUNGEN AUF MENSCHEN

Derzeit existiert keine gesetzliche Festlegung oder ein sonstiges Regelwerk zur Beurteilung von Körperschallimmissionen durch Baustellen. Hilfsweise kann eine Beurteilung in Anlehnung an die 6. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998 (10) herangezogen werden. Unter Abschnitt 6.2 der TA Lärm sind Immissionsrichtwerte für Immissionsorte innerhalb von Gebäuden bei Körperschallübertragungen festgelegt. Die Beurteilungspegel für schutzbedürftige Räume dürfen folgende Richtwerte nicht überschreiten:

- tags: 35 dB(A)
- nachts: 25 dB(A)

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte um nicht mehr als 10 dB(A) überschreiten. Die Beurteilungszeiten ergeben sich nach TA Lärm zu

- tags: 06:00 – 22:00 Uhr
- nachts: 22:00 – 06:00 Uhr

Für die Nachtzeit ist der höchste auf eine volle Nachtstunde bezogene Beurteilungspegel maßgebend.

Für Wohngebiete ist bei der Ermittlung des Beurteilungspegels "Tagzeit" für bestimmte Zeiträume ein Pegelzuschlag von 6 dB zu berücksichtigen. Weitere Zuschläge für Ton- und Impulshaltigkeit sind bei der Berechnung des Beurteilungspegels gegebenenfalls zu berücksichtigen.

Beim Auftreten tieffrequenter Geräusche sind die Festlegungen der DIN 45680 – Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft (11)- zu beachten.

Zu beachten ist, dass laut der allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm (AVV Baulärm) (1) die Tagzeit, abweichend von der TA Lärm (10), auf den Zeitraum 07:00 – 20:00 Uhr begrenzt ist. Bei prognostizierter Überschreitung der Hilfsweise herangezogenen Immissionsrichtwerte der TA Lärm ist zu prüfen, ob verhältnismäßige Maßnahmen zur Geräuschminderung angeordnet werden können.

5 ERSCHÜTTERUNGSEMISSIONEN

5.1 VORBEMERKUNG

Die Einrichtung der Bauflächen sowie Tiefbau- und Abbrucharbeiten sind unvermeidbar mit Erschütterungs- und Körperschallimmissionen verbunden. Diese sind verfahrensbedingt und beispielsweise bei der Durchführung von Verdichtungsarbeiten unvermeidbar.

Es sollte daher unbedingt vorgesehen werden, die Anlieger über die Bautätigkeiten zu informieren. Hierzu sollte der Bauherr ein Anliegermanagement einrichten, welches vermittelnd zwischen Baustelle und Anliegern tätig ist. Bei Bedarf sollten Kontrollmessungen in besonders betroffenen Anliegergebäuden durchgeführt werden.

Im derzeitigen bekannten Planungsstadium ist nicht in vollem Umfang bekannt, welche Baumaschinen und -geräte (Arten) für die Baumaßnahme eingesetzt werden. Als Grundlage wird daher eine Abschätzung der Geräteeinsätze auf Grundlage der Bauphasenpläne [U3] herangezogen. Im Rahmen dieses Berichtes wird insbesondere auf die Arbeiten eingegangen, die hier als relevant in Bezug auf zu erwartenden Erschütterungen bewertet werden. Diesbezüglich unkritische Arbeiten sind nicht Bestandteil dieses Berichtes. Für die erschütterungsrelevant eingestuften Bautätigkeiten gilt, dass die unter Abschnitt 4 beschriebenen Anhalts- und Richtwerte möglicherweise überschritten werden. Eine Beurteilung erfolgt anschließend nach den folgenden Kriterien:

- gering: keine wahrnehmbaren Immissionen zu erwarten
- mittel: wahrnehmbare Immissionen sind zu erwarten; die Anhaltswerte der DIN 4150-2 (5) für Baustellen und die Orientierungswerte für Körperschallimmissionen (10) werden voraussichtlich eingehalten
- hoch: deutlich wahrnehmbare Immissionen sind zu erwarten; eine Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 (5) für Baustellen und der Orientierungswerte für Körperschallimmissionen (10) kann nicht mehr ausgeschlossen werden
- sehr hoch: deutlich wahrnehmbare Immissionen treten auf; eine Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 (5) für Baustellen und der Orientierungswerte für Körperschallimmissionen (10) ist zu erwarten.

5.2 BESCHREIBUNG DER ARBEITSABLÄUFE

Nach derzeitigem Kenntnisstand kann davon ausgegangen werden, dass in den einzelnen Streckenabschnitten folgende Bauphasen zur Erstellung der Gleisanlage, der Haltestellen und zum Umbau der Straße erforderlich sind:

- Baufeldfreimachung
- Kanalbau / Leitungsverlegungen
- Abbruch der vorhandenen Straße
- Erdaushub
- Wiederherstellung der Straßenoberfläche

In Tabelle 6 ist eine Einschätzung der den einzelnen Bauphasen zuzuordnenden Erschütterungs- und Körperschallrelevanz zu entnehmen.

Arbeitsablauf	Tätigkeiten und angenommener Geräteeinsatz	Relevanz im Hinblick auf:	
		Erschütterungen	Körperschall
Baufeldfreimachung	Bordstein und Gehwegplatten entfernen Baustelleneinrichtungsflächen herstellen Bagger, Radlader und LKW	gering	gering
Kanalbau / Leitungsverlegungen	Kanäle und Leitungen freilegen Bagger, Radlader, Rüttelplatte und LKW	mittel	gering
Abbruch vorhandene Straße	Straßenoberfläche (Asphaltbelag) aufreißen und entfernen Bagger mit Meißel, Presslufthammer, Bagger und LKW	mittel	hoch
Erdaushub	Straßenaufbau bis auf Solltiefe entfernen Bagger, Radlader und LKW	gering	gering
Wiederherstellung Unter- / Oberbau und Straßenoberfläche	Planum verdichten, Tragschichten einbringen und verdichten, Asphaltbelag einbringen Asphaltfertiger, Vibrationswalze, Rüttelplatte, Radlader und LKW	hoch	gering

Tabelle 6: Immissionstechnische Relevanz der Bautätigkeiten

6 BEURTEILUNG

6.1 VORBEMERKUNG

Der Aus-, Rück- und Neubau der Straße ist unvermeidbar mit Erschütterungs- und Körperschallimmissionen verbunden. Diese sind verfahrensbedingt und beispielsweise bei der Durchführung von Verdichtungsarbeiten unvermeidbar. Grundsätzlich ist vorgesehen, die Bautätigkeiten tagsüber im Zeitraum von 07:00 – 20:00 Uhr durchzuführen. Weiterhin ist vorgesehen, die Anlieger über die Bautätigkeiten zu informieren. Hierzu wird ein Anliegermanagement eingerichtet, welches vermittelnd zwischen Baustelle und Anliegern tätig ist. Bei Bedarf werden Kontrollmessungen in besonders betroffenen Anliegergebäuden durchgeführt.

In Tabelle 6 (siehe Abschnitt 5.2) wurden die Bauphasen benannt, in denen keine oder nur geringe Erschütterungs- und Körperschallimmissionen zu erwarten sind. Für diese Bauphasen gilt, dass die unter Abschnitt 4 beschriebenen Anhalts- und Richtwerte nicht überschritten werden.

6.2 KANALBAU

Das Umverlegen von Kanälen und Leitungen ist mit Erdarbeiten verbunden. Diese Tätigkeiten sind im Hinblick auf Erschütterungs- und Körperschallimmissionen unkritisch. Lediglich das Verdichten der neuen Kanal- und Leitungstrasse ist mit Erschütterungsmissionen verbunden. Die Einwirkzeiten sind sehr kurz. Die Anhaltswerte Stufe II der Tabelle 2 (Tabelle 2, DIN 4150-2 (5)) für Einwirkzeiten $D < 6$ Tage werden voraussichtlich eingehalten. Gleiches gilt für die Immissionsrichtwerte der TA Lärm für Körperschall.

6.3 ABBRUCH DER VORHANDENEN STRAÙE

Der Abbruch des vorhandenen Straßenbelages erfolgt üblicherweise mit einem Baggermeißel und /oder einem Presslufthammer. Das zerkleinerte Material wird mit einem Radlader auf einen LKW geladen und abgefahren. Die Abbrucharbeiten führen in benachbarten Gebäuden zu Erschütterungs- und Körperschallimmissionen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungsmissionen unter den Anhaltswerten Stufe II der Tabelle 2 (Tabelle 2, DIN 4150 2 (5)) für Einwirkzeiten von $6 < D \leq 26$ Tagen liegen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass vereinzelt die Körperschallimmissionen den Immissionsrichtwert der TA Lärm überschreiten.

6.4 WIEDERHERSTELLUNG DER STRAßENOBERVERFLÄCHE

Auch das Wiederherstellen der Straßenoberfläche ist mit Verdichtungsarbeiten verbunden, die zu entsprechenden Erschütterungsimmissionen in der Nachbarschaft führen. Es gilt wieder, dass die Einwirkzeiten kurz sind. Auch hier ist davon auszugehen, dass die Anhaltswerte der Stufe II der Tabelle 2 (Tabelle 2, DIN 4150 2 (5)) für Einwirkzeiten $D < 6$ Tage, voraussichtlich nicht überschritten werden. Die Immissionsrichtwerte der TA Lärm für Körperschall werden ebenfalls eingehalten.

Beim Einsatz von Vibrationswalzen kann es durch Resonanzerscheinungen in Einzelfällen zu Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-3 kommen. Es wird empfohlen in der Nähe von Bauwerken Geräte mit variabler Betriebsfrequenz oder Oszillationswalzen einzusetzen, um im Bedarf durch die Änderung der Betriebsfrequenzen außerhalb von möglichen Bauteilresonanzen zu arbeiten.

6.5 FAZIT

Insgesamt gesehen ist festzustellen, dass von den Bautätigkeiten zur Erstellung der neuen Straßenfahrbahnen Erschütterungs- und Körperschallimmissionen ausgehen, die im Wesentlichen unterhalb der relevanten Anhalts- und Richtwerte liegen. Vorausgesetzt wurde hierbei, dass eine ausreichende Information der Anlieger über die immissionstechnisch relevanten Arbeiten zeitnah erfolgt. Die möglicherweise vereinzelt auftretende Überschreitung von Körperschallimmissionen beim Abbruch der Straßenoberfläche ist verfahrensbedingt. Im Falle einer nachgewiesenen Überschreitung während der Abbrucharbeiten ist ein kleinerer Meißel zu verwenden. Im Falle von Überschreitungen während der Verdichtungsarbeiten ist durch Anpassung des Geräteeinsatzes zu reagieren.