

Ausbau der Strecke Berlin-Frankfurt/Oder – Grenze D/PL Abschnitt Bf Köpenick (PA 16)

**Strecken 6004 S-Bahn und
6153 Fernbahn Berlin-Ostbahnhof – Frankfurt/Oder, km 10,360 - 13,580**

Erschütterungstechnische Untersuchung

Bearbeitet im Auftrag von:
Inros Lackner SE
Bismarckstraße 91
10625 Berlin

Garbsen, 18.04.2019

Bonk - Maire - Hoppmann PartGmbB

Beratende Ingenieure - Geräusche - Erschütterungen - Bauakustik
Messstelle gemäß §29b BImSchG
Rostocker Str. 22, 30823 Garbsen
- 03115/IV/BE -

Bearbeitungsstand: 04/2019
Bearbeiter: Dipl.-Phys. Michael Krause
Tel.: 05137-889523
Fax: 05137-889595

Mess-Stelle gemäß § 29b BImSchG

Dipl.-Ing. Thomas Hoppe
ö.b.v. Sachverständiger für
Schallimmissionsschutz Ingenieurkammer
Niedersachsen

Dipl.-Phys. Michael Krause
ö.b.v. Sachverständiger für Wirkungen von
Erschütterungen auf Gebäude Ingenieurkammer
Niedersachsen

Dipl.-Geogr. Waldemar Meyer

Dipl.-Ing. Clemens Zollmann
ö.b.v. Sachverständiger für Lärmschutz
Ingenieurkammer Niedersachsen

Dipl.-Ing. Manfred Bonk ^{bis 1995}

Dr.-Ing. Wolf Maire ^{bis 2006}

Dr. rer. nat. Gerke Hoppmann ^{bis 2013}

Rostocker Straße 22
30823 Garbsen
05137/8895-0, -95

Bearbeiter: Dipl.-Ing. S. Krause
Durchwahl: 05137/8895-19
s.krause@bonk-maire-hoppmann.de

18.04.2019

- 03115/IV/BE -

Anlage 15.4.1

Erschütterungstechnische Untersuchung

- Baubedingte Erschütterungsimmissionen -

Zum Genehmigungsverfahren nach § 18 AEG

ABS Berlin – Frankfurt/Oder

Abschnitt Köpenick

Planungsabschnitt 16

Auftraggeber: INROS LACKNER SE
Bismarckstraße 91
10625 Berlin

Bearbeitungsstand: 04.2019

Bearbeiter: Dipl.-Phys. Michael Krause

Garbsen, 18.04.2019

Dipl.-Phys. M. Krause

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Aufgabenstellung dieses Gutachtens	9
2. Örtliche Gegebenheiten, bauliche Maßnahmen/Verfahren	9
3 Beschreibung der Baumaßnahmen	10
3.1 Räumlich fortschreitende Baumaßnahmen	10
3.2 Ortsfeste Baumaßnahmen / Ingenieurbauwerke	11
4 Beurteilungsgrundlagen	11
4.1 Beurteilungsverfahren nach DIN 4150, Teil 3, "Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen"	11
4.2 Einwirkung auf den Menschen	14
5 Abschätzung und Bewertung der aus den Baumaßnahmen zu erwartenden Erschütterungen	19
5.1 Abschätzung und Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen aus dem Einsatz Schlagramme bei Neubau Torsionsbalken	20
5.2 Abschätzung und Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen aus dem Einsatz von Vibrationsrammen bei Gründung LSW	24
5.3 Abschätzung und Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen aus dem Einsatz Stemmeißel bei Abbruchmaßnahmen Ingenieurbauwerke	31
6 Zusammenfassung	33

Dieses Gutachten umfasst:

36 Seiten Text

Datei:03115-PA16_E_bau_v2_03_19.docx, Autor: Dipl.-Phys. M. Krause

Unterlagenverzeichnis 15.4

Unterlage 15.4.1	Erschütterungstechnischer Erläuterungsbericht – baubedingte Erschütterungsimmissionen - zur ABS Berlin – Frankfurt/Oder – Grenze D/PL, PA 16 Bf Köpenick
Unterlage 15.4.2	Übersichtslagepläne, Korridore Einwirkung Erschütterung

Anhangsverzeichnis zum Erläuterungsbericht

Anhang zum erschütterungstechnischen Gutachten	Auszug aus der DIN 4150-3 „Erschütterungen im Bauwesen; Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen“: Tabelle 1 Anhaltswerte zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen. Tabelle 4 Anhaltswerte zur Beurteilung von Dauererschütterungen.
--	---

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Anhaltswerte für Dauererschütterungen (Vibrationsramme, Vibrationswalze) nach DIN 4150, Teil 3	14
Tabelle 2: Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen (Schlagramme, Stemmeiße) nach DIN 4150, Teil 3	14
Tabelle 3: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen aus der DIN 4150 T 2	15
Tabelle 4: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen bei Baumaßnahmen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen aus der DIN 4150 T 2 für eine Dauer von 6 – 26 Tagen	18
Tabelle 5: Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} für eine Einwirkzeit von 6.5 h bei der die Anhaltswerte A_r der Beurteilungsschwingstärke eingehalten werden für eine Dauer von 6 – 26 Tagen	19
Tabelle 6 :Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 3, empfohlene Anhaltswerte und daraus abgeleitete zulässige Werte am Fundament für Wohngebäude für Einsatz Schlagramme für kurzzeitige Erschütterungen	22
Tabelle 7 :Am Fundament zu erwartende Werte und Beurteilung für Schlagramme mit einer Energie von 46 kNm.	23
Tabelle 8 :Möglicherweise bei Einsatz einer Schlagramme mit 46 kNm betroffene Gebäude bzw. Anlagen bei Gründung Torsionsbalken	24
Tabelle 9: Möglicher Vibrator	26

Tabelle 10 :Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 3, empfohlene Anhaltswerte und daraus abgeleitete zulässige Werte am Fundament für Wohngebäude für Einsatz Vibrationsramme	28
Tabelle 11 :Am Fundament zu erwartende Werte und Beurteilung für Vibrator PTC 15 HFV.	29
Tabelle 12 :Möglicherweise bei Einsatz Vibrationsramme PTC 15 HFV betroffene Gebäude	30
Tabelle 13 :Am Fundament zu erwartende Werte und Beurteilung für Stemmmeißel 1000 kg.	32
Tabelle 14: Möglicherweise bei Einsatz Stemmmeißel bis 1000 kg betroffene Gebäude bei Abrissmaßnahmen Ingenieurbauwerke	32

Liste der verwendeten Abkürzungen und Ausdrücke

<u>Zeichen</u>	<u>Einheit</u>	<u>Bedeutung</u>
A _o , A _u , A _r	-	Anhaltswerte aus DIN 4150, Teil 2
dB(A)	-	Einheit des Schalldruckpegels bzw. des Beurteilungspegels
EG	-	Erdgeschoss
KB _{Fmax}		Die maximale bewertete Schwingstärke KB _{Fmax} ist nach DIN 4150, Teil 2 der Maximalwert von KB _{F(t)} , der während der jeweiligen Beurteilungszeit auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist
KB _{Fti}		Die Messzeit wird nach DIN 4150, Teil 2 in Takte von je T = 30 sec eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Maximalwert der bewerteten Schwingstärke KB _{F(t)} zugeordnet, im folgenden bezeichnet als KB _{Fti} . Der Index i nummeriert die Takte
KB _{FTr}		Der Wert für die Beurteilungs-Schwingstärke ist nach DIN 4150, Teil 2 ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit
KB _{Fm}		Quadratischer Mittelwert über die Taktmaximalwert KB _{Fti}
KB _{F(t)}		Die bewertete Schwingstärke KB _{F(t)} nach DIN 4150, Teil 2 ist der gleitende Effektivwert mit der Zeitbewertung „Fast“ des frequenzbewerteten Erschütterungssignals
M	-	Mischgebiet
v _e	mm/s	Effektivwert der Schwingschnelle
v _o	mm/s	Bezugsschnelle
1. OG, 2. OG	-	1. Obergeschoss, 2. Obergeschoss
v, v _{max}	mm/s	Schwinggeschwindigkeit , maximale Schwinggeschwindigkeit
WA	-	Allgemeines Wohngebiet

Quellen, Richtlinien, Verordnungen

- ◇ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) i.d.F. der Bekanntmachung vom 26.09.2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Gesetz vom 23.10.2007 (BGBl. I S. 2470)
- ◇ Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12.06.1990, veröffentlicht im Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1990, Teil 1, zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes (BImSchG) vom 18.12.2006 (BGBl. I S. 3180)
- ◇ DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen,
 - Vornorm Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen; Juni 2010;
 - Teil 2: Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude; Juni 1999;
 - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen; Dezember 2016;
- ◇ „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen, Erschütterungs-Leitlinie“, Länderausschuss für Immissionsschutz; 06.März. 2018
- ◇ „Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs – und Körperschalleinwirkungen“, Bericht Nr. 107, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein – Westfalen, 1992
- ◇ „Bauwerkerschütterungen durch Tiefbauarbeiten, Grundlagen – Messergebnisse – Prognosen“; M. Achmus, J. Kaiser, F. tom Wörden; Institut für Bauforschung e.V. Hannover Informationsreihe Bericht 20
- ◇ Eigene Messungen im Rahmen vergleichbarer Baumaßnahmen.
- ◇ Richtlinie 820.2050A01 – 820.2050A06 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“ der DB Netz AG Sept. 2017

1. Aufgabenstellung dieses Gutachtens

Die Ausbaumaßnahmen im Rahmen der ABS Berlin – Frankfurt/Oder sind Bestandteil der Planungsaktivitäten auf der Ost-West-Magistrale Berlin – Warschau – Moskau.

Ziel der Ausbaumaßnahme ist u.a. die Erhöhung der Geschwindigkeit auf 160 km/h. Hierzu erfolgen der Umbau der Gleisanlagen mit veränderten Radien, sowie ein Überholgleis in südlicher Lage zur Verkehrsentflechtung von Güterzügen und Personenzügen. Die Länge des Überholgleises beträgt rd. 2.200 m.

Durch die vorgesehenen Baumaßnahmen ist eine Einwirkung von Erschütterungen auf die bauliche Substanz der angrenzenden Bebauung sowie der Bewohner in den Gebäuden nicht auszuschließen. Maßgebend für die Beurteilung der durch die Baumaßnahmen ausgelösten Erschütterungen sind die DIN 4150, Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ in Hinsicht auf die Einwirkung von Erschütterungen auf Gebäude und mit Bezug auf die Einwirkung auf den Menschen die DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude“.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung besteht darin, die mögliche Einwirkung von Erschütterungen auf die umliegende Bebauung und den darin befindlichen Menschen zu prognostizieren und auf Grundlage der oben genannten Regelwerke zu beurteilen. Für den Fall, dass abzusehen ist, dass die Anforderungen unter Berücksichtigung der gewählten Bauverfahren nicht einzuhalten sind, werden Hinweise zur Reduzierung der Erschütterungen gegeben. In der vorliegenden Untersuchung werden die vorgesehenen Bauverfahren als bekannt vorausgesetzt, und daher nicht im Detail erläutert. Erschütterungen aus dem Bahnverkehr auf der Trasse sind nicht Bestandteil dieser Untersuchung.

2. Örtliche Gegebenheiten, bauliche Maßnahmen/Verfahren

Die erschütterungstechnische Untersuchung zu den baubedingten Erschütterungsimmissionen bezieht sich auf die schutzwürdige Bebauung nördlich und südlich der Bahnanlagen. Entlang der Bahnanlagen befinden sich beiderseits der

Bahntrasse Wohn-, Misch- und Gewerbegebiete im Wechsel.

Die Bahnanlage verläuft am Abschnittsbeginn, westlich der EÜ Hämmerlingstraße, auf Geländeneiveau. Im Bereich des Bahnhofs Berlin-Köpenick liegt die Bahnanlage auf Dammlage. In weiteren Verlauf, Richtung S-Bahnhof Hirschgarten, geht die Trassenlage auf Geländeneiveau über.

Die S-Bahngleise liegen nördlich, die beiden Fernbahngleise und das Überholgleis liegen in südlicher Parallellage dazu. Das Überholgleis befindet sich südlich zum äußeren Fernbahngleis.

Im folgenden werden die Baumaßnahmen erläutert, von denen beurteilungsrelevante Erschütterungen zu erwarten sind.

3 Beschreibung der Baumaßnahmen

3.1 Räumlich fortschreitende Baumaßnahmen

Bei den vorgesehenen Maßnahmen sind hier folgende Arbeiten unter erschütterungstechnischen Aspekten zu bewerten:

1. Gründung Oberleitungsmasten:

Die Gründung der Oberleitungsmasten erfolgt im Bohrverfahren. Bei diesem Verfahren zur Gründung der Oberleitungsmaste sind keine beurteilungsrelevanten Erschütterungen zu erwarten.

2. Gründung LSW Südseite / Nordseite / Mitte:

Hier ist ein Einsatz von einer Vibrationsrammen vorgesehen, über den vorgesehenen Typ liegen noch keine Angaben vor. Im folgenden wird von einem Vibrator PTC 15 HFV ausgegangen, der bei vergleichbaren Arbeiten üblich ist. Dabei kann von einer reinen Rammzeit von ca. 6.5 h am Tag für die Ramme ausgegangen werden.

Die Angaben zu den Einwirkzeiten beruhen auf den in der Unterlage 15.2.2 dargestellten Emissionsansätzen unter Berücksichtigung der Beurteilungszeiträume der DIN 4150, Teil 2 von Tag 6:00 – 22:00 Uhr.

3.2 Ortsfeste Baumaßnahmen / Ingenieurbauwerke

Bei den vorgesehenen Maßnahmen sind hier folgende Arbeiten unter erschütterungstechnischen Aspekten zu bewerten:

1. Abriss vorhandener Widerlager mit Stemmeißel:

Zum jetzigen Zeitpunkt liegen keine Angaben über den vorgesehenen Stemmeißel vor. Üblicherweise werden bei vergleichbaren Abrissmaßnahmen Stemmeißel mit einem Gewicht von ca. 1000 kg eingesetzt. Vorgesehen ist ein gleichzeitiger Einsatz von zwei Stemmeißeln. Die Einsatzzeit der Stemmeißel in der Erschütterungen ausgelöst werden, kann bei zwei Stemmeißeln für den Tag mit ca. 5 h angenommen werden.

2. Neubau Torsionsbalken:

Vorgesehen ist der Einsatz einer Schlagramme vergleichbar DELMAG D 12. Die reine Rammzeit, in dieser werden Erschütterungen ausgelöst, beträgt ca. 15 Minuten je Vorgang. Am Tag werden 10 Rammungen, entsprechend einer Einwirkzeit von 2.5 h ausgeführt.

Die Angaben zu den Einwirkzeiten beruhen auf den in der Unterlage 15.2.2 dargestellten Emissionsansätzen unter Berücksichtigung der Beurteilungszeiträume der DIN 4150, Teil 2 von Tag 6:00 – 22:00 Uhr bzw. Nacht 22:00 – 6:00 Uhr.

4 Beurteilungsgrundlagen

4.1 Beurteilungsverfahren nach DIN 4150, Teil 3, "Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen"

Anhaltswerte für zulässige Schwinggeschwindigkeitsamplituden zur Beurteilung der Wirkungen auf Gebäude sind in der DIN 4150, Teil 3, "Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkung auf bauliche Anlagen" angegeben. Im vorliegenden Fall werden dem Charakter der angrenzenden Bebauung entsprechend zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen die Anhaltswerte für Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartigen Bauten heranzuziehen.

Die in der DIN 4150, Teil 3, genannten Anhaltswerte haben dabei nicht ohne weiteres die Bedeutung von Immissionsgrenzwerten im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes.

Zur Bewertung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude und Bauteile können diese Werte jedoch als Beurteilungshilfe dienen, denn sie kennzeichnen für den überwiegenden Teil der heute vorhandenen Gebäude eine Schwelle, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes kaum zu erwarten sind, bei deren Überschreitung das Risiko derartiger Schäden aber zunimmt.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der DIN 4150, Teil 3, ist z.B.:

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

Bei Wohngebäuden und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartigen Bauten und als besonders erschütterungsempfindlich einzustufende Bauten (vgl. Tabelle 1, Zeilen 2 und 3 aus DIN 4150, Teil 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.

Es wird zwischen kurzzeitigen Bauwerkserschütterungen und Dauererschütterungen unterschieden. Die Erschütterungen bei einem Einsatz der vorgesehenen Vibrationsramme und von Verdichtern sind als Dauererschütterungen zu bewerten, Erschütterungen aus dem Einsatz einer Schlagramme sind als kurzzeitige Erschütterungen zu bewerten.

Hinsichtlich der Empfindlichkeit in Bezug auf die Einwirkung von Erschütterungen werden die Gebäude in drei Klassen unterteilt.

Für Dauererschütterungen ist unter Zugrundelegung von Abschnitt 6 der DIN 4150, Teil 3, "Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkung auf bauliche Anlagen" davon auszugehen, dass für Wohngebäude bei Schwinggeschwindigkeiten von 5 mm/s, gemessen im obersten Stockwerk für die horizontale Richtung, keine Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes zu erwarten sind. Im

Deckenbereich können dabei Werte von bis zu 10 mm/s in Deckenmitte auftreten, ohne dass eine Verminderung des Gebrauchswertes der Decke zu erwarten ist.

Bei kurzzeitigen Bauwerkerschütterungen betragen die entsprechenden Anhaltswerte für Wohngebäude genutzte Bauten bei Frequenzen von 10 - 50 Hz im Fundamentbereich 5 - 20 mm/s und für horizontale Schwingungen der obersten Deckenebene horizontal 15 mm/s (unabhängig vom Frequenzbereich). Im Deckenbereich können frequenzunabhängig Werte bis zu 20 mm/s auftreten.

Die oben erläuterten Anhaltswerte sind in den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 angegeben. Im Anhang zu diesem Gutachten ist die entsprechende Tabelle in Kopie wiedergegeben.

Nach bisherigen Erfahrungen sind bei Einhaltung der oben genannten Werte auch keine leichten Schäden zu erwarten.

In den nachfolgenden Tabellen 1 und 2 werden für die möglicherweise betroffenen Gebäude die Anhaltswerte für kurzzeitige- und für Dauererschütterungen angegeben, die bei Ausführung der Baumaßnahmen eingehalten werden sollten um Schäden an der baulichen Substanz der auszuschließen.

Tabelle 1: Anhaltswerte für Dauererschütterungen (Vibrationsramme, Vibrationswalze)
nach DIN 4150, Teil 3

Gebäude	Beurteilung nach DIN 4150, Teil 3	Anhaltswert DIN 4150, T3 horizontale Schwingungen oberste Geschoßebene	Anhaltswert DIN 4150, T3 vertikale Decken- schwingungen
Wohnbebauung	Dauererschütterungen nach Zeile 2 von Tab. 3 DIN 4150 T3. für Wohngebäude und/oder in ihrer Nutzung vergleichbare Gebäude $V_{\max} = 5 \text{ mm/s}$ (frequenzunabhängig) Für vertikale Schwingungen im Deckenbereich 10 mm/s	5 mm/s	10 mm/s

Tabelle 2: Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen (Schlagramme, Stemmmeißel)
nach DIN 4150, Teil 3

Gebäude	Beurteilung nach DIN 4150, Teil 3	Anhaltswert DIN 4150, T3 Fundament	Anhaltswert DIN 4150, T3 horizontale Schwingungen oberste Geschoßebe- ne	Anhaltswert DIN 4150, T3 vertikale Decken- schwingung en
Wohnbebauung	Kurzzeitige Erschütterungen nach Zeile 2 von Tab. 1 DIN 4150 T3 für Wohngebäude und/oder in ihrer Nutzung vergleichbare Gebäude	5 mm/s (hier wird der kritischere Wert für eine Frequenz $\leq 10 \text{ Hz}$ angenommen)	15 mm/s (alle Frequenzen)	20 mm/s (alle Frequenzen)

4.2 Einwirkung auf den Menschen

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz können grundsätzlich Immissionen durch Erschütterungen schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen. Gesetzliche Regelungen für die Beurteilung von Erschütterungsimmisionen gibt es dagegen noch nicht. Das Regelungsdefizit begründet sich in der Verordnungsermächtigung des § 43 Abs. 1 BImSchG, in der Erschütterungen nicht angesprochen sind.

Aufgrund fehlender gesetzlicher Grenzwerte gilt die DIN 4150, Teil 2, "Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" als Äußerung einschlägigen Sachwissens und als geeignete, wenn auch unverbindliche

Grundlage für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen. Dieses Normblatt nennt für Erschütterungsimmissionen Anhaltswerte, bei deren Einhaltung nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist. Die DIN 4150-2 vom Juni 1999 stellt hierzu den aktuellen Kenntnisstand dar.

Nachfolgende **Tabelle 3** enthält die Anhaltswerte A der bewerteten Schwingstärke KB_F , zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen. Sie beziehen sich wie folgt auf die beiden Beurteilungsgrößen:

- KB_{Fmax} - die maximale bewertete Schwingstärke,
- KB_{FTr} - die Beurteilungs-Schwingstärke, siehe unten.

Tabelle 3: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen aus der DIN 4150 T 2

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 ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO).	0.4	6	0.2	0.3	0.6	0.15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. 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 (vgl. 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 (vgl. reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeines 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, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0.1	3	0.05	0.1	0.15	0.05

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 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Die in der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2, enthaltenen Zahlenwerte werden wie bereits erwähnt als „Anhaltswerte“ bezeichnet. Damit wird klargestellt, dass es sich bei diesen Werten um empfohlene Werte und nicht um gesicherte Grenzwerte handelt. Bei Einhaltung der Anhaltswerte können erhebliche Belästigungen der in den Gebäuden lebenden Menschen im allgemeinen ausgeschlossen werden.

Die beiden Beurteilungsgrößen sind in der Regel getrennt für die drei Richtungskomponenten x, y (horizontal) und z (vertikal) zu ermitteln, wobei die jeweils größte der drei der Beurteilung zugrunde zulegen ist.

Die Beurteilung erfolgt ausschließlich anhand der Kriterien A_u (für KB_{Fmax}), A_o (für KB_{Fmax}) und A_r (für KB_{FTr}).

- ist $KB_{Fmax} \leq A_u$, so ist die Anforderung der Norm eingehalten,
- ist KB_{Fmax} größer als der (obere) Anhaltswert A_o , dann ist die Anforderung der Norm nicht eingehalten,
- Für häufigere Einwirkungen, bei denen KB_{Fmax} größer als A_u ist, ist ein weiterer Prüfschritt für die Entscheidung erforderlich, nämlich die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} . Ist KB_{FTr} nicht größer als der Anhaltswert A_r nach Tabelle 1 der DIN-Norm 4150, Teil 2, sind die Anforderungen der Norm ebenfalls eingehalten.

Das A_r -Kriterium dient einer angemessenen Beurteilung von häufig, aber unregelmäßig wiederkehrenden Erschütterungen; es entspricht dem Grundgedanken des Mittelungspegels beim Schall. Bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke wird eine Einwirkung während der Ruhezeiten tags (Werktags 6:00 – 7:00 Uhr und 19:00 – 22:00 Uhr, an Sonn- und Feiertagen 6:00 – 22:00 Uhr) mit einem Faktor von 2 gewichtet.

Beurteilung von Erschütterungen aus Baumaßnahmen nach Abschn. 6.5.4 der DIN 41509, Teil 2

Für Erschütterungseinwirkungen aus Baumaßnahmen finden die im nachfolgenden beschriebenen Beurteilungskriterien Anwendung. Nach der DIN 4150, Teil 2 werden die Anhaltswerte für Erschütterungen aus Baumaßnahmen (Abschn. 6.5.4) in Abhängigkeit von der Dauer in Tagen festgelegt. Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkung ist nach der DIN 4150 die Anzahl von Tagen zu verstehen an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten. Dabei sind Tage mit Erschütterungseinwirkungen, die unter den jeweiligen Werten der Tabelle 1 für A_u oder A_r liegen, nicht mitzuzählen. Im vorliegenden Fall wird die relevante Einwirkung von Erschütterungen aus den geplanten Maßnahmen mit einem Zeitraum von etwa 6 – 26 Tagen angenommen. Bei den räumlich forstschreitenden Arbeiten dürfte der Zeitraum aufgrund der abstandsbedingten Abnahme der Erschütterungen bei unter

6 Tagen liegen, hier wird aber im Sinne eine Beurteilung zur sicheren Seite hin der längere Zeitraum von 6 – 26 Tagen angenommen.

Die Beurteilung erfolgt in drei Stufen:

1. Eine untere Stufe I, bei deren Unterschreitung auch ohne Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist.
2. Ein mittlere Stufe II, bei deren Unterschreitung ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist, falls die im folgenden genannten Maßnahmen a) bis e) 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.
3. Eine obere Stufe III, bei deren Überschreitung die Einwirkungen unzumutbar sind. In diesem Fall wird die Vereinbarung besonderer Maßnahmen notwendig.

Die psychischen Auswirkungen von Erschütterungseinwirkungen können vermindert werden durch:

- a) umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb;
- b) Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit verbundenen Belästigungen;
- c) zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.);
- d) Benennung einer Ansprechstelle, an die sich die Betroffenen wenden können, wenn Sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben;
- e) Information der Betroffenen über die Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude;
- f) Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Einwirkungen auf

Menschen und Gebäude.

Die Maßnahmen a) bis e) sind vor Beginn der Baumaßnahmen durchzuführen.

Für die oben angegebene Einwirkungsdauer von 6 - 26 Tagen sind die bei Beurteilung zugrunde zulegenden Anhaltswerte für die drei Stufen zusammengestellt.

Tabelle 4: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen bei Baumaßnahmen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen aus der DIN 4150 T 2 für eine Dauer von 6 – 26 Tagen

Anhaltswerte	A_u	A_o	A_r
Stufe I	0.4	5	0.3
Stufe II	0.8	5	0.6
Stufe III	1.2	5	1.0

Zur Beurteilung der KB-Werte sind die maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} mit den Anhaltswerten A_u (unterer Anhaltswert) und A_o (oberer Anhaltswert) bei Baumaßnahmen nach der folgenden Methodik zu vergleichen:

- ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert A_u , so ist die Anforderung der jeweiligen Stufe eingehalten,
- ist KB_{Fmax} größer als der (obere) Anhaltswert A_o , dann ist die Anforderung für die jeweilige Stufe nicht eingehalten,
- Für häufige Einwirkungen, bei denen KB_{Fmax} größer als A_u aber kleiner als A_o ist, sind die Anforderungen der Norm dann eingehalten, wenn die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} für die jeweilige Stufe nicht größer ist als der Anhaltswert A_r ist.

Bei Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke sind die Zuschläge für Ruhezeiten anzuwenden. Es ist vorgesehen die Baumaßnahmen am Tag im Zeitraum zwischen

Tag 7:00 – 20:00 Uhr

durchzuführen. Im Zeitraum Tag von 7:00 – 20:00 Uhr liegt 1 Stunde innerhalb der Ruhezeiten und ist daher mit einem Faktor 2 zu gewichten. Die reine Einwirkzeit für Erschütterungen liegt im ungünstigsten Fall für den Einsatz der Vibrationsramme

Gründung LSW Südseite / Nordseite / Mitte bei 6.5 Stunden, für den Einsatz der Schlagramme bei 2.5 h (Bau Torsionsbalken), für den Einsatz des Stemmeißels bei 5 h. In der nachfolgenden Tabelle werden die Werte der maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} angegeben, bei denen der Anhaltswert A_r der Beurteilungsschwingstärke für die genannten Einwirkzeiten nicht überschritten wird. Im Sinne eines sicheren Ansatzes bei der Beurteilung wird eine Bewertung des unteren Anhaltswertes für den Tageszeitraum nicht vorgenommen.

Tabelle 5: Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} für eine Einwirkzeit von 6.5 h bei der die Anhaltswerte A_r der Beurteilungsschwingstärke eingehalten werden für eine Dauer von 6 – 26 Tagen

Anhaltswerte	A_r	Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} bei deren Einhalten die Anhaltswerte A_r nicht überschritten werden		
		Vibrationsramme Einsatzzeit 6.5 h	Schlagramme Einsatzzeit 2.5 h	Stemmeißel Einsatzzeit 5 h
Stufe I	0.3	0.45	0.73	0.52
Stufe II	0.6	0.91	1.47	1.00
Stufe III	1.0	1.51	2.44	1.72

Bei der Beurteilung der Baumaßnahmen werden hier die Anhaltswerte der Stufe III zu Grunde gelegt. Diese Betrachtung ist unter dem Aspekt gerechtfertigt, dass sich die nachfolgenden Betrachtungen alle auf den Minimalabstand der Arbeiten zu der möglicherweise betroffenen Wohnbebauung beziehen. Mit zunehmendem Abstand der Arbeiten von den Wohngebäuden sind jedoch niedrigere Werte zu erwarten, die überwiegend die Anhaltswerte der Stufe II einhalten dürften. Bei Einhaltung der Werte KB_{Fmax} für die aufgeführten Arbeiten werden die Anforderungen der Stufe III eingehalten.

5 Abschätzung und Bewertung der aus den Baumaßnahmen zu erwartenden Erschütterungen

Die folgenden Abschätzungen beruhen auf allgemeinen zur Erschütterungsprognose für den Betrieb von Baumaschine in der Literatur angegebenen Verfahren und auf Erfahrungswerten aus eigenen Messungen.

5.1 Abschätzung und Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen aus dem Einsatz Schlagramme bei Neubau Torsionsbalken

Vorgesehen ist bei beiden Maßnahmen der Einsatz einer Schlagramme vergleichbar DELMAG D 12.

Für Schlagrammen kann die maximale Komponente der Schwinggeschwindigkeit am Fundament $v_{i, \max}$ (Fundament) unabhängig von der Richtung näherungsweise wie folgt angegeben werden:

$$v_{i, \max}(\text{Fundament}) = 4 \cdot \frac{\sqrt{E}}{r} \quad (1)$$

$v_{i, \max}$ (Fundament) maximale Schwinggeschwindigkeit am Fundament [mm/s]
E Schlagenergie [kJm]
r Abstand der Ramme zum Gebäude in [m]

Die maßgebende Größe zur Berechnung der maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament ist neben dem Abstand die maximale Energie je Schlag E [kJm], die von der Schlagramme in den Erdboden eingeleitet wird.

$$E = m * g * h \quad (2)$$

m: Masse Fallgewicht Kg
h: Fallhöhe [m]
g: Erdbeschleunigung 9.81 m/s²

Bei Anwendung von Gleichung (1) beträgt die Überschreitungswahrscheinlichkeit ca. 50 %, d.h. bei 50 % der durchgeführten Prognosen ist mit einer geringfügigen Überschreitung der prognostizierten Werte zu rechnen.

Maßgebend für die Einwirkung von Erschütterungen auf das Gebäude und den darin befindlichen Menschen ist dabei der Übergang vom Baugrund auf das Fundament, vom Fundament auf die oberste Deckenebene bzw. auf die Geschossdecken.

Die über den Baugrund in das Fundament eingeleiteten Schwingungen werden dabei je nach Frequenz von den baulichen Strukturen der Gebäude verstärkt.

Die vertikalen Schwingungen der Geschossdecken in Deckenmitte liegen bei Einsatz von Schlagrammen etwa um einen Faktor 2 über dem Wert für die vertikale Richtung am Fundament.

Die Horizontalschwingungen der obersten Deckenebene liegen für Wohngebäude

etwa um den Faktor 2 über den entsprechenden Maximalwert am Fundament. Diese Faktoren sind in hohem Maße von der baulichen Struktur der Gebäude abhängig, die vorstehenden Faktoren stellen Mittelwerte aus verschiedenen Messungen dar. Bei zahlreichen von uns durchgeführten Erschütterungsmessungen bei Durchführung von Rammarbeiten mit Schlagrammen sind diese Faktoren bestätigt worden. Dies gilt auch für Gleichung zur Ermittlung der maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament.

Hier wird vom Einsatz einer Schlagramme DELMAG D12 mit einer Schlagenergie von

$$E = 46 \text{ kNm}$$

ausgegangen.

Bei den durchzuführenden Rammarbeiten sollten die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 nicht überschritten werden um Gebäudeschäden in Folge von Erschütterungseinwirkungen aus den Arbeiten mit einiger Sicherheit auszuschließen. Mit den maximalen Verstärkungsfaktoren für horizontale Schwingungen der obersten Geschossebene und für vertikale Deckenschwingungen werden die Werte ermittelt, die maximal am Fundament auftreten dürfen, ohne dass es zu einer Überschreitung der maßgebenden Anhaltswerte kommt. In der nachfolgenden Tabelle sind die Anhaltswerte und die daraus abgeleiteten zulässigen Werte am Fundament aufgeführt.

Die maximale Schwinggeschwindigkeit v_{\max} liegt unter Berücksichtigung des in der DIN 4150, Teil „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude“ angegebenen Näherungsverfahrens um einen Faktor von ca. 2 über der maximalen bewerteten Schwingstärke $KB_{F\max}$.

Um die Anforderungen DIN 4150, Teil 2 gemäß der Sonderregelungen für Erschütterungen für die Stufe III für den Einsatz der Schlagramme einzuhalten, sollte ein Wert von

$$KB_{F\max} = 2.44$$

nicht überschritten werden. Dieser Wert wird bei einer Schwinggeschwindigkeit von

$$v_{\max} = 4.88 \text{ mm/s}$$

erreicht.

In den nachfolgenden Tabellen sind die maximal am Fundament zulässigen Werte angegeben bei den die oben angegebenen Werte eingehalten werden. Bei Einhaltung dieser Werte werden die Anforderungen nach DIN 4150, Teil 2 und 3 erfüllt. Diese wurden unter Berücksichtigung der Übergangsfaktoren Fundament – horizontale Schwingungen oberste Deckenebene bzw. Fundament – Geschossdecke ermittelt.

Tabelle 6 : Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 3, empfohlene Anhaltswerte und daraus abgeleitete zulässige Werte am Fundament für Wohngebäude für Einsatz Schlagramme für kurzzeitige Erschütterungen

	Bei der Beurteilung zugrunde zu legender Anhaltswert nach DIN 4150, Teil 3 für kurzzeitige Erschütterungen	Anhaltswert	Maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit am Fundament
Fundament	5 mm/s (hier wird der kritischere Wert für eine Frequenz ≤ 10 Hz angenommen)	5 mm/s	5 mm/s
Oberste Deckenebenen horizontale Schwingungen	15 mm/s alle Frequenzen	15 mm/s	7.5 mm/s
Vertikale Deckenschwingungen Beurteilung auf den Menschen nach DIN 4150, Teil 2 Sonderregeln Erschütterungen aus Baumaßnahmen	Der maximal zulässige Wert für Deckenschwingungen ergibt sich aus den Anforderungen nach der DIN 4150, Teil 2, danach sollte der Maximalwert der Schwinggeschwindigkeit im Deckenbereich nicht über 4.88 mm/s liegen.	4.88 mm/s	2.44 mm/s

Bei Einhalten der oben angegebenen Werte am Fundament können Schäden an der baulichen Substanz bzw. erhebliche Beeinträchtigungen der in Wohngebäuden befindlichen Menschen ausgeschlossen werden. Ebenso werden die Anforderungen Stufe III der DIN 4150, Teil 2 für Erschütterungen aus Baumaßnahmen im Zeitraum von 6 – 22 Uhr mit Sicherheit eingehalten wenn die angegebenen Werte am Fundament nicht überschritten werden.

Die bei einem Einsatz einer Schlagramme mit 46 kNm zu erwartenden Werte für die Schwinggeschwindigkeit am Fundament sind in Abhängigkeit vom Abstand zur Bebauung in der nachfolgenden Tabelle angegeben. In dieser Tabelle wird auch angegeben, ob die Anforderungen der DIN 4150, Teil 3 und 2 eingehalten werden. Die Werte wurden unter Verwendung von Gleichung 1 ermittelt.

Tabelle 7 : Am Fundament zu erwartende Werte und Beurteilung für Schlagramme mit einer Energie von 46 kNm.

Abstand zu den Rammarbeiten [m]	Schwinggeschwindigkeit Fundament v_{max} [mm/s]	Anforderung Einwirkung bauliche Anlagen Wohngebäude DIN 4150, Teil 3 eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 Stufe 3 in Wohngebäuden eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt
5	5.4	nein	nein
10	2.7	ja	nein
15	1.9	ja	ja
20	1.4	ja	ja
25	1.1	ja	ja
30	0.9	ja	ja
35	0.8	ja	ja
40	0.7	ja	ja
50	0.5	ja	ja
60	0.5	ja	ja
70	0.4	ja	ja
80	0.3	ja	ja
90	0.3	ja	ja
100	0.3	ja	ja

In der nachfolgenden Tabelle sind für einen Einsatz einer Schlagramme mit 46 kNm die Gebäude bzw. Bereiche angegeben, bei denen die Anforderungen möglicherweise nicht eingehalten werden. In den Plänen der Unterlage 15.4.2 sind die Korridore ab denen die Anforderungen eingehalten werden dargestellt.

Tabelle 8 : Möglicherweise bei Einsatz einer Schlagramme mit 46 kNm betroffene Gebäude bzw. Anlagen bei Gründung Torsionsbalken

Anforderung Einwirkung bauliche Anlagen Wohngebäude DIN 4150, Teil 3 Anforderungen werden bis für einen Abstand von bis zu 5 m nicht eingehalten	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 Erschütterungen aus Baumaßnahmen Stufe 3 für Wohngebäude Anforderungen werden für einen Abstand von bis zu 10 m nicht eingehalten
Kein Gebäude betroffen	Südseite: Bahnhofstraße 33-38 (Forum Köpenick), hier ist jedoch nur der vordere zur Bahn gelegene Teil des Gebäudes im Bereich der Eisenbahnüberführung zur Einfahrt betroffen.

Danach sind bei einem Einsatz einer Schlagramme mit einer Energie von maximal 46 kNm in keinem der angrenzenden Gebäude Schäden durch Erschütterungen aus einem Einsatz der Schlagramme zu erwarten.

Dagegen kann für das Forum Köpenick eine Beeinträchtigung des Menschen in den Gebäuden im Sinne der DIN 4150, Teil 2 für den Tageszeitraum nicht ausgeschlossen werden.

Bei einer Reduzierung der Einwirkzeit auf 1 h werden die Anforderungen eingehalten. Bei Durchführung der Arbeiten sollten begleitende Messungen erfolgen, um das tatsächliche Ausmaß der einwirkenden Erschütterungen zu ermitteln. Ggf. kann die Dauer der Einwirkzeit dann im Ergebnis der Messungen erhöht werden.

5.2 Abschätzung und Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen aus dem Einsatz von Vibrationsrammen bei Gründung LSW

Bei den angeführten Arbeiten zur Gründung der LSW und Herstellung der Stützwände ist der Einsatz von Vibrationsrammen vorgesehen. Über den vorgesehenen Vibrator liegen zur Zeit noch keine Angaben vor, im folgenden wird daher von einem Vibrator PTC 15 HFV ausgegangen.

Grundsätzlich sind bei einem dem Stand der Technik entsprechenden Einsatz von Vibrationsrammen folgende Vorgaben zu beachten:

- Grundsätzlich sollten nur Vibratoren mit resonanzfreien An- und Ablauf zum Einsatz kommen. Bei diesen Vibratoren wird das Moment, das auf das Rammgut einwirkt, erst wirksam, wenn der Vibrator die Betriebsdrehzahl erreicht hat. Auf diese Weise werden die gebäudeseitigen Resonanzfrequenzen mit der Folge von erhöhten Werten nicht durchlaufen.

- Die Arbeitsfrequenz sollte bei über 35 Hz liegen. Diese Frequenz liegt außerhalb der für Betondecken üblichen Eigenfrequenzen von 15 – 30 Hz. Eine Anregung der Decken im Resonanzbereich mit der Folge von erhöhten Werten kann damit ausgeschlossen werden.

Für Vibrationsrammen kann die maximale Komponente der Schwinggeschwindigkeit am Fundament $v_{i, \max}$ eines Gebäudes unabhängig von der Richtung näherungsweise wie folgt angegeben werden:

$$v_{i, \max}(\text{Fundament}) = 8 \cdot \frac{\sqrt{E}}{r} \quad (3)$$

$v_{i, \max}(\text{Fundament})$ maximale Schwinggeschwindigkeit am Fundament [mm/s]
E Energie je Schwingperiode [kNm]
r Abstand des Vibrators zum Gebäude in [m]

Eine maßgebende Größe neben dem Abstand zur Berechnung der maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament ist die maximale Energie je Schwingperiode E [kNm], die von der Vibrationsramme in den Erdboden eingeleitet wird. Diese wird aus der hydraulischen Vibratorleistung näherungsweise nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$E = \frac{W}{f} \quad (4)$$

W Vibratorleistung (hydraulisch) [kW]
f Frequenz [Hz]

Bei Anwendung von Gleichung (3) beträgt die Überschreitungswahrscheinlichkeit ca. 50 %, d.h. nur bei 50 % der durchgeführten Prognosen ist mit einer Überschreitung der prognostizierten Werte zu rechnen. Die Gleichung gilt für den Einsatz von Vibratoren die nicht über einen resonanzfreien An- und Auslauf verfügen und ist frequenzunabhängig. Bei einem Einsatz von Vibratoren mit Frequenzen ab 30 Hz die über einen resonanzfreien An- und Auslauf verfügen, ist mit geringeren Werten zu rechnen, die aber nicht quantifizierbar sind. Damit ist in der Beurteilung ein hohes Maß an Sicherheit gegeben, da die tatsächlichen Werte bei dem vorgesehenen Einsatz von Vibrationsrammen mit resonanzfreien An- und Auslauf deutlich unter denen im folgenden ermittelten Werten liegen werden.

Maßgebend für die Einwirkung von Erschütterungen auf Gebäude und den darin befindlichen Menschen ist dabei der Übergang vom Baugrund auf das Fundament und vom Fundament auf die oberste Deckenebene bzw. auf die Geschossdecken.

Die über den Baugrund in das Fundament eingeleiteten Schwingungen werden abhängig von der Frequenz von den baulichen Strukturen der Gebäude i.d.R. verstärkt.

Die vertikalen Schwingungen der Geschossdecken in Deckenmitte liegen für Frequenzen ab ca. 30 Hz im ungünstigsten Fall etwa um den Faktor 2 über dem Wert für die vertikale Richtung am Fundament.

Die Horizontalschwingungen im obersten Stockwerk liegen für Wohngebäude ungünstigstenfalls etwa um einen Faktor 2 über den entsprechenden Maximalwert am Fundament. Diese Faktoren sind aber in einem hohen Maße von der baulichen Struktur der Gebäude abhängig, die vorstehenden Faktoren stellen Mittelwerte aus verschiedenen Messungen dar. Bei einem Einsatz von Vibrationsrammen stellen die oben angegebenen Faktoren den ungünstigeren Fall dar. Bei zahlreichen von uns durchgeführten Beweissicherungsmessungen bei Durchführung von Rammarbeiten mit vergleichbaren Bodenverhältnissen sind diese Faktoren bestätigt worden. Dies gilt auch für die Gleichung zur Ermittlung der maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament.

Folgende Vibrationsramme mit einer maximalen Energie je Schwingperiode E [kJ] und Frequenz f [Hz] könnte möglicherweise zum Einsatz kommen.

Tabelle 9: Möglicher Vibrator

Vibrator	Frequenz [Hz]	Maximale Energie je Schwingperiode [kJ]
PTC 15 HFV	38	7.5

Bei den durchzuführenden Rammarbeiten sollten die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 nicht überschritten werden, um Gebäudeschäden in Folge von Erschütterungseinwirkungen aus den Arbeiten mit einiger Sicherheit auszuschließen. Mit den maximalen Verstärkungsfaktoren für horizontale Schwingungen der obersten Geschossebene und für vertikale Deckenschwingungen werden die Werte ermittelt, die maximal am Fundament auftreten dürfen ohne dass es zu einer Überschreitung der maßgebenden Anhaltswerte kommt. In der nachfolgenden Tabelle sind Anhaltswerte und die daraus abgeleiteten zulässigen Werte am Fundament aufgeführt.

Die maximale Schwinggeschwindigkeit v_{max} liegt unter Berücksichtigung des in der

DIN 4150, Teil „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude“ angegebenen Näherungsverfahrens ca. um einen Faktor von ca. 2 über der maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} .

Um die Anforderungen DIN 4150, Teil 2 einzuhalten, sollte ein Wert von

$$KB_{Fmax} = 1.51$$

nicht überschritten werden. Dieser Wert wird bei einer Schwinggeschwindigkeit von

$$v_{max} = 3.02 \text{ mm/s}$$

erreicht.

In den nachfolgenden Tabellen sind die maximal am Fundament zulässigen Werte angegeben bei denen die oben angegeben Werte eingehalten werden. Bei Einhaltung dieser Werte werden die Anforderungen nach DIN 4150, Teil 2 und 3 erfüllt. Diese wurden unter Berücksichtigung der Übergangsfaktoren Fundament - horizontale Schwingungen oberste Deckenebene bzw. Fundament – Geschossdecke ermittelt.

Tabelle 10 : Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 3, empfohlene Anhaltswerte und daraus abgeleitete zulässige Werte am Fundament für Wohngebäude für Einsatz Vibrationsramme

Messpunkt	Bei der Beurteilung zugrunde zu- legender Anhaltswert nach DIN 4150, Teil 3	Empfohle- ner Anhaltsw ert	Maximal zulässige Schwing- geschwindi- gkeit am Fundamen- t
Oberste Deckenebenen horizontale Schwingungen	Dauererschütterungen nach Zeile 3 von Tab. 3 DIN 4150 T3. 5 mm/s (alle Frequenzen)	5 mm/s	2.5 mm/s
Vertikale Deckenschwingungen Beurteilung auf den Menschen nach DIN 4150, Teil 2	Der maximal zulässige Wert für Deckenschwingungen ergibt sich aus den Anforderungen nach der DIN 4150, Teil 2, danach sollte der Maximalwert der Schwinggeschwindigkeit im Deckenbereich nicht über 3.02 mm/s liegen.	3.02 mm/s	1.51 mm/s

Bei Einhalten der oben angegebenen Werte können Schäden an der baulichen Substanz bzw. erhebliche Beeinträchtigungen der in Wohngebäuden befindlichen Menschen ausgeschlossen werden. Ebenso werden die Anforderungen Stufe III der DIN 4150, Teil 2 für Erschütterungen aus Baumaßnahmen bzw. die Anforderungen für den Nachtzeitraum eingehalten wenn die hierzu angegebenen Werte am Fundament nicht überschritten werden.

Die bei einem Einsatz des vorgesehenen Vibrators zu erwartenden Werte für die Schwinggeschwindigkeit am Fundament sind in Abhängigkeit vom Abstand zur Bebauung in der nachfolgenden Tabelle angegeben. In dieser Tabelle wird auch angegeben, ob die Anforderungen der DIN 4150, Teil 3 und 2 eingehalten werden. Die Werte wurden unter Verwendung von Gleichung 3 ermittelt.

Tabelle 11 : Am Fundament zu erwartende Werte und Beurteilung für Vibrator PTC 15 HFV.

Abstand zu den Rammarbeiten [m]	Schwinggeschwindigkeit Fundament v_{max} [mm/s]	Anforderung Einwirkung bauliche Anlagen Wohngebäude DIN 4150, Teil 3 eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 Stufe 3 in Wohngebäuden eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt
5	4.4	nein	nein
8.8	2.5	nein	nein
10	2.2	ja	nein
15	1.8	ja	nein
20	1.1	ja	ja
25	0.9	ja	ja
30	0.8	ja	ja
35	0.7	ja	ja
40	0.6	ja	ja
50	0.5	ja	ja
60	0.4	ja	ja
70	0.3	ja	ja
80	0.3	ja	ja
90	0.3	ja	ja
100	0.2	ja	ja

In der nachfolgenden Tabelle sind für einen Einsatz einer Vibrationsramme PTC 15 HFV die Gebäude bzw. Bereiche angegeben, bei denen die Anforderungen möglicherweise bei dem vorgesehenen Einsatz von Vibrationsrammen nicht eingehalten werden. In den Plänen der Unterlage 15.4.2 sind die Korridore ab denen die Anforderungen eingehalten werden dargestellt.

Tabelle 12 : Möglicherweise bei Einsatz Vibrationsramme PTC 15 HFV betroffene Gebäude

Anforderung Einwirkung bauliche Anlagen Wohngebäude DIN 4150, Teil 3 Anforderungen werden bis 8.8 m nicht eingehalten	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 Erschütterungen aus Baumaßnahmen Stufe 3 für Wohngebäude Anforderungen tag (6:00-22:00) werden bis 15 m nicht eingehalten
Friedenstraße 17-25 Bahnhofstraße 33-38 (Forum Köpenick)	Am Wiesenrain 16B Bahnhofstraße 33-38 (Forum Köpenick) Friedenstraße 17 Friedenstraße 19 Friedenstraße 21 Friedenstraße 23 Friedenstraße 25

Für die Gebäude Friedenstraße 17-25 und Bahnhofstraße 33-38 (Forum Köpenick) können Schäden infolge der Arbeiten mit der Vibrationsramme nicht sicher ausgeschlossen werden, hier sollte im direkten Vorfeld der Baumaßnahmen eine weitergehende Untersuchung erfolgen, um die weitere Vorgehensweise festzulegen. Als geeignete Maßnahme könnte hier z.B. der Einsatz einer kleineren Vibrationsramme in Frage kommen. Im Rahmen der vorgehenden Untersuchung sollten Proberammungen durchgeführt werden, um das Ausmaß der möglichen Beeinträchtigung feststellen zu können. Während der späteren Arbeiten sollten für dies Gebäude baubegleitende Erschütterungsmessungen zur Beweissicherung erfolgen.

Für 7 Wohn- oder vergleichbar genutzte Gebäude kann eine Beeinträchtigung der Menschen in den Gebäuden im Sinne der DIN 4150, Teil 2 für den Tageszeitraum von 6:00 – 22:00 Uhr nicht ausgeschlossen werden.

Eine mögliche Maßnahme zur Einhaltung der Anhaltswerte besteht in einer Reduzierung der täglichen Einwirkzeit der Ramme auf 2 h. Bei Durchführung der Arbeiten sollten begleitende Messungen erfolgen um das tatsächliche Ausmaß der einwirkenden Erschütterungen zu ermitteln. Ggf. kann die Dauer der Einwirkzeit dann im Ergebnis der Messungen erhöht werden

5.3 Abschätzung und Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen aus dem Einsatz Stemmeißel bei Abbruchmaßnahmen Ingenieurbauwerke

Bei dem vorgesehenen Stemmeißel zur Durchführung der vorgesehenen Abbrucharbeiten wird vom einen Stemmeißel mit einem Gewicht von 1000 kg ausgegangen.

Für die Prognose bei Abbrucharbeiten mittels eines Stemmeißels können der Literatur keine entsprechenden Hinweise entnommen werden. Hier muss auf eigene Messungen aus vergleichbaren Baumaßnahmen zurückgegriffen werden.

Danach wurden bei Einsatz eines 1000 kg Stemmeißels in ca. 3 m Abstand am Fundament ein Wert von 1.0 mm/s gemessen. Aus diesem Wert werden hier für die Abnahmecharakteristik einer Punktquelle die zu erwartenden Werte für Abstände von bis zu 50 m hochgerechnet. Bei der Beurteilung nach DIN 4150, Teil 3 werden aufgrund der impulsartigen Vorgänge beim Meißeln die Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen angenommen. Die am Fundament anzusetzenden Werte entsprechen damit den Werten die bei Beurteilung der Schlagramme angesetzt worden sind (siehe 5.1).

Die bei einem Einsatz eines Stemmeißels mit 1000 kg zu erwartenden Werte für die Schwinggeschwindigkeit am Fundament sind in Abhängigkeit vom Abstand zur Bebauung in der nachfolgenden Tabelle angegeben. In dieser Tabelle wird auch angegeben, ob die Anforderungen der DIN 4150, Teil 3 und 2 eingehalten werden.

Tabelle 13 : Am Fundament zu erwartende Werte und Beurteilung für Stemmeißel
1000 kg.

Abstand zu den Rammarbeiten [m]	Schwinggeschwindigkeit Fundament v_{max} [mm/s]	Anforderung Einwirkung bauliche Anlagen Wohngebäude DIN 4150, Teil 3 eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 Stufe 3 in Wohngebäuden eingehalten ? Nicht eingehalten grau unterlegt
5	0.7	ja	ja
10	0.4	ja	ja
15	0.3	ja	ja
20	0.2	ja	ja
25	0.2	ja	ja
30	0.2	ja	ja
35	0.2	ja	ja
40	0.1	ja	ja
50	0.1	ja	ja

In der nachfolgenden Tabelle sind für einen Einsatz eines Stemmeißels mit 1000 kg die Gebäude bzw. Bereiche angegeben, bei denen die Anforderungen möglicherweise nicht eingehalten werden.

Tabelle 14: Möglicherweise bei Einsatz Stemmeißel bis 1000 kg betroffene Gebäude bei Abrissmaßnahmen Ingenieurbauwerke

Anforderung Einwirkung bauliche Anlagen Wohngebäude DIN 4150, Teil 3	Anforderung Einwirkung auf den Menschen DIN 4150, Teil 2 Erschütterungen aus Baumaßnahmen Stufe 3 für Wohngebäude
Kein Gebäude betroffen	Kein Gebäude betroffen

Danach sind bei einem Einsatz eines Stemmeißels mit einem Gewicht von bis zu 1000 kg in keinem Gebäude Schäden durch Erschütterungen zu erwarten.

Unter Berücksichtigung der Anhaltswerte der Stufe 3 für Baumaßnahmen der DIN 4150, Teil 2 kann eine erhebliche Belästigung der Menschen in den Gebäuden für den Tageszeitraum ausgeschlossen werden.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurden die möglichen Auswirkungen von Erschütterungen aus den Baumaßnahmen in dem PA16 der ABS Frankfurt/Oder – Berlin untersucht und bewertet.

Grundlage der Beurteilung von Erschütterungen auf die bauliche Substanz ist die DIN 4150, Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen“. Die Beurteilung der Einwirkung auf den Menschen erfolgt auf Grundlage der DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude“. In diesen Normen sind Anhaltswerte festgelegt, bei deren Einhaltung weder mit Gebäudeschäden noch mit einer erheblichen Störung der Menschen im Gebäude zu rechnen.

In der Unterlage U.15.4.2 sind die Korridore für die Baumaßnahmen dargestellt, innerhalb derer die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 bzw. Teil 3 nicht eingehalten werden.

In der Zusammenfassung ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude“ für Erschütterungen aus Baumaßnahmen Stufe III werden im Tageszeitraum von 6:00 – 22:00 Uhr bei Einsatz der Schlagramme beim Bau der Torsionsbalken für das Forum Köpenick im Bereich der Eisenbahnbrücke über die Einfahrt nicht eingehalten. Bei einer Reduzierung der Einwirkzeit auf 1 h werden die Anforderungen eingehalten. Bei Durchführung der Arbeiten sollten begleitende Messungen erfolgen um das tatsächliche Ausmaß der einwirkenden Erschütterungen zu ermitteln. Ggf. kann die Dauer der Einwirkzeit dann im Ergebnis der Messungen erhöht werden. Die Arbeiten sollten durch begleitende Messungen überwacht werden.
- Bei Einsatz einer Vibrationsramme zur Herstellung der Gründung der LSW werden die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf den Menschen im Gebäude“ für Erschütterungen aus Baumaßnahmen (tags) Stufe III für 7 Gebäude nicht eingehalten. Eine mögliche Maßnahme zur Einhaltung der Anhaltswerte besteht in einer Reduzierung der täglichen Einwirkzeit der Ramme auf 2 h. Bei Durchführung der Arbeiten sollten begleitende Messungen erfolgen um das tatsächliche Ausmaß der einwirkenden

Erschütterungen zu ermitteln. Ggf. kann die Dauer der Einwirkzeit dann im Ergebnis der Messungen erhöht werden. Die Arbeiten sollten durch begleitende Messungen überwacht werden.

- Bei Einsatz von Stemmeißeln zum Abbruch von Wiederlagern sind im Tageszeitraum keine Wohngebäude betroffen.
- Bezüglich von Minderungsmaßnahmen kommen neben der Einschränkung der Einsatzzeiten für die Bereich in denen Überschreitungen zu erwarten sind hier ggf. andere Bauverfahren in Frage. Dies wäre zum Beispiel eine Gründung der Pfosten LSW mittels Bohrpfahlverfahren.
- Für die Gebäude Friedenstraße 17-25 und Bahnhofstraße 33-38 (Forum Köpenick) können Schäden infolge der Arbeiten mit der Vibrationsramme ausgeschlossen werden, hier sollte im direkten Vorfeld der Baumaßnahmen eine weitergehende Untersuchung erfolgen, um die weitere Vorgehensweise festzulegen. Während der Arbeiten sollten hier baubegleitende Erschütterungsmessungen zur Beweissicherung erfolgen.
- Für die weiteren Gebäude im Untersuchungsbereich können Schäden an baulichen Anlagen im Sinne der DIN 4150, Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ in Folge der vorgesehenen Baumaßnahmen Berücksichtigung der vorliegenden Abstandsverhältnisse ausgeschlossen werden
- Aufgrund der vielgestaltigen Parameter bei der Ausbreitung von Erschütterungen im Baugrund, der Verstärkung im Gebäude und der Abhängigkeit von gerätespezifischen Parametern ist keine hinreichend genaue Prognose von Erschütterungen aus Baumaßnahmen möglich. Mit Beginn der Baumaßnahmen sollten die tatsächlichen Werte der vorgesehenen Rammgeräte im Rahmen von Probemessungen überprüft werden, um die vorgenommenen Abschätzungen und darauf beruhenden Beurteilungen zu überprüfen.
- Vor Beginn der Baumaßnahmen sollten die in der DIN 4150, Teil 2 Absatz 6.5.3.4 beschriebenen Maßnahmen a) bis e) zur Ausführung kommen.
- Grundsätzlich sollten zur Reduzierung der Erschütterungen aus dem Betrieb von Vibrationsrammen nur Geräte mit resonanzfreien An- und Ablauf eingesetzt werden, deren Arbeitsfrequenz bei über 35 Hz liegt.

- Die tatsächlich zur Ausführung kommenden Baumaschinen sollten folgende spezifische Parameter nicht überschreiten:
 - Vibrationsramme: Variables Moment (resonanzfreier An- und Ablauf)
 - Frequenz über 35 Hz
 - Hydraulische Leistung nicht über 260 kW
 - Schlagramme: Schlagenergie 46 kNm
 - Stemmmeißel nur bis 1000 kg.
- Sollten Baumaschinen mit darüberliegenden Parametern zum Einsatz kommen, ist für diese eine Prognose zu erstellen oder die Einhaltung der Anforderungen ist durch Messungen nachzuweisen.
- Bei Abständen von unter 30 m zu den Rammarbeiten wird die Durchführung eines baulichen Beweissicherungsverfahrens empfohlen. Bei Abständen von unter 15 m sollten Erschütterungsmessungen im Sinne einer erschütterungstechnischen Beweissicherung durchgeführt werden.

Zu den durchgeführten Erschütterungsprognosen ist abschließend zu bemerken, dass diese nach unseren Erfahrungen aus zahlreichen Messungen ein hohes Maß an Sicherheit aufweisen. Die tatsächlichen Werte bei Bauausführung dürften damit deutlich unter den berechneten Werten liegen. Damit ist in den vorgenommenen Bewertungen ein erhebliches Maß an Sicherheit enthalten.