

FCP IBU GmbH

Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen

Ladenspelderstraße 61  
45147 Essen  
T. +49 201 87445 0  
F. +49 201 87445 45  
office@fcp-ibu.de  
www.fcp-ibu.de

**Auftraggeber:** INGE A 10 AS Freienbrink-Nord proVIA /LAP  
c/o proVIA Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen GmbH  
Treuenbrietzener Straße 48  
14547 Beelitz

**Objekt:** A 10 Neubau der Anschlussstelle Freienbrink-Nord  
Betriebs-km 27,970 bis Betriebs-km 33,950 der A 10

**Titel:** Baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung  
Teil 2: Berechnung und Beurteilung der Erschütterungsimmissionen  
während der Bauarbeiten

**Auftrag-Nr.:** 24-7011/2

**Erstfassung:** 15.11.2024

**Umfang:** 56 Dokumentseiten inkl. Verzeichnisse und Deckblatt  
15 Anlagenseiten

Bearbeitet:  
Essen, den 15.11.2024

Geprüft und freigegeben:  
Essen, den 15.11.2024

FCP IBU GmbH  
Ladenspelderstraße 61  
45147 Essen  
0201-87445-0

FCP IBU GmbH  
Ladenspelderstraße 61  
45147 Essen  
0201-87445-0

M. Sc. Lukas Böhm

Dr.-Ing. Alexander Martha

Referenz / Auftrag-Nr.:

24-7011/2

Dateiname:

24-7011-G2a.docx

Unterlage 17.3: Baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung

A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord



### **ÄNDERUNGSINDEX**

Index	Datum	Bearbeitet	Freigegeben	Bemerkungen

## **INHALTSVERZEICHNIS**

Änderungsindex.....	ii
1 Aufgabenstellung.....	1
2 Grundlagen.....	2
2.1 Planungsunterlagen .....	2
2.2 Lage und Gebietsausweisung .....	3
2.3 Bauzeit und Hauptbauphasen .....	6
2.4 Baugeräte.....	8
3 Immissionskennwerte .....	9
3.1 Erschütterungen .....	9
4 Beurteilungskriterien .....	10
4.1 Vorbemerkung.....	10
4.2 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden .....	11
4.3 Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke.....	14
5 Erschütterungsemissionen.....	20
5.1 Vorbemerkung.....	20
5.2 Methodik.....	20
5.3 Abbrucharbeiten mit baggermontiertem Abbruchmeißel .....	21
5.4 Verdichtungsarbeiten.....	22
5.5 Gleisbauarbeiten .....	23
5.6 Vibrationsrammung .....	25
6 Erschütterungsimmissionen.....	26
6.1 Vorbemerkung.....	26
6.2 Abbrucharbeiten mit baggermontiertem Abbruchmeißel .....	27
6.3 Verdichtungsarbeiten.....	31
6.3.1 Tandemwalzen .....	31
6.3.2 Vibrationswalzen .....	34

6.4	Gleisbauarbeiten .....	37
6.5	Vibrationsrammung .....	40
6.6	Betroffenheiten .....	43
7	Schutzmaßnahmen.....	47
8	Zusammenfassung .....	49
9	Verweise.....	51

<b>Anlage-Nr.</b>	<b>Beschreibung</b>
1.1	Planungsumgriff der Baumaßnahme
1.2	Übersichtskarte der Gebietseinstufung nach Bau NVO gemäß Bebauungsplänen und Flächennutzungsplänen
2.1	Einflussbereich Einsatz baggermontierter Abbruchmeißel
2.2	Einflussbereich Tandemwalze
2.3	Einflussbereich Vibrationswalze
2.4	Einflussbereich Gleisstabilisierungsmaschine
2.5	Einflussbereich Vibrationsramme



## **1 AUFGABENSTELLUNG**

Die Autobahn GmbH des Bundes plant den Neubau der Anschlussstelle (AS) Freienbrink-Nord der Autobahn (A) 10. Die geplante Baumaßnahme umfasst im Bereich der A 10 auf einer Länge von 5,98 km zwischen km 27,970 und km 33,950 neben dem Neubau der AS Freienbrink-Nord auch Veränderungen der AS Freienbrink und der AS Erkner. Neben den drei AS und den damit verbundenen Rampen- und Verteilerfahrbahnen beinhaltet das Vorhaben insgesamt 22 neu zu errichtende bzw. zu verbreiternde Brückenbauwerke.

Die FCP IBU GmbH wurde mit einer Grobuntersuchung der zu erwartenden baubedingten Schall- und Erschütterungsimmissionen und deren Beurteilung im Rahmen der Genehmigungsplanung beauftragt. Eine Detailuntersuchung im Rahmen der Ausführungsplanung ist nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Im Rahmen dieser Untersuchung werden die ermittelten Einflussbereiche durch Erschütterungsimmissionen für die voraussichtlich zum Einsatz kommenden erschütterungsintensiven Baugeräte jeweils als Karte dargestellt. Damit kann zunächst abgeschätzt werden, ob bzw. in welchem Umfang Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-2 [1] bzw. DIN 4150-3 [2] zu erwarten sind. Am Ende des Berichtes werden, falls erforderlich, mögliche Maßnahmen beschrieben.

## **2 GRUNDLAGEN**

### **2.1 PLANUNGSUNTERLAGEN**

Die folgenden Unterlagen wurden für die erschütterungstechnische Untersuchung herangezogen:

- [U1] 240130\_Leistungsbeschreibung Baulärm PlaFe\_A10 AS FB-N mit Beschreibung der Hauptbauphasen
- [U2] Beschreibung Bauphasen: 20240730\_Erläuterungen Verkehrsführung.pdf, erhalten am 19.08.2024
- [U3] Lagepläne: A 10, km 30,500 – Neubau AS Freienbrink-Nord, Stand 18.07.2024
  - [a] PlanNr.: 04-LP01-1000
  - [b] PlanNr.: 04-LP01-1000
  - [c] PlanNr.: 04-LP01-1000
  - [d] PlanNr.: 04-LP01-1000
  - [e] PlanNr.: 04-LP01-1000
  - [f] PlanNr.: 04-LP01-1000
- [U4] Geräteeinsätze (abgestimmt und mit Anmerkungen freigegeben am 03.04.2024)
- [U5] Bebauungspläne / Flächennutzungspläne
  - [a] Bebauungspläne / Flächennutzungsplan Gemeinde Grünheide (Mark)
    - Link: Geoportal Grünheide (Mark) ([geoportal-gruenheide.de](https://geoportal-gruenheide.de))
    - FNP Gemeinde Grünheide (Mark) (aufgerufen am 25.03.2024)
    - B-Plan-Nr. 01 Handelslogistikzentrum und Gewerbepark Freienbrink (aufgerufen am 25.03.2024)
    - B-Plan-Nr. 01 Handelslogistikzentrum und Gewerbepark Freienbrink, 1. Änderung (aufgerufen am 18.10.2024)
    - B-Plan-Nr. 02 Waldsiedlung (aufgerufen am 25.03.2024)
    - B-Plan-Nr. 06 Ortsmitte (aufgerufen am 25.03.2024)
    - B-Plan-Nr. 07 Freizeit und Kulturzentrum (aufgerufen am 25.03.2024)
    - B-Plan Nr. 09 Hotel Eichenallee (aufgerufen am 25.03.2024)
    - B-Plan-Nr. 13 Freienbrink-Nord (aufgerufen am 25.03.2024)

B-Plan-Nr. 13 Freienbrink-Nord, 1. Änderung (aufgerufen am 18.10.2024)

Plan-Nr. 15 Sonnenweg (aufgerufen am 25.03.2024)

B-Plan-Nr. 37 Feldstraße 1 (aufgerufen am 25.03.2024)

B-Plan-Nr. 49 Löcknitzcampus (Schule) (aufgerufen am 25.03.2024)

B-Plan-Nr. 51 Wohnanlage Karl-Marx-Straße 28 (aufgerufen am 25.03.2024)

B-Plan-Nr. 60 Service- und Logistikzentrum Freienbrink Nord (aufgerufen am 18.10.2024)

[b] Bebauungspläne Gemeinde Grünheide (Mark), Ortsteil Spreeau (aufgerufen am 18.10.2024)

B-Plan-Nr. 01/1 Wohnanlage Freienbrink – Nord

B-Plan-Nr. 03 „Wohngebiet Freienbrink“

B-Plan-Nr. 19 „Zum Räuberlurch“

[c] Bebauungsplan / Flächennutzungsplan Stadt Erkner

Link: Flächennutzungsplan (erkner.de) (aufgerufen am 15.04.2024)

FNP Gemeinde Erkner

B-Plan-Nr. 16 1. Qualifizierte Änderung „Wasserwanderstützpunkt und Tourismus an der Spree“, Projektteil: „Jägerbude“ (aufgerufen am 06.08.2024)

[d] Flächennutzungsplan Gemeinde Gosen – Neu Zittau

Link: Geoportal Amt Spreenhagen (geoportal-amt-spreenhagen.de)

(aufgerufen am 15.04.2024)

[e] Entwicklungssatzung Wochenendsiedlung Steinfurt

[U6] *Baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung – Teil 1: Berechnung und Beurteilung der Schallimmissionen durch die Baumaßnahmen auf Grundlage der AVV-Baulärm*, Berichtsnummer.: 24-7011-G1, FCP IBU GmbH, Stand: 15.11.2024

## 2.2 LAGE UND GEBIETSAUSWEISUNG

Die Autobahn GmbH des Bundes plant den Neubau der Anschlussstelle (AS) Freienbrink-Nord der Autobahn (A) 10. Der Planungsbereich des Vorhabens liegt im Bundesland Brandenburg, südöstlich der Stadt Berlin und westlich der Ortslage Freienbrink im Landkreis Oder-Spree, in

der Gemeinde Grünheide und der Stadt Erkner. Der von der Baumaßnahme betroffene Abschnitt der A 10 ist Teil des östlichen Berliner Ringes und erstreckt sich nördlich der Anschlussstelle (AS) Erkner bis südlich der AS Freienbrink.

Eine Übersicht ist in Anlage-Nr. 1.1 dargestellt.

Der Untersuchungsraum im Nahbereich der A 10 ist durch eine aufgelockerte Bebauung mit ein- bis zweigeschossigen Gebäuden, die überwiegend in Wochenendhausgebieten liegen, geprägt.

Von Norden aus liegen westlich der A 10 einzelne Einfamilienhäuser sowie die Gebäude der Autobahnmeisterei. Im weiteren Verlauf befinden sich westlich der A 10 Wochenendhausgebiete im Bereich der Löcknitzquerung sowie südlich der AS Freienbrink ein Erholungsgebiet mit Campingplatz- und Wochenendhausnutzungen. Am südlichen Bauende liegt im Abstand von > 500 m die Ortslage Burig.

Östlich der A 10 erstreckt sich von Norden aus, die Ortslage von Grünheide mit einer Mischung aus Wohn-, Misch- und Erholungsflächen (Wochenendhausgebiete), an die südlich zunächst das Industriegebiet Grünheide mit den Flächen des Automobilwerkes TESLA und das Güterverteilzentrum Freienbrink anschließt. Am südlichen Bauende liegt im Abstand von > 900 m die Ortslage Freienbrink.

Die Gebietseinstufung erfolgte gemäß „A 10 km 30,500 Neubau AS Freienbrink-Nord, Unterlage 17.1, Schalltechnische Untersuchung“ ISU Plan, Oktober 2024 S11 + S. 12, die sich auf die in Abschnitt 2.1 aufgeführten Bebauungspläne / Flächennutzungspläne [U5] bezieht. Die vorliegende Grobuntersuchung zum aktuellen Planungsstand dient der Einschätzung des Umfangs der Betroffenheiten der geplanten Baumaßnahmen. Die Einflussbereiche der Erschütterungsimmissionen für die einzelnen erschütterungsintensiven Baugeräte werden als Karten dargestellt. Dabei werden diejenigen Bereiche markiert, die den Anhaltswerten der DIN 4150-2 bzw. DIN 4150-3 entsprechen. Anhand der in Anlage-Nr. 1.2 dargestellten Nutzungsgebiete kann damit eine grobe Abschätzung der Betroffenheiten erfolgen.

*Hinweis: Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden wird zur Tagzeit nur für Gewerbe- / Industriegebieten ein erhöhter Anhaltswert angegeben. Für alle anderen Gebäude werden die Immissionen unabhängig von der Gebietseinstufung beurteilt. Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden zur Nachtzeit sind die Beurteilungskriterien in Abhängigkeit der Gebietseinstufung verschieden (siehe*

*Abschnitt 4.2 oder DIN 4150-2 [1]). Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude ist die Nutzung bzw. die Bausubstanz entscheidend und nicht die Gebietseinstufung, in der das Gebäude steht (siehe Abschnitt 0 oder DIN 4150-3 [2]).*

Die direkt angrenzende Bebauung ist vielfältig und weist übliche Strukturen für innerstädtische Bebauungen auf, welche nach gängigen Regelwerken (wie DIN 4150) eingeteilt und beurteilt werden können (siehe Abschnitt 4, Zuordnung nach Tabelle 3). Insofern kann für die Immissionsprognose auf vorhandene Erkenntnisse über die Schwingungsausbreitung in Gebäuden zurückgegriffen werden.

Gemäß der Denkmal-Datenbank des Landes Brandenburg (<https://ns.gis-bldam-brandenburg.de/hida4web/search?smode=advanced>; abgerufen am 16.09.2024) befinden sich nahe des betreffenden Abschnittes der A 10 im Projektgebiet keine zu berücksichtigen denkmalgeschützten Gebäude.

## 2.3 BAUZEIT UND HAUPTBAUPHASEN

Das Grundkonzept der Planung der neuen AS Freienbrink – Nord sieht aktuell gemäß [U2] insgesamt fünf Hauptbauphasen (HBPh) vor.

Die HBPh 1 umfasst die notwendige Baufeldfreimachungen und vorbereitende Arbeiten.

Die Planung sieht weiter die Neuerrichtung von drei Brückenbauwerken über die Spree (BW 22\_1/2), die Löcknitz (BW 21\_1/2) sowie die Alte Löcknitz (BW 20\_1/2) vor. Da diese Brücken eine wichtige Rolle bei der Verkehrsführung während des Anbaus der Ein- und Ausfädelungstreifen an der A 10 bzw. dem Bau der Anschlussstellen spielen, sollen diese vorab errichtet werden (HBPh 2). Für die beiden Löcknitzbrücken wird von einer Bauzeit (einschließlich Abbruch) von jeweils rund 2 Jahren (12 Monate je Richtungsfahrbahn) ausgegangen. Die Bauzeit der Spreebrücke (einschließlich Abbruch) wird mit rund 3 Jahren (18 Monate je Richtungsfahrbahn) veranschlagt.

Mit Fertigstellung der Löcknitzbrücken kann zeitgleich der Bau der drei Ü-Bauwerke BW 21Ü1, BW 21Ü3 und BW 21Ü4 (HBPh 3) und der Umbau der AS Erkner (HBPh 4) beginnen. Für beide Hauptbauphasen wird von einer gemeinsamen Bauzeit von 1 Jahr ausgegangen.

Daran anschließend werden die AS Freienbrink-Nord errichtet und AS Freienbrink umgebaut (HBPh 5). Dabei soll die AS Freienbrink-Nord zuerst errichtet werden. Sobald diese verkehrswirksam wird, kann die AS Freienbrink geschlossen und vollständig umgebaut werden. Bestandteil dieser Bauphase sind alle Bauwerke, Rampen und Verteilerfahrbahnen der beiden Anschlussstellen.

Als Bauzeit wird hier, einschließlich aller Ausstattungsgewerke von rund 3 Jahren ausgegangen. Die Bauzeit für die maßgeblichen Hauptbauphasen 2 bis 5 summiert sich damit auf insgesamt rund 6 Jahre.

Die vorstehend beschriebenen Hauptbauphasen gliedern sich im Einzelnen wie folgt:

### HBPh 1 - Baufeldfreimachung/vorbereitende Arbeiten

- Fällung (gesamtes Baufeld innerhalb der BE-Grenzen)
- Leitungsverlegungen
- CEF-Maßnahmen

### HBPh 2 - A-Bauwerke

- BW 22\_1 und 22\_2 (Spreibrücke)
- BW 20\_1 / 21\_1 und BW 20\_2 / 21\_2 einschließlich der dazwischenliegenden A 10 und der Lärmschutzwände (Brücken über die Löcknitz)

### HBPh 3 - Ü-Bauwerke

- BW 21Ü1
- BW 21Ü3
- BW 21Ü4

### HBPh 4 - AS Erkner mit Erweiterung BW 19\_1

- Umbau der AS Erkner
- Erweiterung BW 19
- Lärmschutzwände
- Anbau von Ein- und Ausfädelungstreifen an der A 10 beidseitig von nördlich BW 20\_1 und 20\_2 (Alte Löcknitz) bis km 27,970 (Baubeginn)

### HBPh 5 - AS Freienbrink-Nord und AS Freienbrink

- Neubau AS Freienbrink-Nord einschließlich aller Rampen, Verteilerfahrbahnen, Brücken und Lärmschutzwände
- Umbau AS Freienbrink einschließlich aller Rampen, Verteilerfahrbahnen, Brücken und Lärmschutzwände (zeitversetzt zur AS Freienbrink-Nord)
- Neubau BW21Ü2a (Unterquerung Bahnstrecke Berlin – Frankfurt (Oder)), mit Berücksichtigung von Nachtarbeiten
- Anbau von Ein- und Ausfädelungstreifen der A 10 beidseitig von südlich BW 21\_1 und 21\_2 (Löcknitz) bis Bauende (ohne Spreibrücke)

Gemäß Planung sind die Bauarbeiten nur tagsüber zwischen 07:00 Uhr und 20:00 Uhr vorgesehen. Eine Ausnahme bilden die Arbeiten während der Hauptbauphase 5: Neubau BW21Ü2a Unterquerung der Bahnstrecke Berlin – Frankfurt (Oder), da die erforderlichen Sperrzeiten der DB-Strecke möglichst minimiert werden sollen, werden hier auch nachts Bauarbeiten durchgeführt.

## 2.4 BAUGERÄTE

Der Geräteeinsatz wird auf Grundlage von vergleichbaren Baumaßnahmen in Abstimmung mit dem Planer abgeschätzt [U4]. Für die Erschütterungsuntersuchung werden nur erschütterungsintensive Baugeräte berücksichtigt. In Tabelle 1 sind die untersuchten erschütterungsintensiven Baugeräte den Hauptbauphasen zugeordnet.

**Tabelle 1: erschütterungsintensive Baugeräte in den jeweiligen Hauptbauphasen**

Hauptbauphase	Kurzbeschreibung	Erschütterungsrelevante Baugeräte
1	Baufeldfreimachung / vorbereitende Arbeiten	
2	A-Bauwerke	Bagger mit Abbruchmeißel; Tandemwalze; Vibrationsramme; Vibrationswalze
3	Ü-Bauwerke	Vibrationsramme; Vibrationswalze
4	AS Erkner mit Erweiterung BW 19 1	Bagger mit Abbruchmeißel; Tandemwalze; Vibrationsramme; Vibrationswalze
5	AS Freienbrink-Nord und AS Freienbrink	Bagger mit Abbruchmeißel; Gleisstopfmaschine; Tandemwalze; Vibrationsramme; Vibrationswalze,



### **3 IMMISSIONSKENNWERTE**

#### **3.1 ERSCHÜTTERUNGEN**

Erschütterungen bezeichnen mechanische Schwingungen. Die physikalische Größe, die zur Beschreibung der Erschütterungseinwirkungen überwiegend verwendet wird, ist die Schwinggeschwindigkeit (siehe DIN 4150-1 [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 (siehe DIN 4150-2 [1]).

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 (siehe DIN 4150-1 [4]).

Um Aussagen zu erwartbaren Erschütterungen im Zuge des Bauvorhabens zu treffen, werden Literaturwerte herangezogen, welche auf Messungen beruhen (siehe Achmus [5], [6] und Attewell [7]).

## **4 BEURTEILUNGSKRITERIEN**

### **4.1 VORBEMERKUNG**

Baustellen gelten nach § 3 Abs. 5 in Verbindung mit §22 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes BImSchG [8] als nicht genehmigungsbedürftige Anlagen. Nach §22 BImSchG [8] 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 [9], durch die die Hinweise des LAI (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz) zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen [10] 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 [8] ist daher anhand von Regelwerken sachverständiger Organisationen oder von einzelfallbezogenen Gutachten vorzunehmen, wobei üblicherweise die Normenreihen der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ [4], [1], [2] 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 [1] 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 [2] 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 - [1] 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 [1]) für verschiedene Einwirkungsauern  $D$  zusammengestellt. Dabei wird auf eine Unterteilung nach Baugebietsarten weit gehend verzichtet.

**Tabelle 2: Anhaltswerte  $A$  für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen (Tabelle 2 DIN 4150-2, [1])**

Dauer	$D \leq 1\text{Tag}$			6 Tage < $D \leq 26$ Tage			26 Tage < $D \leq 78$ Tage		
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 Erschütterungseinwirkungsdauern zwischen 1 Tag und 6 Tagen dürfen die Werte aus Tabelle 2 interpoliert werden. Für länger als 78 Tage einwirkende Erschütterungen macht die DIN 4150-2 keine Angaben. Es sollte nach der Norm dann nach den besonderen Gegebenheiten des Einzelfalls individuell beurteilt 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 entsprechend der DIN 4150-2 [1] zu ermitteln:

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

$T_r$  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 [1]).

**Tabelle 3: Anhaltswerte zur Beurteilung der Erschütterungsimmissionen nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 [1] in Anlehnung an die Gebietseinstufungen nach BauNVO [11].**

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$
<b>1</b>	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
<b>2</b>	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
<b>3</b>	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
<b>4</b>	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
<b>5</b>	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
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.							

#### 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, [2] 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, [2]), 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 DIN 4150-3 [2]):**

Aus zahlreichen Messungen der Schwinggeschwindigkeit an Gebäudefundamenten wurden Erfahrungswerte gewonnen, die einen Anhalt für die Beurteilung kurzzeitiger Gesamtbauwerkseerschütterungen geben. Für diese Beurteilung wird der größte Wert der drei Einzelkomponenten (vertikale X- und Y-Schwingrichtung und horizontale Z-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, [2]) 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.

**Tabelle 4: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke (Tabelle 1 der DIN 4150-3 [2])**

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_i$ in mm/s				
		Fundament alle Richtungen		Deckenebene des obersten Vollgeschosses, horizontal (x, y)	Decken vertikal (z)	
		Frequenzen			alle Frequenzen	
		< 10 Hz	10 – 50 Hz	50 – 100 *) Hz		
Spalte/ Zeile	1	2	3	4	5	6
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

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_i$ in mm/s				
		Fundament alle Richtungen			Deckenebene des obersten Vollgeschosses, horizontal (x, y)	Decken vertikal (z)
		Frequenzen			alle Frequenzen	
		< 10 Hz	10 – 50 Hz	50 – 100 *) Hz		
Spalte/ Zeile	1	2	3	4	5	6
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. **) Unterabschnitt 5.1.2 Absatz 2 der DIN 4150-3 ist zu beachten Anmerkung: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalte 2-5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden						

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.

Für Ingenieurbauwerke in massiver Bauweise (z. B. Stahlbetonbauteile für Widerlager, Blockfundamente) gilt als Anhaltswert 80 mm/s, sofern keine Gefahren aus bodenmechanischen Vorgängen entstehen können (siehe DIN 4150-3 [2]).

Für die Beurteilung von Auskleidungen von Tunneln, Stollen und Kavernen im Festgestein sind die Anhaltswerte in Tabelle 5 angegeben. Voraussetzungen für die Anwendung dieser



Anhaltswerte ist ein Zustand der Auskleidung entsprechend dem Stand der Technik, andernfalls sind die Anhaltswerte abzumindern (siehe DIN 4150-3 [2]).

**Tabelle 5: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf die Auskleidung von unterirdischen Hohlräumen (Tabelle 2 der DIN 4150-3 [2])**

Zeile	Baustoffe der Auskleidung	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s rechtwinklig zur Auskleidungsfläche
1	Stahl- und Spritzbeton, Tübbinge	80
2	Beton, Naturstein	60
3	Mauerwerk	40
Anmerkung: Die genannten Anhaltswerte wurden bei Sprengungen im Nahbereich ermittelt und gelten für die Auskleidung unterirdischer Bauwerke. Sie gelten jedoch nicht für deren Einbauten.		

Für die Beurteilung von erdverlegten Rohrleitungen sind Anhaltswerte in Tabelle 6 angegeben. Die Anwendung der Anhaltswerte setzt voraus, dass die Leitungen nach dem heutigen Stand der Technik hergestellt und verlegt wurden. Andernfalls sind gesonderte Betrachtungen erforderlich. Das gilt ebenso für alle Leitungen, wenn Folgen aus bodenmechanischen Vorgängen zu befürchten sind oder unterschiedliche Einspannungsverhältnisse, z. B. bei Anschlüssen an Bauwerke vorliegen. Für Hausanschlussleitungen bis zu einem Abstand von 2 m zum Bauwerk gelten die Anhaltswerte für das Fundament des Bauwerks (Weitere Hinweise für Gastransportleitungen enthält die DIN EN 1594 [12])

**Tabelle 6: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen erdverlegte Rohrleitungen (Tabelle 3 der DIN 4150-3 [2])**

Zeile	Leitungsbaustoffe	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s auf der Rohrleitung
1	Stahl, geschweißt	100
2	Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Metall mit oder ohne Flansche	80
3	Mauerwerk, Kunststoff	50

### **Dauererschütterungen (Abschnitt 6 der DIN 4150-3 [2]):**

In der Tabelle 7 (Tabelle 2 der DIN 4150-3, [2]) 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 7 eingehalten, treten Schäden nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf. Werden diese Werte überschritten, so folgt daraus nicht, dass Schäden auftreten müssen.

Höchstwerte können auch in anderen Deckenebenen oder in der Fundamentebene auftreten. Für ihre Beurteilung dürfen ebenfalls die Anhaltswerte nach Tabelle 7 herangezogen werden.

Für die Verwendung anderer Referenzpunkte bedarf es eines besonderen Nachweises.

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 7, 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.

**Tabelle 7: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  zur Beurteilung der Wirkung von Dauerschütterungen auf Bauwerke (Tabelle 2 der DIN 4150-3 [2])**

	<b>Gebäudeart</b>	<b>Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit <math>v_i</math> in mm/s</b>	
		<b>Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen</b>	<b>Decken, vertikal, alle Frequenzen</b>
Spalte / Zeile	1	2	3
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5	10*)
Anmerkung: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalte 2 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden			
*) Unterabschnitt 6.1.2 der DIN 4150-3 ist zu beachten			

## **5 ERSCHÜTTERUNGSEMISSIONEN**

### **5.1 VORBEMERKUNG**

Die Einrichtung der Bauflächen sowie Tiefbau- und Abbrucharbeiten sind mit Erschütterungsimmissionen verbunden. Diese sind beispielsweise bei der Durchführung von Verdichtungsarbeiten verfahrensbedingt und können daher nicht vollständig vermieden werden.

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) während der Bautätigkeiten eingesetzt werden. Als Grundlage wird daher eine Abschätzung der Geräteeinsätze herangezogen (vgl. Abschnitt 2.4 oder schalltechnische Untersuchung zum Baulärm [U6]). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird insbesondere auf die Arbeiten eingegangen, die hier als relevant in Bezug auf zu erwartende Erschütterungen bewertet werden (vgl. Tabelle 1, [U6]). Diesbezüglich unkritische Arbeiten sind nicht Bestandteil dieses Berichtes. Für die erschütterungsrelevant eingestuften Bautätigkeiten gilt, dass die unter Abschnitt 2 beschriebenen Anhalts- und Richtwerte möglicherweise überschritten werden. Eine detaillierte Betrachtung der Emissionen erfolgt in den folgenden Abschnitten dieses Kapitels. Die Erschütterungsimmissionen und die daraus resultierenden Betroffenheiten werden in Kapitel 6 erläutert.

### **5.2 METHODIK**

Die Prognose der Erschütterungsimmissionen an einem Immissionsort erfolgt grundsätzlich in mehreren Schritten:

Zunächst wird auf Grundlage von empirischen Studien in der Literatur nach Achmus [5], [6] und Attewell [7] eine geräteabhängige Übertragungsfunktion der Emissionen im Erdreich ermittelt. Als Argumente der Übertragungsfunktionen werden Geräteeigenschaften wie die Betriebsmasse, die Schlagzahl oder ähnliche herangezogen. Die Übertragungsfunktionen sind abhängig von dem Abstand des Immissionspunktes zur Erschütterungsquelle. Der Ausgabewert entspricht der zu erwartenden Schwingung am Gebäudefundament.

Anschließend wird die Schwingungsübertragung innerhalb eines Gebäudes durch einen Faktor  $c_{Decke}$  prognostiziert. Dieser Faktor ist abhängig von der Betriebsfrequenz des Gerätes und der Deckeneigenfrequenz des Gebäudes. Bei nichtresonanter Anregung kann  $c_{Decke} \leq 3$  angesetzt werden. Falls eine resonante Anregung der Gebäudedecken aufgrund der Betriebsfrequenz nicht auszuschließen ist, ist ein Wert von  $c_{Decke} \geq 10$  anzusetzen (siehe Achmus [5]).

Letztlich wird ein Umrechnungsfaktor  $c_F$  anhand der DIN 4150-2 [1] ermittelt, welcher maßgebend für die Umrechnung zwischen objektiver Schwinggeschwindigkeit und maximaler bewerteter Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  ist.

### 5.3 ABBRUCHARBEITEN MIT BAGGERMONTIERTEM ABBRUCHMEIßEL

Für den Rückbau von Bestandsbauwerken (Ingenieurbauwerke, Straßendecke, etc.) wird der Abriss vorhandener Bauteile mit Hilfe eines Abbruchmeißels als mögliche Rückbautechnologie in Betracht gezogen. Üblicherweise werden bei vergleichbaren Rückbauarbeiten baggermontierte Stemmmeißel mit einem Schlaggewicht von ca. 1500 kg eingesetzt.

Als Emissionsansatz werden die Geräteparameter eines typischen Abbruchmeißels, hier des Typs Epiroc MB 1500 [13] oder vergleichbar, herangezogen, wobei die wesentlichen Geräteeigenschaften in der Tabelle 8 aufgelistet sind.

**Tabelle 8: Geräteeigenschaften eines baggermontierten Abbruchmeißels des Typen Epiroc MB 1500, Herstellerangaben [13], oder vergleichbar**

Beschreibung	Eigenschaft
Schlaggewicht	1,5 t
Hydraulische Antriebsleistung	48 kW
Schlagzahl	330 1/min – 680 1/min
Emittierte Energie	8,7 kJ

Die Schwinggeschwindigkeit  $v$  in mm/s im Boden wird mithilfe einer empirischen Formel nach Attewell [7] abgeschätzt.

$$\log(v_B) = -0,519 + 1,38 \log\left(\frac{\sqrt{E}}{r}\right) - 0,234 \log^2\left(\frac{\sqrt{E}}{r}\right) \quad (4)$$

$E$  Schlagenergie in J

$r$  Abstand von der Erschütterungsquelle in m

In diesem Ansatz wird keine Überschreitungswahrscheinlichkeit angegeben, weshalb davon ausgegangen werden muss, dass einzelne Ereignisse über den ermittelten Werten liegen können. Im zeitlichen Mittel können diese Werte aber als realistisch angesehen werden.

Durch die niedrige Schlagfrequenz ist eine Resonanzbeteiligung nicht zu erwarten, wodurch der entsprechende Faktor  $c_F = 0,7$  gewählt wird (nach DIN 4150-2 [1]). Um von der Schwinggeschwindigkeit im Boden nach Attewell auf die Schwinggeschwindigkeit im Fundament zu schließen, wird ein Faktor von  $c_{Fundament} \approx 0,8$  angewendet (siehe Achmus [5]).

Um von der Schwinggeschwindigkeit im Fundament auf die maßgebende vertikale Deckengeschwindigkeit zu schließen, wird ein Faktor von  $c_{Decke} = 3$  angesetzt. Durch diesen Faktor wird in der Prognoseberechnung davon ausgegangen, dass die Betriebsfrequenz des Geräts außerhalb typischer Deckeneigenfrequenzen betrieben wird (Betriebsfrequenz  $f < 8 \text{ Hz} \hat{=} 480 \text{ 1/min}$ ). Damit ergibt sich ein resultierender Faktor von der Schwinggeschwindigkeit im Boden auf die maßgebende vertikale Deckenschwinggeschwindigkeit von  $c_{Resultierend} = c_{Fundament} * c_{Decke} = 2,4$ .

#### 5.4 VERDICHTUNGSARBEITEN

Der Einsatz von Verdichtungsgeräten im Erdbau, bei der Herstellung der Oberfläche oder der Nachverdichtung der BE-Flächen ist als erschütterungsrelevant zu betrachten. Als Emissionsansatz werden gängige Baugeräte, hier eine Tandemwalze des Typs BOMAG BW 120 AD-5 [14] oder vergleichbar und eine gängige Vibrationswalze des Typs BOMAG BW 211 D-5 [15] oder vergleichbar, ausgewählt und die Emission der Geräte über einen Ansatz nach Achmus [5], [6] quantifiziert. Die Gerätespezifikationen sind in Tabelle 9 angeführt.

**Tabelle 9: Geräteeigenschaften einer Tandemwalze (Typ BOMAG BW 120 AD-5 [14] oder vergleichbar) und einer Vibrationswalze (Typ BOMAG BW 211 D-5 [15] oder vergleichbar)**

Beschreibung	Tandemwalze BOMAG BW 120 AD-5	Vibrationswalze BOMAG BW 211 D-5
Betriebsmasse	3.150 kg	12.890 kg
Antriebsfrequenz	56 Hz	30 Hz – 34 Hz

Der Emissionsansatz nach Achmus [5], [6] ist nachfolgend angeführt.

$$v_{Fi,max} = k \frac{\sqrt{G}}{r} \quad (5)$$

$k$  Faktor in Abhängigkeit der Überschreitungswahrscheinlichkeit

$G$  Betriebsmasse in t

$r$  Abstand von der Erschütterungsquelle in m

Die errechnete Schwinggeschwindigkeit  $v_{Fi,max}$  stellt dabei die maximal zu erwartende Schwinggeschwindigkeit in mm/s am Fundament mit der Überschreitungswahrscheinlichkeit aus dem Faktor  $k$  dar.

Als Überschreitungswahrscheinlichkeit wird 50 % angesetzt, da die Emissionsquelle Dauererschütterungen verursacht, was einer über die Betriebszeit durchschnittlichen Emission entspricht. Einzelne Erschütterungsereignisse, z. B. während eines Anfahrvorgangs, können daher über der ermittelten Schwinggeschwindigkeit liegen. Der Faktor wird nach Achmus [5], [6] entsprechend angesetzt zu:  $k_{50\%} = 4,3$ .

Durch den Betriebsfrequenzbereich ist eine Resonanzbeteiligung bei Decken mit gleich hohen Eigenfrequenzen zu erwarten, wodurch der entsprechende Faktor  $c_F = 0,8$  gewählt wird (nach DIN 4150-2 [1]). Nach den Übertragungsfunktionen nach Achmus [5], [6] ist bei der Betriebsfrequenz ein Verstärkungsfaktor von  $c_{Decke} = 10$  zu erwarten (entspricht in etwa einer Verstärkung um 20 dB).

## 5.5 GLEISBAUARBEITEN

Die Annahme zur Herstellung des Gleisbaus baut auf dem Einsatz eines Gleisbauzuges auf, der im Fließbandverfahren die Schotterlage herstellt, die Positionierung der Schwellen, Schiene und Schienenbefestigung vornimmt und schließlich die Schotterstopfung vornimmt. Im Zuge dieses Vorgangs ist vor allem die Verdichtung des Gleisschotters mittels Vibrationsplatten als erschütterungsrelevant einzustufen.

Um die Emissionen zu quantifizieren, wird ein empirischer Ansatz nach Achmus [5], [6], angewendet. Eine typische Maschine, welche eine dynamische Gleisstabilisierung vornimmt, ist beispielsweise die Gleisstabilisierungsmaschine Plasser&Theurer DGS 62 [16]. Die zur Charakterisierung der Emissionen erforderlichen Daten sind in der Tabelle 10 aufgelistet.

**Tabelle 10: Geräteeigenschaften einer Gleisstabilisierungsmaschine Plasser&Theurer DGS 62 [16]**

Beschreibung	Plasser&Theurer DGS 62
Betriebsmasse	35 t
Zentrifugalkraft	200 kN
Antriebsfrequenz	30 Hz

Der Emissionsansatz basiert auf dem Ansatz für Walzenzüge nach Achmus [5], [6] und ist nachfolgend angeführt. Zur Charakterisierung wird die Betriebsmasse einer vergleichbaren Vibrationswalze mit ähnlicher Betriebsfrequenz und Zentrifugalkraft angesetzt. Als Referenz dient dabei eine BOMAG BW 211 Vibrationswalze mit 10,9 t Betriebsmasse [17].

$$v_{Fi,max} = k \frac{\sqrt{G}}{r} \quad (6)$$

$k$  Faktor in Abhängigkeit der Überschreitungswahrscheinlichkeit

$G$  Betriebsmasse in t

$r$  Abstand von der Erschütterungsquelle in m

Die errechnete Schwinggeschwindigkeit  $v_{Fi,max}$  stellt dabei die maximal zu erwartende Schwinggeschwindigkeit in mm/s am Fundament mit der Überschreitungswahrscheinlichkeit aus dem Faktor  $k$  dar.

Als Überschreitungswahrscheinlichkeit wird 50 % angesetzt, da die Emissionsquelle Dauererschütterungen verursacht, was einer über die Betriebszeit durchschnittlichen Emission entspricht. Einzelne Erschütterungsereignisse, z. B. während eines Anfahrvorgangs, können daher über der ermittelten Schwinggeschwindigkeit liegen. Der Faktor wird nach Achmus [5], [6] entsprechend angesetzt zu:  $k_{50\%} = 4,3$ .

Durch den Betriebsfrequenzbereich ist eine Resonanzbeteiligung bei Decken mit gleich hohen Eigenfrequenzen zu erwarten, wodurch der entsprechende Faktor  $c_F = 0,8$  gewählt wird (nach DIN 4150-2 [1]). Nach den Übertragungsfunktionen nach Achmus [5], [6] ist bei der Betriebsfrequenz ein Verstärkungsfaktor von  $c_{Decke} = 10$  zu erwarten (entspricht in etwa einer Verstärkung um 20 dB).



## 5.6 VIBRATIONSRAMMUNG

Für Verbauarbeiten können Vibrationsrammverfahren eingesetzt werden. Aufgrund von Resonanzerscheinungen können vereinzelt erhebliche Erschütterungsimmissionen auftreten. Ein typisches Gerät, welches bei für Verbauarbeiten mittels Vibrationsrammen eingesetzt wird, ist eine Hochfrequenz-Vibrationsramme Typ *MS-5 HFVB von Müller* [18] oder ähnlich. Die wesentlichen Geräteparameter zur Charakterisierung der Erschütterungsemissionen sind in der Tabelle 11 aufgelistet.

**Tabelle 11: Geräteeigenschaften eines Rammgeräts des Typen Müller MS-5 HFVB, Herstellerangaben [18]**

Beschreibung	Eigenschaft
Hydraulische Antriebsleistung	95 kW
Antriebsfrequenz	45 Hz
Emittierte Energie $E = 95 \text{ kW} / 45 \text{ Hz}$	2,11 kJ

Der Emissionsansatz nach Achmus [5], [6] ist nachfolgend angeführt.

$$v_{Fi,max} = k \frac{\sqrt{E}}{r} \quad (7)$$

$k$  Faktor in Abhängigkeit der Überschreitungswahrscheinlichkeit

$E$  Emittierte Energie in kJ

$r$  Abstand von der Erschütterungsquelle in m

Die errechnete Schwinggeschwindigkeit  $v_{Fi,max}$  stellt dabei die maximal zu erwartende Schwinggeschwindigkeit in mm/s am Fundament mit der Überschreitungswahrscheinlichkeit aus dem Faktor  $k$  dar.

Als Überschreitungswahrscheinlichkeit wird 50 % angesetzt, da die Emissionsquelle Dauererschütterungen verursacht, was einer über die Betriebszeit durchschnittlichen Emission entspricht. Einzelne Erschütterungsereignisse, z. B. während eines Anfahrvorgangs, können daher über der ermittelten Schwinggeschwindigkeit liegen. Der Faktor wird nach Achmus [5], [6] entsprechend angesetzt zu:  $k_{50\%} = 7,9$ .

Durch den Betriebsfrequenzbereich ist eine Resonanzbeteiligung bei Decken mit gleich hohen Eigenfrequenzen zu erwarten, wodurch der entsprechende Faktor  $c_F = 0,8$  gewählt wird (nach DIN 4150-2 [1]). Nach den Übertragungsfunktionen nach Achmus [5], [6] ist bei der Betriebsfrequenz ein Verstärkungsfaktor von  $c_{Decke} = 10$  zu erwarten (entspricht in etwa einer Verstärkung um 20 dB).

## **6 ERSCHÜTTERUNGSSIMMISSIONEN**

### **6.1 VORBEMERKUNG**

Im Folgenden wird für jedes der erschütterungsintensiven Baugeräte die entfernungsabhängige Erschütterungsimmission dargestellt. Dabei wird zunächst  $KB_{Fmax}$  in Abhängigkeit der Entfernung zur Erschütterungsquelle mit dem unteren ( $A_u$ ) und oberen ( $A_o$ ) Anhaltswert nach DIN 4150 2 [1] gegenübergestellt. Dies erfolgt je nach Baugerät für die Tag und/oder Nachtzeit. Bei Unterschreitung des unteren Anhaltswertes sind keine unzumutbaren Erschütterungseinwirkungen zu erwarten (vgl. Abschnitt 4.2). Diese Unterschreitung tritt bei verschiedenen Entfernungen von der Erschütterungsquelle in Abhängigkeit der durchzuführenden Bautätigkeit auf. Bei einer Überschreitung ist in einem zweiten Schritt die Beurteilungsschwingstärke zu bilden. Diese muss nach Gleichung (3) unterhalb des Anhaltswertes  $A_r$  liegen. Für die bessere Handhabung auf der Baustelle wird in den folgenden Kapiteln für jedes Baugerät die Einsatzzeit in Abhängigkeit des Abstandes zum Gebäude angegeben, bei dem die Anhaltswerte  $A_r$  der DIN 4150-2 voraussichtlich eingehalten werden. Diese lässt sich durch Umstellung von Gleichung (2) ermitteln.

Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf den Menschen in Gebäuden ist die Anzahl der Tage, an denen erschütterungsintensive Tätigkeiten durchgeführt werden, von Relevanz, da davon die Anhaltswerte nach der DIN 4150-2 [1] abhängig sind. Es wird daher die Einwirkdauer pro Objekt abgeschätzt.

Unter Berücksichtigung der Einteilung der einzelnen Hauptbauphasen nach Abschnitt 2.3 (vgl. [U2]) können die Anhaltswerte der DIN 4150-2 [1] aus Tabelle 2 für  $26 \text{ Tage} < D \leq 78 \text{ Tage}$  herangezogen werden. Unter Berücksichtigung der Gebietseinstufung aus Abschnitt 2.2 (vgl. Anlage-Nr. 1.2) ergeben sich entsprechend Tabelle 2 und Tabelle 3 (siehe Abschnitt 4.2) folgende Anhaltswerte:

**Tabelle 12: Anhaltswerte im aktuellen Projektgebiet**

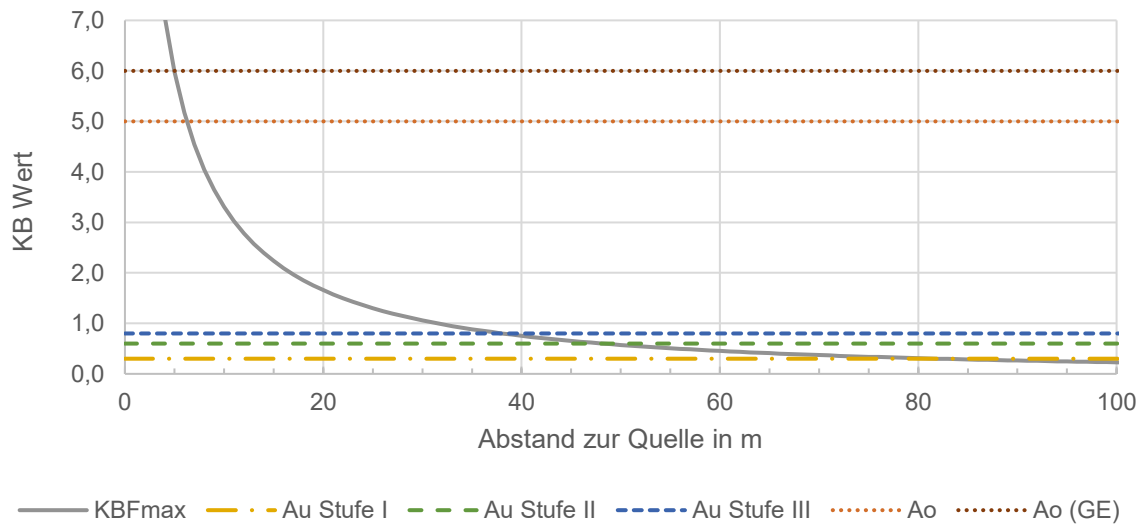
Anhaltswert	Tag			Nacht		
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	GE	MI	WA/WR
$A_u$	0,3	0,6	0,8	0,2	0,15	0,1
$A_o$	5,0	5,0	5,0	0,4	0,3	0,2
$A_r$	0,2	0,4	0,6	0,1	0,07	0,05
MI = Mischgebiet, WA = allgemeines Wohngebiet nach BauNVO [11]						

Sollte sich in der Ausführungsplanung abzeichnen, dass einzelne erschütterungsintensive Arbeiten länger als 78 Tage andauern werden, sind die Anhaltswerte und die daraus resultierenden Maßnahmen erneut zu diskutieren. Dies ist in dem aktuellen Stand der Planung jedoch nicht absehbar.

Anschließend werden zu jedem Baugerät die prognostizierten vertikalen Deckenschwinggeschwindigkeiten mit den Anhaltswerten nach der DIN 4150-3 [2] gegenübergestellt. Die horizontalen Schwingungen sind in der Regel nicht maßgebend, da der Übertragungsfaktor für die betrachteten Vorgänge wesentlich geringer ausfällt als für vertikale Schwingungen.

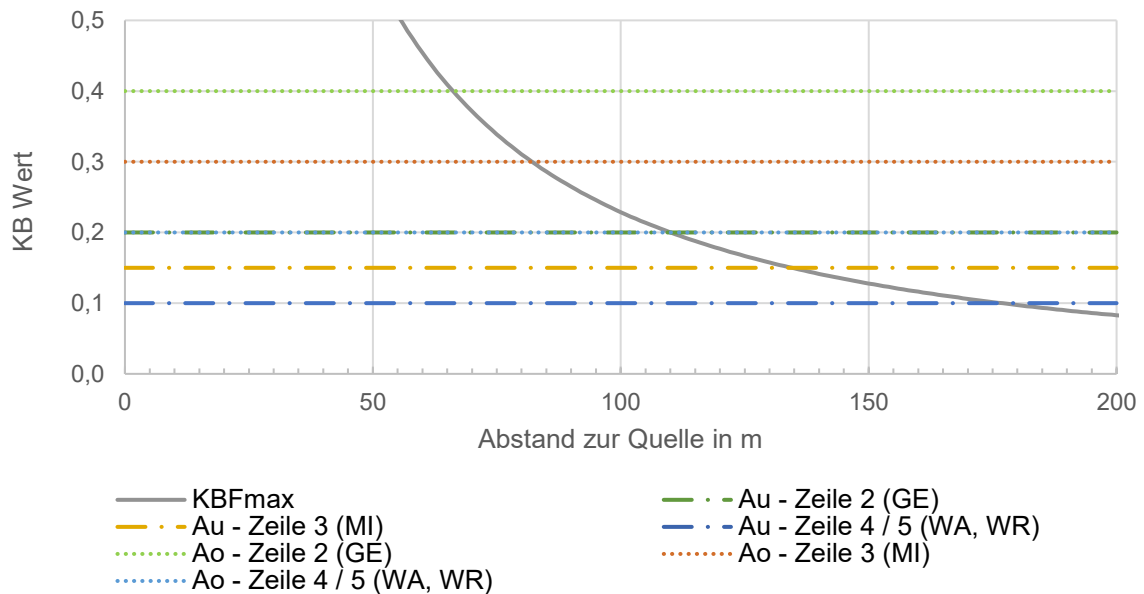
## 6.2 ABBRUCHARBEITEN MIT BAGGERMONTIERTEM ABBRUCHMEIßEL

Ab einem Abstand des Immissionsorts von etwa 35 m zur Erschütterungsquelle liegen die Immissionen am Tag mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe III, wie in Abbildung 1 dargestellt. Ab einem Abstand von etwa 45 m liegen die Immissionen am Tag mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe II und ab einem Abstand von etwa 80 m unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe I.



**Abbildung 1:  $KB_{Fmax}(r)$  bei Einsatz eines baggermontierten Abbruchmeißels [13] oder vergleichbar mit  $A_u$  und  $A_o$  nach DIN 4150-2 [1] zur Tagzeit.**

Zur Nachtzeit liegen die Immissionen ab einem Abstand von etwa 110 m mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind. Ab einem Abstand von etwa 140 m liegen die Immissionen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts für Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind. Ab einem Abstand von etwa 180 m liegen die Immissionen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswertes für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (siehe Abbildung 2).



**Abbildung 2:  $KB_{Fmax}(r)$  bei Einsatz eines baggermontierten Abbruchmeißels [13] oder vergleichbar mit  $A_u$  und  $A_o$  nach DIN 4150-2 [1] zur Nachtzeit**

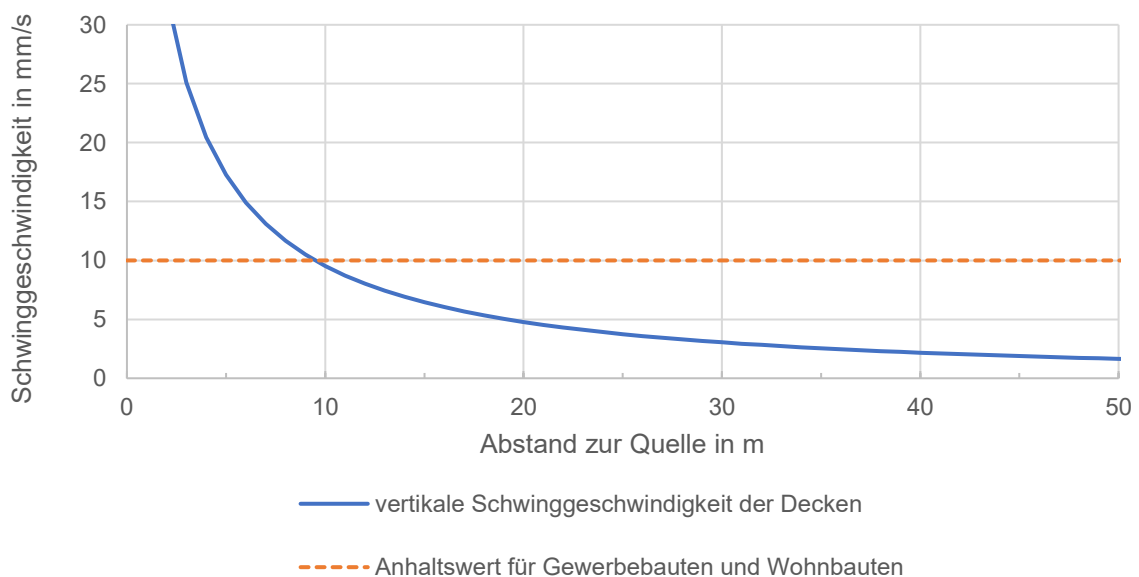
Beim Betrieb eines baggermontierten Abbruchmeißels kann davon ausgegangen werden, dass in etwa die Hälfte der Betriebszeit eine relevante Erschütterungsemission vorliegt. Die andere Hälfte sind Fahrwege und Zeiten, in denen der Abbruchmeißel zum nächsten Bearbeitungspunkt bewegt wird. Die Einwirkzeit zur Einhaltung von  $A_r$  bei Überschreitung von  $A_u$  in Abhängigkeit von der Entfernung der Erschütterungsquelle zu dem Immissionsort und unter Berücksichtigung der Fahrwege ist in Tabelle 13 angeführt.

**Tabelle 13: Prognose der Einwirkzeit in Abhängigkeit von den Anhaltswerten der DIN 4150-2 [1] für den Einsatz eines baggermontierten Abbruchmeißels [13] oder vergleichbar zur Tag- und Nachtzeit**

Distanz [m]	Abschätzung der Einwirkzeitschwelle [h], ab der stufenweise Maßnahmen erforderlich werden					
	Am Tag			In der Nacht		
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Zeile 2 (GE)	Zeile 3 (MI)	Zeile 4 (WA, WR)
10	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00
20	0,50	2,00	4,00	0,00	0,00	0,00
30	1,00	4,50	10,50	0,00	0,00	0,00
35	1,50	6,50	14,50	0,00	0,00	0,00
40	2,50	9,00		0,50	0,00	0,00

Distanz [m]	Abschätzung der Einwirkzeitschwelle [h], ab der stufenweise Maßnahmen erforderlich werden					
	Am Tag			In der Nacht		
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Zeile 2 (GE)	Zeile 3 (MI)	Zeile 4 (WA, WR)
45	3,00	12,00		0,50	0,00	0,00
50	4,00			0,50	0,00	0,00
80	13,50			1,50	1,00	0,50
100				3,00	1,50	1,00
110				4,00	2,00	1,00
125					3,00	1,50
140					4,00	2,00
160						3,00
180						4,00

Abbildung 3 zeigt die Abnahme der vertikalen Schwinggeschwindigkeit einer Geschossdecke in Abhängigkeit der Entfernung zur Erschütterungsquelle infolge von Abbrucharbeiten mittels eines baggermontierten Abbruchmeißels. Innerhalb einer Entfernung von etwa 10 m von der Erschütterungsquelle sind Gebäudeschäden nicht auszuschließen.

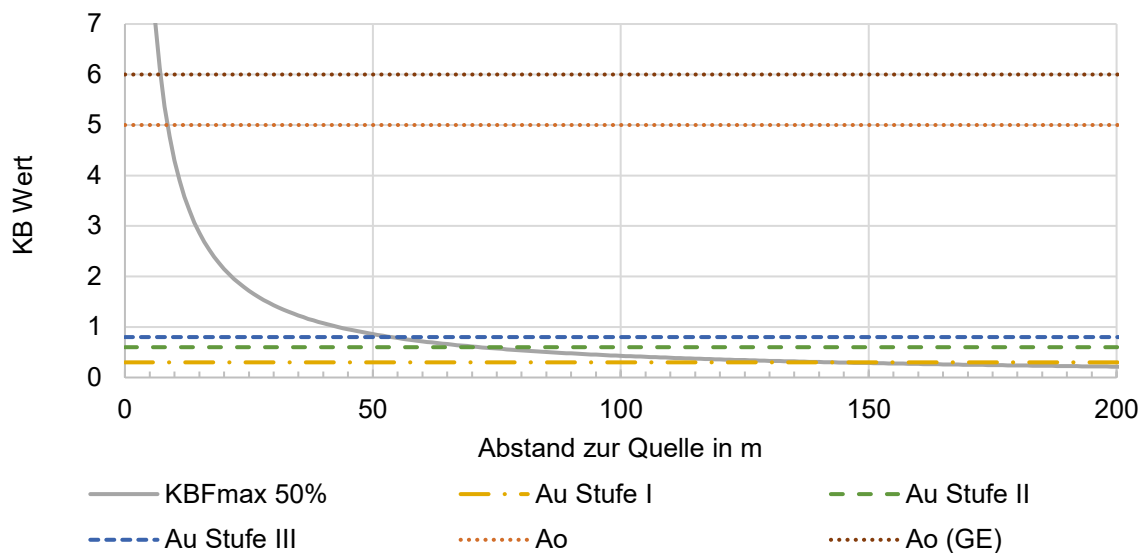


**Abbildung 3:  $v_{max}(r)$  bei Einsatz eines baggermontierten Abbruchmeißels [13] oder vergleichbar mit Anhaltswert DIN 4150-3 [2]**

### 6.3 VERDICHTUNGSARBEITEN

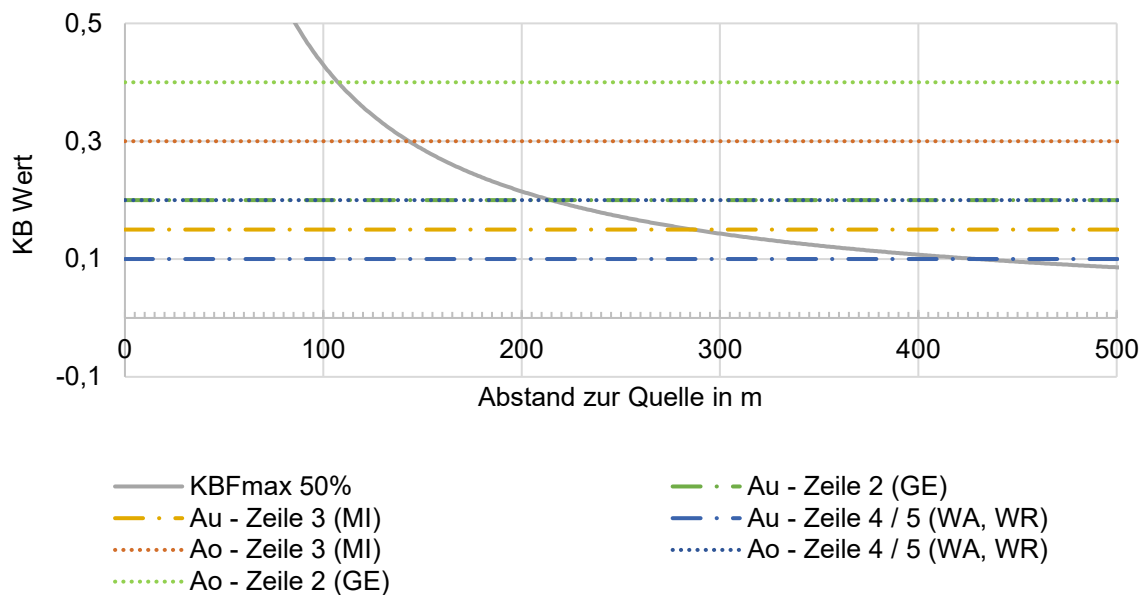
#### 6.3.1 TANDEMWALZEN

Ab einem Abstand des Immissionsorts von etwa 50 m zur Erschütterungsquelle liegen die Immissionen am Tag mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe III, wie in Abbildung 4 dargestellt. Ab einem Abstand von etwa 75 m liegen die Immissionen am Tag mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe II und ab einem Abstand von etwa 150 m unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe I.



**Abbildung 4:  $KB_{Fmax}(r)$  bei Einsatz einer Tandemwalze [14] oder vergleichbar mit  $A_u$  und  $A_o$  nach DIN 4150-2 [1] zur Tagzeit.**

Zur Nachtzeit liegen die Immissionen ab einem Abstand von etwa 225 m mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind. Ab einem Abstand von etwa 300 m liegen die Immissionen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts für Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind. Ab einem Abstand von etwa 450 m liegen die Immissionen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswertes für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (siehe Abbildung 5).



**Abbildung 5:  $KB_{Fmax}(r)$  bei Einsatz einer Tandemwalze [14] oder vergleichbar mit  $A_u$  und  $A_o$  nach DIN 4150-2 [1] zur Nachtzeit**

Die Einwirkzeit zur Einhaltung von  $A_r$  bei Überschreitung von  $A_u$  in Abhängigkeit von der Entfernung der Erschütterungsquelle zu dem Immissionsort ist in Tabelle 14 angeführt.

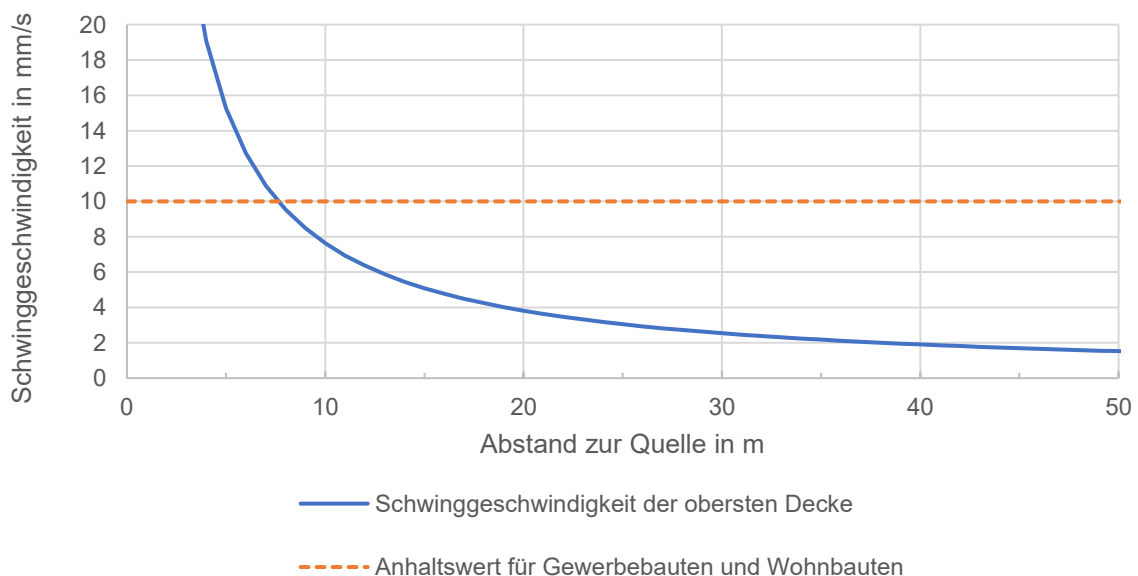
**Tabelle 14: Prognose der Einwirkzeit in Abhängigkeit von den Anhaltswerten der DIN 4150-2 [1] für den Einsatz einer Tandemwalze [14] oder vergleichbar zur Tag- und Nachtzeit**

Distanz [m]	Abschätzung der Einwirkzeitschwelle [h], ab der stufenweise Maßnahmen erforderlich werden					
	Am Tag			In der Nacht		
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Zeile 2 (GE)	Zeile 3 (MI)	Zeile 4 (WA, WR)
10	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00
20	0,25	0,50	1,25	0,00	0,00	0,00
30	0,25	1,25	2,75	0,25	0,00	0,00
40	0,50	2,25	5,00	0,25	0,25	0,00
50	0,75	3,50	7,75	0,50	0,25	0,25
75	2,00	7,75		1,25	0,50	0,25
100	2,50			2,25	1,00	0,50
125	3,50			3,50	1,75	0,75
150	7,75			5,00	2,50	1,25



Distanz [m]	Abschätzung der Einwirkzeitschwelle [h], ab der stufenweise Maßnahmen erforderlich werden					
	Am Tag			In der Nacht		
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Zeile 2 (GE)	Zeile 3 (MI)	Zeile 4 (WA, WR)
200				8,00	4,25	2,25
225				8,00	5,50	2,75
250					6,75	3,50
300					8,00	5,00
350						6,75
400						8,00
450						8,00

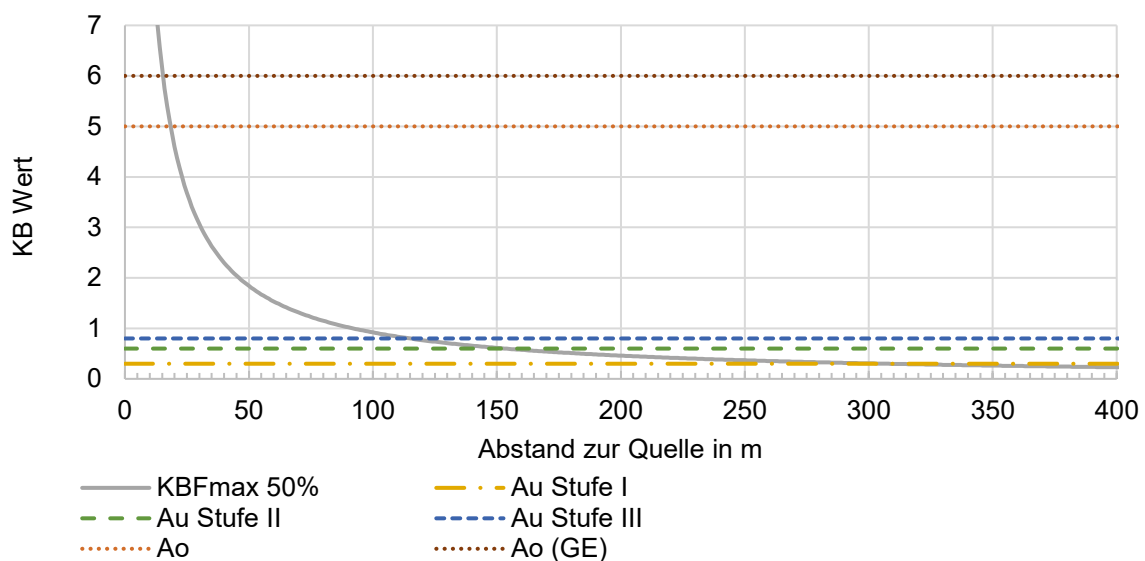
Abbildung 3 zeigt die Abnahme der vertikalen Schwinggeschwindigkeit einer Geschossdecke in Abhängigkeit der Entfernung zur Erschütterungsquelle infolge Verdichtungsarbeiten mittels einer Tandemwalze. Innerhalb einer Entfernung von etwa 10 m von der Erschütterungsquelle sind Gebäudeschäden nicht auszuschließen.



**Abbildung 6:  $v_{max}(r)$  bei Einsatz einer Tandemwalze [14] oder vergleichbar mit Anhaltswert DIN 4150-3 [2]**

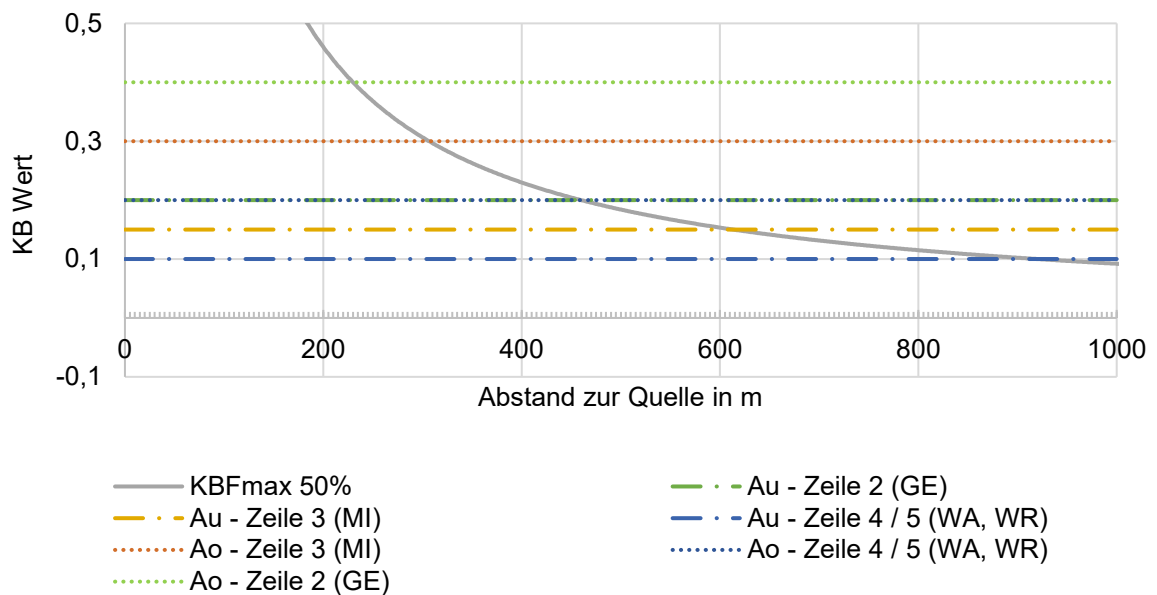
### 6.3.2 VIBRATIONSWALZEN

Ab einem Abstand des Immissionsorts von etwa 110 m zur Erschütterungsquelle liegen die Immissionen am Tag mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe III, wie in Abbildung 7 dargestellt. Ab einem Abstand von etwa 160 m liegen die Immissionen am Tag mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe II und ab einem Abstand von etwa 300 m unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe I.



**Abbildung 7:  $KB_{Fmax}(r)$  bei Einsatz einer Vibrationswalze [15] oder vergleichbar mit  $A_u$  und  $A_o$  nach DIN 4150-2 [1] zur Tagzeit**

Zur Nachtzeit liegen die Immissionen ab einem Abstand von etwa 450 m mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind. Ab einem Abstand von etwa 600 m liegen die Immissionen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts für Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind. Ab einem Abstand von etwa 900 m liegen die Immissionen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswertes für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (siehe Abbildung 8).



**Abbildung 8:  $KB_{Fmax}(r)$  bei Einsatz einer Vibrationswalze [15] oder vergleichbar mit  $A_u$  und  $A_o$  nach DIN 4150-2 [1] zur Nachtzeit**

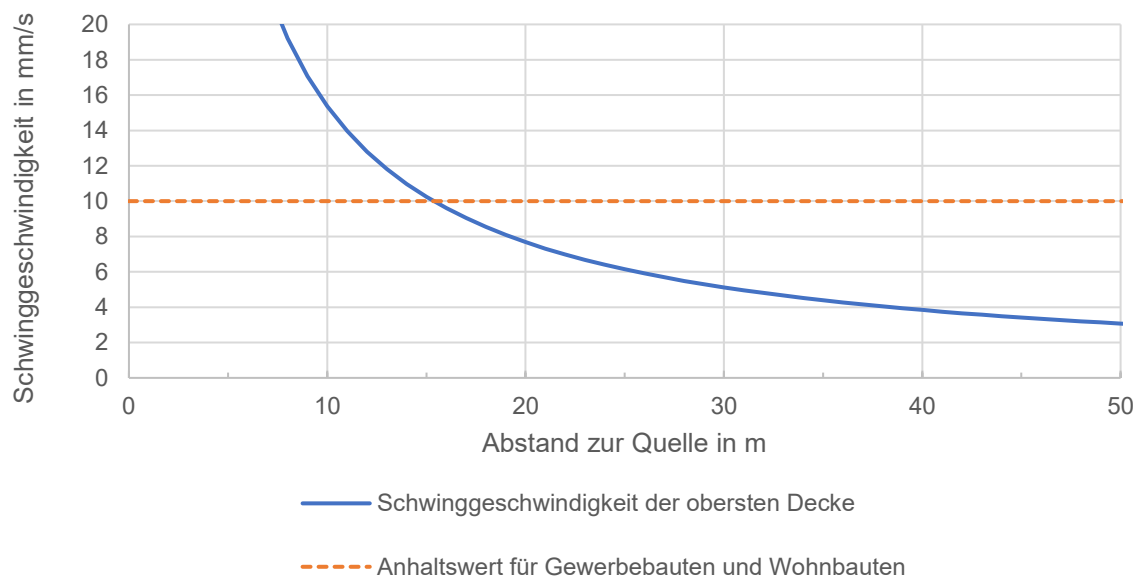
Die Einwirkzeit zur Einhaltung von  $A_r$  bei Überschreitung von  $A_u$  in Abhängigkeit von der Entfernung der Erschütterungsquelle an einem Immissionsort ist in Tabelle 15 angeführt.

**Tabelle 15: Prognose der Einwirkzeit in Abhängigkeit von den Anhaltswerten der DIN 4150-2 [1] für den Einsatz einer Vibrationswalze [15] oder vergleichbar zur Tag- und Nachtzeit**

Distanz [m]	Abschätzung der Einwirkzeitschwelle [h], ab der stufenweise Maßnahmen erforderlich werden					
	Am Tag			In der Nacht		
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Zeile 2 (GE)	Zeile 3 (MI)	Zeile 4 (WA, WR)
25	0,00	0,25	0,50	0,00	0,00	0,00
50	0,25	0,75	1,75	0,00	0,00	0,00
100	0,75	3,00	6,75	0,00	0,00	0,00
110	1,00	3,75	8,25	0,00	0,00	0,00
160	2,00	7,75		0,25	0,00	0,00
200	3,00			0,50	0,25	0,00
300	3,25			0,75	0,50	0,25
450				2,00	1,00	0,50

Distanz [m]	Abschätzung der Einwirkzeitschwelle [h], ab der stufenweise Maßnahmen erforderlich werden					
	Am Tag			In der Nacht		
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Zeile 2 (GE)	Zeile 3 (MI)	Zeile 4 (WA, WR)
600					1,00	0,50
750						0,50
900						0,50

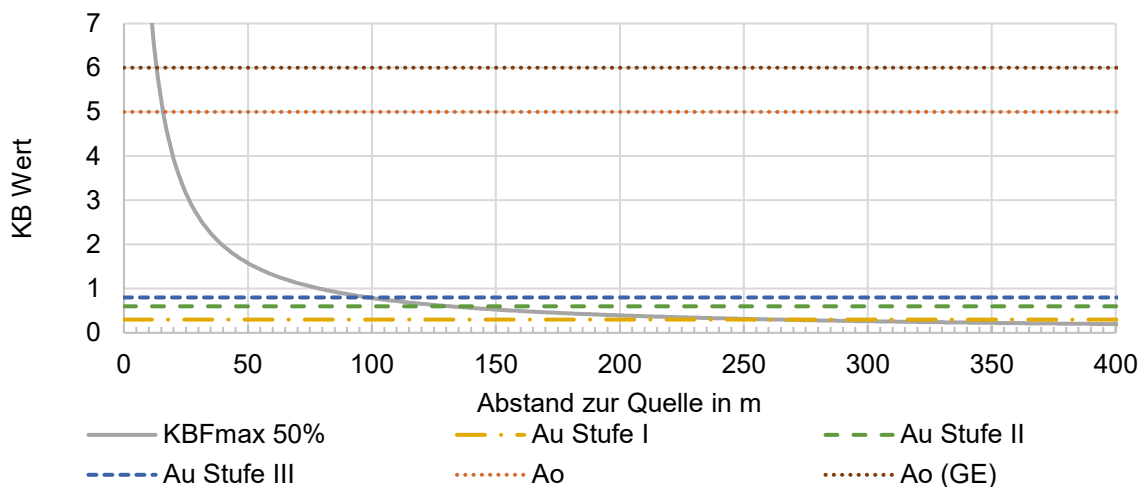
Abbildung 9 zeigt die Abnahme der vertikalen Schwinggeschwindigkeit einer Geschossdecke in Abhängigkeit der Entfernung zur Erschütterungsquelle infolge von Verdichtungsarbeiten mittels einer Vibrationswalze. Innerhalb einer Entfernung von etwa 15 m von der Erschütterungsquelle sind Gebäudeschäden nicht auszuschließen.



**Abbildung 9:  $v_{max}(r)$  bei Einsatz einer Vibrationswalze [15] oder vergleichbar mit Anhaltswert DIN 4150-3 [2]**

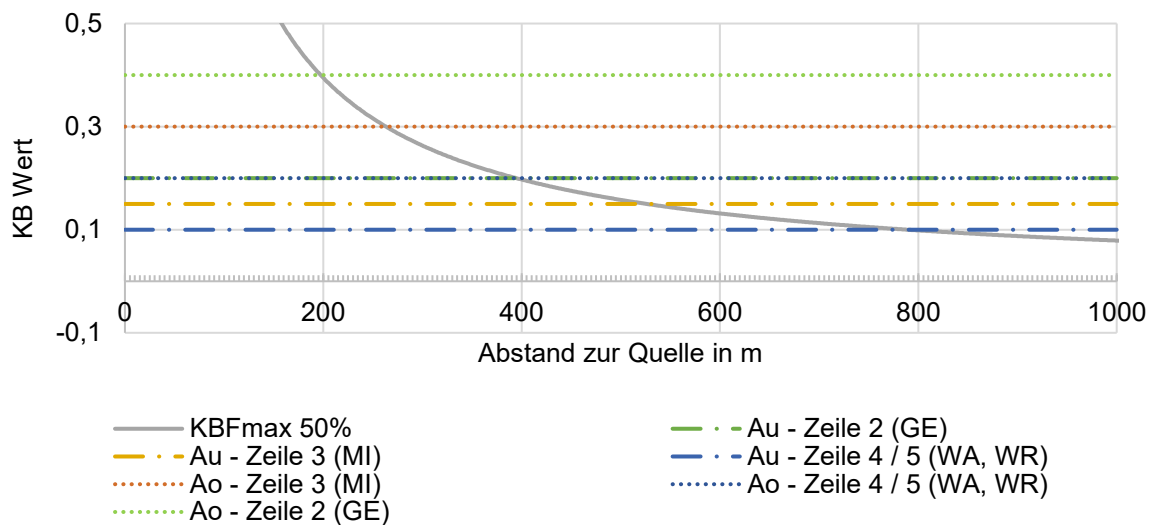
#### 6.4 GLEISBAUARBEITEN

Ab einem Abstand des Immissionsorts von etwa 100 m zur Erschütterungsquelle liegen die Immissionen am Tag mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe III, wie in Abbildung 10 dargestellt. Ab einem Abstand von etwa 150 m liegen die Immissionen am Tag mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe II und ab einem Abstand von etwa 250 m unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe I.



**Abbildung 10:  $KB_{Fmax}(r)$  bei Einsatz einer Gleisstabilisierungsmaschine [16] oder vergleichbar mit  $A_u$  und  $A_o$  nach DIN 4150-2 [1] zur Tagzeit**

Zur Nachtzeit liegen die Immissionen ab einem Abstand von etwa 400 m mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind. Ab einem Abstand von etwa 500 m liegen die Immissionen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts für Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind. Ab einem Abstand von etwa 800 m liegen die Immissionen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswertes für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (siehe Abbildung 11).



**Abbildung 11:  $KB_{Fmax}(r)$  bei Einsatz einer Gleisstabilisierungsmaschine [16] oder vergleichbar mit  $A_u$  und  $A_o$  nach DIN 4150-2 [1] zur Nachtzeit**

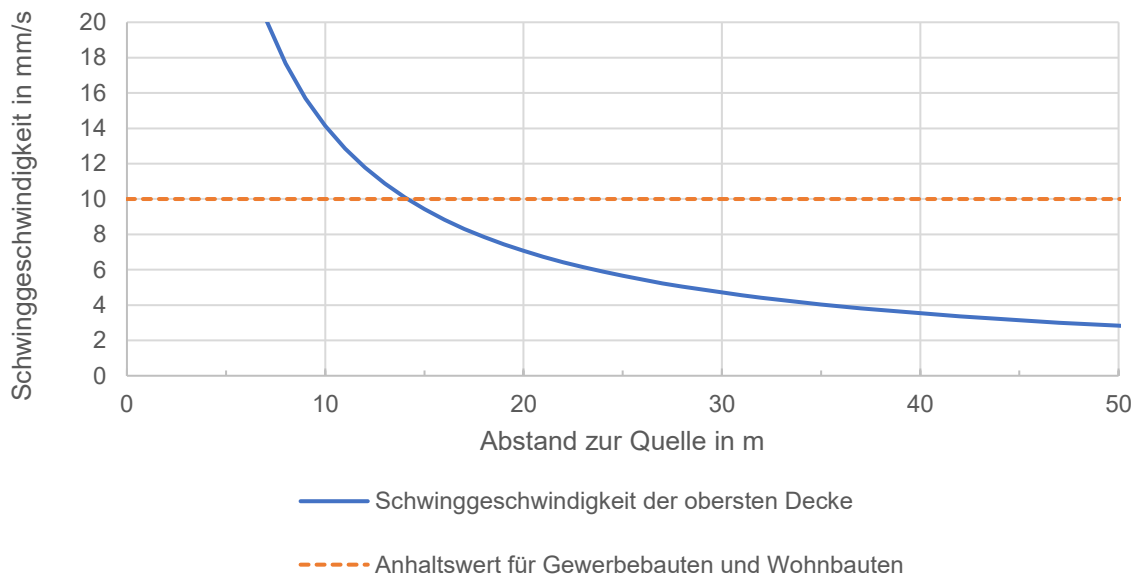
Die Einwirkzeit zur Einhaltung von  $A_r$  bei Überschreitung von  $A_u$  in Abhängigkeit von der Entfernung der Erschütterungsquelle an einem Immissionsort ist in Tabelle 16 angeführt.

**Tabelle 16: Prognose der Einwirkzeit in Abhängigkeit von den Anhaltswerten der DIN 4150-2 [1] für den Einsatz einer Gleisstabilisierungsmaschine [16] oder vergleichbar zur Tag- und Nachtzeit**

Distanz [m]	Abschätzung der Einwirkzeitschwelle [h], ab der stufenweise Maßnahmen erforderlich werden					
	Am Tag			In der Nacht		
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Zeile 2 (GE)	Zeile 3 (MI)	Zeile 4 (WA, WR)
25	0,00	0,25	0,50	0,00	0,00	0,00
50	0,25	1,00	2,25	0,00	0,00	0,00
100	1,00	4,00	9,25	0,25	0,00	0,00
150	2,25	9,25		0,25	0,25	0,00
200	4,00			0,50	0,25	0,25
250	4,25			0,75	0,50	0,25
300				1,25	0,50	0,25
400				2,00	1,00	0,50
500					1,50	0,75
600						0,75

Distanz [m]	Abschätzung der Einwirkzeitschwelle [h], ab der stufenweise Maßnahmen erforderlich werden					
	Am Tag			In der Nacht		
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Zeile 2 (GE)	Zeile 3 (MI)	Zeile 4 (WA, WR)
800						0,75

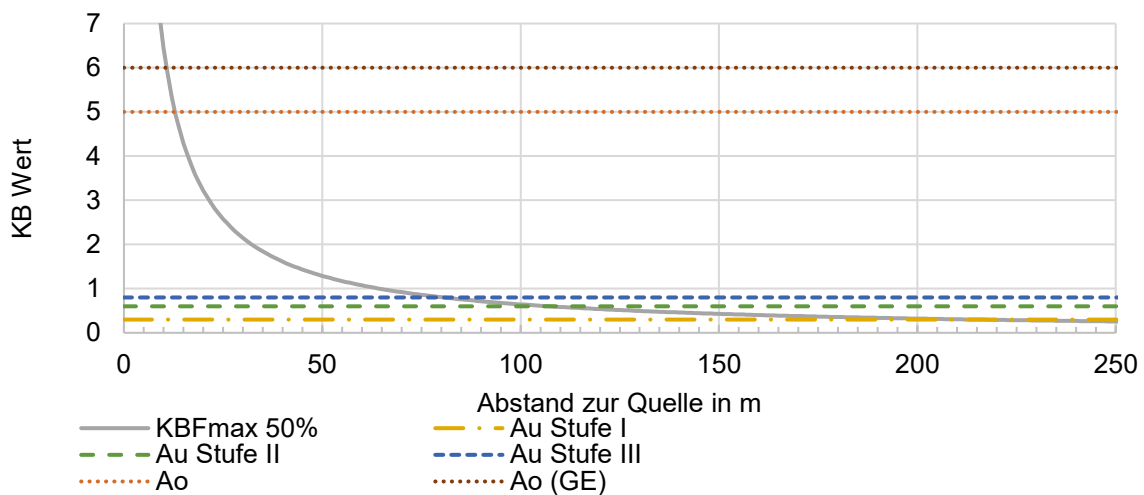
Abbildung 12 zeigt die Abnahme der vertikalen Schwinggeschwindigkeit einer Geschossdecke in Abhängigkeit der Entfernung zur Erschütterungsquelle infolge von Gleisbauarbeiten mittels einer Gleisstabilisierungsmaschine. Innerhalb einer Entfernung von etwa 15 m von der Erschütterungsquelle sind Gebäudeschäden nicht auszuschließen.



**Abbildung 12:  $v_{max}(r)$  bei Einsatz einer Gleisstabilisierungsmaschine [16] oder vergleichbar mit Anhaltswert DIN 4150-3 [2]**

## 6.5 VIBRATIONSRAHMUNG

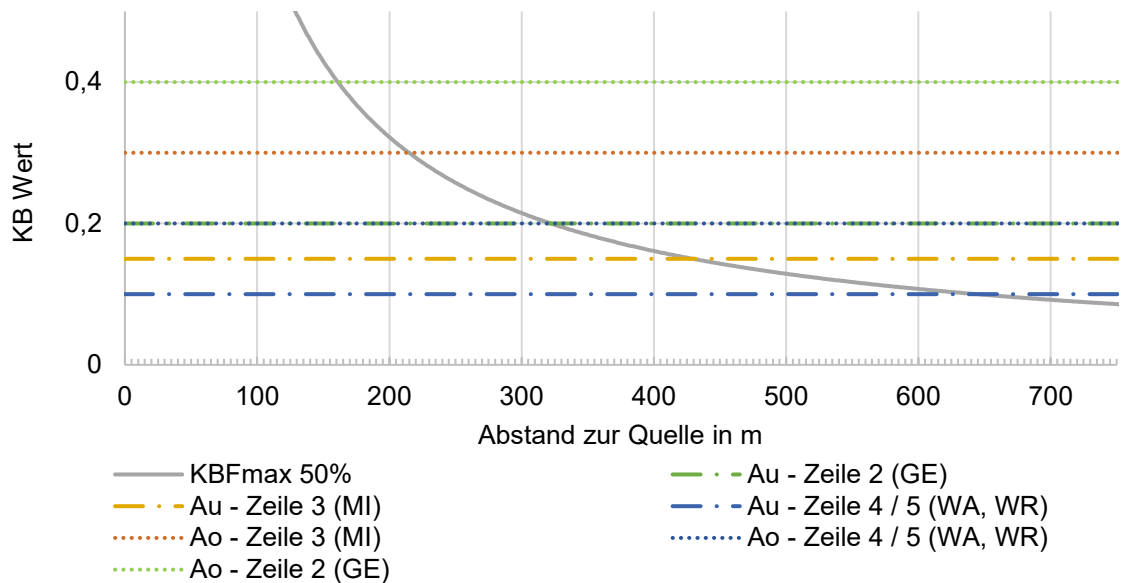
Ab einem Abstand des Immissionsorts von etwa 75 m zur Erschütterungsquelle liegen die Immissionen am Tag mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe III, wie in Abbildung 13 dargestellt. Ab einem Abstand von etwa 125 m liegen die Immissionen am Tag mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe II und ab einem Abstand von etwa 200 m unterhalb des unteren Anhaltswerts der Stufe I.



**Abbildung 13:  $KB_{Fmax}(r)$  bei Einsatz einer Vibrationsramme [18] oder vergleichbar mit  $A_u$  und  $A_o$  nach DIN 4150-2 [1] zur Tagzeit.**

Zur Nachtzeit liegen die Immissionen ab einem Abstand von etwa 325 m mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind. Ab einem Abstand von etwa 450 m liegen die Immissionen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswerts für Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind. Ab einem Abstand von etwa 650 m liegen die Immissionen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb des unteren Anhaltswertes für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (siehe Abbildung 14).





**Abbildung 14:  $KB_{Fmax}(r)$  bei Einsatz einer Vibrationsramme [18] oder vergleichbar mit  $A_u$  und  $A_o$  nach DIN 4150-2 [1] zur Nachtzeit.**

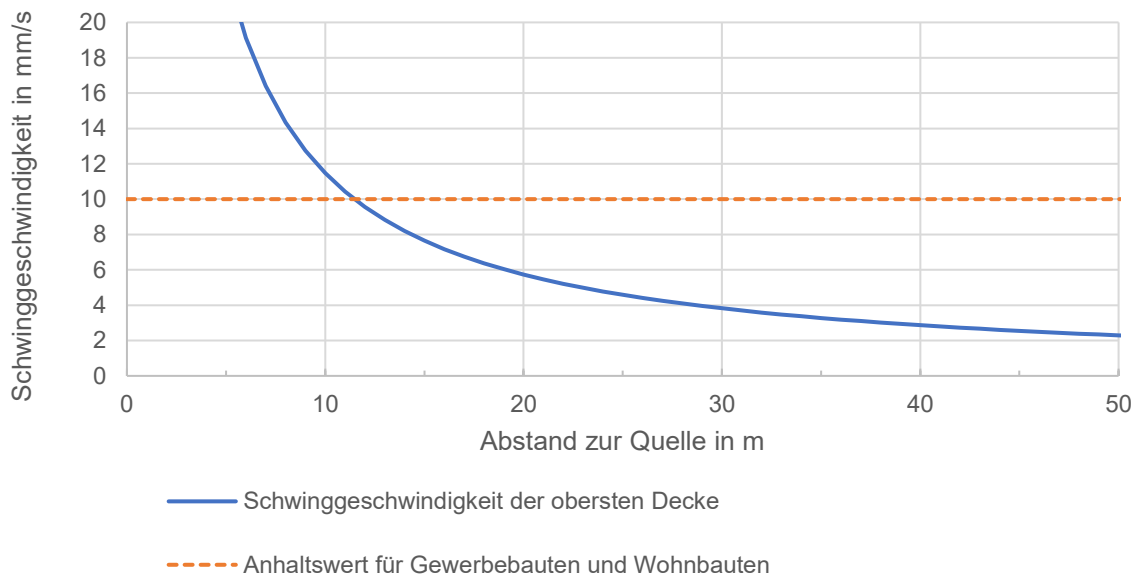
Die Einwirkzeit zur Einhaltung von  $A_r$  bei Überschreitung von  $A_u$  in Abhängigkeit von der Entfernung der Erschütterungsquelle an einem Immissionsort ist in Tabelle 17 angeführt.

**Tabelle 17: Prognose der Einwirkzeit in Abhängigkeit von den Anhaltswerten der DIN 4150-2 [1] für den Einsatz einer Vibrationsramme [18] oder vergleichbar zur Tag- und Nachtzeit**

Distanz [m]	Abschätzung der Einwirkzeitschwelle [h], ab der stufenweise Maßnahmen erforderlich werden					
	Am Tag			In der Nacht		
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Zeile 2 (GE)	Zeile 3 (MI)	Zeile 4 (WA, WR)
25	0,00	0,50	0,75	0,00	0,00	0,00
50	0,50	1,50	3,50	0,00	0,00	0,00
75	0,75	3,50	7,75	0,00	0,00	0,00
100	1,50	6,25		0,25	0,00	0,00
125	2,50	9,75		0,25	0,25	0,00
150	3,50			0,50	0,25	0,00
200	6,25			0,75	0,50	0,25
300				1,75	0,75	0,50

Distanz [m]	Abschätzung der Einwirkzeitschwelle [h], ab der stufenweise Maßnahmen erforderlich werden					
	Am Tag			In der Nacht		
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	Zeile 2 (GE)	Zeile 3 (MI)	Zeile 4 (WA, WR)
325				2,00	1,00	0,50
450					2,00	1,00
650						1,25

Abbildung 15 zeigt die Abnahme der vertikalen Schwinggeschwindigkeit einer Geschossdecke in Abhängigkeit der Entfernung zur Erschütterungsquelle infolge von Rammarbeiten mittels einer Vibrationsramme. Innerhalb einer Entfernung von etwa 12 m von der Erschütterungsquelle sind Gebäudeschäden nicht auszuschließen.



**Abbildung 15:  $v_{max}(r)$  bei Einsatz einer Vibrationsramme [18] oder vergleichbar mit Anhaltswert DIN 4150-3 [2]**

## 6.6 BETROFFENHEITEN

In Tabelle 18 sind die kritischen Abstände aus den vorherigen Unterkapiteln für jedes untersuchte erschütterungsintensive Baugerät zusammengefasst. Dabei werden diejenigen Abstände zwischen Immissionsort und Baugerät angegeben, bei deren Unterschreitung die unteren Anhaltswerte nach DIN 4150-2 [1] am Tag und in der Nacht überschritten werden.

Rückt die Baustelle näher an die Bebauung heran als diese Abstände, muss die Einsatzzeit entsprechend der Tabelle 13 bis Tabelle 17 reduziert werden, um unzumutbare Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden zu vermeiden. Ist dies aufgrund der bauzeitlichen Vorgaben nicht möglich, muss auf entsprechende Maßnahmen aus Abschnitt 7 zurückgegriffen werden.

Darüber hinaus werden in Tabelle 18 die Abstände angegeben, bei deren Unterschreitung die Anhaltswerte der DIN 4150-3 [2] überschritten werden und Gebäudeschäden nicht mehr auszuschließen sind.

**Tabelle 18: Zusammenfassung der kritischen Abstände je Baugerät**

Baugerät	Tag			Nacht			DIN 4150-3
	Stufe I	Stufe II	Stufe III	WA / WR	MI	GE	
Baggermontierter Abbruchmeißel	80 m	45 m	35 m	180 m	140 m	110 m	10 m
Tandemwalze	150 m	75 m	50 m	450 m	300 m	225 m	10 m
Vibrationswalze	300 m	160 m	110 m	900 m	600 m	450 m	15 m
Gleis- stabilisations- maschine	250 m	150 m	100 m	800 m	500 m	400 m	15 m
Vibrationsramme	200 m	125 m	75 m	650 m	450 m	325 m	12 m

Für den Einsatz von **baggermontierten Abbruchmeißeln** (voraussichtlich während der Hauptbauphasen 2, 4 und 5) ist am Tag teils mit erheblichen Erschütterungseinwirkungen in der umliegenden Bebauung im Bereich der Löcknitzquerung zu rechnen. Die Anhaltswerte  $A_u$  der DIN 4150-2 [1] werden aufgrund der Nähe zu der anliegenden Bebauung mit hoher Wahrscheinlichkeit überschritten, sodass Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsimmissionen in der Nachbarschaft erforderlich sind (Einflussbereich in Anlage-Nr. 2.1.2). Nacharbeiten sind in den Bauphasen 1 bis 4 nicht vorgesehen. Die zeitliche Einschränkung nach Tabelle 13 in Abhängigkeit des tatsächlichen Abstandes zur Bebauung ist bei Überschreitungen zu berücksichtigen. Ist dies aufgrund der bauzeitlichen Vorgaben nicht möglich, muss auf Maßnahmen aus Abschnitt 7 zurückgegriffen werden. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der Einsatz von mehreren Abbruchmeißeln bei der Einsatzzeit zu berücksichtigen ist. Es ist besonders darauf zu achten, dass bei einem Einsatz von baggermontierten Abbruchmeißeln in einem Abstand von weniger als 10 m zur nächstgelegenen Bebauung Gebäudeschäden nicht mehr auszuschließen sind (Einflussbereich in Anlage-Nr. 2.1.1). Es wird empfohlen, in Bereichen enger Bebauung alternative Abbruchverfahren (Schneiden und Abkranen, Einsatz von Betonpulverisierern etc.) einzusetzen, da diese üblicherweise deutlich verminderte Erschütterungsimmissionen verursachen.

Für den Einsatz von **Tandemwalzen** und **Vibrationswalzen** für Verdichtungsarbeiten (voraussichtlich während der Hauptbauphasen 2 bis 5, ggf. auch zu Verdichtung der Baustraßen und BE-Flächen) ist sowohl am Tag als auch in der Nacht mit erheblichen Erschütterungseinwirkungen in der umliegenden Bebauung zu rechnen. Die Anhaltswerte  $A_u$  der DIN 4150-2 [1] werden aufgrund der Nähe zu der anliegenden Bebauung tagsüber weiträumig mit hoher Wahrscheinlichkeit überschritten, sodass Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsimmissionen in der Nachbarschaft erforderlich sind (Einflussbereiche in Anlagen-Nr. 2.2.2 und 2.3.2). In der Hauptbauphase 5 sollen Vibrationswalzen ebenfalls in der Nacht eingesetzt werden (Einflussbereich in Anlage-Nr. 2.3.3). Die zeitliche Einschränkung nach Tabelle 14 und Tabelle 15 in Abhängigkeit des tatsächlichen Abstandes zur Bebauung kann aufgrund der Nähe zu der Baustelle, insbesondere nachts auch aufgrund der sperrpausenbedingten Arbeiten an den Gleisen, kaum bis nicht berücksichtigt werden. Es muss auf Maßnahmen aus Abschnitt 7 zurückgegriffen werden. Es ist besonders darauf zu achten, dass bei einem Einsatz von Vibrationswalzen in einem Abstand von weniger als 10 m (Tandemwalze, Einflussbereich in Anlage-Nr. 2.2.1) bzw. 15 m (Vibrationswalze, Einflussbereich in Anlage-Nr. 2.3.1) zur nächstgelegenen Bebauung Gebäudeschäden nicht

mehr auszuschließen sind. Es wird empfohlen, statt Vibrationswalzen in Bereichen enger Bebauung Oszillationswalzen einzusetzen, da diese üblicherweise deutlich verminderte Erschütterungsimmissionen verursachen.

Für den Einsatz einer **Gleisstabilisierungsmaschine** für Gleisbau- und Stopfarbeiten (voraussichtlich während der Hauptbauphase 5) ist am Tag nicht mit unzumutbaren Belästigungen zu rechnen (Einflussbereich in Anlage-Nr. 2.4.2). In der Nacht ist mit spürbaren Erschütterungseinwirkungen in der umliegenden Bebauung zu rechnen (Einflussbereich in Anlage-Nr. 2.4.3). Die Anhaltswerte  $A_u$  der DIN 4150-2 [1] werden aufgrund der Nähe zu der anliegenden Bebauung mit hoher Wahrscheinlichkeit überschritten, sodass Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsimmissionen in der Nachbarschaft erforderlich sind. Die zeitliche Einschränkung nach Tabelle 16 in Abhängigkeit des tatsächlichen Abstandes zur Bebauung kann aufgrund der sperrpausenbedingten Arbeiten an den Gleisen in diesem Fall kaum bis nicht berücksichtigt werden. Es muss auf Maßnahmen aus Abschnitt 7 zurückgegriffen werden. Es befinden sich keine Gebäude innerhalb von 15 m zu den Arbeiten am Gleis in der Hauptbauphase 5, sodass Gebäudeschäden nicht zu erwarten sind (Einflussbereich in Anlage-Nr. 2.4.1)

Für den Einsatz von **Vibrationsrammen** für Verbauarbeiten (voraussichtlich während der Hauptbauphasen 2 bis 5) ist sowohl am Tag als auch in der Nacht mit erheblichen Erschütterungseinwirkungen in der umliegenden Bebauung zu rechnen. Die Anhaltswerte  $A_u$  der DIN 4150-2 [1] werden aufgrund der Nähe zu der anliegenden Bebauung tagsüber weiträumig mit hoher Wahrscheinlichkeit überschritten, sodass Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsimmissionen in der Nachbarschaft erforderlich sind (Einflussbereich in Anlage-Nr. 2.5.2). In der Hauptbauphase 5 sollen Vibrationsrammen ebenfalls in der Nacht eingesetzt werden (Einflussbereich in Anlage-Nr. 2.5.3). Die zeitliche Einschränkung nach Tabelle 17 in Abhängigkeit des tatsächlichen Abstandes zur Bebauung ist in diesem Fall zu berücksichtigen. Ist dies aufgrund der bauzeitlichen Vorgaben nicht möglich (z.B. sperrpausenbedingte Arbeiten am Gleis in Hauptbauphase 5), muss auf Maßnahmen aus Abschnitt 7 zurückgegriffen werden. Es ist besonders darauf zu achten, dass bei einem Einsatz von Vibrationsrammen in einem Abstand von weniger als 12 m zur nächstgelegenen Bebauung Gebäudeschäden nicht mehr auszuschließen sind (Einflussbereich in Anlage-Nr. 2.5.1). Diese konservativen Aussagen orientieren sich am Resonanzfall beim Betrieb der Ramme. Kann die Betriebsfrequenz der Ramme baubegleitend in Abhängigkeit von der betroffenen Bebauung optimiert werden, können diese Abstände i. d. R. reduziert

werden. Hier sind dann jedoch geräteinsatzqualifizierende Erschütterungsmessungen zum Baubeginn erforderlich.

Es ist an dieser Stelle ausdrücklich zu erwähnen, dass die Betrachtung eine Abschätzung auf Grundlage der Bauphasenpläne darstellt. Die genauen Standorte und Einsatzzeiten der Geräte sind zu diesem Stand der Planung noch nicht bekannt und müssen in der Ausführungsplanung präzisiert werden. Auf Grundlage der Ausführungsplanung kann eine Fortschreibung der Erschütterungsprognose erfolgen. Der Einsatz eines Immissionsschutzbeauftragten zur Bauüberwachung und für Maßnahmenentscheidungen bezogen auf etwaige Überschreitungen ist zu empfehlen.

## **7 SCHUTZMAßNAHMEN**

Vor allem beim Einsatz von emissionsintensiven Geräten wie Vibrationswalzen, Vibrationsrammen oder baggermontierten Abbruchmeißeln kann es aufgrund von Resonanzerscheinungen in einzelnen Bauteilen, besonders von Geschossdecken in Gebäuden, zu spürbaren Schwingungsimmissionen kommen. Diese sind fast ausschließlich nur im Anlassfall durch Änderung der Erregerfrequenzen, durch die Wahl eines anderen Baugerätes (z. B. eine leichtere Verdichterklasse) oder eines anderen Bauverfahrens zu beeinflussen (siehe Leitlinie zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen in Brandenburg [9]).

Die folgenden organisatorischen und technischen Maßnahmen werden für Anwohner empfohlen, welche sich innerhalb der kritischen Abstände in Abhängigkeit der eingesetzten Baugeräte (siehe Tabelle 18) befinden (siehe ARBEITSHILFE zum Umgang mit baubedingten Lärm- und Erschütterungsimmissionen der Autobahn GmbH [19]):

- Eine umfassende Information über die Art und Dauer (Gesamtdauer und Einsatzzeit) sowie über die Größe der zu erwartenden Erschütterungen wird den Betroffenen zur Verfügung gestellt.
- Über den Zweck und die Unvermeidlichkeit der Bauarbeiten und der damit verbundenen Erschütterungen werden die Betroffenen informiert.
- Die Betroffenen werden über die Schadenswirkung von Erschütterungen auf Gebäude aufgeklärt.
- Betriebliche bzw. organisatorische Maßnahmen, z. B. Berücksichtigung der Ruhezeiten nach DIN 4150-2 Abs. 3.7.4 sowie langsame Steigerung der dynamischen Anregung zur Vermeidung von Schreckreaktionen, werden empfohlen.
- Nach Vorlage der Detailplanung ist einer Fortschreibung der Unterlagen mit dem detaillierten Geräteeinsatz vorzusehen.
- Eine Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, ist zu benennen.
- Eine Fach- und sachgerechte Umsetzung dieser Maßnahmen und die Festlegung ggf. weiterer notwendiger Maßnahmen durch den Einsatz eines Immissionsschutzbeauftragten wird empfohlen.
- Hinsichtlich besonders stark von Erschütterungen betroffener Gebäude sollten gebäudetechnische Beweissicherungen durchgeführt werden. Die genaue Auswahl der Gebäude, an denen nach Bekanntwerden des tatsächlichen Werkzeugeinsatzes

Beweissicherungen vorgenommen werden sollten, kann mit dem Immissionsschutzbeauftragten abgestimmt werden.

- Es werden ein Nachweis der tatsächlich aufgetretenen Erschütterungen durch Messungen und deren Beurteilung, zumindest im Beschwerdefall, sowie begleitende Erschütterungsmessungen während der Bauausführung in den besonders betroffenen Objekten empfohlen. Diese sind in der Ausführungsplanung abhängig von den Geräteeinsatzort zu ermitteln.
- Das Anpassen der Geräteeinsatzzeit an die jeweilige Situation, abhängig von der Bauphase, wird empfohlen.
- Beim Einsatz eines baggermontierten Abbruchmeißels ist darauf zu achten, dass die Betriebsfrequenz außerhalb der typischen Eigenfrequenzen für Decken gehalten wird. Für die Betriebsfrequenz empfiehlt sich  $f \ll 8 \text{ Hz}$  bzw.  $f \ll 480 \text{ 1/min}$ .
- In Abhängigkeit von der Bauphase sind erschütterungsarme Bauverfahren zu bevorzugen (z. B. Abbruch mittels Schneiden und Abkranen anstelle des Einsatzes eines baggermontierten Abbruchmeißels, Verdichten mittels einer leichteren Verdichterklasse wie Rüttler oder baggermontierte Anbauverdichter bzw. Oszillationswalzen anstelle des Einsatzes einer Vibrationswalze).
- Im Falle von Betroffenheiten bei Nachtarbeiten ist den anspruchsberechtigten Anwohnern die Möglichkeit der Kostenübernahme für Hotelübernachtung anzubieten, wenn die Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 im Rahmen der Fortschreibung der Bauerschütterungsprognose prognostiziert wird. Die Nachtarbeiten mit erschütterungsintensiven Baugeräten sind auf das notwendige Minimum zu reduzieren.



## **8 ZUSAMMENFASSUNG**

Die Autobahn GmbH des Bundes plant den Neubau der Anschlussstelle (AS) Freienbrink-Nord der Autobahn (A) 10. Der Planungsbereich des Vorhabens liegt im Bundesland Brandenburg, südöstlich der Stadt Berlin und westlich der Ortslage Freienbrink im Landkreis Oder-Spree, innerhalb der Gemeinde Grünheide und der Stadt Erkner. Der von der Baumaßnahme betroffene Abschnitt der A 10 ist Teil des östlichen Berliner Ringes und erstreckt sich nördlich der Anschlussstelle (AS) Erkner bis südlich der AS Freienbrink. Die geplante Baumaßnahme umfasst im Bereich der A 10 auf einer Länge von 5,98 km zwischen km 27,970 und km 33,950 neben dem Neubau der AS Freienbrink-Nord auch Veränderungen der AS Freienbrink und der AS Erkner. Neben den drei AS und den damit verbundenen Rampen- und Verteilerfahrbahnen beinhaltet das Vorhaben insgesamt 22 neu zu errichtende bzw. zu verbreiternde Brückenbauwerke.

Aktuell wird von einer Gesamtbauzeit von ca. 6 Jahren, gegliedert in 5 Hauptbauphasen, ausgegangen. Die Bauphasen ergeben sich aus dem Umstand, dass während der Bauzeit stets zwei Anschlussstellen (einschließlich der bestehenden temporären AS Freienbrink-Nord) für den Verkehr zur Verfügung stehen und die Eingriffe in die durchgehenden Fahrstreifen der A 10 zeitlich auf ein Minimum begrenzt werden.

Im Rahmen des anstehenden Genehmigungsverfahrens ist es erforderlich, eine Lärm- und Erschütterungsuntersuchung zur Auswirkung der Baumaßnahme auf die Anwohner durchzuführen. Die FCP IBU GmbH wurde beauftragt, die Immissionssituation an der betroffenen Bebauung während der Bauphasen zu untersuchen und zu bewerten.

Erschütterungen bezeichnen mechanische Schwingungen. Die physikalische Größe, die zur Beschreibung der Erschütterungseinwirkungen überwiegend verwendet wird, ist die Schwinggeschwindigkeit (siehe DIN 4150-1 [4]).

Für die Beurteilung der zu erwartenden Erschütterungsmissionen während der Bauphasen werden die DIN 4150-2 für Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden [1] und die DIN 4150-3 für Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke [2] herangezogen. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens sollen anhand der abgestimmten Bauverfahren Worstcase-Szenarien bestimmt werden. Mit Hilfe der vorliegenden Erschütterungsuntersuchung können der räumliche Umgriff der Belastung und die Anzahl der Gebäude mit voraussichtlicher Überschreitungen der Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 und DIN 4150-3 abgeschätzt werden. Dabei sollen zunächst die erschütterungstechnisch kritischen Bereiche identifiziert werden.

Vor allem beim Einsatz von emissionsintensiven Geräten wie Vibrationswalzen, Vibrationsrammen oder baggermontierten Abbruchmeißeln kann es aufgrund von Resonanzerscheinungen in einzelnen Bauteilen, besonders von Geschossdecken in Gebäuden, zu spürbaren Erschütterungsimmissionen kommen.

Die Anhaltswerte der DIN 4150-2 werden aufgrund der Nähe zu der anliegenden Bebauung je nach Baugerät mit hoher Wahrscheinlichkeit überschritten, sodass Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsimmissionen in der Nachbarschaft erforderlich sind.

Die zeitlichen Einschränkungen für die Einhaltung der Anhaltswerte durch erschütterungsintensive Arbeiten sind in Tabelle 13 bis Tabelle 17 in Abhängigkeit des tatsächlichen Abstandes zur Bebauung dargestellt. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der parallele Einsatz von mehreren Geräten bei der Einsatzzeit zu berücksichtigen ist.

Ist die Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 aufgrund der bauzeitlichen Vorgaben nicht möglich (z. B. durch sperrpausenbedingte Arbeiten am Gleis in Hauptbauphase 5), muss auf Maßnahmen aus Abschnitt 7 zurückgegriffen werden.

Es ist besonders darauf zu achten, die Abstände zur Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150-3 nicht zu unterschreiten, da sonst Gebäudeschäden nicht mehr auszuschließen sind.

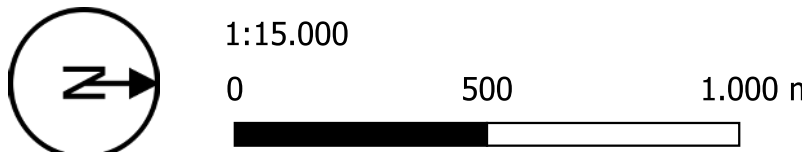
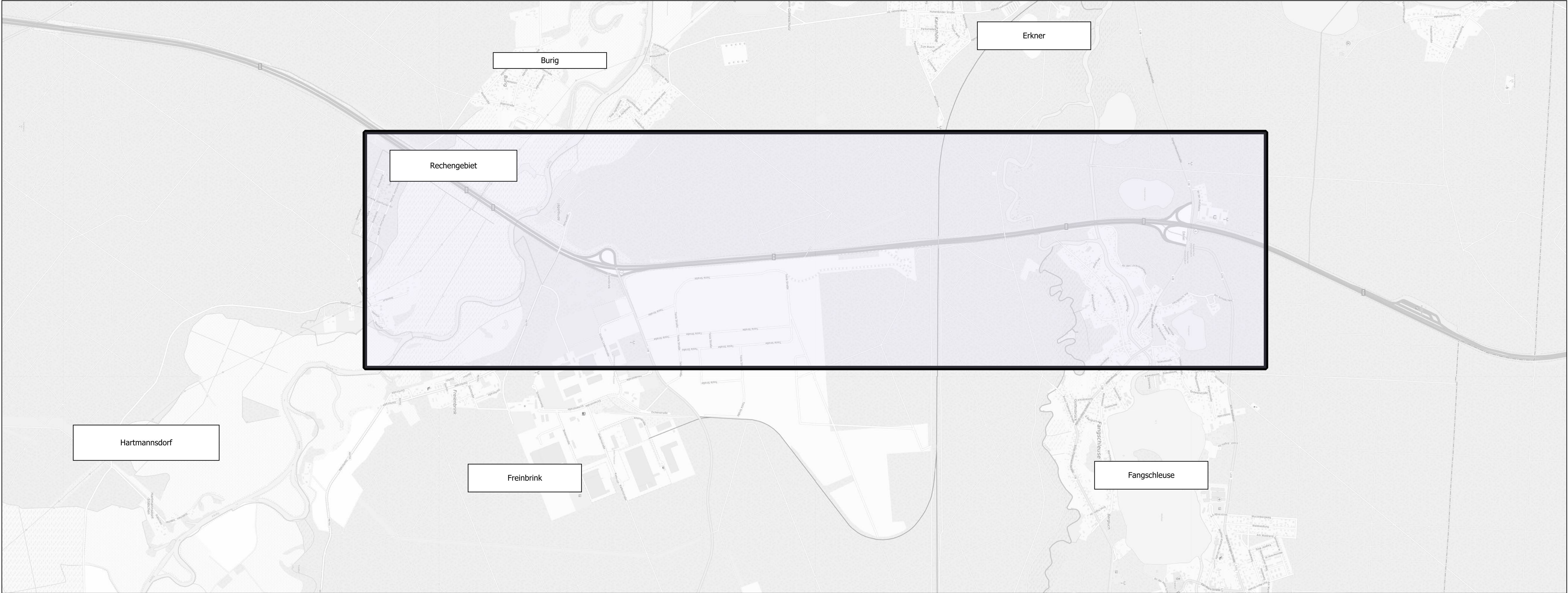
Es ist an dieser Stelle ausdrücklich zu erwähnen, dass die Betrachtung eine Abschätzung auf Grundlage der Bauphasenpläne darstellt. Die genauen Standorte und Einsatzzeiten der Geräte sind zu diesem Stand der Planung noch nicht bekannt und müssen in der Ausführungsplanung präzisiert werden. Auf Grundlage der Ausführungsplanung kann eine Fortschreibung der Erschütterungsprognose erfolgen. Der Einsatz eines Immissionsschutzbeauftragten zur Bauüberwachung und für Maßnahmenentscheidungen bezogen auf etwaige Überschreitungen ist zu empfehlen.

## **9 VERWEISE**

- [1] DIN 4150-2, *Erschütterungen im Bauwesen; Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden*, 1999.
- [2] DIN 4150-3, *Erschütterungen im Bauwesen; Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen*, 2016.
- [3] ISU Plan Planungsgruppe für Immissionsschutz, Stadtplanung, Umweltplanung, A 10, km 30,500 Neubau AS Freienbrink-Nord, Unterlage 17.1, *Schalltechnische Untersuchung*, Oktober 2024.
- [4] DIN 4150-1, *Erschütterungen im Bauwesen; Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen*, 2022.
- [5] Achmus, „Prognose und Bewertung von Bauwerkserschütterungen infolge Tiefbauarbeiten“, 2015.
- [6] Achmus und Kaiser, „Prognose von Bauwerkserschütterungen infolge Ramm- und Vibrationsverdichtungsarbeiten“, *XIII. Donau-Europäische Konferenz, Ljubljana*, 2006.
- [7] P. Attewell, „Estimation of ground vibration from driven piling based on statistical analyses of recorded data“, *Geotechnical & Geological Engineering*, Bd. 10, Nr. 1, p. 41 ff., 1992.
- [8] BImSchG, *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge*, 2021.
- [9] Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz - Abteilung Umwelt, Klimaschutz, Nachhaltigkeit, *Amtsblatt für Brandenburg: Leitlinie zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (Erschütterungs-Leitlinie)*, Brandenburg, 10. Januar 2022.
- [10] LAI - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, *Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen*, 06.03.2018.

- [11] BauNVO, *Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO)*, 2023.
- [12] DIN EN 1594, *Gasinfrastruktur - Rohrleitungen für einen maximal zulässigen Betriebsdruck über 16 bar - Funktionale Anforderungen*, 2013.
- [13] Epiroc MB 1500, „Technische Daten - Hydraulik Hämmer MB & HB-Reihe,“ Abrufdatum: 04.02.2021.
- [14] BOMAG BW 120 AD-5, „Technische Daten - Tandemwalzen,“ Abrufdatum: 20.02.2024.
- [15] BOMAG BW 211 D-5, „Technische Daten - Walzenzüge,“ Abrufdatum: 15.05.2022.
- [16] R. Prof. Dr.-Ing. Rießberger, „40 Jahre "dynamische Gleisstabilisation",“ 2015.
- [17] *Technische Daten, Walzenzüge, BW 211 D-5, BW 219 PD-5*, Abrufdatum: 06.07.2021.
- [18] Müller MS-5 HFVR, „Technische Daten - MS-5 Hochfrequenz Vibrationsramme,“ Abrufdatum: 09.07.2021.
- [19] Die Autobahn GmbH des Bundes, „ARBEITSHILFE zum Umgang mit baubedingten Lärm- und Erschütterungsimmissionen (Version V.1),“ 20.10.2023.





Legende:

Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freinbrink-Nord**  
**Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung**

Titel:  
**Lageplan Rechengebiet**

Plan- bzw. Anlagennummer: **A 1.1**      Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

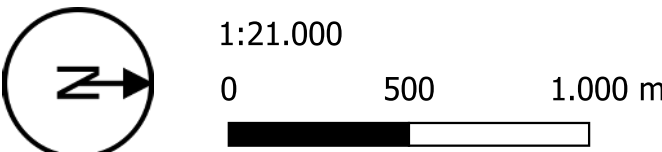
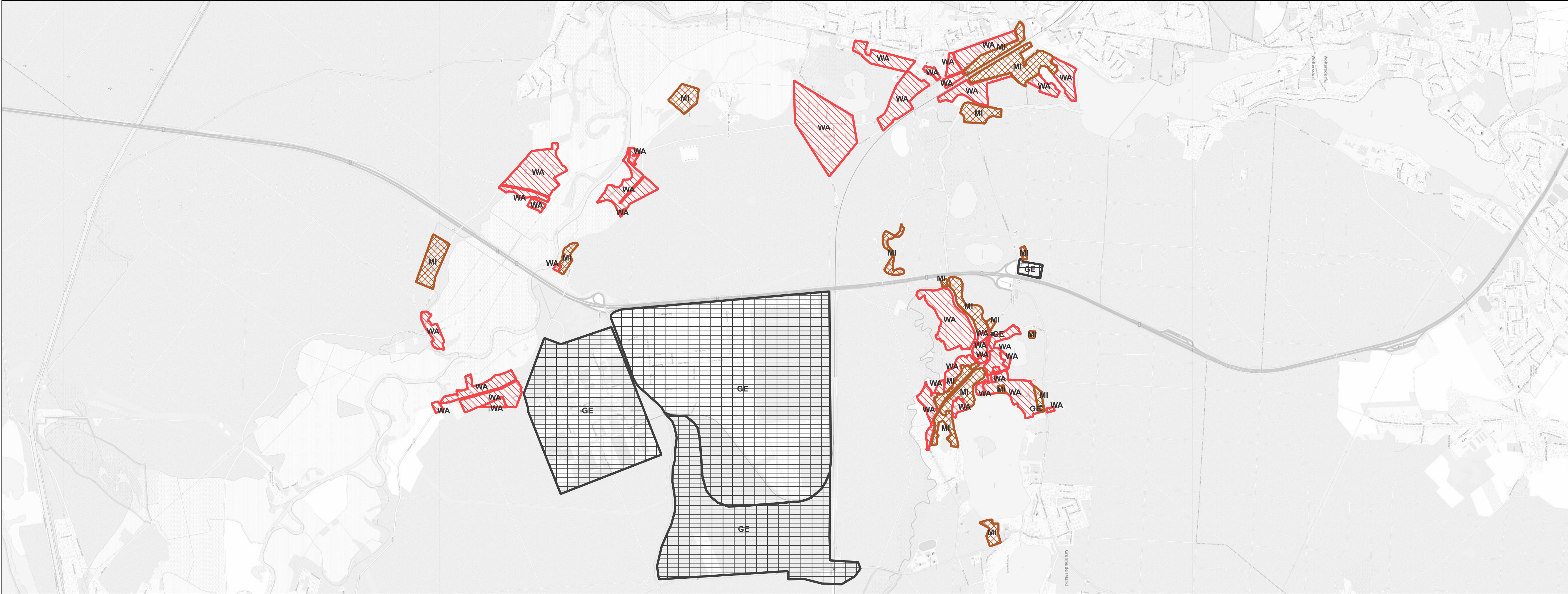
Bearbeiter: **H. Unruh**      Projektnummer: **24/7011**



FCP IBU GmbH

Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen





Legende:

- Gebäude im Rechenmodell
- Gebietseinstufung
  - Gewerbegebiet
  - Mischgebiet
  - Sondergebiet
  - Allgemeines Wohngebiet
  - Reines Wohngebiet

Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung

Titel:  
**Gebietseinstufung nach BauNVO**

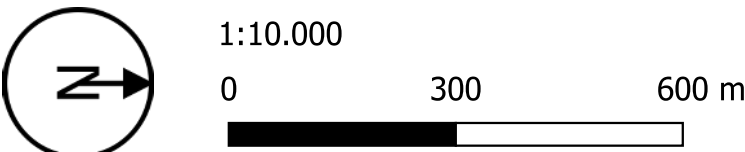
Plan- bzw. Anlagennummer: **A 1.2**  
Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

Bearbeiter: **H. Unruh**  
Projektnummer: **24/7011**



FCP IBU GmbH  
Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen





Legende:

- Schallschutzwand
- Gebäude im Rechenmodell
- Quellen
- Einsatzbereich baggermontierter Abbruchmeißel
- Einflussbereich nach DIN 4150-3 für baggermontierten Abbruchmeißel

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebenen Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

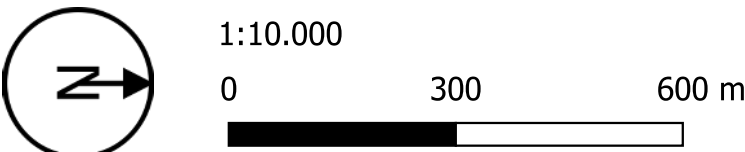
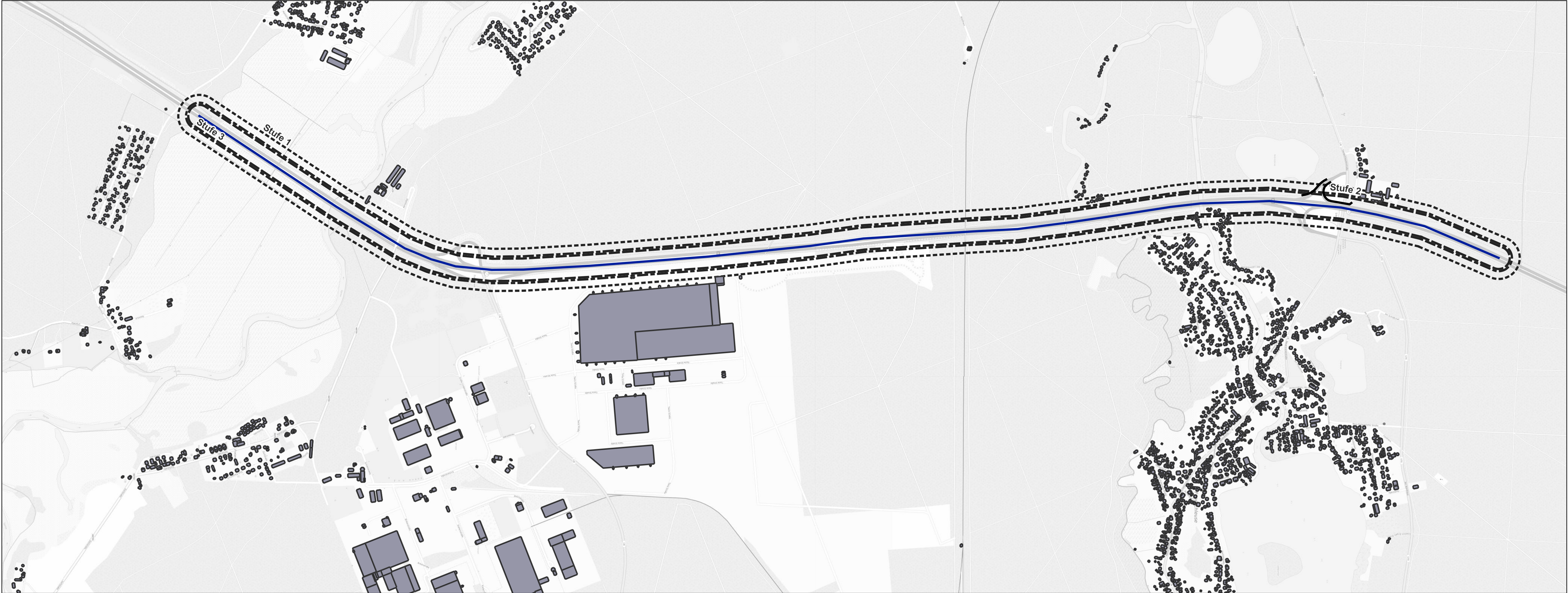
Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
**Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung**

Titel:  
**Einflussbereich eines baggermontierten Abbruchmeißels nach DIN 4150-3**

Plan- bzw. Anlagennummer: **A 2.1.1**      Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

Bearbeiter: **H. Unruh**      Projektnummer: **24/7011**





Legende:

- Schallschutzwand
- Gebäude im Rechenmodell
- Quellen
- Einsatzbereich baggermontierter Abbruchmeißel
- Einflussbereich nach DIN 4150-2  
Stufe 1 Tag für baggermontierten Abbruchmeißel
- Einflussbereich nach DIN 4150-2  
Stufe 2 Tag für baggermontierten Abbruchmeißel
- Einflussbereich nach DIN 4150-2  
Stufe 3 Tag für baggergebundenen Abbruchmeißel

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebenen Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

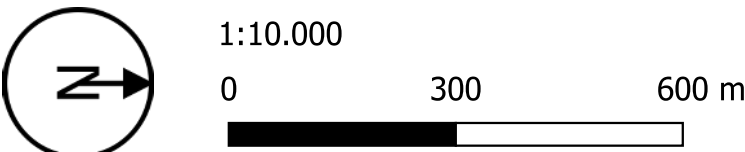
Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
**Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung**

Titel:  
**Einflussbereich eines baggermontierten Abbruchmeißels nach DIN 4150-2 am Tag**

Plan- bzw. Anlagennummer: **A 2.1.2** Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

Bearbeiter: **H. Unruh** Projektnummer: **24/7011**





Legende:

- Schallschutzwand
- Gebäude im Rechenmodell
- Quellen
- Einsatzbereich Tandemwalze
- Einflussbereich nach DIN 4150-3 für Tandemwalze

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebenen Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

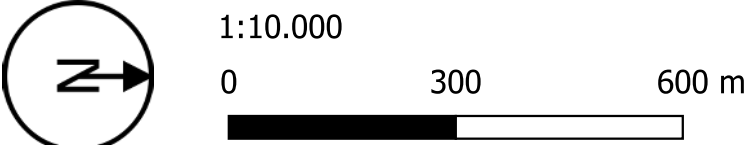
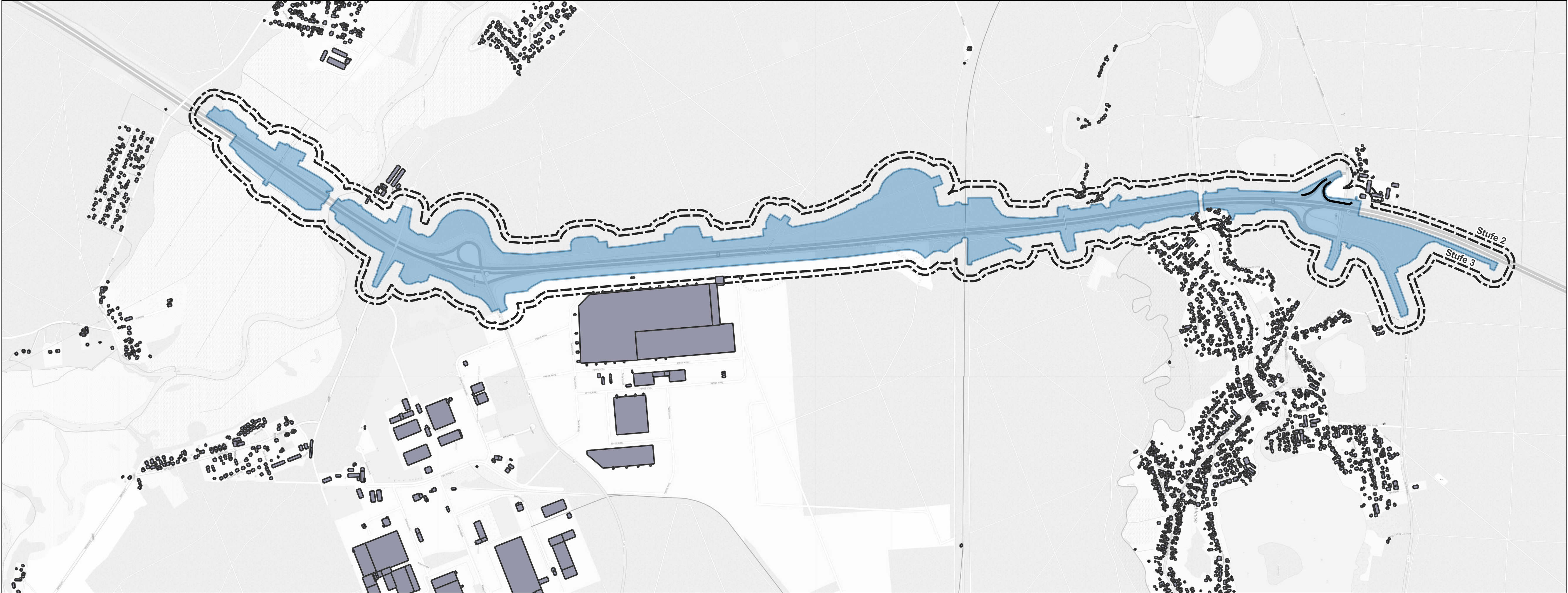
Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
**Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung**

Titel:  
**Einflussbereich Tandemwalze nach DIN 4150-3**

Plan- bzw. Anlagennummer: **A 2.2.1**      Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

Bearbeiter: **H. Unruh**      Projektnummer: **24/7011**





Legende:

- Schallschutzwand
- Gebäude im Rechenmodell
- Quellen
- Einsatzbereich Tandemwalze
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 1 Tag für Tandemwalze
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 2 Tag für Tandemwalze
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 3 Tag für Tandemwalze

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebene Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

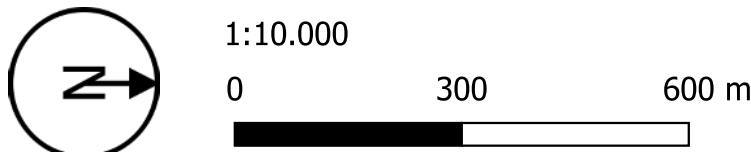
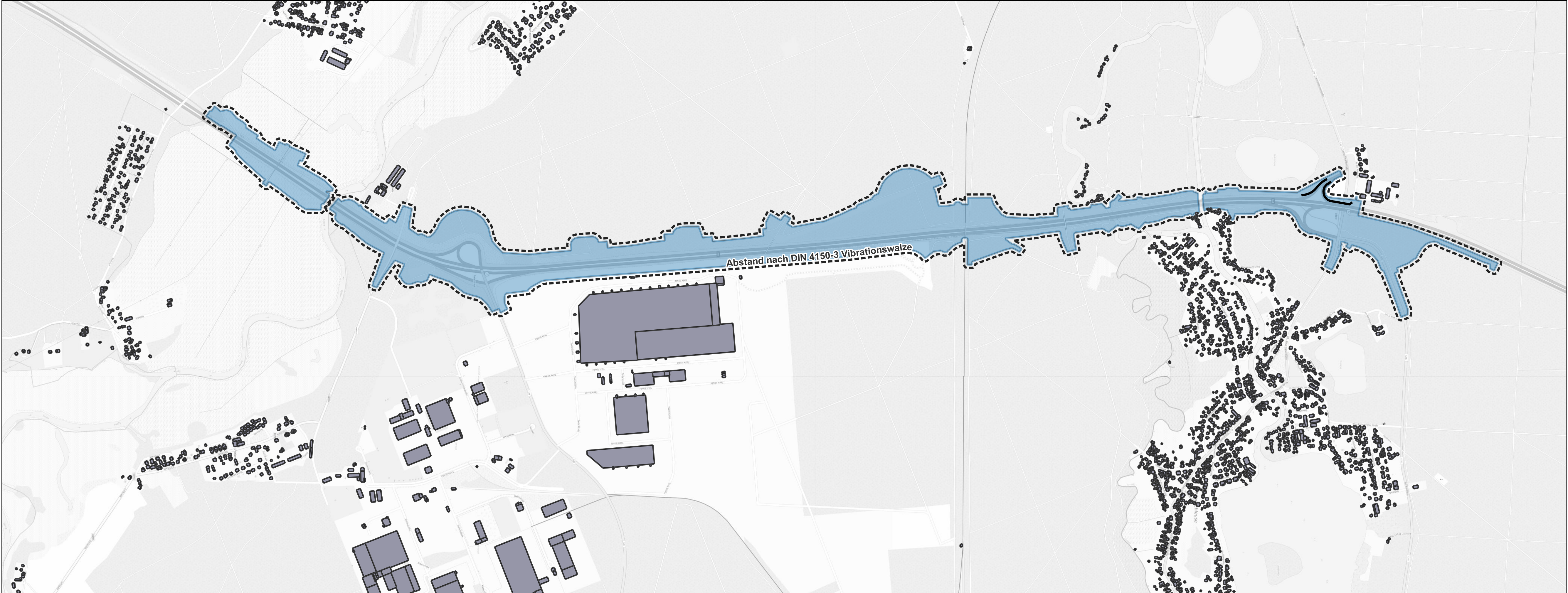
Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
**Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung**

Titel:  
**Einflussbereich Tandemwalze nach DIN 4150-2 Tag**

Plan- bzw. Anlagennummer: **A 2.2.2**      Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

Bearbeiter: **H. Unruh**      Projektnummer: **24/7011**





Legende:

- Schallschutzwand
- Gebäude im Rechenmodell
- Quellen
- Einsatzbereich Vibrationswalze
- Einflussbereich nach DIN 4150-3 Vibrationswalze

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebene Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

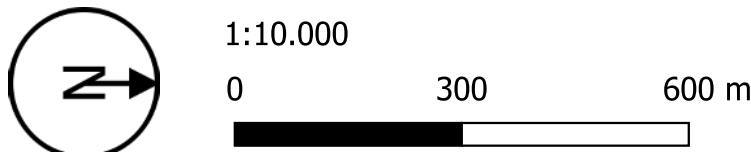
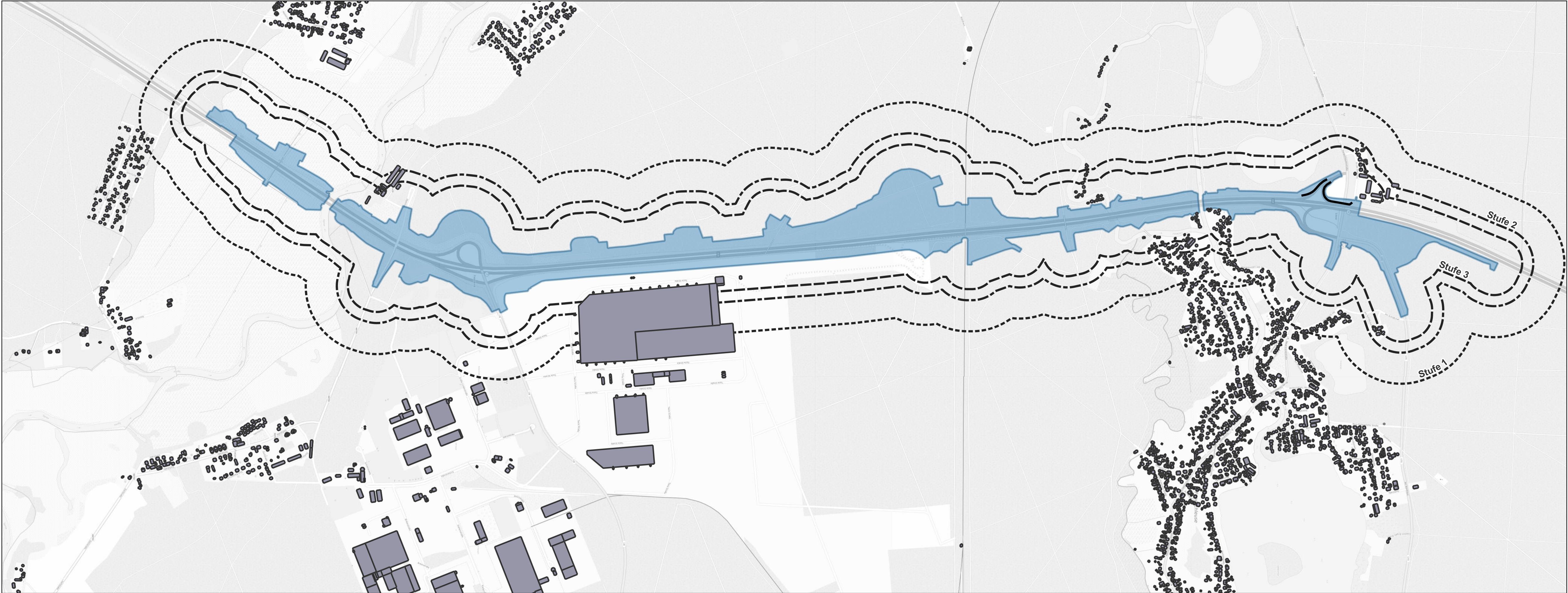
Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
**Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung**

Titel:  
**Einflussbereich Vibrationswalze nach DIN 4150-3**

Plan- bzw. Anlagennummer: **A 2.3.1**      Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

Bearbeiter: **H. Unruh**      Projektnummer: **24/7011**





Legende:

- Schallschutzwand
- Gebäude im Rechenmodell
- Quellen
  - Einsatzbereich Vibrationswalze
  - Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 1 Tag für Vibrationswalze
  - Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 2 Tag für Vibrationswalze
  - Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 3 Tag für Vibrationswalze

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebene Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
**Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung**

Titel:  
**Einflussbereich Vibrationswalze nach DIN 4150-2 Tag**

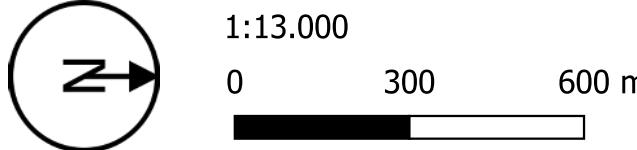
Plan- bzw. Anlagennummer: **A 2.3.2**      Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

Bearbeiter: **H. Unruh**      Projektnummer: **24/7011**



FCP IBU GmbH  
Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen





- Legende:
- Schallschutzwand
  - Gebäude im Rechenmodell
  - Quellen
  - Einsatzbereich Vibrationswalze
  - Einflussbereich nach DIN 4150-2 Nacht Vibrationswalze Gebiet WA/WR
  - Einflussbereich nach DIN 4150-2 Nacht Vibrationswalze Gebiet MI
  - Einflussbereich nach DIN 4150-2 Nacht Vibrationsramme Gebiet GE

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebene Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

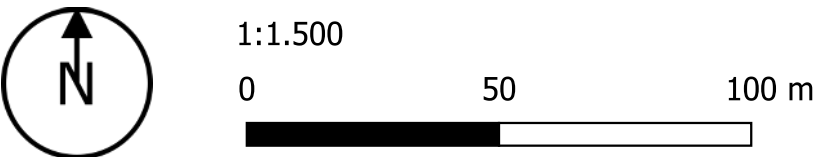
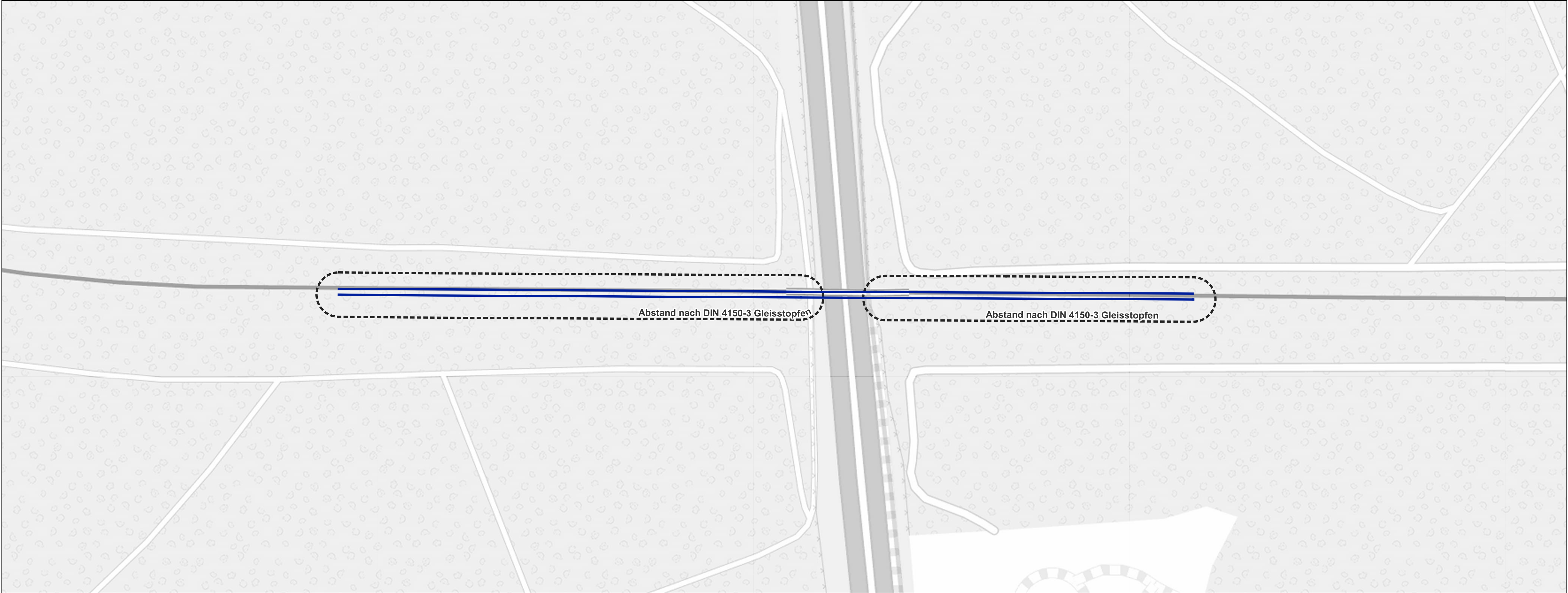
Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
**Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung**

Titel:  
**Einflussbereich Vibrationswalze nach DIN 4150-2 Nacht**

Plan- bzw. Anlagennummer: **A 2.3.3**  
Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

Bearbeiter: **H. Unruh**  
Projektnummer: **24/7011**





Legende:

- Schallschutzwand
- Gebäude im Rechenmodell
- Quellen
- Bereich Gleisstabilisierung
- Einflussbereich nach DIN 4150-3 für Gleisstabilisierungsmaschine

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebene Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
**Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung**

Titel:  
**Einflussbereich Gleisstabilisierung nach DIN 4150-3**

Plan- bzw. Anlagennummer: **A 2.4.1**  
Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

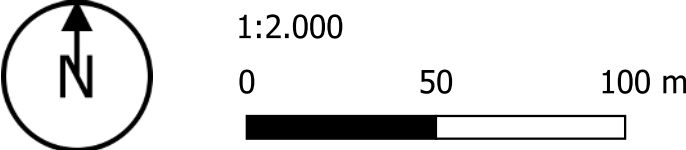
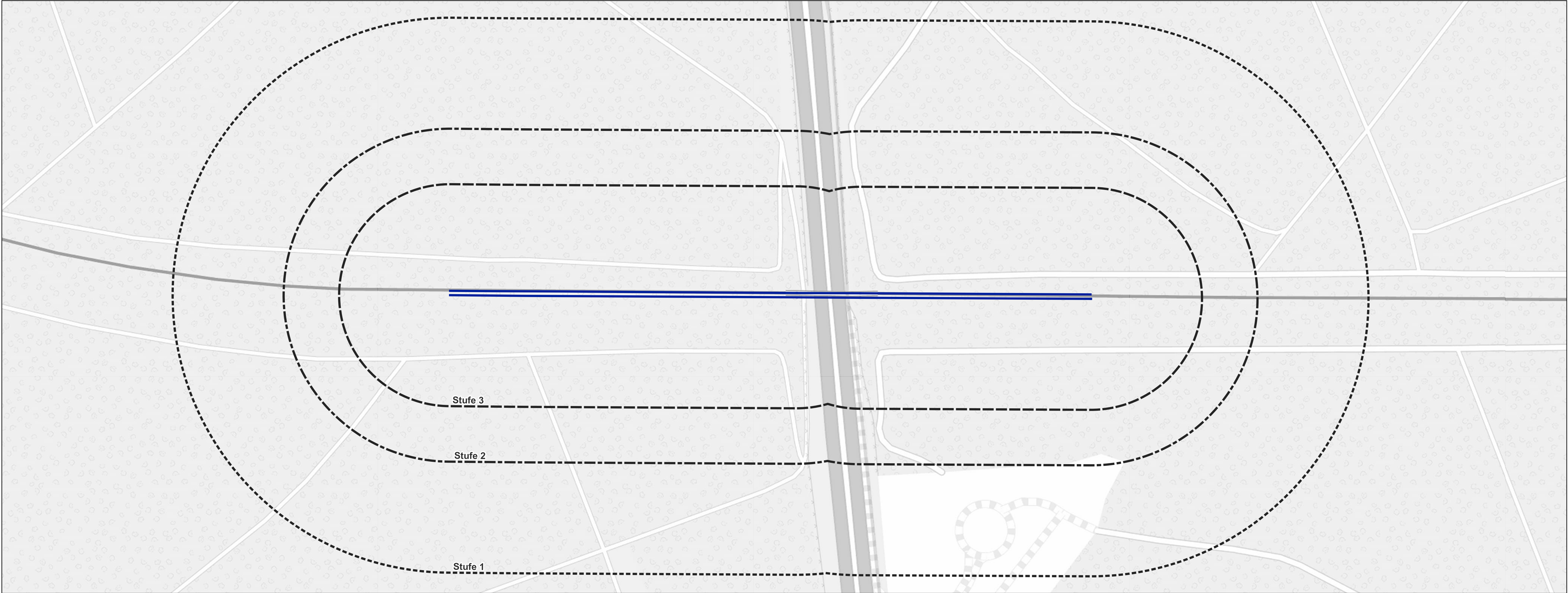
Bearbeiter: **H. Unruh**  
Projektnummer: **24/7011**



FCP IBU GmbH

Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen





Legende:

- Schallschutzwand
- Gebäude im Rechenmodell
- Quellen
- Bereich Gleisstabilisierung
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 1 Tag für Gleisstabilisierungsmaschine
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 2 Tag für Gleisstabilisierungsmaschine
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 3 Tag für Gleisstabilisierungsmaschine

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebenen Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
**Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung**

Titel:  
**Einflussbereich Gleisstabilisierung nach DIN 4150-2 Tag**

Plan- bzw. Anlagennummer: **A 2.4.2**      Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

Bearbeiter: **H. Unruh**      Projektnummer: **24/7011**



FCP IBU GmbH  
Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen

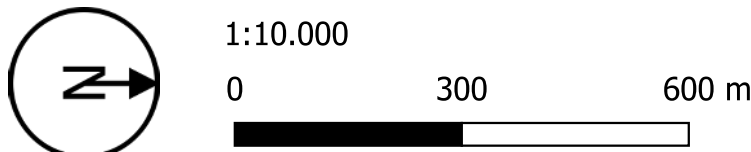
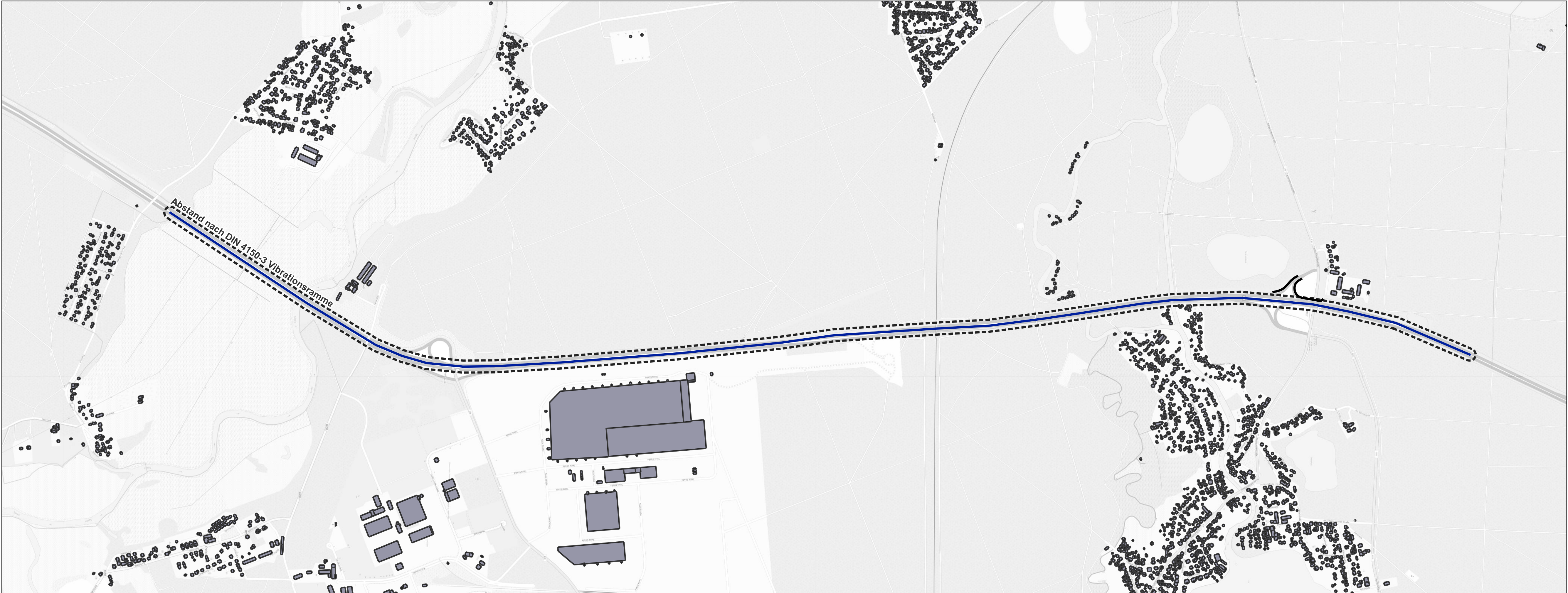


Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

**Einflussbereich Gleisstabilisierung nach DIN 4150-2 Nacht**

Bearbeiter: **H. Unruh**      Projektnummer: **24/7011**





- Legende:
- Schallschutzwand
  - Gebäude im Rechenmodell
  - Quellen
  - Bereich Vibrationsramme
  - Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 3 Tag für Vibrationsramme

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebene Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

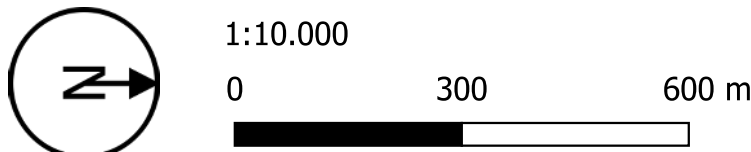
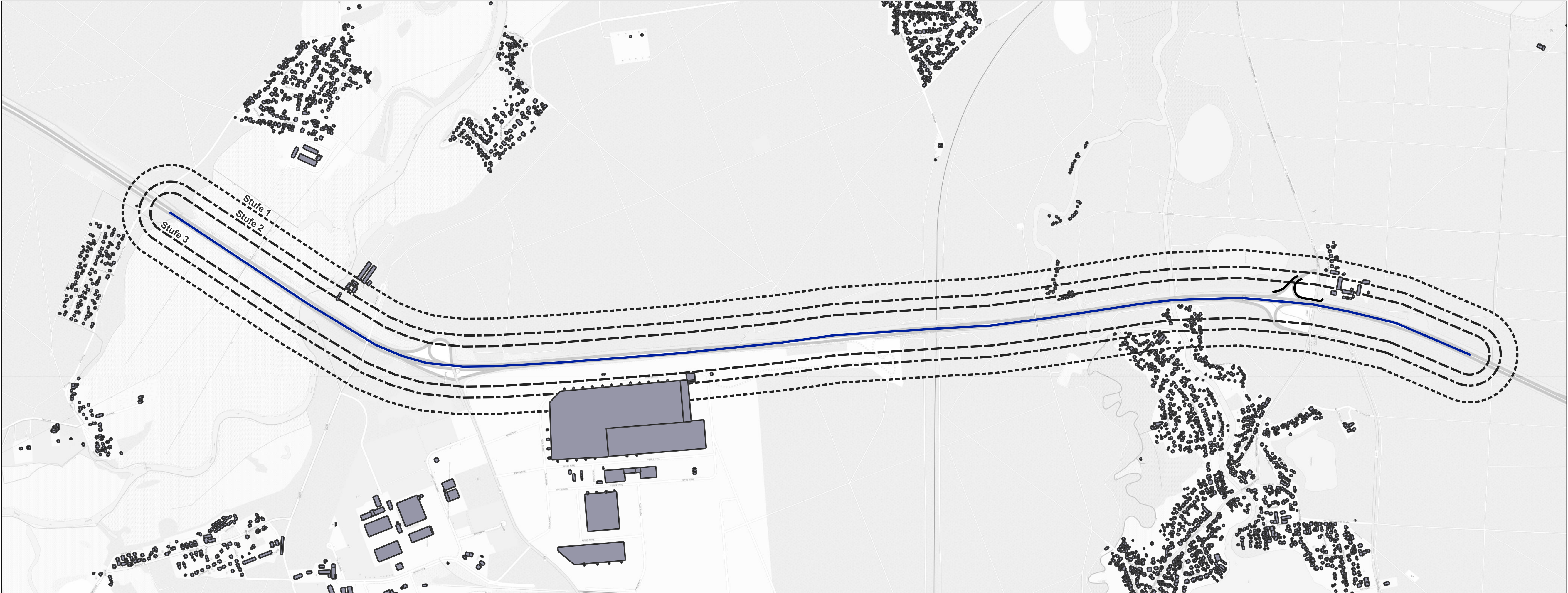
Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung

Titel:  
**Einflussbereich Vibrationsramme nach DIN 4150-3**

Plan- bzw. Anlagenummer:	Bearbeitungsstand:
<b>A 2.5.1</b>	<b>15.11.2024</b>
Bearbeiter:	Projektnummer:
<b>H. Unruh</b>	<b>24/7011</b>





Legende:

- Schallschutzwand
- Gebäude im Rechenmodell
- Quellen
- Bereich Vibrationsramme
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 1 Tag für Vibrationsramme
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 2 Tag für Vibrationsramme
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Stufe 3 Tag für Vibrationsramme

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebene Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung

Titel:  
**Einflussbereich Vibrationsramme nach DIN 4150-2 Tag**

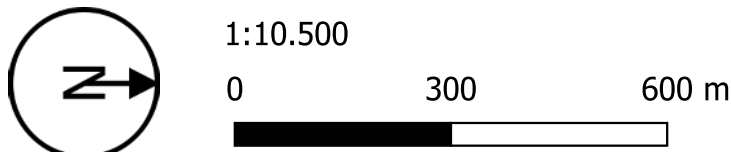
Plan- bzw. Anlagennummer: **A 2.5.2** Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

Bearbeiter: **H. Unruh** Projektnummer: **24/7011**



FCP IBU GmbH  
Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen





Legende:

- Schallschutzwand
- Gebäude im Rechenmodell
- Quellen
- Bereich Vibrationsramme
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Nacht für Vibrationsramme Gebiet WA/WR
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Nacht für Vibrationsramme Gebiet MI
- Einflussbereich nach DIN 4150-2 Nacht für Vibrationsramme Gebiet GE

Die in diesem Plan dargestellten Einflussbereiche gelten nur für das im Gutachten beschriebene Baugerät in der im Gutachten beschriebenen Leistungsklasse.

Die Einflussbereiche entsprechen einer groben Prognose unter den im Gutachten beschriebenen Randbedingungen und Genauigkeiten.

Projekt:  
**A 10, km 30,500, Neubau der AS Freienbrink-Nord**  
Unterlage 17.3: baubedingte Lärm- und Erschütterungsuntersuchung

Titel:  
**Einflussbereich Vibrationsramme nach DIN 4150-2 Nacht**

Plan- bzw. Anlagennummer: **A 2.5.3** Bearbeitungsstand: **15.11.2024**

Bearbeiter: **H. Unruh** Projektnummer: **24/7011**



FCP IBU GmbH  
Immissionsschutz  
Baudynamik  
Umweltingenieurwesen