

Hanse- und Universitätsstadt Rostock

Neubau Warnowbrücke in Rostock

PROJIS-Nr.:

Unterlage 17.1:
Erschütterungsprognose der
Baumaßnahmen

| | |
|---|--|
| aufgestellt: Hanse- und Universitätsstadt Rostock Büro des Oberbürgermeisters Fachbereich BUGA Warnowufer 65 18057 Rostock gez. Renate Behrmann Rostock, den 19.07.2021 | |
| | |

Neubau Warnowbrücke in Rostock

Erschütterungsprognose der Baumaßnahmen im Vorfeld der Bauarbeiten

Auftraggeber: Hansestadt Rostock
 Fachbereich BUGA
 Warnowufer 65
 18057 Rostock

Berichtsnummer: Y0846.001.01.001

Dieser Bericht umfasst 13 Seiten Text und 7 Seiten Anhang.



Akkreditierung nach
DIN EN ISO/IEC 17025
für die Prüffarten Geräusche,
Erschütterungen und
Bauakustik

Höchberg / Hamburg, 22.01.2021

Bekanntgegebene
Messstelle nach
§ 29b BImSchG
für Geräusche und
Erschütterungen



Dipl.-Ing. Harald Breitbach
Bearbeitung



Dr.-Ing. Markus Richter
Prüfung und Freigabe
fachliche Verantwortung

VMPA-anerkannte
Schallschutzprüfstelle
nach DIN 4109,
VMPA-SPG-210-04-BY

Änderungsindex

| Version | Datum | Geänderte Seiten | Hinzugefügte Seiten | Erläuterungen |
|---------|------------|---------------------|------------------------|---------------|
| 001 | 22.01.2021 | - | - | Erstellung |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Aufgabenstellung | 3 |
| 2 | Unterlagen, Abkürzungen | 3 |
| 2.1 | Unterlagenverzeichnis | 3 |
| 2.2 | Abkürzungsverzeichnis | 3 |
| 3 | Situation vor Ort, Bauablauf | 4 |
| 4 | Anforderungen zum Erschütterungsschutz..... | 5 |
| 5 | Angaben zur Prognose..... | 6 |
| 5.1 | Baugeräten..... | 6 |
| 5.1.1 | Stadthafen..... | 6 |
| 5.1.2 | Gehlsdorfer Ufer..... | 7 |
| 5.2 | Baugrund und Bodenkennwerte | 7 |
| 5.2.1 | Stadthafen..... | 7 |
| 5.2.2 | Gehlsdorfer Ufer..... | 7 |
| 5.3 | Prognose der zu erwartenden Erschütterungen | 7 |
| 5.3.1 | Stadthafen..... | 8 |
| 5.3.2 | Gehlsdorfer Ufer..... | 9 |
| 6 | Beurteilung..... | 10 |
| 6.1 | Beurteilung der Einwirkungen auf bauliche Anlagen nach DIN 4150-3 | 10 |
| 6.1.1 | Stadthafen..... | 10 |
| 6.1.2 | Gehlsdorfer Ufer..... | 11 |
| 6.2 | Beurteilung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150-2..... | 11 |
| 6.2.1 | Stadthafen..... | 11 |
| 6.2.2 | Gehlsdorfer Ufer..... | 12 |
| 7 | Fazit, Empfehlungen | 12 |

Anhänge

| Anhang | Inhalt | Seite |
|--------|---|-------|
| A | Übersichtsplan, Baugrundverhältnisse, Anhaltswerte der DIN 4150 | A1-A7 |

1 Aufgabenstellung

Die Hansestadt Rostock plant den Bau einer Geh- und Radwegbrücke über die Warnow im Stadtzentrum von Rostock. Die Brücke soll den Stadthafen im Süden mit dem nördlich gelegenen Gehlsdorfer Ufer verbinden. Die Umsetzung des Bauvorhabens ist bis zum Jahr 2024 vorgesehen.

Vor Beginn des Bauvorhabens ist eine Prognose der baubedingten Erschütterungen zu erstellen. Bei Bedarf sind geeignete Maßnahmen zur Minderung der Immissionen bzw. zur Vermeidung von Belästigungen der Anwohner abzuleiten. Die Ergebnisse der Prognose und daraus abgeleitete Empfehlungen sind in diesem Bericht dargelegt.

2 Unterlagen, Abkürzungen

2.1 Unterlagenverzeichnis

| Nr. | Dokument | Bezeichnung / Beschreibung | |
|------|---|---|---------|
| [01] | DIN 4150 | Erschütterungen im Bauwesen | |
| | [01a] | Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen | 2001-06 |
| | [01b] | Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden | 1999-06 |
| | [01c] | Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen | 2016-12 |
| [02] | DIN 45669 | Messung von Schwingungsimmissionen | |
| | [02a] | Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung | 2010-09 |
| | [02b] | Teil 2: Messverfahren | 2005-06 |
| [03] | Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten | Grundlagen – Messergebnisse – Prognosen, Achmus, Kaiser, tom Wörden | 2004 |
| [04] | Empfehlungen des AK „Baugrunddynamik“ | Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. 2. Auflage, Verlag Ernst & Sohn | 2019 |
| [05] | Besprechungsprotokoll | Planungsberatung PB 042 | 2020-12 |
| [06] | Geotechnische Ersteinschätzung der Baugrundverhältnisse | Beschreibung der Baugrundverhältnisse im Stadthafen und am Gehlsdorferufer auf Grundlage von Altaufschlüssen, Inros Lackner | 2020-12 |
| [07] | Allgemeiner Bauablauf | Stichpunktartiger Bauablaufplan, Inros Lackner | 2020-12 |
| [08] | Rammtechnologie | Angaben zu den geplanten Technologien zum Einbringen der Stahlrohrpfähle, Inros Lackner | 2020-12 |
| [09] | Übersichtskarte | Übersichtskarte der Baumaßnahme und der Umgebung mit Kennzeichnung der Schutzziele sowie der Gebietseinstufungen, Inros Lackner | 2020-12 |
| [10] | Angaben per Mail | Angaben zu den Gründungsverhältnissen der Sachgüter im Stadthafen sowie zum Alten Fährhaus, Hansestadt Rostock | 2020-12 |

2.2 Abkürzungsverzeichnis

| Abkürzung | Bedeutung |
|--------------------------------|--|
| WA/MI/GE | Wohn-/Misch-/Gewerbegebiet gemäß Baunutzungsverordnung (BauNVO) |
| BV | Bauvorhaben |
| UG, EG, OG | Untergeschoss, Erdgeschoss, Obergeschoss |
| $v_{F,max} / v_{D,max}$ [mm/s] | maximale Fundamentalschwinggeschwindigkeit / maximale Deckenschwinggeschwindigkeit |
| KB_{Fmax} [-] | Taktmaximalwert der bewerteten Schwingstärke nach [01b] |
| KB_{FTr} [-] | Beurteilungsschwingstärke, nach [01b] unter Berücksichtigung d. Einwirkungsdauer |

3 Situation vor Ort, Bauablauf

Der Bauablauf zur Errichtung der Warnowbrücke wurde [07] entnommen. Für die Erschütterungsprognose sind ausschließlich die Arbeiten an den Ufern der Warnow relevant. Besonders die Tiefbauarbeiten zur Herstellung der Pfahlgründungen der Widerlager haben eine große Bedeutung für die Entstehung von Erschütterungen. Die Rammarbeiten zur Herstellung der Brückenpfeiler und Leitwerke in der Warnow werden der größeren Entfernung zu den Schutzziele nicht betrachtet. Zusätzlich zu den in [07] genannten Arbeiten wird die Oberflächenverdichtung der Straßenbauarbeiten am Gehlsdorfer Ufer mit in die Prognose aufgenommen.

Für die Erschütterungsprognose wurde von den Brückenplanern eine Worst-Case-Betrachtung erarbeitet, die als Grundlage für die Prognose herangezogen wird [05]. Die für die Prognose als erschütterungsrelevant angenommenen Baumaßnahmen bzw. –geräte sind in Kapitel 5.1 beschrieben.

Sowohl am nördlichen als auch am südlichen Ufer der Warnow wurden mehrere Schutzziele von der Hansestadt Rostock vorgegeben [05]. Das Erschütterungsgutachten betrachtet neben den denkmalgeschützten Bereichen auch das Schutzgut Mensch (Wohnbebauung) und weiterer Sachgüter [05]. Ein Übersichtsplan der Baumaßnahmen und der Umgebung bzw. der Schutzziele ist in Anlage A auf Seite A1 zu finden.

Am südlichen Ufer im Bereich des Stadthafens befindet sich südlich der Strandstraße Wohnbebauung, die als Denkmalbereich ausgewiesen ist. Einzelne Häuser in diesem Bereich sind zusätzlich als Einzeldenkmäler gekennzeichnet. Für die Bewertung der Prognoseergebnisse wurden zwei Schutzziele (Nr. 1 und 2) ausgewählt, die den Erschütterungsquellen am nächsten gelegen sind. Zusätzlich werden im Stadthafen zwei weitere Sachgüter (Nr. 3 und 4) betrachtet. Die Schutzziele und deren Entfernungen zu den Erschütterungsquellen sind in Tabelle 3.1 aufgeführt.

Tabelle 3.1 Schutzziele im Stadthafen

| Nr. | Schutzziel, Adresse | Abstand r zur Erschütterungsquelle [m] |
|-----|--|--|
| 1 | Wohnbebauung, Denkmalbereich, Strandstraße 36, 18055 Rostock | 120 m |
| 2 | Einzeldenkmal, Wokrenterstraße 27, 18055 Rostock | 140 m |
| 3 | Sachgut, eingestuft als Einzeldenkmal Holzkrän | 115 m |
| 4 | Sachgut, eingestuft als Einzeldenkmal Hafenkran | 350 m |

Am Gehlsdorfer Ufer liegen in unmittelbarer Nähe zum Brückenwiderlager und damit zur maßgebenden Erschütterungsquelle zwei Einzeldenkmäler, das Alte Fährhaus und das Seglerheim (Nr. 5 und 6). Darüber hinaus wird in der Prognose das nächstgelegene Wohnhaus (Nr. 7) und ein weites Einzeldenkmal (Nr. 8) als Schutzziel betrachtet. Die Schutzziele und deren Entfernungen zu den Erschütterungsquellen sind in Tabelle 3.2 aufgeführt.

Tabelle 3.2 Schutzziele am Gehlsdorfer Ufer

| Nr. | Schutzziel, Adresse | Abstand r zur Erschütterungsquelle [m] | |
|-----|---|--|--------------------|
| | | Tiefbauarbeiten | Straßenbauarbeiten |
| 5 | Einzeldenkmal, Altes Fährhaus, Fährberg 1, 18147 Rostock | 50 m | 5 m |
| 6 | Einzeldenkmal, Seglerheim Uferpromenade 5a, 18147 Rostock | 140 m | 90 m |
| 7 | Wohnbebauung, Fährstraße 15, 18147 Rostock | 325 m | 15 m |
| 8 | Einzeldenkmal, Fährstraße 14 d, 18147 Rostock | 350 m | 45 m |
| 9 | Wohnbebauung, Fährhufe 78, 18147 Rostock | 120 m | 20 m |
| 10 | Wohnbebauung, Gehlsheimer Straße 19, 18147 Rostock | 175 m | 115 m |

4 Anforderungen zum Erschütterungsschutz

Die Beurteilung von Erschütterungen bei Bauarbeiten erfolgt in der Regel gemäß DIN 4150 („Erschütterungen im Bauwesen“ [01]). Darin werden in Teil 1 der Norm Prognose-Formeln für die Erschütterungsausbreitung und typische Einwirkungen infolge verschiedener Verursacher beschrieben. In Teil 2 und 3 werden Anhaltswerte für die Belästigung von Personen sowie hinsichtlich möglicher Schädigungen der Bausubstanz angegeben.

In DIN 4150-3 werden Anhaltswerte für *Industriegebäude, Wohngebäude und gleichartige Bauten* und für *besonders erschütterungsempfindliche und besonders erhaltenswerte (z.B. unter Denkmalschutz stehende) Bauten* genannt. Dabei werden für die erstgenannte Kategorie die höchsten Anhaltswerte angeführt, für Wohngebäude und denkmalgeschützte Bauten jeweils niedrigere Anhaltswerte. Bei Einhaltung der Anhaltswerte sind keine Schäden im Sinne einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit zu erwarten. Dies schließt bei Gebäuden der beiden letztgenannten Einstufungen auch sog. Schönheitsschäden wie Risse im Putz ein. Im Anhang A sind die Anhaltswerte gemäß Norm für kurzzeitige Erschütterungen und für Dauererschütterungen angegeben.

Da es sich bei dem Schutzziel Nr. 7 um ein Wohngebäude handelt, sind die Anhaltswerte gemäß Zeile 2 der Tabellen 1 und 2 DIN 4150-3 heranzuziehen. Diese sind im Folgenden kurz zusammengefasst.

 Tabelle 4.1: Anhaltswerte der max. Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ nach DIN 4150, Teil 3 [01c] für Wohngebäude

| | Anhaltswerte $v_{i,max}$ in mm/s | | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------|----------------|---------------------------------|------------------|
| | Fundament, alle Richtungen | | | Oberste Deckenebene, horizontal | Decken, vertikal |
| | 1 Hz ÷ 10 Hz | 10 Hz ÷ 50 Hz | 50 Hz ÷ 100 Hz | Alle Frequenzen | Alle Frequenzen |
| kurzzeitige Erschütterungen | 5 | 5 ÷ 15 | 15 ÷ 20 | 15 | 20 |
| Dauererschütterungen | - | - | - | 5 | 10 |

Bei allen weiteren Schutzzielen handelt es sich um Bauten unter Denkmalschutz. Hierfür sind die Anhaltswerte gemäß Zeile 3 der Tabellen 1 und 2 DIN 4150-3 heranzuziehen. Diese sind im Folgenden kurz zusammengefasst.

Tabelle 4.2: Anhaltswerte der max. Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ nach DIN 4150, Teil 3 [01c] für denkmalgeschützte und besonders erschütterungsempfindliche Bauten

| | Anhaltswerte $v_{i,max}$ in mm/s | | | | |
|---|----------------------------------|---------------|----------------|---------------------------------|------------------|
| | Fundament, alle Richtungen | | | Oberste Deckenebene, horizontal | Decken, vertikal |
| | 1 Hz ÷ 10 Hz | 10 Hz ÷ 50 Hz | 50 Hz ÷ 100 Hz | Alle Frequenzen | Alle Frequenzen |
| kurzzeitige Erschütterungen | 3 | 3 ÷ 8 | 8 ÷ 10 | 8 | 20 ^{*)} |
| Dauererschütterungen | - | - | - | 2,5 | 10 ^{*)} |
| *) vgl. Erläuterungen auf den Anhangseiten A4/A5“ | | | | | |

DIN 4150, Teil 2, beurteilt die Belästigung von Anwohnern aufgrund der auf den Decken auftretenden maximalen bewerteten Schwingstärken sowie der Dauer der Einwirkung. Die Norm bezieht sich dabei auf Wohnungen bzw. Aufenthaltsräume. Speziell für Erschütterungen infolge Bauarbeiten gibt Kapitel 6.5.4 der Norm eine zusätzliche Bewertungsmöglichkeit; je nach Dauer der erschütterungsintensiven Bauarbeiten werden hier höhere Werte genannt (vgl. Anhang A).

Die Betriebszeiten für die Arbeiten werden für die spätere Beurteilung der Prognoseergebnisse zunächst konservativ mit 8 Stunden täglich angesetzt; der gesamte Bearbeitungszeitraum wird gemäß Tabelle 2 aus DIN 4150-2 mit max. D = 26 Tagen je Arbeitsschritt angesetzt. Bei dieser Dauer werden nur die Tage berücksichtigt, an denen gemäß Norm auch relevante Erschütterungen auftreten, d.h. es handelt sich nicht um die eigentliche Gesamtdauer der Baumaßnahme.

5 Angaben zur Prognose

5.1 Baugeräten

Unter Berücksichtigung der Angaben der Stadt Rostock [05] sowie des Planungsbüros [08] wird für die nachfolgenden Bauarbeiten bzw. –geräte eine Erschütterungsprognose erstellt.

5.1.1 Stadthafen

Einbringen der Stahlrohre zwischen den Achsen 0-10 sowie der Spundwand (südliches Widerlager)

- Vibrationsramme (Müller MS-48 HFV mit max. Leistungsaufnahme von 682 kN)
- Schlagramme (IHC S-150 mit max. Schlagenergie von 150 kNm)*

Abbruch des Bestandskaiholms

- Stemmbagger (E = 4 kNm, f = 10 Hz)

Die Herstellung von Bohrpfehlen, wie sie ggf. auf der BE-Fläche im Stadthafen vorgesehen sind, führen laut [01] in der Regel nicht zu wesentlichen Erschütterungen. Die Erschütterungen durch Schlag- und Vibrationrammen decken diesen Ansatz mit ab.

* Für die Schlagramme wird für die Prognoseformel der DIN 4150-1 ein Exponent von $n=0,5$ gewählt. Der Exponent n beschreibt die geometrische Abnahme der Schwingungsamplitude mit zunehmender Entfernung. Der Ansatz mit einem Wert von 0,5 liegt auf der sicheren Seite.

5.1.2 Gehlsdorfer Ufer

Einbringen der Stahlrohre in der Achse 190 (nördliches Widerlager)

- Vibrationsramme (Müller MS-48 HFV mit max. Leistungsaufnahme von 682 kN)
- Schlagramme (ICH S-150 mit max. Schlagenergie von 150 kNm)

Oberflächenverdichtung im Zuge der Straßenbauarbeiten (Fährberg, Wellenweg und Planstraße A)

- Rüttelplatte ($G = 500 \text{ kg}$, $f = 70 \text{ Hz}$)

5.2 **Baugrund und Bodenkennwerte**

Da die im Zuge der Baumaßnahme vorgesehenen Baugrundaufschlüsse zeitlich erst nach Abschluss der Erschütterungsprognose erfolgen, wird die Prognose auf Grundlage von Altaufschlüssen durchgeführt [05]. Aufgrund zahlreicher Altaufschlüsse lässt sich die Baugrundsituation sehr gut abschätzen. Die benötigten Bodenkennwerte werden [06] entnommen. Im Anhang A auf den Seiten A2 und A3 sind die Aufschlüsse dargestellt, die der Erschütterungsprognose als maßgebend zugrunde gelegt werden.

5.2.1 Stadthafen

Die maßgebenden Erschütterungen auf der Seite des Stadthafens sind infolge der Tiefbauarbeiten im Bereich des Brückenwiderlagers zu erwarten. Diese Arbeiten finden im direkten Wasserbereich an der Kaimauer statt, wo bis zu einer Tiefe von ca. -10 m HN Wasser und Mudde anstehen. Darunter liegen tragfähige Sande, in die die Stahlrohrpfähle und die Spundwände eingebracht werden. Die Übertragung von Erschütterungen ist somit über die tragfähigen Sande (SU und SE) zu erwarten.

Im Bereich der südlichen Wohnbebauung (Nr. 1 und 2) steht schon in Tiefen von ca. -2 m HN tragfähiger Boden in Form von Sanden an. Die Hafenkranne (Schutzziel Nr. 4) sind auf Pfählen gegründet [10], sodass davon ausgegangen werden kann, dass eine mögliche Übertragung von Erschütterungen über die tragfähigen Sandschichten erfolgen würde. Da zum Holzkran keine gesonderten Informationen zu den Gründungsverhältnissen vorliegen, wird vereinfacht eine ähnliche Gründung wie die der Hafenkranne angenommen.

Auf Grundlage der genannten Gegebenheiten wird als maßgebende Bodenart eine Mittelung aus SE und SU angenommen. Hierzu wird ein statischer Steifemodul von $E_s^{\text{stat}} = 40$ bis 80 MN/m^2 angesetzt woraus sich ein dynamischer Steifemodul von etwa $E_s^{\text{dyn}} = 160$ bis 256 MN/m^2 bestimmen lässt. Daraus ergibt sich eine mittlere Wellenausbreitungsgeschwindigkeit von $C_{R,\text{mittel}} = 126 \text{ m/s}$.

5.2.2 Gehlsdorfer Ufer

Die maßgebende Bodenart im Bereich des Gehlsdorfer Ufers ist sandig, steiniger und teilweise zäher Geschiebemergel [06]. Diese Bodenart wird im Folgenden als maßgebende Schicht für die Erschütterungsübertragung betrachtet. Es wird ein mittlerer statischer Steifemodul von $E_s^{\text{stat}} = 40 \text{ MN/m}^2$ angesetzt woraus sich ein dynamischer Steifemodul von etwa $E_s^{\text{dyn}} = 170 \text{ MN/m}^2$ ergibt. Die mittlere Wellenausbreitungsgeschwindigkeit beträgt $C_{R,\text{mittel}} = 132 \text{ m/s}$.

5.3 **Prognose der zu erwartenden Erschütterungen**

Im Folgenden sind die zu erwartenden Erschütterungsemissionen und deren Ausbreitung im Baugrund für den Stadthafen und das Gehlsdorfer Ufer zusammengestellt. Die Beurteilung der prognostizierten Erschütterungseinwirkungen ist Kapitel 6 zu entnehmen.

Die Ausbreitung der Erschütterungen wird auf Basis der DIN 4150-1 [01a] ermittelt; zusätzlich werden empirische Zusammenhänge aus der Fachliteratur und eigene Erfahrungswerte aus vorangegangenen Messungen herangezogen. Die Abbildung 5.1 und Abbildung 5.2 zeigen die prognostizierten Fundamentalschwingungsgeschwindigkeiten $v_{F,\text{max}}$ in Abhängigkeit des Abstands r zur Erschütterungsquelle.

Um die Zumutbarkeit der baubedingten Erschütterungen gemäß DIN 4150-2 [01b] und die Schadensrelevanz von Deckenschwingungen nach DIN 4150-3 [01c] beurteilen zu können, sind neben den Fundamentalschwinggeschwindigkeiten auch die zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten auf den Geschossdecken $v_{D,max}$ zu prognostizieren und in den Tabelle 5.1 und Tabelle 5.3 angegeben; hierfür werden die Fundamentalschwinggeschwindigkeiten mit entsprechenden Übertragungsfaktoren k^{F-D} in Anlehnung an [03] multipliziert.

Die in Tabelle 5.1 und Tabelle 5.3 genannten Abschätzungen für die Schwinggeschwindigkeiten gelten für die vertikale Schwingungsrichtung. Bei den horizontalen Richtungen sind bei massiven Gebäuden keine signifikanten Überhöhungen zu erwarten. Die Werte in der vertikalen Schwingrichtung sind üblicherweise maßgebend.

5.3.1 Stadthafen

Für die Prognose werden nur die Schutzziele betrachtet, die der Erschütterungsquelle am nächsten liegen. Da eine Zunahme des Abstands r zu einer Abnahme des Erschütterungsniveaus führt, müssen weiter entfernt liegende Schutzziele nicht näher betrachtet werden, wenn die Anhaltswerte für die näheren Schutzziele eingehalten werden. Es wird daher nur das nächstgelegene Wohnhaus (Nr. 1) und der Holzkran (Nr. 3) betrachtet.

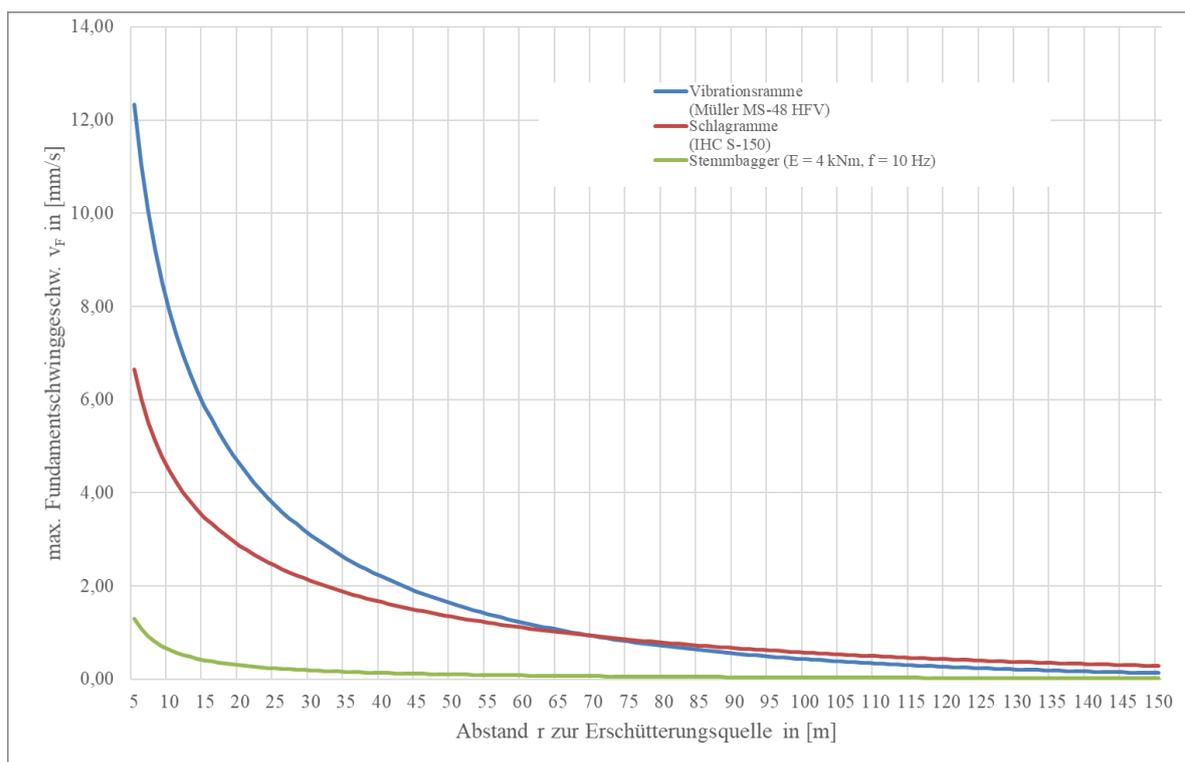


Abbildung 5.1: Prognostizierte Fundamentalschwinggeschwindigkeiten $v_{F,max}$ im Stadthafen

Der in Tabelle 5.1 angegebene k^{F-D} Wert gilt nach [03] für Holzbalkendecken. Für Massivdecken kann ein geringerer Übertragungsfaktor gewählt werden, so dass der Wert von 2,5 auf der sicheren Seite liegt. Für den Holzkran (Nr. 3) werden nur die Schwinggeschwindigkeiten am Fundament berechnet.

Tabelle 5.1: Prognostizierte vertikale Schwinggeschwindigkeiten $v_{F,max}$ und $v_{D,max}$ zur Beurteilung nach DIN 4150-3

| Schutzziel Nr. | Arbeitsvorgang / Baugerät | Abstand r | $v_{F,max}$ (vgl. Abbildung 5.1) | k^{F-D} nach [03] | $v_{D,max} = v_{F,max} * k^{F-D}$ |
|----------------|---------------------------|-----------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1 | Vibrationsramme | 120 m | 0,27 mm/s | 2,5 | 0,68 mm/s |
| | Schlagramme | 120 m | 0,43 mm/s | 2,5 | 1,08 mm/s |
| | Stemmbagger | 120 m | 0,03 mm/s | 2,5 | 0,08 mm/s |
| 3 | Vibrationsramme | 115 m | 0,30 mm/s | - | - |
| | Schlagramme | 115 m | 0,46 mm/s | - | - |
| | Stemmbagger | 115 m | 0,03 mm/s | - | - |

Für die Bewertung des Schutzgutes Mensch wird nur die Wohnbebauung im Stadthafen, demnach nur das Schutzziel Nr. 1 betrachtet.

 Tabelle 5.2: Prognostizierte max. bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} zur Beurteilung nach DIN 4150-2

| Schutzziel Nr. | Arbeitsvorgang / Baugerät | Abstand r | KB_{Fmax} | Frequenz | KB_{FT} |
|----------------|---------------------------|-----------|-------------|----------|-----------|
| 1 | Vibrationsramme | 120 m | 0,43 | 39 Hz | 0,30 |
| | Schlagramme | 120 m | 0,44 | 20 Hz | 0,31 |
| | Stemmbagger | 120 m | 0,03 | 10 Hz | 0,02 |

5.3.2 Gehlsdorfer Ufer

Auch am Gehlsdorfer Ufer werden nur die Schutzziele betrachtet, die der Erschütterungsquelle jeweils am nächsten liegt.

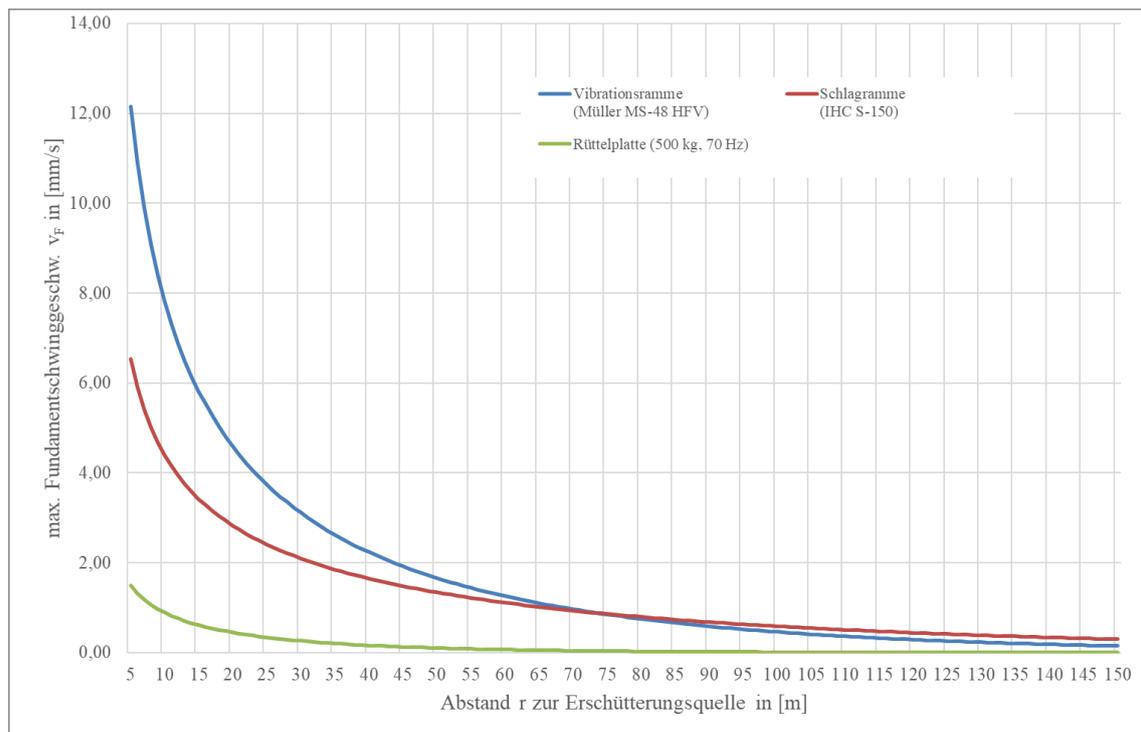

 Abbildung 5.2: Prognostizierte Fundamentalschwinggeschwindigkeiten $v_{F,max}$ am Gehlsdorfer Ufer

Tabelle 5.3: Prognostizierte vertikale Schwinggeschwindigkeiten $v_{F,max}$ und $v_{D,max}$ zur Beurteilung nach DIN 4150-3

| Schutzziel Nr. | Arbeitsvorgang / Baugerät | Abstand r | $v_{F,max}$ (vgl. Abbildung 5.2) | k^{F-D} nach [03] | $v_{D,max} = v_{F,max} * k^{F-D}$ |
|----------------|---------------------------|-----------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 5 | Vibrationsramme | 50 m | 1,66 mm/s | 2,5 | 4,15 mm/s |
| | Schlagramme | 50 m | 1,34 mm/s | 2,5 | 3,35 mm/s |
| | Rüttelplatte | 5 m | 1,49 mm/s | 2,5 | 3,73 mm/s |
| 7 | Rüttelplatte | 15 m | 0,62 mm/s | 2,5 | 1,55 mm/s |
| 8 | Rüttelplatte | 45 m | 0,13 mm/s | 2,5 | 0,33 mm/s |
| 9 | Vibrationsramme | 120 m | 0,17 mm/s | 2,5 | 0,43 mm/s |
| | Schlagramme | 120 m | 0,44 mm/s | 2,5 | 1,10 mm/s |

 Tabelle 5.4: Prognostizierte max. bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zur Beurteilung nach DIN 4150-2

| Schutzziel Nr. | Arbeitsvorgang / Baugerät | Abstand r | KB_{Fmax} | Frequenz | KB_{FTr} |
|----------------|---------------------------|-----------|-------------|----------|------------|
| 5 | Vibrationsramme | 50 m | 2,61 | 39 Hz | 1,85 |
| | Schlagramme | 50 m | 1,37 | 20 Hz | 0,97 |
| | Rüttelplatte | 5 m | 2,36 | 70 Hz | 1,67 |
| 7 | Rüttelplatte | 15 m | 0,98 | 70 Hz | 0,70 |
| 8 | Rüttelplatte | 45 m | 0,21 | 70 Hz | 0,15 |
| 9 | Vibrationsramme | 120 m | 0,27 | 39 Hz | 0,19 |
| | Schlagramme | 120 m | 0,45 | 20 Hz | 0,32 |

6 Beurteilung

Im Folgenden wird die Beurteilung der betrachteten Arbeitsvorgänge gemäß DIN 4150 Teil 2 [01b] („Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“) und Teil 3 [01c] („Einwirkungen auf bauliche Anlagen“) jeweils für den Stadthafen und das Gehlsdorfer Ufer vorgenommen.

Anmerkung: Die ermittelten Prognosewerte liegen „auf der sicheren Seite“, d.h. die tatsächlich auftretenden Erschütterungen werden vermutlich geringer sein: Bei beiden betrachteten Varianten wurden statistische Ansätze aus der Fachliteratur verwendet, die mit relativ großer Sicherheit eingehalten werden (84 %-Quantilwert).

6.1 Beurteilung der Einwirkungen auf bauliche Anlagen nach DIN 4150-3

Nach [03] können die von Schlagrammen (darunter fällt auch der Stemmagger) ausgehenden Erschütterungen in die Kategorie der kurzzeitigen Erschütterungen eingeordnet werden. Die Erschütterungen die von Vibrationsrammen und Rüttelplatten hervorgehen, müssen jedoch als Dauererschütterungen bewertet werden, bei denen lediglich Anhaltswerte für die Deckenschwinggeschwindigkeiten in [01c] angegeben werden.

6.1.1 Stadthafen

In Tabelle 6.1 sind die prognostizierten Schwinggeschwindigkeiten für die Fundamente und Decken der Schutzziele sowie die entsprechenden Anhaltswerte aus [01c] aufgeführt. Aus dem Vergleich wird ersichtlich, dass für alle Schutzziele im Stadthafen die Anhaltswerte eingehalten werden können. Durch den größeren Abstand zur Erschütterungsquelle werden die Anhaltswerte auch für die weiteren Wohngebäude (Nr. 2) und die Hafenkranne (Nr. 4) eingehalten. Da der Holzkrane über keine Decken

verfügt, wird die Beurteilung nur über die Fundamentalschwinggeschwindigkeit vorgenommen. Durch Anregung von Bauteil-Eigenfrequenzen kann es prinzipiell zu Überhöhungen kommen; bei Werten von $v_{F,max} < 1$ mm/s und einem Anhaltswert von 10 mm/s für Bauteilschwingungen werden jedoch auch bei einem sehr großen Überhöhungsfaktor von 10 die Anhaltswerte noch eingehalten.

Tabelle 6.1: Prognostizierte Schwinggeschwindigkeiten und Anhaltswerte aus DIN 4150-3 für den Stadthafen

| Schutzziel Nr. | Arbeitsvorgang / Baugerät | $v_{F,max}$ [mm/s] | Anhaltswert [mm/s] | Eingehalten | $v_{D,max}$ [mm/s] | Anhaltswert [mm/s] | Eingehalten |
|----------------|---------------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|-------------|
| 1 | Vibrationsramme | 0,27 | - | - | 0,68 | 10 ^{*)} | Ja |
| | Schlagramme | 0,43 | 3 ÷ 8 | Ja | 1,08 | 10 ^{*)} | Ja |
| | Stemmbagger | 0,03 | 3 ÷ 8 | Ja | 0,08 | 10 ^{*)} | Ja |
| 3 | Vibrationsramme | 0,30 | 3 ÷ 8 | Ja | - | 10 ^{*)} | - |
| | Schlagramme | 0,46 | 3 ÷ 8 | Ja | - | 10 ^{*)} | - |
| | Stemmbagger | 0,03 | 3 ÷ 8 | Ja | - | 10 ^{*)} | - |

^{*)} Für vertikale Deckenschwingungen bei denkmalgeschützte Gebäuden nach Zeile 3 „kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden.“

6.1.2 Gehlsdorfer Ufer

In Tabelle 6.2 sind die prognostizierten Schwinggeschwindigkeiten für die Fundamente und Decken der Schutzziele sowie die entsprechenden Anhaltswerte aus [01c] aufgeführt. Aus dem Vergleich wird ersichtlich, dass für alle Schutzziele am Gehlsdorfer Ufer die Anhaltswerte eingehalten werden können. Durch den größeren Abstand zur Erschütterungsquelle werden die Anhaltswerte auch für das Seglerheim (Nr. 6) und das Schutzziel Nr. 10 eingehalten.

Tabelle 6.2: Prognostizierte Schwinggeschwindigkeiten und Anhaltswerte aus DIN 4150-3 am Gehlsdorfer Ufer

| Schutzziel Nr. | Arbeitsvorgang / Baugerät | $v_{F,max}$ [mm/s] | Anhaltswert [mm/s] | Eingehalten | $v_{D,max}$ [mm/s] | Anhaltswert [mm/s] | Eingehalten |
|----------------|---------------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|-------------|
| 5 | Vibrationsramme | 1,66 | - | - | 4,15 | 10 ^{*)} | Ja |
| | Schlagramme | 1,34 | 3 ÷ 8 | Ja | 3,35 | 20 ^{*)} | Ja |
| | Rüttelplatte | 1,49 | - | - | 3,73 | 10 ^{*)} | Ja |
| 7 | Rüttelplatte | 0,62 | - | - | 1,55 | 10 | Ja |
| 8 | Rüttelplatte | 0,13 | - | - | 0,33 | 10 ^{*)} | Ja |
| 9 | Vibrationsramme | 0,17 | - | - | 0,43 | 10 | Ja |
| | Schlagramme | 0,44 | 5 ÷ 15 | Ja | 1,10 | 20 | Ja |

^{*)} Für vertikale Deckenschwingungen bei denkmalgeschützte Gebäuden nach Zeile 3 „kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden.“

6.2 Beurteilung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150-2

6.2.1 Stadthafen

Wie in Kapitel 4 beschrieben, wird für die Beurteilung nach DIN 4150-2 konservativ von einer täglichen Einwirkungsdauer $T_e = 8$ h ausgegangen. Bei einer Dauer der einzelnen Baumaßnahmen von 6 bis 26 Tagen werden die Anhaltswerte der Stufe I nach [01b] (siehe Anhangsseite A6) teilweise geringfügig überschritten. Für die Einhaltung der Stufe II müssen die maximal bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax}

unterhalb einem Anhaltswert $A_u = 0,8$, oder die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} unterhalb eines Anhaltswertes von $A_r = 0,6$ liegen (siehe Anhangsseite A6). Wie in Tabelle 6.3 zu sehen ist, werden die Anhaltswerte für das Schutzziel Nr. 1 und damit stellvertretend für die gesamte Wohnbebauung südlich der Strandstraße sicher eingehalten. Es wird daher empfohlen, die in der DIN 4150-2 genannten Maßnahmen für die Stufe II umzusetzen. Diese Maßnahmen werden in Kapitel 0 erläutert.

Tabelle 6.3: Max. bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ und Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} und Anhaltswerte der Stufe II zur Beurteilung nach DIN 4150-2

| Schutzziel Nr. | Arbeitsvorgang / Baugerät | Abstand r | $KB_{F_{max}}$ | $KB_{F_{max}} \leq A_u = 0,8$ | KB_{FT_r} | $KB_{FT_r} \leq A_r = 0,6$ |
|----------------|---------------------------|-----------|----------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|
| 1 | Vibrationsramme | 120 m | 0,43 | Ja | 0,30 | Ja |
| | Schlagramme | 120 m | 0,44 | Ja | 0,31 | Ja |
| | Stemmbagger | 120 m | 0,03 | Ja | 0,02 | Ja |

6.2.2 Gehlsdorfer Ufer

Auch am Gehlsdorfer Ufer wurde von einer Dauer der einzelnen Baumaßnahmen von 6 bis 26 Tagen und zunächst konservativ von einer täglichen Einwirkdauer $T_e = 8$ h ausgegangen. Nur für das Schutzziel Nr. 8 können unter diesem Ansatz die Anhaltswerte für die Stufe I (siehe Anhangsseite A6) eingehalten werden. Für die weiteren Schutzziele können lediglich die Anhaltswerte der Stufe II oder III eingehalten werden und dies teilweise nur durch Reduzierung der täglichen Einwirkdauer T_e , die in Tabelle 6.4 angegeben ist. Der untere Anhaltswerte der Stufe III liegt bei $A_u = 1,2$ und der Anhaltswert zum Vergleich mit der Beurteilungsschwingstärke bei $A_r = 1,0$. Für den Einsatz der Rüttelplatte in der Nähe vom Schutzziel Nr. 5 wurde neben der Reduzierung der Einwirkdauer zusätzlich der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FT_m} an Stelle des $KB_{F_{max}}$ zur Berechnung von KB_{FT_r} herangezogen. Dieser wurde mit 70 % vom $KB_{F_{max}}$ angesetzt. Da die Erschütterungsquelle bei diesem Baugerät im Vergleich zu den Rammverfahren nicht ortsfest, sondern beweglich ist, darf davon ausgegangen werden, dass nicht während der gesamten Einwirkdauer (hier $T_e = 6$ h) die maximale Einwirkung im betroffenen Schutzziel auftritt. Die in der DIN 4150-2 genannten Maßnahmen für die Stufen II und III sollten für die Baumaßnahmen am Gehlsdorfer Ufer in jedem Fall umgesetzt werden. Diese Maßnahmen werden in Kapitel 0 erläutert.

Tabelle 6.4: Max. bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ und Beurteilungsschwingstärke KB_{FT_r} und Anhaltswerte zur Beurteilung nach DIN 4150-2

| Schutzziel Nr. | Arbeitsvorgang / Baugerät | Abstand r | $KB_{F_{max}}$ | KB_{FT_m} | $KB_{F_{max}} \leq A_u = 1,2$ | T_e | KB_{FT_r} | $KB_{FT_r} \leq A_r = 1,0$ |
|----------------|---------------------------|-----------|----------------|-------------|-------------------------------|-------|-------------|----------------------------|
| 5 | Vibrationsramme | 50 m | 2,61 | - | Nein | 2,5 | 1,03 | Ja |
| | Schlagramme | 50 m | 1,37 | - | Nein | 8 | 0,97 | Ja |
| | Rüttelplatte | 5 m | 2,36 | 1,65 | Nein | 6 | 1,01 | Ja |
| 7 | Rüttelplatte | 15 m | 0,98 | - | Ja | 8 | - | - |
| 8 | Rüttelplatte | 45 m | 0,21 | - | Ja | 8 | - | - |
| 9 | Vibrationsramme | 120 m | 0,27 | - | Ja | 8 | - | - |
| | Schlagramme | 120 m | 0,45 | - | Ja | 8 | - | - |

7 Fazit, Empfehlungen

Die infolge der geplanten Bauarbeiten zu erwartenden Erschütterungsemissionen und deren Einwirkung auf die umliegenden Gebäude wurden anhand der DIN 4150-1 [01a] – unter Berücksichtigung empirischer Daten aus der Fachliteratur – ermittelt und hinsichtlich einer möglichen Belästigung für die Anwohner

nach DIN 4150-2 [01b] und der Schadensrelevanz für die Bestandsbauwerke nach DIN 4150-3 [01c] bewertet.

Die Prognose der Erschütterungseinwirkungen zeigt, dass keine erschütterungsbedingten „Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswerts“ zu erwarten sind; die prognostizierten Fundament- und Deckenschwinggeschwindigkeiten infolge aller Erschütterungsquellen liegen unterhalb der Anhaltswerte nach DIN 4150-3 [01c], auch wenn diese Erschütterungen teilweise als Dauererschütterungen eingestuft werden müssen.

Auf der Seite des Stadthafens kann auf Grundlage der prognostizierten Erschütterungen eine mögliche Belästigung von Personen in den Wohngebäuden südlich der Strandstraße gemäß DIN 4150-2 [01b] nicht vollständig ausgeschlossen werden. Es wird daher empfohlen, die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen umzusetzen.

Im Bereich des Gehlsdorfer Ufer ist auf Grundlage der prognostizierten Erschütterungen mit einer Belästigung von Personen im Zuge der Baumaßnahmen zu rechnen. Hiervon betroffen ist maßgeblich das Alte Fährhaus. Eine Einhaltung der Anhaltswerte gemäß Stufe III der Norm kann durch eine Reduktion der täglichen Einwirkdauer erreicht werden: Rammungen mit der „Vibrationsramme“ sind nur über einen täglichen Zeitraum von 2,5 h möglich. Der Einsatz der Rüttelplatte muss zum Einhalten der Stufe III auf einen täglichen Zeitraum von 6 h begrenzt werden. (Die Reduzierung der Einwirkdauer bezieht sich nur auf das Gehlsdorfer Ufer). Mit den genannten reduzierten Einwirkdauern können die Anforderungen der Norm eingehalten werden, nachfolgende Maßnahmen sollten jedoch umgesetzt werden.

Die Bewertung nach den Stufen II und III machen sowohl für den Stadthafen als auch für das Gehlsdorfer Ufer folgende Maßnahmen im Sinne der DIN 4150-2 erforderlich:

- Information und Aufklärung der Betroffenen vor Baubeginn
- Benennung eines Ansprechpartners („Beschwerdestelle“) für Fragen zum Bauablauf
- Durchführung einer Beweissicherung vorab und Messungen während der Bauphase.

Mit Hilfe von Erschütterungsmessungen können die tatsächlichen Einwirkungen während der Bauphase überprüft werden. Aufgrund der Prognose-Ergebnisse sind zumindest im Alten Fährhaus baubegleitende Erschütterungsmessungen dringend anzuraten; möglichst im Sinne einer Überwachung für den Zeitraum der erschütterungsintensiven Arbeiten. An den weiteren Immissionsorten können stichprobenartige Tagesmessungen zur Überprüfung dienen. Falls die Anhaltswerte nach Stufe III der Norm überschritten werden, sind Minderungsmaßnahmen zu ergreifen wie bspw. eine Reduktion der täglichen Einwirkdauer T_e der eingesetzten Baugeräte.

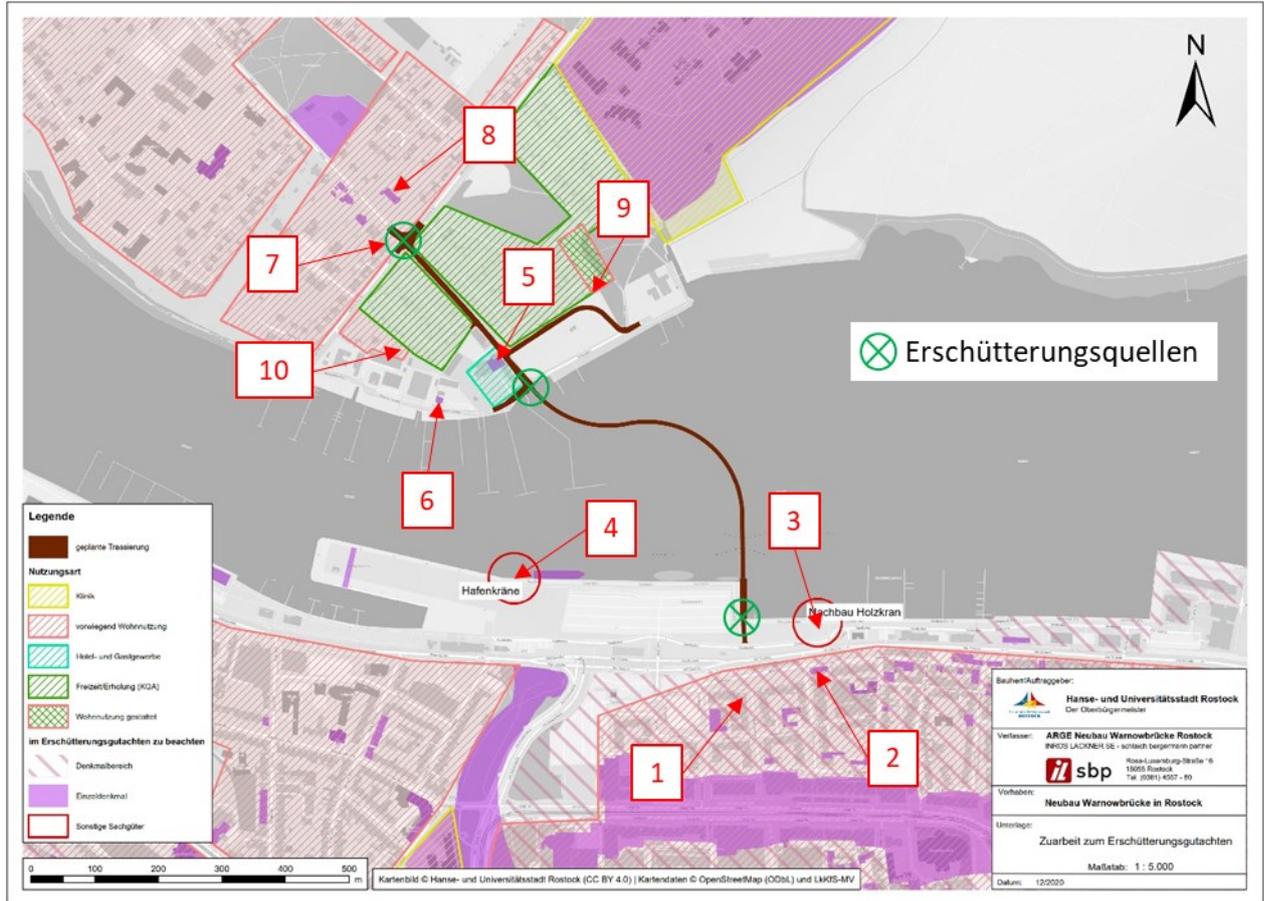
Im Übrigen sollte eine umsichtige Arbeitsweise für die Geräteführer vorgeschrieben werden, weiterhin sind feste Arbeitszeiten und auch Ruhepausen (z.B. zwischen 12.00 und 13.00 Uhr) zur Entlastung der Betroffenen vorzusehen.

Zusätzlich sei angemerkt, dass die Prognose auf dem Einsatz einer Vibrationsramme beruht, die über einen resonanzfreien An- und Auslauf sowie eine hohe Arbeitsfrequenz von 39 Hz verfügt. Der Einsatz eines entsprechenden Geräts ist über die Ausschreibung vorzugeben, da besonders das An- und Auslaufen für erhöhte Erschütterungen und damit für Belästigungen sorgen kann.

Wir empfehlen darüber hinaus, die Vibration bei den Geräten zur Oberflächenverdichtung („Rüttelplatte“) in größtmöglicher Entfernung zu den Bestandsbauten ein- und wieder abzuschalten, um Überhöhungen durch Resonanzdurchläufe zu minimieren. Auch bei der Vibrationsramme sollte ein Durchfahren der Deckenresonanzfrequenzen (für Holzbalkendecken 8-15 Hz [03]) durch entsprechende Geräteeinstellung vermieden werden.

Höchberg / Hamburg, Bi - Ri

Übersichtsplan der Baumaßnahmen und der Umgebung bzw. der Schutzziele [09]



Maßgebende Baugrundverhältnisse im Stadthafen [06]

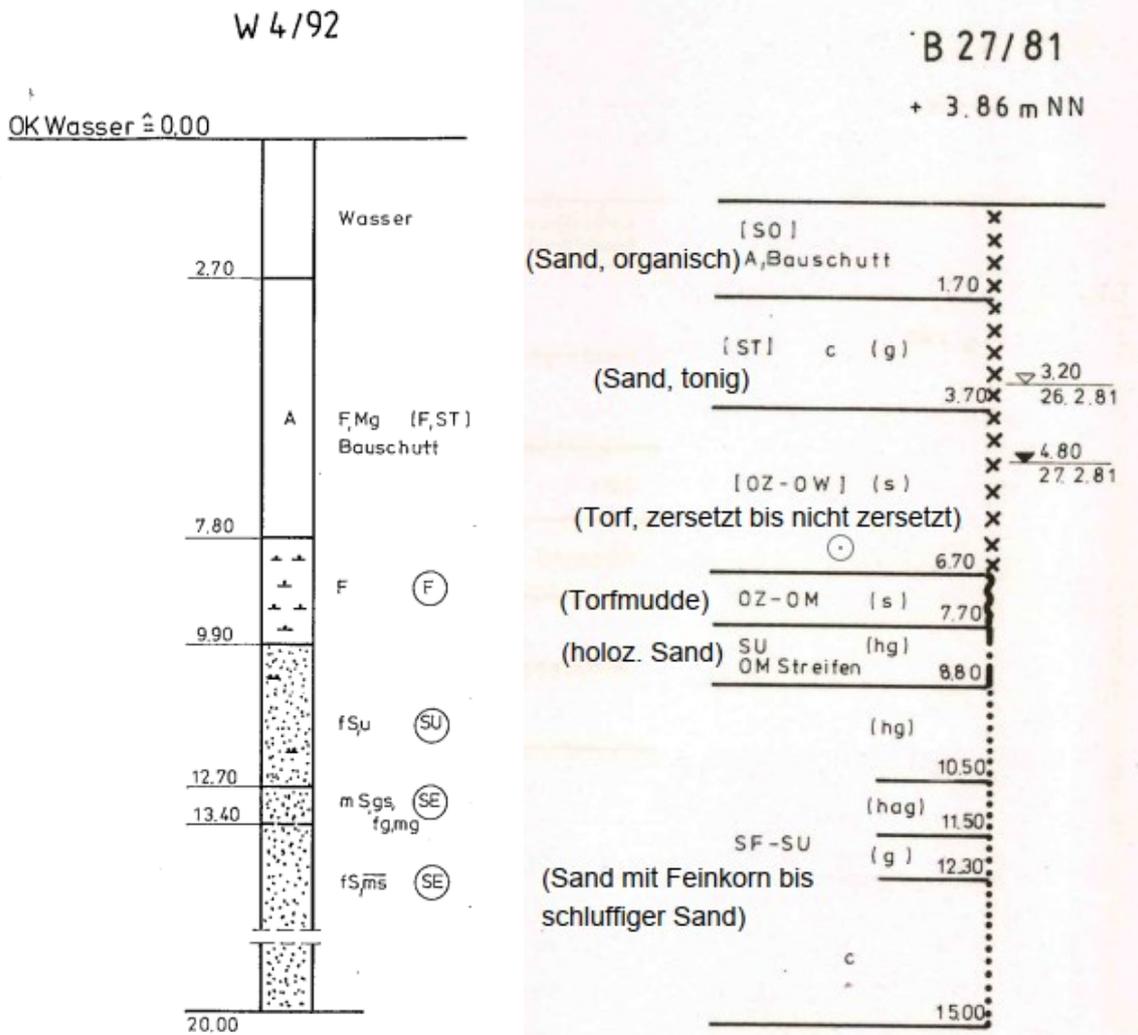


Abbildung A 1: links: Bohrkern im Bereich des zu errichtenden Widerlagerns (Erschütterungsquelle), rechts: Bohrkern im Bereich der Wohnbebauung (Immissionsort) [06]

Maßgebende Baugrundverhältnisse am Gehlsdorfer Ufer [06]

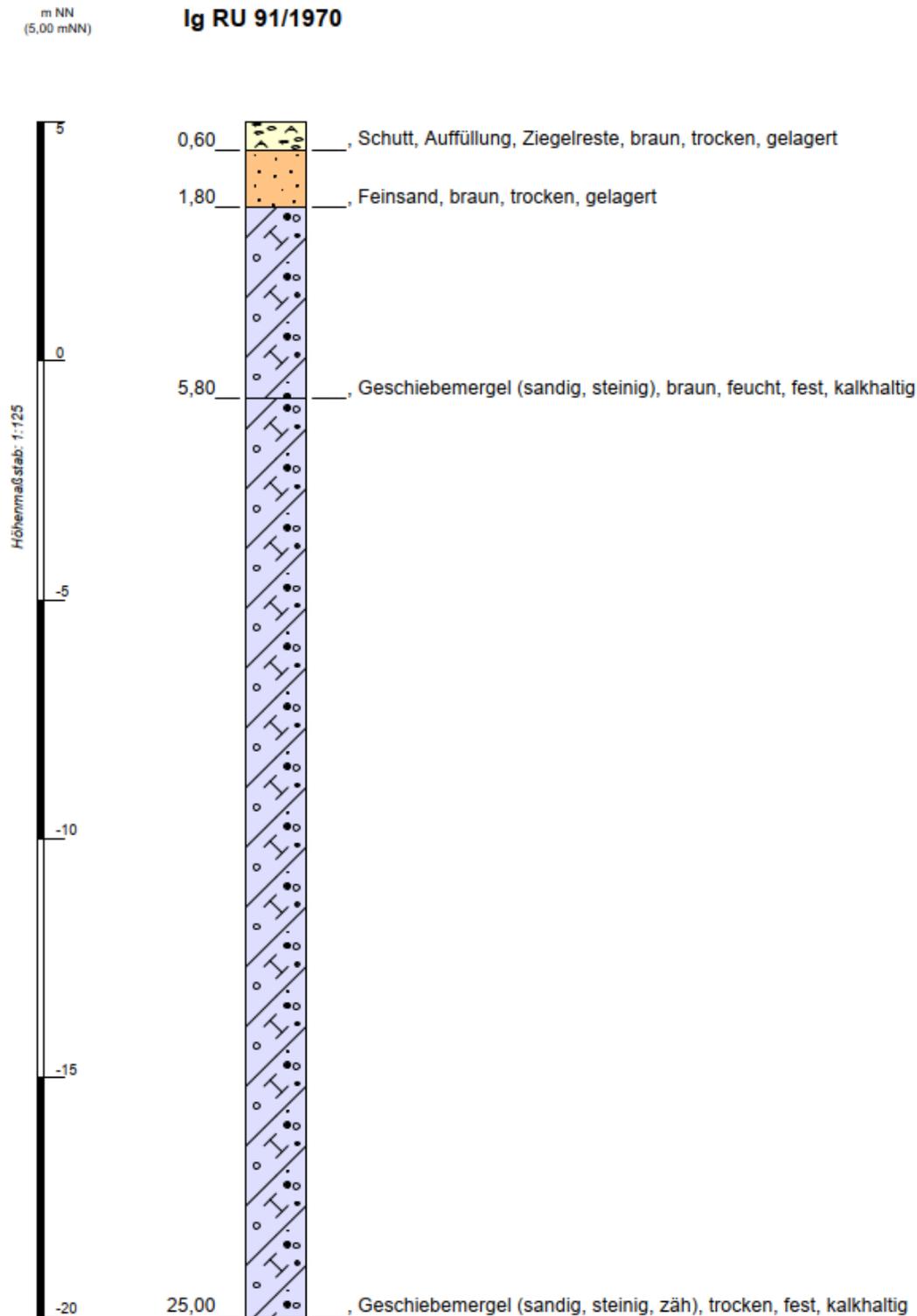


Abbildung A 2: Bohrkern in der Nähe des Schutzziels 5 (Altes Fährhaus) [06]

Anhaltswerte aus DIN 4150, Teil 3 („Einwirkungen auf bauliche Anlagen“) zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Gebäude

Tabelle A1: Anhaltswerte zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen (Tabelle 1 aus DIN 4150-3)

| | Gebäudeart | Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ in mm/s | | | | |
|--|---|---|-----------------|--------------------------------|--|------------------------------|
| | | Fundament, alle Richtungen, $i = x, y, z$ Frequenzen | | | Oberste Deckenebene, horizontal, $i = x, y$ | Decken, vertikal, $i = z$ |
| | | 1 Hz bis 10 Hz | 10 Hz bis 50 Hz | 50 Hz bis 100 Hz ^{*)} | alle Frequenzen | alle Frequenzen |
| Spalte Zeile | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten | 20 | 20 bis 40 | 40 bis 50 | 40 | 20 |
| 2 | Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten | 5 | 5 bis 15 | 15 bis 20 | 15 | 20 |
| 3 | Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen <u>und</u> besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind | 3 | 3 bis 8 | 8 bis 10 | 8 | 20 ^{**)} |
| ANMERKUNG: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalte 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden. | | | | | | |
| ^{*)} 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 | | | | | | |

Zu **) Für vertikale Deckenschwingungen bei Gebäuden nach Zeile 3 „kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden.“

Anhaltswerte aus DIN 4150, Teil 3 („Einwirkungen auf bauliche Anlagen“) zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Gebäude

Tabelle A2: Anhaltswerte zur Beurteilung von Dauererschütterungen (Tabelle 4 aus DIN 4150-3)

| | Gebäudeart | Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ in mm/s | |
|--|--|--|--------------------------------------|
| | | Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen | Decken, vertikal, alle Frequenzen |
| 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 Bauten | 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 | | | |

Zu *) Für vertikale Deckenschwingungen bei Gebäuden nach Zeile 3 „kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden.“

Werden die Anhaltswerte nach DIN 4150-3 eingehalten, so treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach bisheriger Erfahrung **nicht** auf. Werden trotzdem Schäden beobachtet, so ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für diese Schäden maßgebend sind. (s. Kap. 4.2 der Norm)

Tabelle A3: Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen (Tabelle 2 aus DIN 4150-2)

| Dauer | $D \leq 1$ Tag | | | 6 Tage $< D \leq 26$ Tage | | | 26 Tage $< D \leq 78$ Tage | | |
|--------------|----------------|------------|-------|---------------------------|------------|-------|----------------------------|------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 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 $A_o = 6$.

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 die in 6.5.4.3.(DIN 4150, Teil 2) genannten Maßnahmen a) bis e) und erforderlichenfalls auch Maßnahme f) 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, die über die in 6.5.4.3. beschriebenen hinausgehen.

Bei den o.g. Maßnahmen im Sinne der DIN 4150-2 handelt es sich z.B. um die Vorabinformation der Betroffenen, das Einrichten eines zentralen Ansprechpartners und auch die Durchführung von Messungen zur Überprüfung der Einwirkungen. Bei den Zeiträumen werden nur die Tage berücksichtigt, an denen es zu relevanten Erschütterungen kommt, d.h. es handelt sich nicht um die Dauer der Bauphase insgesamt.

Für die Beurteilung gemäß o.g. Tabelle sind die bewerteten Schwingstärken (KB-Werte) heranzuziehen. Die KB-Werte sind prinzipiell geringer als die Amplituden der Schwinggeschwindigkeit. Je nach charakteristischem Verlauf des Signals (harmonisch, stoßartig, Frequenzanteile) reduziert sich die Amplitude auf ungefähr das 0,7-fache (für harmonisch-stationäre Erregung) bis ungefähr das 0,4-fache bzw. noch darunter (bei stoßhafter bzw. impulsförmiger Anregung). Aus der bewerteten Schwingstärke werden die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} gebildet.

Die Beurteilung erfolgt gemäß folgendem Schema: Zunächst wird der Maximalwert KB_{Fmax} mit dem oberen Anhaltswert A_o sowie dem unteren Anhaltswert A_u verglichen:

- Wenn KB_{Fmax} über dem oberen Anhaltswert A_o liegt, ist die Anforderung nach Norm nicht eingehalten, somit ist im Sinne der Norm eine erhebliche Belästigung von Personen zu erwarten.
- Wenn KB_{Fmax} unter dem unteren Anhaltswert A_u liegt, ist die Anforderung nach Norm eingehalten und eine erhebliche Belästigung von Personen in der Regel nicht gegeben.
- Wenn KB_{Fmax} zwischen A_u und A_o liegt, ist eine weitere Auswertung erforderlich: In diesem Fall muss die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} gebildet werden; dabei werden die Einwirkzeiten je Tag berücksichtigt, in denen die Erschütterungen auftreten. Unterschreitet die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} den Anhaltswert A_r , ist die Anforderung nach Norm eingehalten.

Tabelle A4: Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen (Tabelle 1 aus DIN 4150-2)

| Zeile | Einwirkungsort | Tages-/Nachtzeit der Einwirkung | Tags | | | Nachts | | |
|-------|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Nomenklatur gemäß DIN 4150-2 | A _u | A _o | A _r | A _u | A _o | A _r |
| | | ... gemäß Erschütterungsleitlinie | IW _u | IW _o | IW _r | IW _u | IW _o | IW _r |
| 1 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9) | 0,4 | 6 | 0,2 | 0,3 | 0,6 | 0,15 | |
| 2 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8) | 0,3 | 6 | 0,15 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | |
| 3 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5) | 0,2 | 5 | 0,1 | 0,15 | 0,3 | 0,07 | |
| 4 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2). | 0,15 | 3 | 0,07 | 0,1 | 0,2 | 0,05 | |
| 5 | Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen. | 0,1 | 3 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,05 | |

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnungen trägt.

Die Beurteilung erfolgt nach folgendem Schema: Zunächst wird der Maximalwert KB_{Fmax} mit dem oberen Anhaltswert A_o (IW_o) sowie mit dem unteren Anhaltswert A_u (IW_u) verglichen:

- Wenn KB_{Fmax} über dem oberen Anhaltswert A_o (IW_o) liegt, ist die Anforderung der Norm nicht eingehalten, somit sind im Sinne der Norm erhebliche Belästigungen von Personen zu erwarten.
- Wenn KB_{Fmax} unter dem unteren Anhaltswert A_u (IW_u) liegt, ist die Anforderung der Norm eingehalten und damit erhebliche Belästigungen von Personen in der Regel ausgeschlossen.
- Wenn KB_{Fmax} zwischen A_u (IW_u) und A_o (IW_o) liegt, kommt eine zeitliche Bewertung zur Anwendung: In diesem Fall muss die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} gebildet werden, welche die Einwirkzeiten je Tag berücksichtigt, in denen die Erschütterungen auftreten. Ist diese Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} kleiner als der Anhaltswert A_r (IW_r) ist die Anforderung der Norm eingehalten.

Anmerkung: Die Immissionswerte IW_o , IW_u , IW_r sind Bezeichnungen der Erschütterungsleitlinie 2018-03 der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). Sie decken sich mit den Anhaltswerten A_o , A_u und A_r der DIN 4150-2.