

Schwingungstechnik und Erschütterungen im Bauwesen

**baudyn.de**

Messung  
Berechnung  
Beratung  
Gutachten

# Gutachten

Projekt 2018579  
Inhalt Städtebauliche Entwicklung Stadtteil Grasbrook  
Verkehrs-Erschütterungen  
Dokument 2024-01-11-2018579-N3-5-GA-BAUDYN

Erschütterungstechnische Untersuchung der Verkehrs- Erschütterungen im Hinblick auf die Einwirkung auf Menschen in Gebäuden gemäß DIN 4150 Teil 2 und auf technische Anlagen i.S. erschütterungsempfindlicher Geräte gemäß VDI 2038 im Rahmen der städtebaulichen Entwicklung des Stadtteils Grasbrook auf Grundlage von Schwingungsmessungen im Untersuchungsgebiet

Auftraggeber Hafencity Hamburg GmbH  
Osakaallee 11  
20457 Hamburg

Anmerkung Eine auszugsweise Zitierung ist mit uns abzustimmen  
Das Gutachten umfasst 39 Seiten

Datum 11.01.2024

baudyn GmbH

**baudyn GmbH**  
Baudynamik &  
Strukturmonitoring

**Alsterdorfer Straße 245**  
**D-22297 Hamburg**  
Fon +49 40 54 80 291-00  
Fax +49 40 54 80 291-29

[www.baudyn.de](http://www.baudyn.de)

Geschäftsführer  
Dipl.-Ing. M.O. Rosenquist  
Dr.-Ing. K. Holtzendorff

Sitz der Gesellschaft  
Hamburg HRB 110933

Dipl.-Ing. Marc Oliver Rosenquist  
- Geschäftsführer baudyn GmbH -

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>2</b>
<b>1 Vorhaben und Veranlassung .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Schienen- und Straßenverkehrserschütterungen .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Erschütterungstechnische Untersuchungen .....</b>	<b>6</b>
<b>4 Anforderungen .....</b>	<b>7</b>
4.1 Einwirkung auf Menschen in Gebäuden .....	7
4.1.1 Erschütterungen.....	7
4.1.2 Sekundärer Luftschall .....	10
4.2 Einwirkung auf erschütterungsempfindliche Geräte .....	12
<b>5 Schwingungsmessungen .....</b>	<b>14</b>
5.1 Erschütterungsquellen des Verkehrs .....	14
5.1.1 Personenzugverkehr .....	14
5.1.2 Güterzugverkehr.....	16
5.1.3 Straßenverkehr .....	16
5.2 Messpunkte und Durchführung der Schwingungsmessungen.....	17
<b>6 Prognose der Einwirkung auf Menschen .....</b>	<b>20</b>
6.1 U-Bahn Verlängerung Linie U4.....	23
6.2 Schienenverkehr .....	26
6.2.1 Moldauhafenquartier .....	26
6.2.2 Veddel (Nord) .....	27
6.2.3 Dresdener Ufer und Hallesches Ufer .....	28
6.2.4 Ehemaliges Zollamt Veddel Damms .....	28
6.2.5 Dessauer Ufer.....	29
6.3 Straßenverkehrs-Erschütterungen.....	30
<b>7 Analyse zur Einwirkung auf erschütterungsempfindliche Geräte.....</b>	<b>31</b>
<b>8 Zusammenfassung .....</b>	<b>34</b>
8.1 Moldauhafenquartier .....	35
8.2 Hafentorquartier .....	36
8.3 Verlängerung der U-Bahn-Linie U4.....	38
8.4 Straßenverkehr.....	39
8.5 Erschütterungsempfindliche Geräte .....	39

## 1 Vorhaben und Veranlassung

Im Rahmen der städtebaulichen Entwicklung des Stadtteils Grasbrook haben wir in Ihrem Auftrag erschütterungstechnische Untersuchungen zur Einschätzung der Einwirkung von Verkehrs-Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden vorgenommen.

Die Mess- und Prognoseergebnisse sind in den Anhängen 2022-12-07-2018579-N5-1-ME-PE-BAUDYN Teil I und 2022-12-07-2018579-N6-1-ME-PE-BAUDYN Teil II dokumentiert.

Darüber hinaus wurden die Messergebnisse für eine Bewertung der Einwirkung der Verkehrs-Erschütterungen auf technische Anlagen i.S. erschütterungsempfindlicher Geräte analysiert sowie in den Anhängen 2022-12-07-2018579-N7-1-ME-AE-BAUDYN VC Teil I und 2022-12-07-2018579-N8-1-ME-AE-BAUDYN VC Teil II dokumentiert.

Der Stadtteil Grasbrook befindet sich gegenüber der Hafencity und umfasst eine Fläche zwischen der Norderelbe im Norden, dem Spreehafen bzw. der Harburger Chaussee im Süden, dem Reiherstieg im Westen und der Bahnstrecke südlich der Elbbrücken im Osten. Es handelt sich derzeit um Hafens- und Lagerflächen.

Die Planung der städtebaulichen Entwicklung zum Stadtteil Grasbrook betrifft das Überseezentrum, das Hallesche Ufer, das Dessauer Ufer sowie die nördlichen und östlichen Flächen des O´Swaldkais. Für eine erste Nutzungseinschätzung sollen die erschütterungstechnischen Auswirkungen der vorhandenen und zum Teil geplanten Erschütterungsemissionen überschlägig abgeschätzt werden. Insbesondere die Ausbreitung der Erschütterungen bei den bestehenden Bodenverhältnissen soll messtechnisch bewertet werden.

Es sind folgende Quartiere und Nutzungen vorgesehen:

- **Moldauhafenquartier**

Wohnen, teilweise Gewerbe, Sondernutzung

- **Hafentorquartier**

gemischte gewerbliche Nutzung

In der Abbildung 1 sind das Untersuchungsgebiet und die vorgesehenen Quartiere dargestellt.

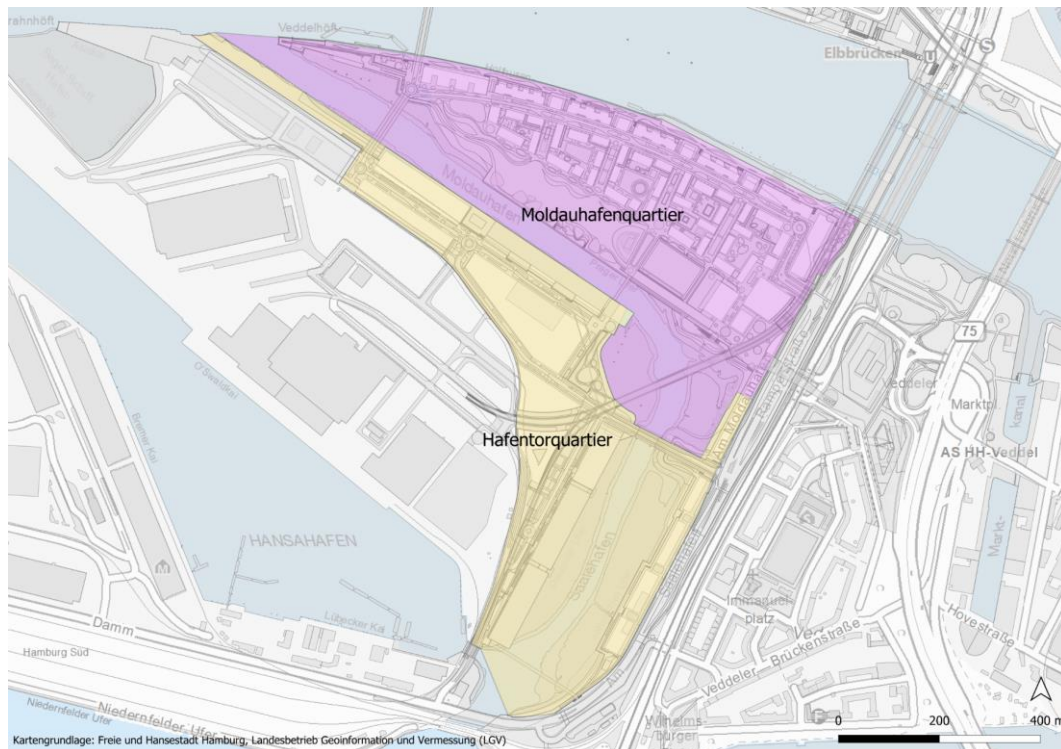


Abbildung 1: Stadtteil Grasbrook - Untersuchungsgebiet und Quartiere (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

## 2 Schienen- und Straßenverkehrserschütterungen

Der Schienen- und Straßenverkehr verursacht Lärm und Erschütterungen. Die Verkehrserschütterungen werden über den Boden in die Gebäudfundamente übertragen und von dort über die aufgehenden Wände in Stockwerksdecken eingeleitet. Die Bauteileigenfrequenzen von Decken und Wänden in einem Gebäude befinden sich grundsätzlich in dem vom Schienen- und Straßenverkehr anregbaren Frequenzbereich.

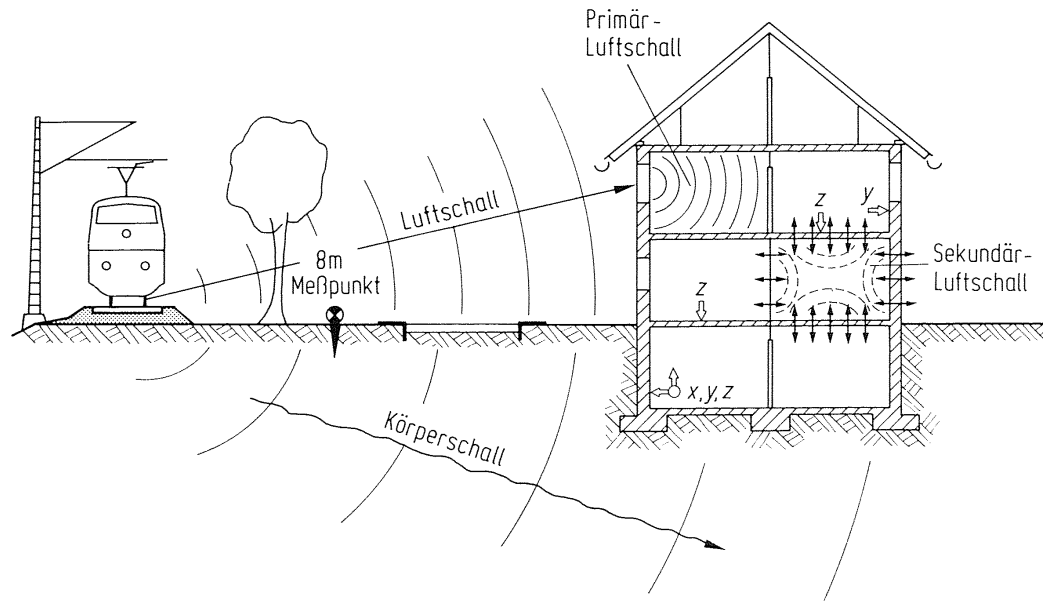


Abbildung 2: Schienenverkehrserschütterungen - Emissionen, Übertragung und Immissionen (Taschenbuch der technischen Akustik)

Im Falle einer Übereinstimmung der Anregungsfrequenzen durch Verkehr und Eigenfrequenzen von Bauteilen wie Decken im Gebäude, einer so genannten Resonanzanregung oder einer resonanznahen Anregung, können auf Menschen oder technische Anlagen störende Deckenschwingungen einwirken. In der vorliegenden Untersuchung werden Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden betrachtet.

Grundlage des Erschütterungsschutzes sind die zur Konkretisierung der Ziele im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft 2018 beschlossenen „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ bzw. der aktuelle Stand der Normen DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“.

Darüber hinaus ist infolge der übertragenen Schienenverkehrserschütterungen grundsätzlich infolge von Bauteilschwingungen abgestrahlter, so genannter strukturinduzierter sekundärer Luftschall als akustische Einwirkung auf den Menschen zu berücksichtigen. In vielen Fällen von unterirdischen Schienenstrecken ist der sekundäre Luftschall gegenüber den Erschütterungen von größerer Bedeutung.

Für Wohnnutzung gelten insbesondere nachts hohe erschütterungstechnische Anforderungen, wobei für Kern- und Mischgebiete sowie Urbane Gebiete geringere

Anforderungen gelten als für allgemeine Wohngebiete. Für eine Büro- und Gewerbenutzung werden in der Regel die tags geltenden, geringeren Anforderungen angesetzt.

### **3 Erschütterungstechnische Untersuchungen**

In der VDI 2038 „Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen“ wird der Ablauf einer erschütterungstechnischen bzw. baudynamischen Beratung beschrieben. Die dort genannten Phasen sind in Abhängigkeit der Aufgabenstellung unterschiedlich abgegrenzt und gehen ineinander über.

Anders als in der Statik gibt es in der Baudynamik keine sichere Seite sowie eine große Streuung der dynamischen Parameter und damit eine große Streuung der Ergebnisse von baudynamischen Berechnungen und Prognosen. Aus diesen Gründen ist die baudynamische Beratung ein alle Planungs- und Realisierungsphasen begleitender Prozess. Aufgrund der weitreichenden Konsequenzen von baudynamischen Maßnahmen für die Gebäudekonzeption sind die baudynamischen Erfordernisse möglichst frühzeitig in der Planung zu berücksichtigen und in enger Abstimmung zu den anderen Planern vorzunehmen.

Im Rahmen der städtebaulichen Entwicklung des Stadtteils Grasbrook handelt es sich bei den erschütterungstechnischen Untersuchungen um eine Bewertung zur Einstufung der Situation und um grundsätzliche Hinweise für Gebäudekonzepte und Maßnahmen. Die maßgeblichen Ergebnisse werden im Bebauungsplanverfahren zu dokumentieren und ggf. Festsetzungen zu treffen sein.

Nach Abschluss der städtebaulichen Planungen sind die Anforderungen zum Schutz vor Einwirkungen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der individuellen Gebäudeplanung zu konkretisieren und nachzuweisen.

In der Planungsphase für die einzelnen Gebäude sind ggf. Messungen sowie eine Prognose der Erschütterungen mit einem Detailmodell unter Berücksichtigung maßgeblicher Eigenschaften individuell geplanter Gebäude einschließlich Maßnahmen erforderlich. Die Dimensionierung von Maßnahmen wird ebenfalls in dieser Phase vorgenommen und erfordert ein iteratives Vorgehen, um die Maßnahmen und den erforderlichen Aufwand zu optimieren.

In der Ausführungsphase sind für die einzelnen Gebäude die Annahmen und Prognosen während der Gebäudeerstellung durch Kontrollmessungen zu prüfen und ggf. Maßnahmen zu detaillieren oder endgültig festzulegen. Während der Bauphase erfolgt eine gutachterliche Beratung der örtlichen Bauüberwachung. Die baudynamische Begleitung endet mit Abnahmemessungen.

## **4 Anforderungen**

### **4.1 Einwirkung auf Menschen in Gebäuden**

Einwirkungen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall können als störend wahrgenommen werden. Eine störende Wahrnehmung kann nur für den Fall ausgeschlossen werden, dass die Erschütterungen nicht spürbar sind und der sekundäre Luftschall nicht hörbar ist. Bei Einhaltung der Anforderungen liegen erhebliche Belästigungen im Allgemeinen nicht vor.

#### **4.1.1 Erschütterungen**

Grundlage des Erschütterungsschutzes sind die zur Konkretisierung der Ziele im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft 2018 beschlossenen „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ bzw. der aktuelle Stand der Normen DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“. Im Hinblick auf die Einwirkung von Schienenverkehrserschütterungen ist die DIN 4150 Teil 2 „Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“ maßgeblich.

Die Anforderungen zum Erschütterungsschutz sind in der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 2 „Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“ Tabelle 1 in Abhängigkeit von der Nutzung des Gebietes, in dem sich die Bebauung befindet, gegeben. Für Wohnbebauung kommt i.d.R. aus der Tabelle 1 der Norm die Zeile 3 für Gebiete mit weder vorwiegend gewerblichen Anlagen noch vorwiegend Wohnungen (Misch- und Kerngebiete, Urbane Gebiete) oder die Zeile 4 für Gebiete mit vorwiegend bzw. ausschließlich Wohnungen (u.a. allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete) in Betracht.

Tabelle 1: Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Einwirkung auf Menschen in Gebäuden

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für 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 Rechnung trägt.

Im vorliegenden Fall ist im Rahmen der städtebaulichen Planung aus der vorgesehenen Nutzung folgende Gebietsausweisung zu erwarten:

**Moldauhafenquartier – gemischte Nutzung**

- Wohnen, Erdgeschoss Gewerbe:  
 Zuordnung Baunutzungsverordnung: Urbanes Gebiet  
 Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3  
 Wohnen tags und nachts, Gewerbe tags,
- Wohnen, Erdgeschoss Gemeinbedarf, z.B. Kindertagesstätte:  
 Zuordnung Baunutzungsverordnung: Urbanes Gebiet  
 Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3  
 Wohnen tags und nachts, Gemeinbedarf tags,
- Gemeinbedarf, z.B. Schule, Sport / Freizeit, Museum:  
 Zuordnung Baunutzungsverordnung: Urbanes Gebiet  
 Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3 tags
- gewerbliche Nutzung:  
 Zuordnung Baunutzungsverordnung: Gewerbegebiet

Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 2 tags,  
in Büros abweichend für Komfort DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3 tags

### **Hafentorquartier – gewerbliche Nutzung**

- Wohnen, z.B. Studentenwohnheim, Gewerbe:  
Zuordnung Baunutzungsverordnung: Urbanes Gebiet  
Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3  
Wohnen tags und nachts, Gewerbe tags,
- gewerbliche Nutzung:  
Zuordnung Baunutzungsverordnung: Gewerbegebiet  
Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 2 tags,  
in Büros abweichend für Komfort DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3 tags
- nicht festgelegt  
Zuordnung Baunutzungsverordnung: erfolgt zum gegebenen Zeitpunkt  
Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1, Zeile in Abhängigkeit der Zuordnung

Die vorgesehene Nutzung ist in Abbildung 3 dargestellt.

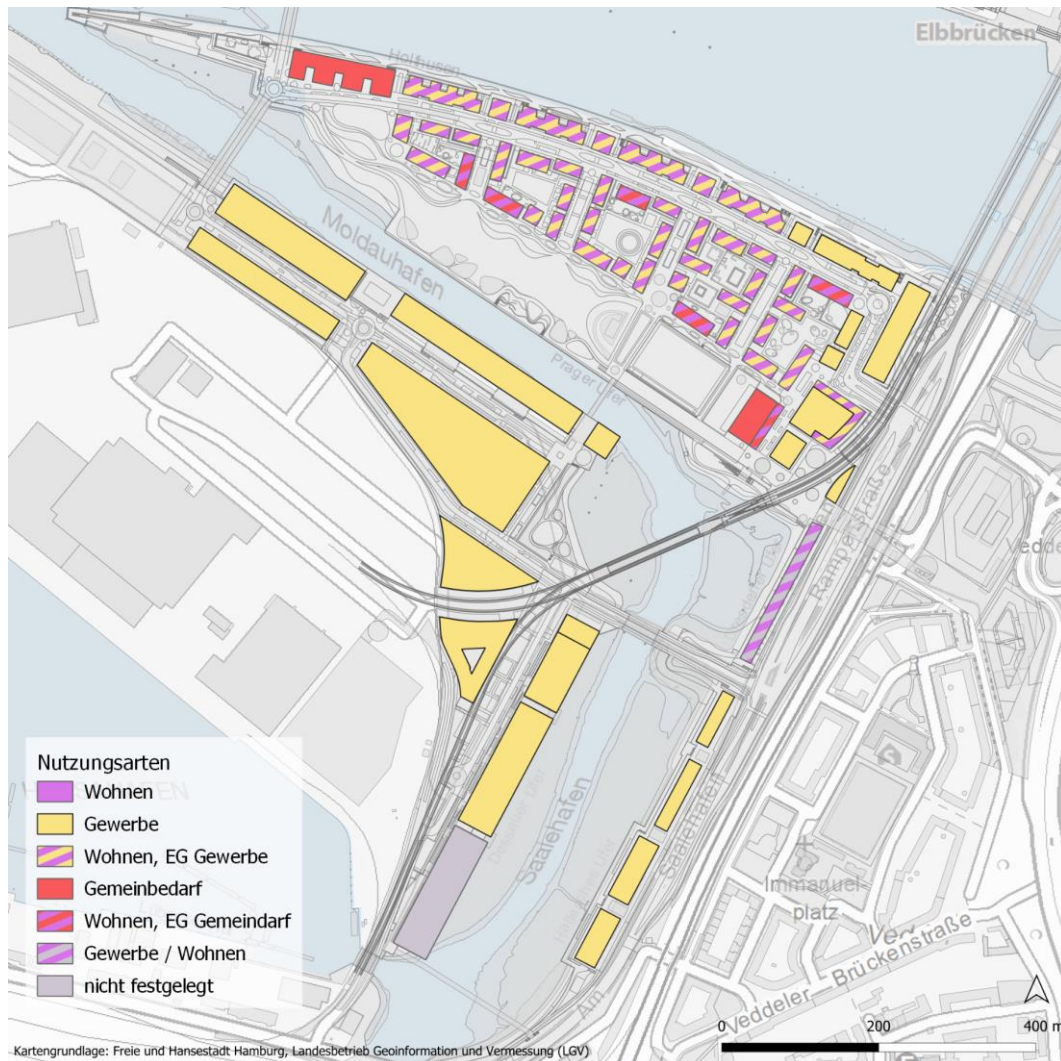


Abbildung 3: Vorgesehene Nutzungsarten (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

#### 4.1.2 Sekundärer Luftschall

Die Anforderungen zum strukturinduzierten sekundären Luftschall aus Schienenverkehrserschütterungen sind in Deutschland nicht allgemeingültig festgelegt und stehen zwischen den Bahnbetreibern und den Betroffenen i.d.R. in der Diskussion.

Bei oberirdischen Fernbahnstrecken fordern die Bahnbetreiber den sekundären Luftschall wie den gleichzeitig auftretenden primären Luftschall gemäß 16. BImSchV in Verbindung mit der 24. BImSchV auf Grundlage eines Mittelungspegels für Schlafräume nachts von 30 dB(A) und für Wohnräume tags von 40 dB(A) zu bewerten. Diese Vorgehensweise wurde durch das Bundesverwaltungsgericht bestätigt (2010). Die Betroffenen erwarten insbesondere in Fällen von geringem pri-

mären Luftschall – etwa unmittelbar hinter einer Lärmschutzwand – eine Bewertung der individuellen Situation auf Basis der aus der TA-Lärm abgeleiteten Immissionsrichtwerte.

Im Rahmen von Bebauungsplänen (u.a. Neue Mitte Altona, HafenCity) und Planfeststellungen für unterirdische Bahnstrecken des ÖPNV wurden die Anforderungen in Hamburg (AKN, Flughafen-S-Bahn, HafenCity-U-Bahn) aus der TA-Lärm Abschnitt 6.2 abgeleitet. Es handelt sich um die Immissionsrichtwerte (Mittelungspegel) tags 35 dB(A) bzw. nachts 25 dB(A) respektive Geräuschspitzen zzgl. 10 dB (Maximalpegel). Für eine Büronutzung kommen die tags geltenden Immissionsrichtwerte in Betracht.

Bei unterirdischen Bahnstrecken liegt kein gleichzeitiger primärer Schienenverkehrslärm vor, so dass die Störwirkung des sekundären Luftschalls größer ist als bei oberirdischen Strecken und daher bei neuen Wohngebäuden auch erhöhte Anforderungen im Einklang mit anderen schalltechnischen Anforderungen, z.B. an die Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen und Maximalpegeln von 27 dB(A) oder weiter gesteigerte Anforderungen, angestrebt werden.

Im Rahmen der städtebaulichen Planung sind für die zu erwartende Gebietsausweisung der Nutzung im Plangebiet gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse sicherzustellen. Demnach sind die Mindestanforderungen an den Komfort zu gewährleisten. Als Anforderungen an den strukturinduzierten sekundären Luftschall können unabhängig von der zu erwartende Gebietsausweisung für unterirdische Bahnstrecken des ÖPNV die aus der TA-Lärm abgeleiteten Immissionsrichtwerte angesetzt werden. Im Rahmen der konkreten Planungen können von den Beteiligten höhere Anforderungen angestrebt werden.

Die Anforderungen bzw. Immissionsrichtwerte unterscheiden sich für unterschiedliche Lärmquellen bei gleichem Immissionsort teilweise deutlich. Aus diesem Grund sind die Lärmquellen unabhängig voneinander zu bewerten und nicht kumulativ. Die messtechnische Erfassung von strukturinduziertem sekundären Luftschall ist lediglich für unterirdischen Schienenverkehr bei geringem Hintergrundschallpegel, etwa in Abend- oder Nachtstunden, zuverlässig möglich.

## **4.2 Einwirkung auf erschütterungsempfindliche Geräte**

Zur Berücksichtigung von Erschütterungseinwirkungen auf technische Anlagen liegen keine allgemein gültigen Richtlinien vor.

In der VDI-Richtlinie 2038 „Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen, Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik“ wird umfassend auf die grundsätzliche Fragestellung der Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen eingegangen und auf die unterschiedlichen, auch internationalen Richtlinien verwiesen. Es werden u.a. grundsätzliche Hinweise zur Einwirkung von Erschütterungen auf technische Anlagen gegeben.

Zur Bewertung der Einwirkung von Erschütterungen auf erschütterungsempfindliche Geräte in der Forschung und Produktion haben sich die Vibration-Criteria (VC) und Nano-Linien aus dem Bedarf der Halbleitertechnik und der Forschung entwickelt, bewährt und sind u.a. in der VDI 2038 angegeben.

Die Anforderungen der Vibration-Criteria (siehe Tabelle 2) und der Nano-Linien (siehe Tabelle 3) sind in den nachfolgenden Tabellen mit einer Beschreibung der zu zuordnenden Anwendung angegeben.

Tabelle 2: Schwingungseinwirkungen auf schwingungsempfindliche Geräte, Vibration-Criteria

Kriterium	Terzschwelle (Effektivwert)	Strukturgröße	Anwendung
Werkstatt (ISO)	800 $\mu\text{m/s}$	-	Gut spürbare Schwingung, anwendbar auf Werkstätten und unsensible Orte
Büro (ISO)	400 $\mu\text{m/s}$	-	Spürbare Schwingung, anwendbar auf Büros und unsensible Orte
Wohngebäude (ISO)	200 $\mu\text{m/s}$	75 $\mu\text{m}$	Gerade noch spürbare Schwingung, anwendbar auf Ruhezeiten in den meisten Fällen. Eventuell anwendbar auf Computer, einfache Mikroskope und Laborgeräte
Operationssaal (ISO)	100 $\mu\text{m/s}$	25 $\mu\text{m}$	Schwingung nicht spürbar, geeignet für sensible Ruhezeiten, vorwiegend geeignet für Mikroskope bis 100-fache Vergrößerung
VC-A	50 $\mu\text{m/s}$	8 $\mu\text{m}$	Überwiegend geeignet für optische Mikroskope bis 400-fache Vergrößerung, Mikrowaagen, optische Waagen, Ausrichter
VC-B	25 $\mu\text{m/s}$	3 $\mu\text{m}$	Ein geeigneter Standard für optische Mikroskope bis 1000-fache Vergrößerung, lithographische Geräte (einschließlich Stepper) bis 3 $\mu\text{m}$ Linienbreite
VC-C	12.5 $\mu\text{m/s}$	1 $\mu\text{m}$	Ein guter Standard für die meisten lithographischen Geräte bis 1 $\mu\text{m}$ Linienbreite
VC-D	6.25 $\mu\text{m/s}$	0.3 $\mu\text{m}$	Überwiegend geeignet für anspruchsvolle Apparaturen einschließlich Elektronenmikroskop (REM und TEM) und E-Beam Systeme, die am Rande der Leistungsfähigkeit arbeiten
VC-E	3.12 $\mu\text{m/s}$	0.1 $\mu\text{m}$	Kriterium ist schwer einzuhalten, geeignet für höchst sensible Systeme einschließlich Lasergeräte mit langen optischen Wegen und anderen Systemen mit außergewöhnlich hohen dynamischen Stabilitätsanforderungen
VC-F	1.56 $\mu\text{m/s}$	-	Kriterium für extrem ruhige Forschungsräume, sehr schwierig zu erreichen; dieses Kriterium ist nur zur Charakterisierung, nicht jedoch als Auslegungskriterium geeignet
VC-G	0.78 $\mu\text{m/s}$	-	Kriterium für extrem ruhige Forschungsräume, sehr schwierig zu erreichen; dieses Kriterium ist nur zur Charakterisierung, nicht jedoch als Auslegungskriterium geeignet.

Tabelle 3: Schwingungseinwirkungen auf schwingungsempfindliche Geräte, Nano-Linien

Kriterium	Terzschwelle (Effektivwert)		Anwendung
	1 Hz bis 5 Hz	20 Hz bis 100 Hz	
Nano-D	1.6 µm/s	6.4 µm/s	Sehr schwierig einzuhaltendes Kriterium für REM der Nanotechnologie für Auflösungen bis 1 nm, Obergeschosse mit hohen Anforderungen an die dynamische Steifigkeit und Eigenfrequenz
Nano-E	0.8 µm/s	3.2 µm/s	Extremes Kriterium für REM der Nanotechnologie für Auflösungen bis 2-5 Å (10 Å= 1 nm), nur auf sehr massiven Bodenplatten und nur bei sehr günstigen Baugrundvoraussetzungen einhaltbar
Nano-EF	0.53 µm/s	2.1 µm/s	Strengstes Kriterium für REM und TEM der Nanotechnologie für Auflösungen im Sub-Ångströmbereich (10 Å= 1 nm), das Kriterium ist nur unter sehr speziellen Bedingungen und besonderen Baukonstruktionen einhaltbar

## 5 Schwingungsmessungen

### 5.1 Erschütterungsquellen des Verkehrs

#### 5.1.1 Personenzugverkehr

Auf der Bahnstrecke von den Elbbrücken in Richtung Harburg verkehrt der gesamte Schienenverkehr zwischen dem Norden Hamburgs in Richtung Süden und umgekehrt. Es handelt sich um den Personen-Nahverkehr und -Fernverkehr sowie den Güterverkehr.

Der schienengebundene Personen-Nahverkehr und -Fernverkehr kommt aus Richtung Hauptbahnhof und verläuft über Wilhelmsburg in Richtung Harburg. Die DB Netz AG beabsichtigt den Ausbau der bestehenden Bahnstrecke. Bei dem Ausbau handelt es sich dabei um die zusätzliche zweigleisige Bahnstrecke 2200, die westlich von der bestehenden Bahnstrecke mit einer neuen Brücke über die Norderelbe führen soll. Auf der Strecke sollen im Wesentlichen Personenzüge und sehr wenig Güterzüge verkehren.

In Tunnelstrecken sind Unterschottermatten als Maßnahme zum Erschütterungsschutz sehr wirksam. Auf oberirdischen Strecken werden Unterschottermatten lediglich auf Brücken zur Verminderung der Schallabstrahlung eingesetzt. Für oberirdische Bahnstrecken stehen keine Standardmaßnahmen zum Erschütterungsschutz zur Verfügung. Die Maßnahmen sind im Einzelfall zu untersuchen und für eine hohe Wirksamkeit baulich sehr aufwendig. Die Wirksamkeit der einfachen

Maßnahme besohlter Schwellen ist vor dem Hintergrund der Streubreite der Prognose gering und die mögliche Wirksamkeit aufwendiger Maßnahmen wie ein Stahlbetontrog mit Unterschottermatten und Schotteroberbau insbesondere vor dem Hintergrund der Eigenschaften des anstehenden Bodens mit organischen Weichschichten nicht ohne Weiteres angebar. Im Rahmen dieser orientierenden Untersuchung konnten Maßnahmen zum Erschütterungsschutz daher nicht berücksichtigt werden.

Ausgehend von der Bestandssituation verlagert sich im Zuge dieses Ausbaus ein Teil des Zugverkehrs bis zu etwa 20 m in Richtung Westen und es erhöhen sich Zugverkehrszahlen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden der beabsichtigte Ausbau der Bahnstrecke und die Zugzahlen für den Prognosehorizont 2030 berücksichtigt.

Im Rahmen der städtebaulichen Entwicklung des Stadtteils Grasbrook ist eine Verlängerung der U-Bahn Linie U4 von den Elbbrücken in Richtung Süden vorgesehen. In der Abbildung 4 sind die Bahnstrecken des Personenverkehrs im Untersuchungsgebiet dargestellt.

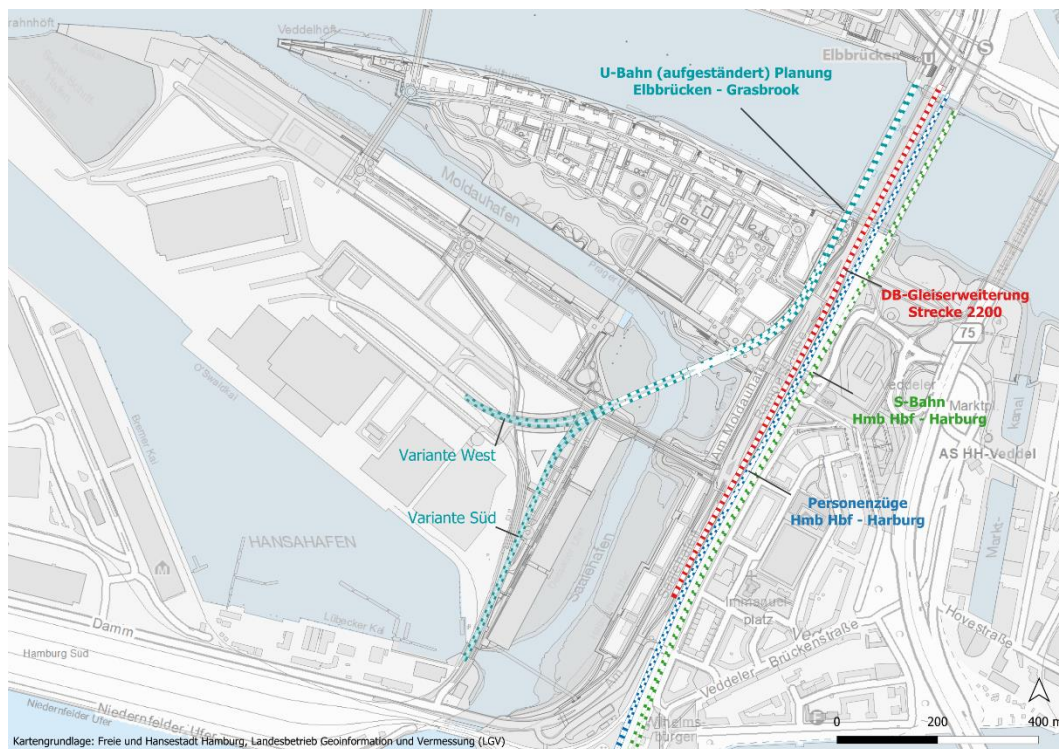


Abbildung 4: Schienenverkehr – Personenzüge (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

### 5.1.2 Güterzugverkehr

Der Güterverkehr kommt aus dem Norden im Wesentlichen über die nördliche Güterumgehungsbahn sowie von den Bahnstrecken aus Richtung Lübeck und Berlin. Für den Güterzugverkehr liegt nachts eine höhere Verkehrsdichte als tags vor. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden der beabsichtigte Ausbau der Bahnstrecke und die Zugzahlen für den Prognosehorizont 2030 berücksichtigt. Über die Niederfelder Brücke im Süden des Untersuchungsgebiets verläuft ein Teil des Güterzugverkehrs in den Hafen sowie einzelne Güterzüge über die Hansabrücke auf den O'Swaldkai. In der Abbildung 5 sind die Bahnstrecken des Güterverkehrs im Untersuchungsgebiet dargestellt.

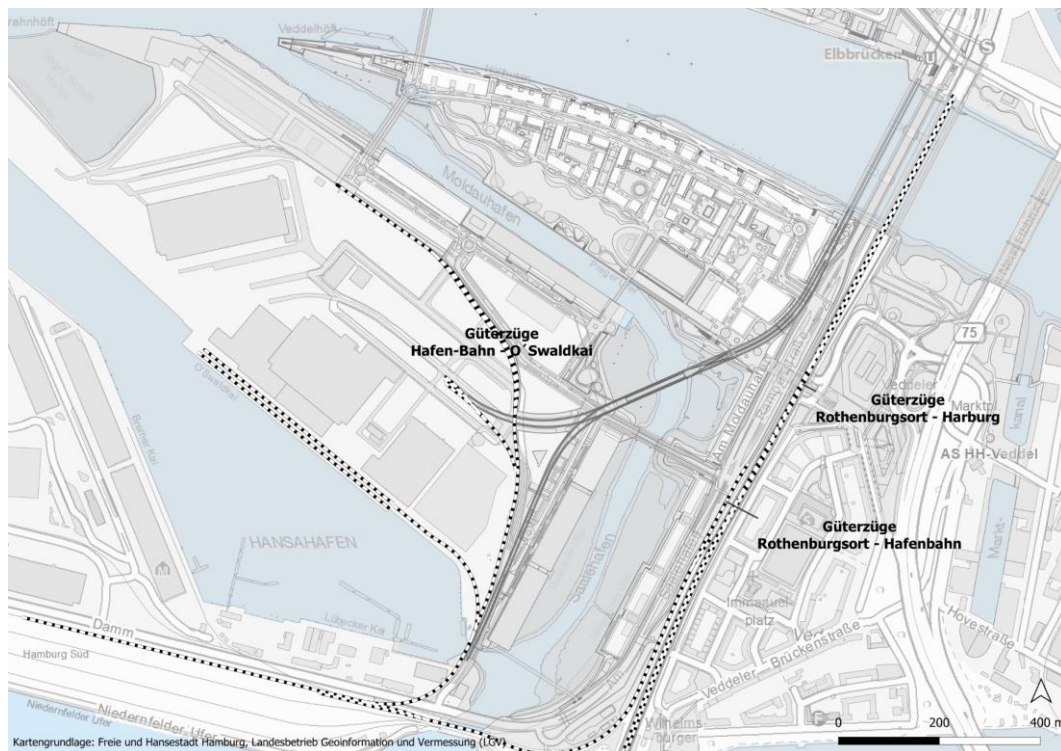


Abbildung 5: Schienenverkehr – Güterzüge (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

### 5.1.3 Straßenverkehr

Der Straßenverkehr verläuft im Norden über die Freihafenelbbrücke sowie die ehemalige Zollstation Veddel über die Straße Am Moldauhafen, die Verlängerung Am Saalehafen sowie über die Niederfelder Brücke über den Veddel Damme insbesondere mit LKW-Verkehr in den Hafen. Auf den Straßen verkehren insbesondere LKW über die Sachsenbrücke und die Hansabrücke auf den O'Swaldkai. Infolge einer zukünftigen Nutzung ist darüber hinaus auf den Hauptverkehrsstraßen von

Busverkehr auszugehen. In der Abbildung 6 sind die Straßen dargestellt, auf denen ein erhöhtes Aufkommen von schweren Fahrzeugen zu erwarten ist.

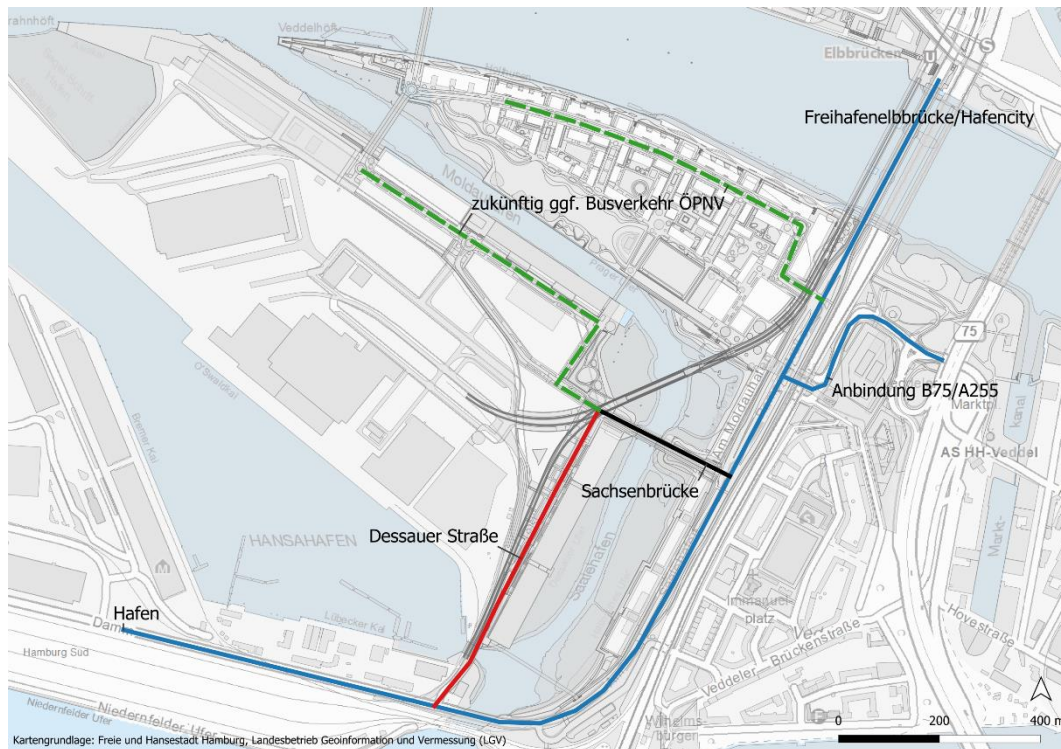


Abbildung 6: Straßenverkehr mit erhöhtem Aufkommen schwerer Fahrzeuge (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

## 5.2 Messpunkte und Durchführung der Schwingungsmessungen

Die Schwingungsmessungen wurden zur Erfassung der Schienen- und Straßenverkehrserschütterungen im Plangebiet sowie am benachbarten Rand des Plangebietes durchgeführt.

Die Geländeoberkante liegt im Plangebiet derzeit bei etwa +5 mNN. In den baugrundtechnischen Untersuchungen (IGB, 22.11.2018) wird der Bodenaufbau ausgehend von der Geländeoberkante mit mächtigen Auffüllungen mit Sanden, bereichsweise mit Fremdstoffen und organischen Weichschichten, gefolgt von natürlichen Weichschichten und ab etwa -7 mNN bis -9 mNN gewachsenen, tragfähigen Sanden beschrieben. Bereichsweise stehen tragfähige Sande bereits in geringeren Tiefen an.

Aufgrund des oberflächlich nicht tragenden Bodens wurden die Messpunkte so weit wie möglich an bestehenden Bauwerken eingerichtet. Die Messergebnisse waren im Vergleich unter den Messpunkten plausibel. Aufgrund der schwierigen Verhältnisse wurden die Messungen im Gelände im Südosten des Überseezentrums (MP7)

sowie aufgrund von Störungen im Süden der Hochwasserschutzanlagen Am Saalehafen (MP23) nicht für die Auswertung verwendet.

Es wurden folgende Messpunkte eingerichtet:

### **Überseezentrum**

- Nord-Ost: Gebäude Am Holthusenkai 1 (MP3, MP4, MP5),
- Mitte: Hallen Überseezentrum (MP1, MP2, MP12),
- Süd-Ost: Hochwasserschutzanlagen (MP6, MP8, MP9).

### **Veddel**

- Nord: Straße Am Bahndamm, Gebäude ehemalige Zollstation Veddel (MP10), Gelände (MP11).

### **Hallesches Ufer**

- Straße Am Saalehafen, Hochwasserschutzanlagen (MP21, MP22).

### **Dessauer Ufer**

- Nord: Dessauer Straße, Parkhaus Unikai (MP16, MP17),
- Süd: Dessauer Straße, Speichergebäude Halle G (MP14, MP15).

### **ehemaliges Zollamt Veddeler Damm**

- Nord: Gelände (MP19, MP20),
- Süd: Gelände (MP18).

Die Lage der Messpunkte der Schwingungsmessungen sind in Abbildung 7 dargestellt.

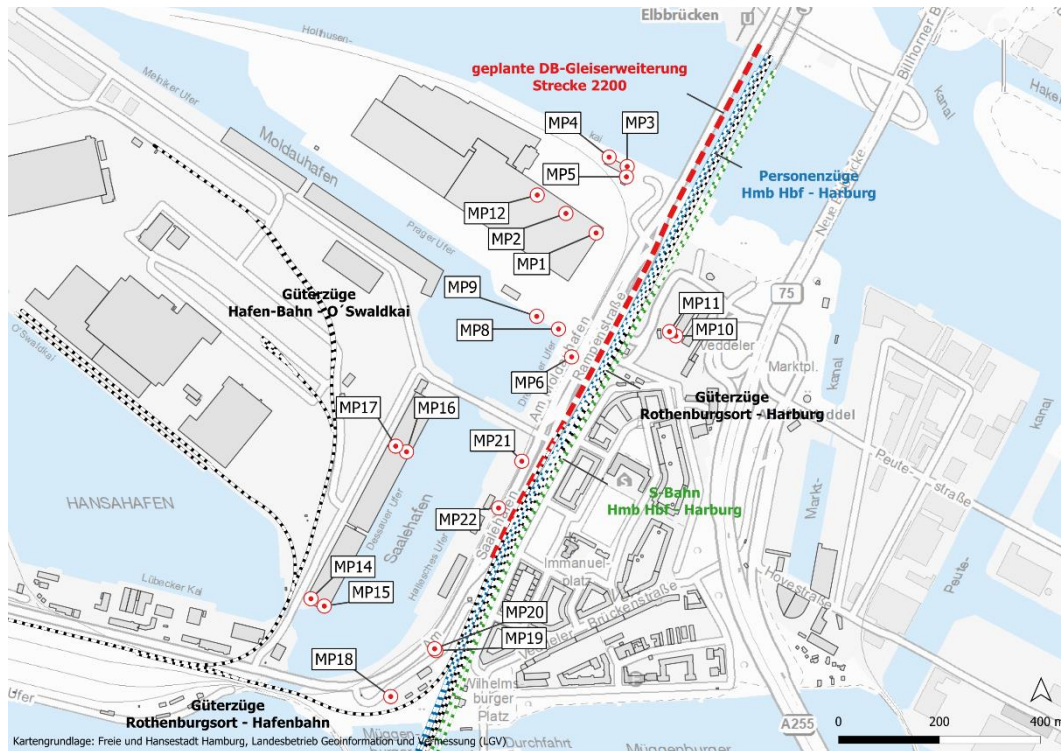


Abbildung 7: Lageplan Messpunkte Schwingungsmessungen (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

Der Einsatz von Messpunkten auf der Nordseite des O'Swaldkais war aufgrund der Störungen durch den Betrieb in dem betreffenden Gebäude sowie auf dem Gelände des Halleschen Ufers westlich der Hochwasserschutzanlagen aufgrund des uns nicht gestatteten Zugangs nicht möglich.

Die Schwingungsmessungen wurden in zwei Messkampagnen als Tagesmessung bei Verkehrs-Erschütterungen vorgenommen. Die jeweilige Messkampagne wurde während Langzeit-Referenz-Messungen in den Hallen des Überseezentrums durchgeführt. Die Langzeit-Referenz-Messungen wurden insbesondere zur Ermittlung der maximalen Erschütterungseinwirkungen verwendet.

Aufgrund des nahezu kontinuierlichen Straßenverkehrs mit LKW sind die Schwingungsmessungen bei Schienenverkehr von Straßenverkehrs-Erschütterungen überlagert. Am Dessauer Ufer konnten keine Schienenverkehrs-Erschütterungen identifiziert werden. Die Dessauer Straße verläuft unmittelbar an den Gebäuden und weist Straßenunebenheiten auf, so dass ausgeprägte Straßenverkehrs-Erschütterungen auftreten. Darüber hinaus liegt dort ein großer Abstand zur Nord-Süd-Bahnstrecke sowie der Saalehafen auf dem Ausbreitungsweg vor.

Schienenverkehrs-Erschütterungen weisen ein breites Spektrum auf, während Straßenverkehrs-Erschütterungen durch schwere Straßenfahrzeuge bis auf besondere Fragestellungen, die infolge der durch das Überfahren von Unebenheiten verursachte Aufbau- und Achseigenschwingungen mit niedrigen Frequenzen bis etwa zur 16 Hz-Terz begrenzt sind.

Aufgrund der relativ großen Abstände der Messpunkte zur Gleisachse, der Bodenverhältnisse und der grundsätzlich tiefen Anregungsfrequenzen des Straßenverkehrs zeigen die Ergebnisse insgesamt dominant tiefe Frequenzen zwischen der 5 Hz- bis zu 12.5 Hz-Terz.

## **6 Prognose der Einwirkung auf Menschen**

Die Prognose erfolgte mit einem spektralen Prognoseverfahren auf Grundlage von VDI 3837 „Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen“, VDI 2038 „Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen“ und der DB Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“.

Ausgehend von den Schwingungsmessungen wurden Prognosen der Immissionen aus Erschütterungen mit einer Parametervariation der Standard-Übertragungsfunktionen Boden-Stockwerksdecke vorgenommen.

Aufgrund der im vorliegenden Fall tiefen Anregungsfrequenzen sind Immissionen aus dem sekundären Luftschall nicht maßgeblich.

Aufgrund der Streuung der, aus Messungen ermittelten bzw. aus Richtlinien bzw. Veröffentlichungen angesetzten mittleren Größen, i.d.R. Terzschnellespektren oder -differenzen, entsprechen die Prognoseergebnisse einer durchschnittlichen Situation mit Mittelwertgrößen (Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FT,r}$ ) oder mittleren Maximalwertgrößen (mittlere maximale Bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax,m}$ ), die in der konkreten Situation nach oben und nach unten abweichen können. Im vorliegenden Fall wurden aus den Langzeit-Referenz-Messungen zuverlässige Abschätzungen für die maximalen Immissionen abgeleitet, so dass die Abweichungen auch vor dem Hintergrund der angesetzten Standard-Übertragungsfunktionen Boden-Stockwerksdecke grundsätzlich als Abschätzung zu hohen Immissionen, d.h. auf der sicheren Seite, bewertet werden.

In der VDI-Richtlinie 2038 Blatt 1 „Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen, Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik“ werden Angaben zu der für unterschiedliche Randbedingung zu erwartenden Prognoseunsicherheit gemacht.

In den Prognosen wurden der beabsichtigte Ausbau der Bahnstrecke und die Zugzahlen für den Prognosehorizont 2030 berücksichtigt.

Die Immissionen aus Erschütterungen i.S. von Deckenschwingungen wurden für die mittleren maximalen Einwirkungen, die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$ , sowie für die Mittelwerte, die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$ , prognostiziert. Für die Beurteilungs-Schwingstärke wurde die o.g. Zugverkehrshäufigkeit angesetzt. In den Anhängen Mess- und Prognoseergebnisse sind die Ergebnisse für die unterschiedlichen Zugverkehrshäufigkeiten tags und nachts angegeben.

Die Prognose wurde unter einer Parametervariation der Deckeneigenfrequenz vorgenommen. Aufgrund der tiefen Anregungsfrequenzen ergeben sich die ungünstigsten Ergebnisse für sehr niedrige Deckeneigenfrequenzen. Aufgrund der ausgeprägten Bodenschichtung mit einer organischen Weichschicht erfolgt eine Ausbreitung der tieffrequenten Erschütterungen in große Abstände.

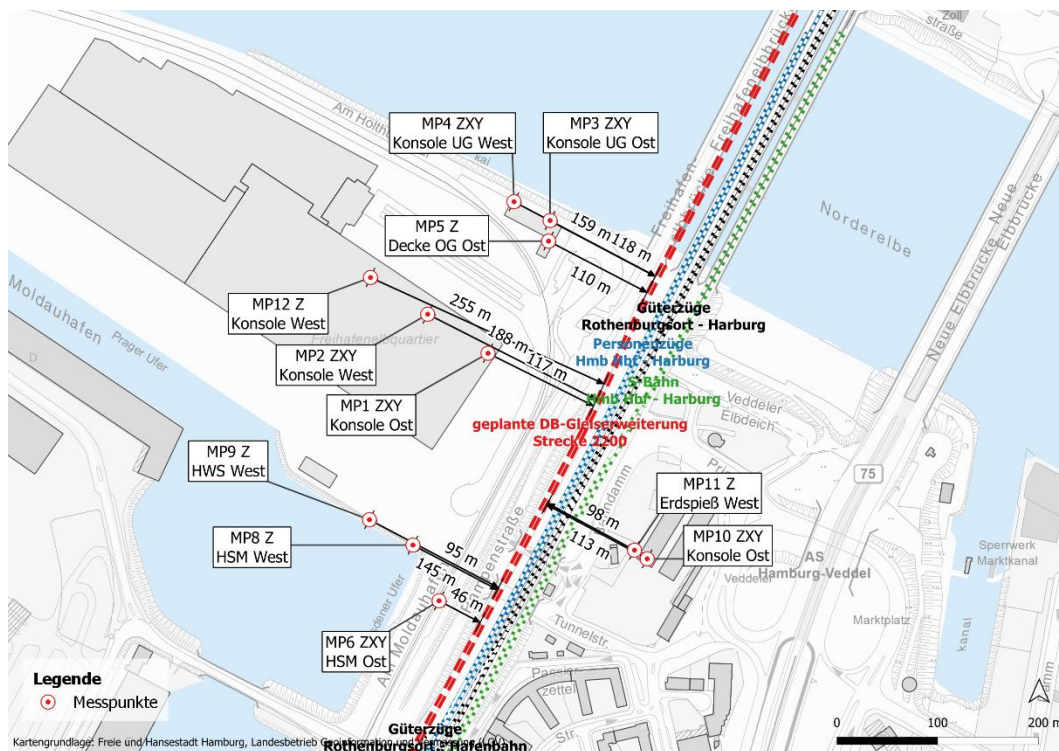


Abbildung 8: Moldauhafenquartier Messpunkte und Abstände zu den Bahnstrecken (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

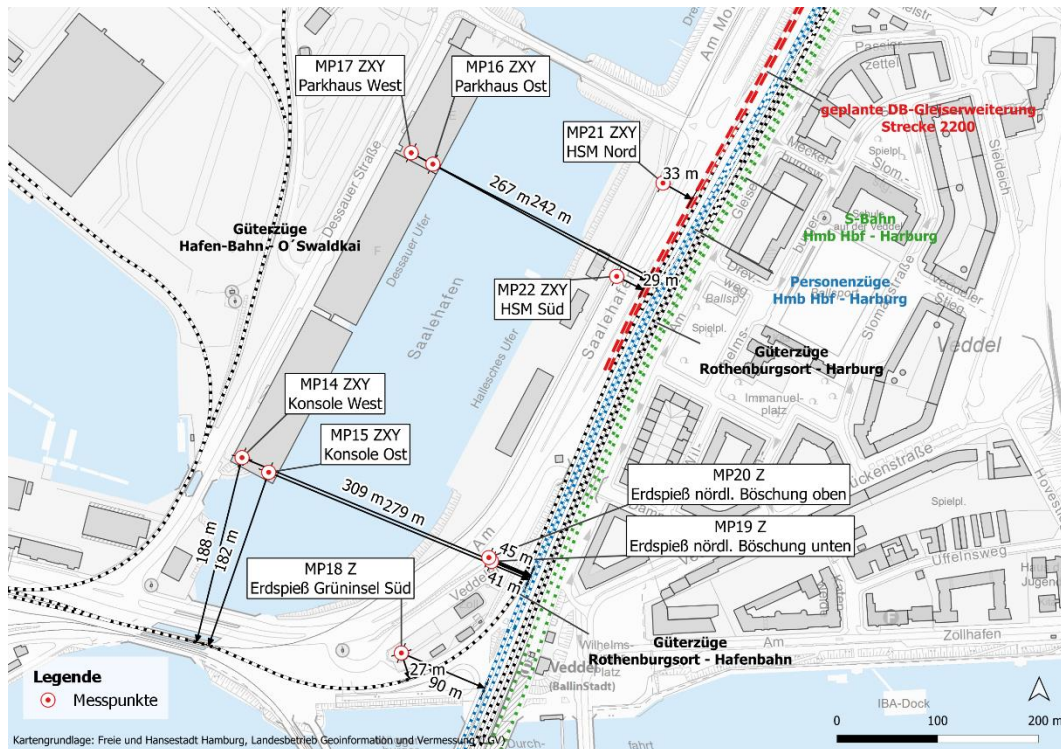


Abbildung 9: Hafentorquartier Messpunkte und Abstände zu den Bahnstrecken (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

Die Angabe der Ergebnisse in Abhängigkeit der Deckeneigenfrequenz ist eine erste Orientierung, da die Übertragung der Erschütterungen vom Boden ins Gebäude und innerhalb des Gebäudes von der individuellen Gebäudestruktur abhängt.

Zur Verminderung der Immissionen aus Erschütterungen kommen an neu zu erstellenden Gebäuden verschiedene Maßnahmen in Betracht. Neben einem Abrücken der Bebauung in einen größeren Abstand von der Bahnstrecke, kommen eine sehr dicke Bodenplatte und eine dickere aufgehende Untergeschosswand zur Bahnstrecke, im Nahbereich zur Bahnstrecke eine verbleibende steife, massive Baugrubenwand (Bohrpfahlwand, Schlitzwand) zur Bahnstrecke mit einer erschütterungstechnisch wirksamen elastischen Fuge zwischen der Baugrubenwand und der Untergeschosswand des Gebäudes in Betracht.

Bei besonders hohen Erschütterungsemissionen, sehr geringen Abständen oder besonders hohen Anforderungen ist darüber hinaus in Abhängigkeit von den Anregungsfrequenzen eine elastische Gebäudelagerung zur Verminderung der Erschütterungsübertragung eine wirksame Maßnahme.

Im Gebäude können Erschütterungen durch die Vermeidung einer resonanznahen Anregung von Stockwerksdecken durch eine gezielte Veränderung der Struktur-  
dynamik vermindert werden.

Nachfolgend werden, wie bei anderen orientierenden Untersuchungen die oben be-  
schriebene Deckeneigenfrequenz als maßgeblicher Parameter herangezogen. Im  
Rahmen der Konkretisierung der Planungen kann für die betreffenden Gebäude al-  
ternativ zum Nachweis von Deckeneigenfrequenzen eine Ermittlung der individu-  
ellen Erschütterungsübertragung erfolgen. Darüber hinaus können zur Verdichtung  
der Untersuchungen ergänzende Schwingungsmessungen erfolgen.

### **6.1 U-Bahn Verlängerung Linie U4**

Die Fortführung der Hafencity U-Bahn der Linie U4 ist von der Haltestelle Elb-  
brücken in Richtung Süden über die Norderelbe in aufgeständerter Bauweise am  
östlichen Rand des Überseezentrums bzw. des zukünftigen Moldauhafenquartiers  
und entlang des Dessauer Ufers durch das Plangebiet vorgesehen. Am südlichen  
Ende der Strecke existieren die Variante West und die Variante Süd für eine Fort-  
führung der Streckenführung nach Wilhelmsburg.

In Abbildung 10 ist das östliche Moldauhafenquartier mit den Abständen der  
Gebäude zu den nächstgelegenen Gleisachsen der aufgeständerten U-Bahn  
dargestellt. Die Abstände betragen zwischen 7 m und 59 m. Der Abstand von 7 m  
betrifft ein östlich des U-Bahnviadukts geplantes Gebäude mit Gewerbenutzung.  
Westlich des U-Bahnviadukts befindet sich ein Gebäude mit Wohnnutzung und  
Gewerbe im Erdgeschoss, wobei die Wohnnutzung nach Osten ausgerichtet ist und  
einen Abstand von 15 m zur nächstgelegenen Gleisachse aufweist. Eine westlich  
gelegene Wohnnutzung weist einen Abstand von 59 m auf.

Die Abstände von 7 m zum Gewerbegebäude und insbesondere 15 m zum Gebäude  
mit Gewerbe und Wohnnutzung werden als gering bewertet.

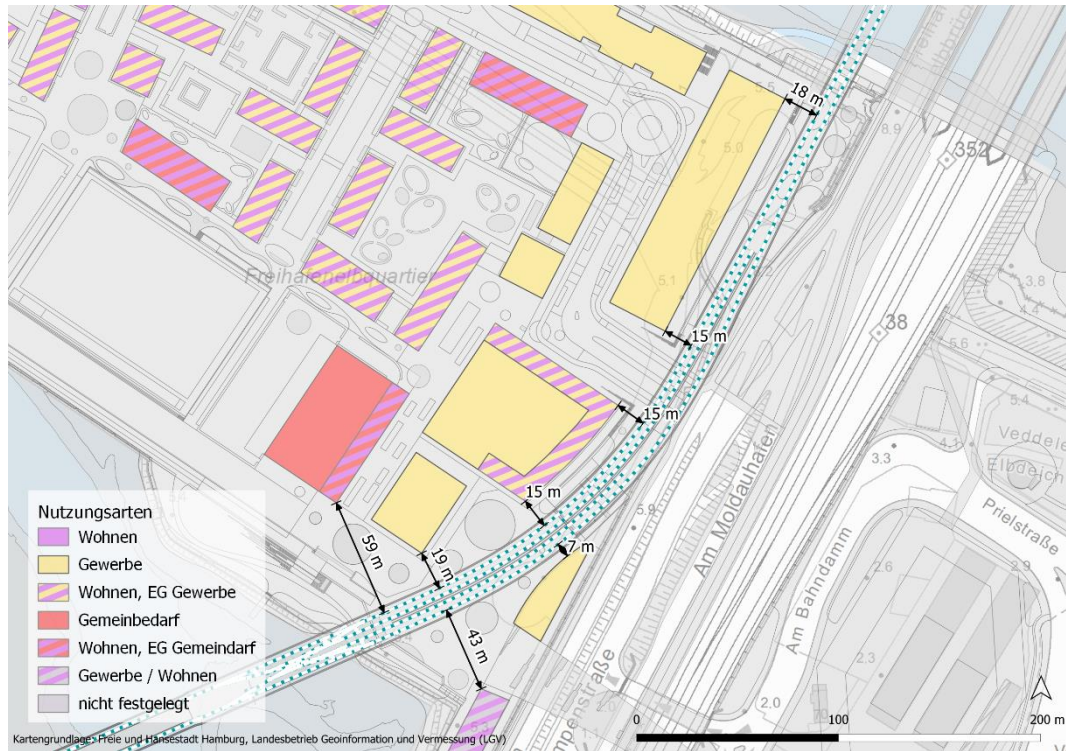


Abbildung 10: Moldauhafenquartier (Ost) mit Abständen der Gebäude zu den nächstgelegenen Gleisachsen der aufgeständerten U-Bahn (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

In Abbildung 11 ist das östliche Hafentorquartier mit den Abständen der Gebäude zu den nächstgelegenen Gleisachsen der aufgeständerten U-Bahn dargestellt. Die Abstände betragen zwischen 15 m und 125 m.

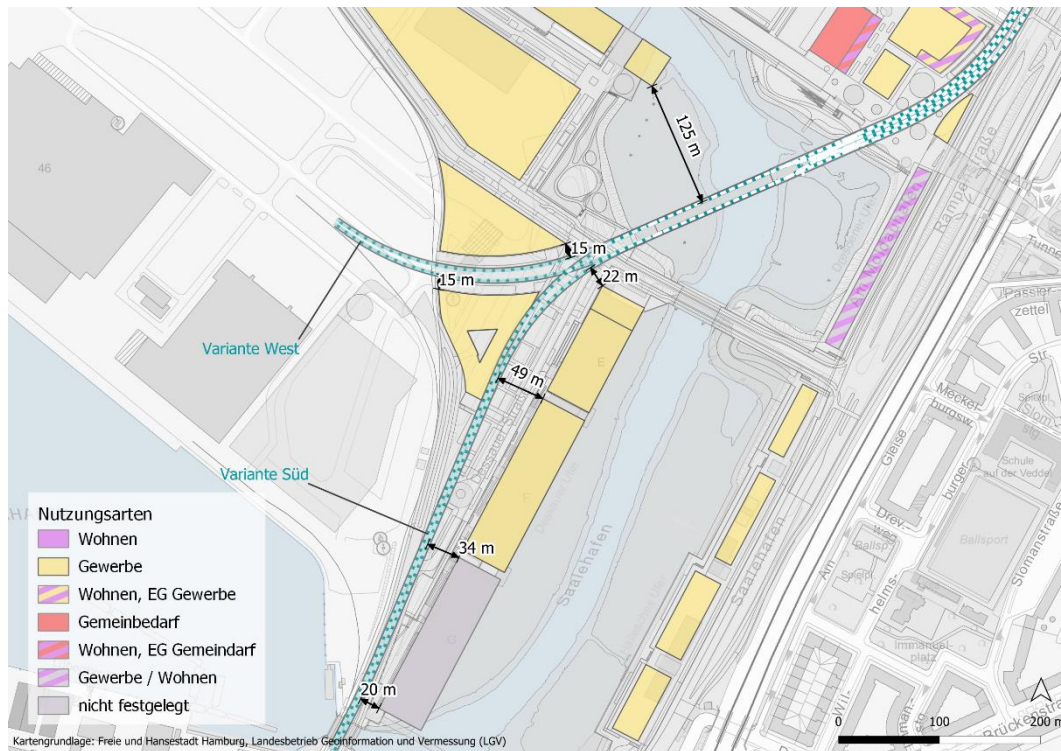


Abbildung 11: Hafentorquartier (Ost) mit Abständen der Gebäude zur U-Bahn (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

Es wird davon ausgegangen, dass im Rahmen der Planung der U-Bahnstrecke die erforderlichen Maßnahmen zum Erschütterungsschutz berücksichtigt werden. Maßnahmen an der Quelle sind in der Regel deutlich wirksamer als auf dem Übertragungsweg im Boden oder beim Empfänger in Gebäuden. Grundsätzlich weist aus erschütterungstechnischer Sicht ein steifes Viadukt aus Stahlbeton günstigere Eigenschaften auf und ist auch im Hinblick auf die Abstrahlung von primärem Luftschall vorteilhafter als eine Stahlkonstruktion. Als Maßnahme zum Erschütterungsschutz ist im Rahmen der Auslobung der U4-Verlängerung durch die Hamburger Hochbahn AG der Ausbau mit einer Unterschottermatte vorgesehen.

Aufgrund des geringeren räumlichen Einflussbereiches der U-Bahnerschütterungen ist unter Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Rahmen der Planung der U-Bahnstrecke unabhängig von der Art der Konstruktion des Viaduktes und der zu ergreifenden Maßnahmen davon auszugehen, dass der räumliche Einflussbereich der Schienenverkehrserschütterungen durch den Fern- und Güterzugverkehr bestimmt wird.

## 6.2 Schienenverkehr

### 6.2.1 Moldauhafenquartier

Es ergibt sich ausgehend von den Messpunkten in den Hallen des Überseezentrums in 117 m Abstand zur Bahnstrecke in den zukünftigen Urbanen Gebieten für eine Einhaltung der Anhaltswerte für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) eine Mindestdeckeneigenfrequenz in der 12.5 Hz-Terz, in 188 m in der 10 Hz-Terz und erst in 255 m keine Mindestdeckeneigenfrequenz.

Im Wohnungsbau ist es aufgrund der für den Trittschallschutz - auch unter Berücksichtigung des schwimmenden Estrichs - erforderlichen Mindestdeckendicke sowie der begrenzten freien Spannweiten ohne großen Aufwand möglich, für Stahlbetondecken Eigenfrequenzen oberhalb von 16 Hz zu erreichen. Aus der Erfahrung mit modernen Deckenkonstruktionen in Holz- oder Holzhybridbauweise sind dynamisch weiche Eigenschaften mit geringen Eigenfrequenzen, aber keine prinzipiell größeren Überhöhungen in Resonanz festgestellt worden. Für ausreichend hohe Deckeneigenfrequenzen kann es zur Begrenzung der Spannweiten erforderlich werden, tragende Trennwände anstelle von nicht tragenden, leichten Trennwänden zu verwenden.

Insofern ergibt sich auf Grundlage dieser ersten orientierenden Schwingungsmessungen und Prognosen für den Schienenverkehr, dass in den zukünftigen Urbanen Gebieten im Moldauhafenquartier mit 117 m Abstand zur Bahnstrecke und einer Mindestdeckeneigenfrequenz in der 12.5 Hz-Terz im Wohnungsbau die Anhaltswerte für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) einhaltbar wären.

Bei Bürogebäuden können die Eigenfrequenzen von Stockwerksdecken insbesondere bei weit gespannten Decken ohne Trennwände bei deutlich geringeren Werten liegen als im Wohnungsbau. Dabei sind Eigenfrequenzen von 5 Hz ein unterer Wert und von 10 Hz ein typischerer Wert.

Für eine Büronutzung sind die tags geltenden Anhaltswerte einzuhalten. Dabei ist der tags geltende obere Anhaltswert für die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  (Maximalwertgröße), so hoch, dass dieser im vorliegenden Fall nicht für die Beurteilung maßgeblich ist. Aufgrund der tagsüber geringeren Verkehrsdichte der Güterzüge ergibt sich tags eine geringere Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FT}$ , (Mittelwertgröße) als nachts. Aufgrund dieser Randbedingungen ergibt sich zur

Einhaltung der Anhaltswerte für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) tags bereits ausgehend von dem Messpunkt in den Hallen des Überseezentrums in 117 m Abstand zur Bahnstrecke keine Bedingung an die Eigenfrequenz der Stockwerksdecken. Ausgehend von den Messpunkt MP6 in 46 m und MP8 in 95 m von der Bahnstrecke ergeben sich für Deckeneigenfrequenzen in der 5 Hz- und 16 Hz-Terz ungünstige Prognoseergebnisse, so dass zur Einhaltung der Anhaltswerte für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) tags mindestens Deckeneigenfrequenzen von 25 Hz für MP6 bzw. 8 Hz für MP8 erforderlich wären. Die Anforderung einer Deckeneigenfrequenz von 25 Hz stellt für eine Bürobebauung eine sehr hohe Anforderung dar und daher wird empfohlen, hier im Rahmen der Ausformulierung des Hochbaus mit konkreten Gebäudeentwürfen detailliertere Untersuchungen vorzunehmen.

### **6.2.2 Veddel (Nord)**

Ausgehend von den Messpunkten an der Straße Am Bahndamm im Gelände und im Gebäude der ehemalige Zollstation Veddel ergeben sich bezogen auf den Abstand zur Bahnstrecke etwas günstigere Prognoseergebnisse als für die westliche Seite der Bahnstrecke. Dieser Umstand wird darauf zurückgeführt, dass auf den beiden östlichen, der Veddel zugewandten Gleise der erschütterungsärmere S-Bahnverkehr verläuft und erschütterungsintensivere Zugverkehr weiter entfernt verläuft.

Es ergibt sich ausgehend vom Messpunkt MP10 am ehemaligen Zollabfertigungsgebäude in 90 m Abstand zur Bahnstrecke für eine Einhaltung der Anhaltswerte für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) ab einer Mindestdeckeneigenfrequenz in der 8 Hz-Terz. Ausgehend von dem Geländemesspunkt MP11 in 75 m Abstand zur Bahnstrecke ergeben sich für eine Einhaltung der Anhaltswerte für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) Mindesteigenfrequenzen in der 20 Hz-Terz.

Für eine Büronutzung sind die tags geltenden Anhaltswerte einzuhalten. Dabei ist der tags geltende obere Anhaltswert für die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  (Maximalwertgröße), so hoch, dass dieser im vorliegenden Fall nicht für die Beurteilung maßgeblich ist. Eine Einhaltung der Anhaltswerte für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) tags ergibt sich ausgehend von MP10 in 90 m von der Bahnstrecke mit einer Hochabstimmung mindestens in der 8 Hz-Terz keine besonderen

Bedingungen sowie ausgehend von MP11 in 75 m von der Bahnstrecke ab Eigenfrequenzen in der 20 Hz-Terz.

### **6.2.3 Dresdener Ufer und Hallesches Ufer**

Am Dresdener Ufer ist eine gemischte Nutzung mit Wohnen und Gewerbe vorgesehen.

Aufgrund des geringen Abstands zwischen dem Dresdener Ufer und der Bahnstrecke von 35 m bis 40 m ergibt sich für eine Einhaltung der Anhaltswerte für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) ab einer Mindestdeckeneigenfrequenz in der 25 Hz-Terz sowohl für eine Wohn- als auch für eine Gewerbenutzung. Diese Werte sind sehr hoch und lassen sich nur mit geringen Deckenspannweiten erreichen. Es wird empfohlen, im Rahmen der Ausformulierung des Hochbaus mit konkreten Gebäudeentwürfen detailliertere Untersuchungen vorzunehmen.

Die erschütterungstechnische Situation am weiter südlich gelegenen Halleschen Ufer entspricht grundsätzlich der am Dresdener Ufer. Am Halleschen Ufer ist keine Wohnbebauung vorgesehen.

Für eine Büronutzung sind die tags geltenden Anhaltswerte einzuhalten. Dabei ist der tags geltende obere Anhaltswert für die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{F_{max}}$  (Maximalwertgröße), so hoch, dass dieser im vorliegenden Fall nicht für die Beurteilung maßgeblich ist. Eine Einhaltung der Anhaltswerte für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) tags ergibt sich ab Eigenfrequenzen in der 20 Hz-Terz ausgehend von Messpunkt MP21 und in der 31.5 Hz-Terz ausgehend von Messpunkt MP22. Diese Anforderung an die Deckeneigenfrequenzen stellen für eine Bürobebauung eine hohe Anforderung dar und daher wird empfohlen, im Rahmen der Ausformulierung des Hochbaus mit konkreten Gebäudeentwürfen detailliertere Untersuchungen vorzunehmen.

### **6.2.4 Ehemaliges Zollamt Veddeler Damm**

Die Messpunkte in diesem Bereich weisen zum Halleschen Ufer vergleichbare Abstände von 35 m und 40 m zur Bahnstrecke auf. Hier handelt es sich bei dem nächstgelegenen Gleis um den Abzweig zur Hafentram, während die Nord-Süd-Bahnstrecke sich 41 m und 45 m entfernt befindet.

Es ergibt sich ausgehend vom Messpunkt MP18 in 90 m Abstand zur Bahnstrecke (27 m zur Hafentrambahn) für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) mit einer Mindestdeckeneigenfrequenz in der 16 Hz-Terz eine Einhaltung des Anhaltswertes tags und in der 20 Hz-Terz eine Einhaltung des Anhaltswertes nachts. Ausgehend von den beiden weiteren Messpunkten MP19 und MP20 in 41 m und 45 m Abstand zur Bahnstrecke ergibt sich für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) Mindesteigenfrequenzen in der 20 Hz-Terz eine Einhaltung des Anhaltswertes tags und in der 25 Hz-Terz eine Einhaltung des Anhaltswertes nachts. Im Bereich des ehemaligen Zollamts Veddeler Damm ist keine Wohnbebauung zu erwarten.

Für eine Büronutzung sind die tags geltenden Anhaltswerte einzuhalten. Dabei ist der tags geltende obere Anhaltswert für die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{F_{max}}$  (Maximalwertgröße), so hoch, dass dieser im vorliegenden Fall nicht für die Beurteilung maßgeblich ist. Eine Einhaltung des Anhaltswertes  $A_r$  für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) tags ergibt sich ausgehend von den Messpunkten ab Eigenfrequenzen in der 20 Hz-Terz. Diese Anforderung an die Deckeneigenfrequenzen können für eine Bürobebauung eine hohe Anforderung darstellen und daher wird empfohlen, im Rahmen der Ausformulierung des Hochbaus mit konkreten Gebäudeentwürfen detailliertere Untersuchungen vorzunehmen.

### **6.2.5 Dessauer Ufer**

Auf den Messpunkten Am Dessauer Ufer konnten keine Schienenverkehrs-Erschütterungen auf der Nord-Süd-Bahnstrecke identifiziert werden.

Im Hinblick auf die Anforderungen für eine Wohnnutzung sind die oberen Anhaltswerte nachts für Misch- und Kerngebiete und insbesondere für allgemeine Wohngebiete sehr gering, sodass eine Überschreitung dieser Anhaltswerte auch bei langsamen Güterzugfahrten auf den O'Swaldkai nicht ausgeschlossen werden kann. Im Bereich des Dessauer Ufers ist keine Wohnbebauung zu erwarten, so dass diese Anforderungen dort auch nicht eingehalten werden müssten.

Für eine Büronutzung sind die tags geltenden Anhaltswerte einzuhalten. Dabei ist der tags geltende obere Anhaltswert für die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{F_{max}}$  (Maximalwertgröße), so hoch, dass dieser im vorliegenden Fall nicht für die Beurteilung maßgeblich ist. Aufgrund der als selten zu erwartenden Güterzugfahrten auf den O'Swaldkai ist von einer Einhaltung des Anhaltswertes  $A_r$  für

Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) aufgrund der geringen Verkehrshäufigkeit tags auszugehen.

### **6.3 Straßenverkehrs-Erschütterungen**

Die Straßenverkehrs-Erschütterungen werden lokal auf den Straßen mit LKW-Verkehr und Straßenunebenheiten verursacht. Im Hinblick auf die Einwirkung auf Menschen in Gebäuden sind die jeweils unmittelbar benachbarten Straßen mit LKW-Verkehr maßgeblich. Im vorliegenden Fall handelt es sich um die Freihafenelbbrücke im Norden, Am Bahndamm (ehemalige Zollstation Veddel), die Straße Am Moldauhafen, die Verlängerung Am Saalehafen sowie über die Niederfelder Brücke über den Veddeler Damm insbesondere mit LKW-Verkehr in den Hafen. Auf den Straßen verkehren insbesondere LKW über die Sachsenbrücke und die Hansabrücke auf den O'Swaldkai. Infolge einer zukünftigen Nutzung ist darüber hinaus auf den Hauptverkehrsstraßen von Busverkehr auszugehen.

Für den Bereich der im Untersuchungsgebiet zu erwartenden Wohnnutzung im Moldauhafenquartier in Urbanen Gebieten ist für die dortigen Straßen nicht von einem hohen Aufkommen von schweren LKW auszugehen. Für die dort geplanten Hauptverkehrsstraßen mit Busverkehr wird von einer dauerhaften Vermeidung von Unebenheiten und damit von Straßenverkehrs-Erschütterungen ausgegangen. Aus diesen Gründen ist davon auszugehen, dass Straßenverkehrs-Erschütterungen in diesen Bereichen nicht maßgeblich sind.

Für eine Büronutzung sollten die tags geltenden Anhaltswerte angestrebt werden. Dabei ist der tags geltende obere Anhaltswert für die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  (Maximalwertgröße), so hoch, dass dieser im vorliegenden Fall nicht für die Beurteilung maßgeblich ist. Sofern auf diesen Straßen und Brückenfugen dauerhaft ausgeprägte Unebenheiten vermieden werden, sind diese für eine Büronutzung mit einer Einhaltung des Anhaltswertes  $A_r$  für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) tags auszugehen. Für eine dauerhaft Vermeidung ausgeprägter Unebenheiten sind ggf. lokal Maßnahmen zur Bodenverbesserung erforderlich.

Grundsätzlich können störende Deckenschwingungen infolge von Straßenverkehrs-Erschütterungen durch eine Hochabstimmung der Deckeneigenfrequenz auf mindestens 16 Hz-Terz vermieden werden. Diese Deckeneigenfrequenzen würden für den Wohnungsbau eine mögliche bauliche Anforderung darstellen, während es –

wie oben beschrieben – für Bürogebäude bereits eine hohe bauliche Anforderung bedeuten würde. Für das Baufeld BF - 22 mit der östlichsten Wohnnutzung im Mol-dauhafenquartier und insbesondere für das Baufeld BF - 19 am Dresdener Ufer mit exponierter Wohnnutzung sind die erschütterungstechnischen Anforderungen, mit der Maßnahme einer Hochabstimmung der Deckeneigenfrequenz auf mindestens 16 Hz-Terz, im Rahmen der Ausformulierung des Hochbaus mit konkreten Gebäu-deentwürfen zu berücksichtigen.

## **7 Analyse zur Einwirkung auf erschütterungsempfindliche Geräte**

Die Betrachtung der Einwirkung auf erschütterungsempfindliche Geräte ist eine Standorteigenschaft, die im Rahmen der weitergehenden städtebaulichen Entwick-lung berücksichtigt wird, während diese auf der Ebene des Bebauungsplans nicht relevant ist.

Die Bewertung der Erschütterungseinwirkungen auf erschütterungsempfindliche Geräte erfolgt auf Grundlage von der Terzschnelle, d.h. normierten Breitbandspek-tren der Schwinggeschwindigkeit. Hierfür werden die auf den Messpunkten erfass-ten Schwingungsmessungen verwendet, wobei zusätzlich zu den vertikalen auch die horizontalen Komponenten zu beachten sind. Diese Messergebnisse gelten für das Gelände bzw. die betreffende bauliche Anlage bzw. das betreffende Gebäude. Die Bewertung entspricht damit einer Aufstellung von erschütterungsempfindli-chen Geräten auf der Gebäudesohle.

Bei einer Aufstellung auf einer Stockwerksdecke wären zusätzlich die betreffenden dynamischen Eigenschaften mit einer Überhöhung der Erschütterungseinleitung zu berücksichtigen. Die Betrachtung einer Aufstellung auf der Gebäudesohle ent-spricht damit den am Standort ohne weitere Maßnahmen zu erwartenden Anforde-rungen.

Bei den im Untersuchungsgebiet gemessenen Schienen- und Straßenverkehrs-Er-schütterungen handelt es sich aufgrund des Abstands, der Bodenschichtung mit ei-ner ausgeprägten organischen Weichschicht sowie der typischen Anregungsfre- quenzen des Straßenverkehrs um tiefe Frequenzen zwischen der 5 Hz- und 12.5 Hz- Terz.

Im Hinblick auf die Einwirkung auf Menschen in Gebäuden kann in vielen Fällen durch eine steife Baustruktur mit einer ausreichenden Hochabstimmung der Deckeneigenfrequenzen eine Verstärkung der Erschütterungen vermieden werden und eine Einhaltung der betreffenden Anforderungen erreicht werden.

Erschütterungsempfindliche Geräte können deutlich höhere Anforderungen aufweisen als diese für Menschen gelten. Darüber hinaus weisen viele erschütterungsempfindliche Geräte bei tiefen Frequenzen besonders hohe Anforderungen auf. Dieser Umstand ist z.B. bei Geräten mit einer geräteinternen elastischen Lagerung auf Luftfedern, wie i.d.R. bei Raster-Elektronen-Mikroskopen (REM), der Fall. Eine elastische Lagerung auf Luftfedern bewirkt eine Verminderung der eingeleiteten Erschütterungen mit höheren Frequenzen, führt aber in der tiefen Abstimmfrequenz der Luftfedern zu einer deutlichen Verstärkung der eingeleiteten Erschütterungen und hier zu entsprechend hohen Anforderungen.

Die Bewertung der Erschütterungseinwirkungen auf erschütterungsempfindliche Geräte erfolgt durch einen Vergleich der Messungen mit den größten Schwingungsamplituden in der Auswertung als maximale Terzsumme mit den Vibration-Criteria (VC). Als Ergebnisse werden die über alle Frequenzen zwischen 1 Hz und 315 Hz eingehaltenen Vibration-Criteria, die Terzsummesumme ( $V_{FmaxTerzSumme}$ ) sowie die dominierende Frequenz angegeben. In den Anhängen mit den Analyseergebnissen sind die betreffenden Terzsumme-Diagramme dargestellt und die Ergebnisse in Tabellen angegeben.

Aus der Erfahrung mit der Überwachung von Laboren bei Baubetrieb ist bekannt, dass auch dort die Erschütterungsempfindlichkeit der Geräte sehr unterschiedlich ist und der Betrieb wie auch in der VDI 2038 angegeben, bei Erschütterungseinwirkungen der Vibration-Criteria „Wohngebäude (ISO)“ Anwendungen mit „einfachen Mikroskopen und Laborgeräten“ möglich ist.

Die Einstufung „OP-Saal (ISO)“ wird mit dem Betrieb von „Mikroskopen bis 100-fache Vergrößerung“ charakterisiert.

Bei einer Einstufung Vibration-Criteria VC-A ist der Aufstellort bereits „überwiegend geeignet für optische Mikroskope bis 400-fache Vergrößerung, Mikrowaagen, optische Waagen, Ausrichter“.

Es handelt sich um eine erste orientierende erschütterungstechnische Untersuchung, aus der nachfolgende Ergebnisse für die einzelnen Quartiere abgeleitet werden können und in Abbildung 1 dargestellt sind.

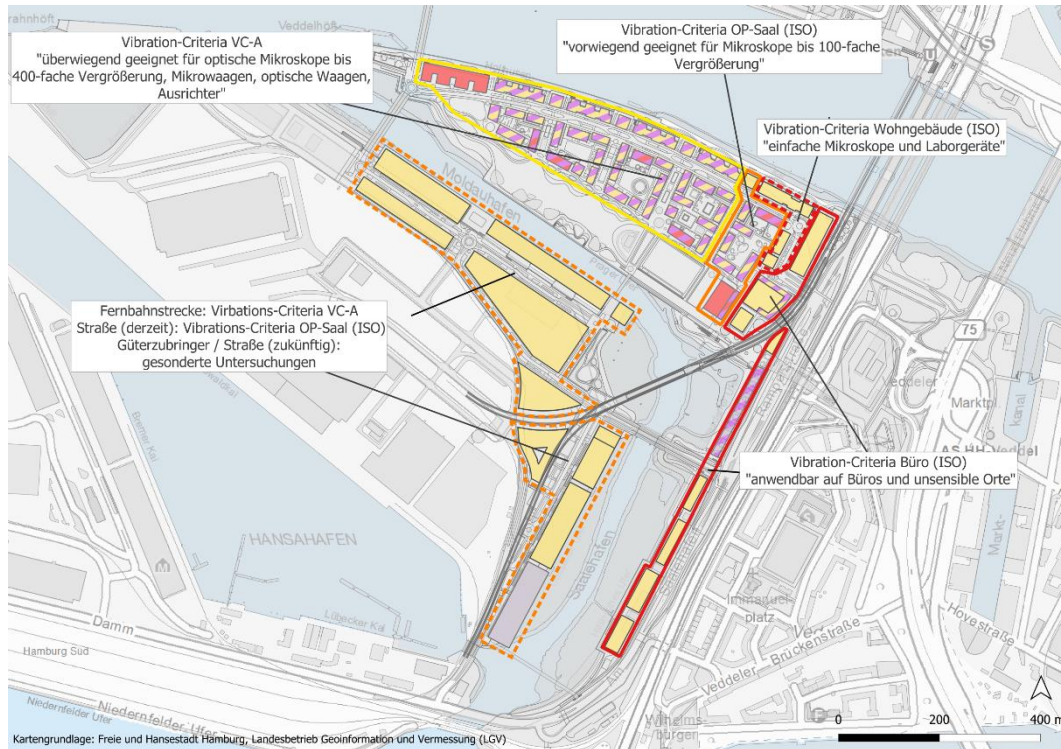


Abbildung 12: Lageplan Übersicht zur Einstufung Aufstellorte Gebäudesohle gemäß VDI 2038 mit Vibration-Criteria (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

In dem Moldauquartier ist im Wesentlichen eine gemischte Nutzung mit Wohnen, im Erdgeschoss eine gewerbliche Nutzung sowie Sondernutzungen und ausnahmsweise reines Wohnen vorgesehen. Aus diesen Gründen ist hier eine Nutzung von erschütterungsempfindlichen Geräten in gewerblichen Betrieben nicht zu erwarten, ggf. aber in Praxen und Laboren. Ausgehend von den Schwingungsmessungen in den Hallen des Überseequartiers wäre ohne weitere Maßnahmen eine Einstufung Vibration-Criteria VC-A mit dominierenden Frequenzen in der 5 Hz-Terz zu erwarten.

Im westlichen Bereich des Moldauquartiers sind für die größeren Abstände von der Straße Am Moldauhafen und der Bahnstrecke zur geplanten Bebauung eine Einhaltung Vibration-Criteria VC-A zu erwarten. Für die näher an der Straße Am Moldauhafen und der Bahnstrecke geplanten Gebäude ergibt sich eine Einstufung zwischen „OP-Saal (ISO)“ und „Büro (ISO)“ mit maßgeblichen Frequenzen in der 5 Hz-Terz.

Im Hafentorquartier ergibt sich für die Flächen am Halleschen Ufer und unmittelbar am Rand des Untersuchungsgebietes am ehemaligen Zollamt am Veddeler Damm eine Einstufung in Vibration-Criteria „Büro (ISO)“ mit dominierenden Frequenzen zwischen der 5 Hz- und 12.5 Hz-Terz und horizontal „Büro (ISO)“ mit dominierenden Frequenzen in der 6.3 Hz-Terz.

Die Flächen im Osten und Norden auf dem O´Swaldkai weisen einen sehr großen Abstand zur Nord-Süd-Bahnstrecke auf, so dass eine Einstufung der Vibration-Criteria VC-A mit dominierenden Frequenzen in der 5 Hz-Terz zu erwarten ist. Gesonderte Untersuchungen sind hier bzgl. der selten verkehrenden Güterzugfahrten auf dem O´Swaldkai erforderlich. Infolge des Straßenverkehrs ergibt sich für den Dessauer Hafen derzeit eine Einstufung gemäß „OP-Saal (ISO)“ mit dominierenden Frequenzen zwischen der 8 Hz-Terz.

In beiden Quartieren sind für relevante Geräteanforderungen gesonderte erschütterungstechnische Untersuchungen mit ergänzenden Schwingungsmessungen, den dynamischen Eigenschaften der geplanten Gründung und Gebäudestruktur sowie erforderlichenfalls baulichen Ertüchtigungen, technischen Maßnahmen mit passiven und aktiven Elementen zu berücksichtigen. Relevante Geräteanforderungen können bereits bei der Aufstellung und dem Betrieb von Geräten zur Magnetresonanztomographie (MRT) vorliegen, so dass ausreichend steife Stockwerksdecken und eine Hochabstimmung gegenüber den Verkehrserschütterungen erforderlich werden können.

## **8 Zusammenfassung**

Im Rahmen der Planungen zur städtebaulichen Entwicklung des Stadtteils Grasbrook wurden Schwingungsmessungen bei Schienen- und Straßenverkehr sowie darauf beruhende Prognosen vorgenommen. In den Prognosen wurden der beabsichtigte Ausbau der Bahnstrecke und die Zugzahlen für den Prognosehorizont 2030 berücksichtigt. Insbesondere für den Schienenverkehr ergeben sich aufgrund der hohen Verkehrshäufigkeit tags von Personenzügen und darüber hinaus nachts von Güterzügen hohe Emissionen. Aufgrund der ausgeprägten Bodenschichtung mit organischen Weichschichten liegt ein großer räumlicher Einflussbereich der Erschütterungen vor.

Zur Beschreibung der Situation wird, wie bei anderen orientierenden Untersuchungen die oben beschriebene Deckeneigenfrequenz als maßgeblicher Parameter herangezogen. Im Rahmen der Konkretisierung der Ausformulierung des Hochbaus mit konkreten Gebäudeentwürfen kann für die betreffenden Gebäude alternativ zum Nachweis von Deckeneigenfrequenzen eine detaillierte erschütterungstechnische Untersuchung mit ergänzenden Schwingungsmessungen und der berechnungstechnischen Ermittlung der individuellen Erschütterungsübertragung erfolgen. Im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchungen sind gegebenenfalls gegenüber dem Prognosehorizont 2030 weiter erhöhte Zugzahlen zu berücksichtigen.

Es handelt sich hiermit um eine orientierende erschütterungstechnische Untersuchung, aus der nachfolgende Ergebnisse für die einzelnen Quartiere abgeleitet werden können.

## **8.1 Moldauhafenquartier**

Im Moldauhafenquartier ist eine gemischte Nutzung vorgesehen. Die Bebauung ist im Erdgeschoss mit Gewerbenutzung und in den Obergeschossen mit Wohnnutzung vorgesehen.

Die im Westen des Moldauhafenquartiers vorgesehene Bebauung weist einen sehr großen Abstand zu den Bahnstrecken auf, so dass hier mit für den Wohnungsbau üblichen Deckeneigenfrequenzen von einer Einhaltung der Anhaltswerte für Urbane Gebiete gemäß DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3 ausgegangen werden kann und unabhängig von zukünftig weiter erhöhten Zugzahlen keine detaillierteren Untersuchungen der Schienenverkehrs-Erschütterungen erforderlich sind.

Im östlichen Bereich des Moldauhafenquartiers sind für die vorgesehene Wohnbebauung unmittelbar an der Straße Am Moldauhafen hohe bauliche Anforderungen zu berücksichtigen und im Rahmen der Konkretisierung der Ausformulierung des Hochbaus mit konkreten Gebäudeentwürfen eine gesonderte erschütterungstechnische Untersuchung erforderlich. Diese Feststellung gilt insbesondere für die dort bereichsweise vorgesehene Wohnnutzung. Für den westlich daran anschließenden Bereich sind für die Wohnnutzung erschütterungstechnische Untersuchungen erforderlich, um eine Unbedenklichkeit im Hinblick auf Erschütterungsimmissionen nachzuweisen bzw. erforderlichenfalls moderate Maßnahmen zum Erschütterungsschutz ergreifen, um die Anhaltswerte für Urbane Gebiete gemäß DIN 4150 Teil 2

Tabelle 1 Zeile 3 einzuhalten. Im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchungen sind gegebenenfalls gegenüber dem Prognosehorizont 2030 weiter erhöhte Zugzahlen zu berücksichtigen.

Für die Bürobebauung im Nordosten des Moldauhafenquartiers sind ausgehend von den Messpunkten zur Einhaltung der Anforderungen DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3 tags mit moderaten Anforderungen an die Deckeneigenfrequenzen und moderaten baulichen Maßnahmen erforderlich. Für die unmittelbar an der Straße Am Moldauhafen unmittelbar am Rand des Untersuchungsgebietes an der ehemaligen Zollstation Veddel Am Bahndamm mit einem geringeren Abstand zur Bahnstrecke gelegene Bebauung sind gesonderte erschütterungstechnische Untersuchungen erforderlich.

In Abbildung 13 sind die betreffenden Bereiche für das Moldauhafenquartier in einen Lageplan dargestellt.

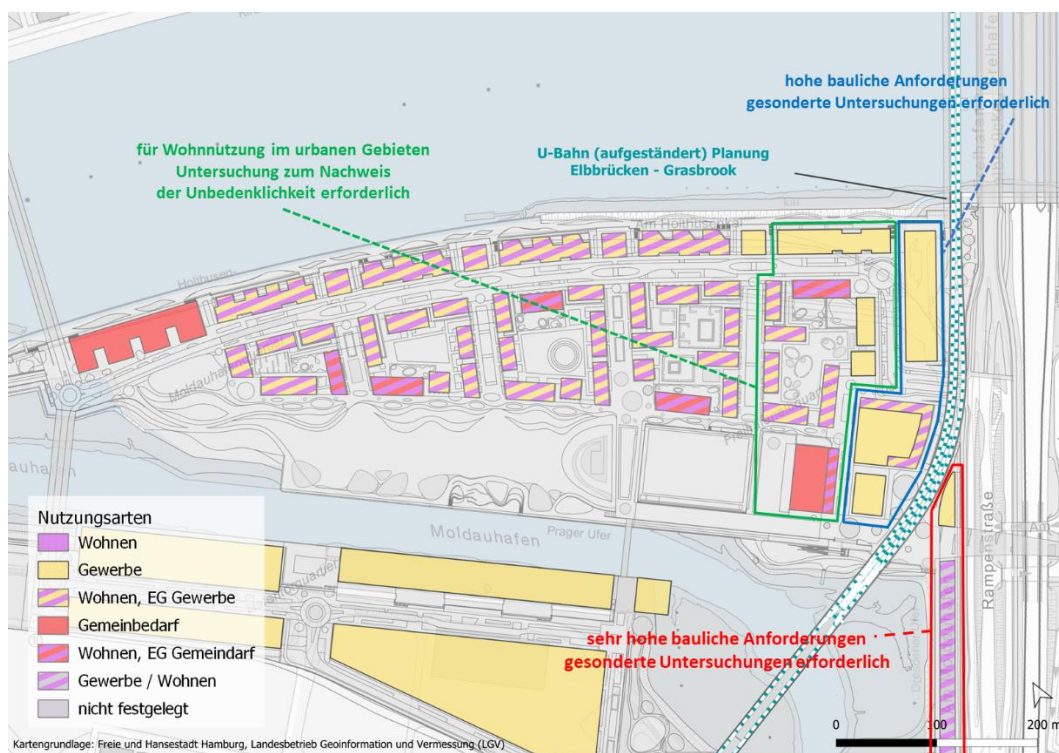


Abbildung 13: Moldauhafenquartier, Übersicht zu den Ergebnissen der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

## 8.2 Hafentorquartier

Im Hafentorquartier ist am Dresdener Ufer eine gemischte Nutzung vorgesehen. Die Bebauung ist im Erdgeschoss mit Gewerbenutzung und in den Obergeschossen

mit Wohnnutzung vorgesehen. Zur Einhaltung der Anhaltswerte für Urbane Gebiete gemäß DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3 sind hohe bauliche Anforderungen zu berücksichtigen und im Rahmen der Konkretisierung der Ausformulierung des Hochbaus mit konkreten Gebäudeentwürfen eine gesonderte erschütterungstechnische Untersuchung erforderlich. Im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchungen sind gegebenenfalls gegenüber dem Prognosehorizont 2030 weiter erhöhte Zugzahlen zu berücksichtigen.

Im weiteren Planungsgebiet ist eine gewerbliche Nutzung vorgesehen. In Gewerbegebieten gelten die Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 2. in Büros wird abweichend empfohlen, für den Komfort die Einhaltung der Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3 anzustreben.

Die Flächen am Halleschen Ufer und unmittelbar am Rand des Untersuchungsgebietes am ehemaligen Zollamt am Veddeler Damm weisen einen geringen Abstand zur Fernbahnstrecke auf. Hier ergeben sich bereits hohe bauliche Anforderungen für Büro- und Gewerbegebäude, um die Kriterien gemäß DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3 tags einzuhalten und es sind weitere Untersuchungen erforderlich. Im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchungen sind gegebenenfalls gegenüber dem Prognosehorizont 2030 weiter erhöhte Zugzahlen zu berücksichtigen.

Die Flächen im Osten und Norden auf dem O´Swaldkai weisen einen sehr großen Abstand zur Nord-Süd-Bahnstrecke auf, so dass eine Einhaltung der Anforderungen für Misch- und Kerngebiete gemäß DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3 tags erwartet werden kann.

Am Dessauer Ufer im Osten des O´Swaldkais ist auch wegen der geringen Verkehrshäufigkeit der zu erwartenden Güterzugfahrten auf den O´Swaldkai von einer Einhaltung des Anhaltswertes  $A_r$  für Misch- und Kerngebiete (Zeile 3) tags auszugehen.

In Abbildung 14 sind die betreffenden Bereiche für das Hafentorquartier in einen Lageplan dargestellt.

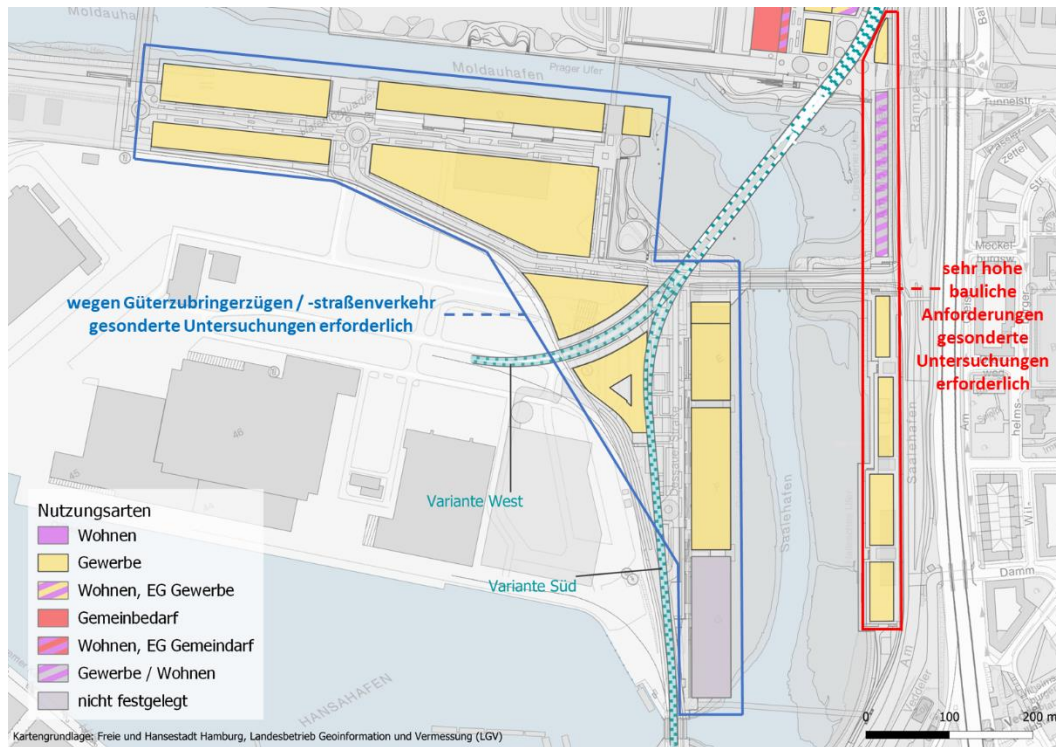


Abbildung 14: Hafentorquartier, Übersicht zu den Ergebnissen der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Kartengrundlage: FHH, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung)

### 8.3 Verlängerung der U-Bahn-Linie U4

Die Fortführung der Hafentor U-Bahn der Linie U4 ist von der Haltestelle Elbbrücken in Richtung Süden über die Norderelbe in aufgeständerter Bauweise am östlichen Rand des Überseezentrums bzw. des zukünftigen Moldauhafenquartiers und entlang des Dessauer Ufers durch das Planungsgebiet vorgesehen. Es wird davon ausgegangen, dass im Rahmen der Planung der U-Bahnstrecke die erforderlichen Maßnahmen zu Erschütterungsschutz berücksichtigt werden. Im Rahmen der Auslobung der U4-Verlängerung durch die Hamburger Hochbahn AG ist der Ausbau mit einer Unterschottermatte vorgesehen. Maßnahmen an der Quelle sind in der Regel deutlich wirksamer als auf dem Übertragungsweg im Boden oder beim Empfänger in Gebäuden.

Aufgrund des geringeren räumlichen Einflussbereiches der U-Bahnerschütterungen ist unter Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Rahmen der Planung der U-Bahnstrecke unabhängig von der Art der Konstruktion des Viaduktes und der zu ergreifenden Maßnahmen davon auszugehen, dass der räumliche Einflussbereich der Schienenverkehrserschütterungen durch den Fern- und Güterzugverkehr bestimmt wird.

## 8.4 Straßenverkehr

Für Erschütterungen aus dem Straßenverkehr liegt die östlichste Wohnbebauung im Baufeld BF - 22 im Moldauhafenquartier und insbesondere die am Dresdener Ufer im Baufeld BF - 19 im Einflussbereich des schweren Straßenverkehrs bzw. von Hauptverkehrsstraßen mit Busverkehr. Das gilt darüber hinaus für die Büro- und Gewerbebebauung an den Hauptverkehrsstraßen und am Dessauer Ufer. An den Hauptverkehrsstraßen sind ausgeprägte Straßenunebenheiten dauerhaft zu vermeiden.

Grundsätzlich können störende Deckenschwingungen infolge von Straßenverkehrs-Erschütterungen durch eine Hochabstimmung der Deckeneigenfrequenz auf mindestens 16 Hz-Terz vermieden werden. Diese Deckeneigenfrequenzen würden für den Wohnungsbau eine mögliche bauliche Anforderung darstellen, während es – wie oben beschrieben – für Bürogebäude bereits eine hohe bauliche Anforderung bedeuten würde.

## 8.5 Erschütterungsempfindliche Geräte

Es wurde eine ergänzende Bewertung der Erschütterungseinwirkungen auf erschütterungsempfindliche Geräte gemäß VDI 2038 mit den Vibration-Criteria (VC) für eine Aufstellenebene auf der Gebäudesohle zukünftiger Gebäude vorgenommen. Die Bewertung hat ergeben, dass an den Straßen mit LKW- bzw. Bus-Verkehr und geringerem Abstand zu Bahnstrecken bereits zur Einhaltung der Anforderungen für „einfache Mikroskope und Laborgeräte“ oder „Mikroskope bis 100-fache Vergrößerung“ gesonderte Untersuchungen erforderlich sind. Diese Situation ergibt sich für das östliche Moldauhafenquartier und das östliche Hafentorquartier.

Auf den Flächen mit größeren Abständen zu Straßen mit LKW- bzw. Bus-Verkehr und zu Bahnstrecken, wie im westlichen Moldauhafenquartier können die Anforderungen Vibration-Criteria VC-A, z.B. für den Betrieb von „Mikroskopen bis 400-fache Vergrößerung“, erreicht werden. Aufgrund der individuellen Erschütterungsempfindlichkeit von technischen Anlagen bzw. Geräten und der Abhängigkeit der Erschütterungsniveaus von der Gründungs- und Baustruktur sind für höhere Anforderungen gesonderte Untersuchungen vorzunehmen.