



F-2_ERSCHÜTTERUNGSGUTACHTEN

HH-WIN-C

Planfeststellungsunterlagen – Abschnitt NI

Gasnetz Hamburg GmbH
Ausschläger Elbdeich 127
20539 Hamburg

17. Juni 2024

F-2_ErschG-00

REVISIONEN

Rev.	Kommentar	Datum
00	Erstausgabe	17. Juni 2024

DMT GmbH & Co. KG

**Messstelle nach BImSchG &
Fachstelle für
Erschütterungsmessungen**

Am TÜV 1
45307 Essen / Deutschland

Erschütterungsgutachten zum Projekt HH-WIN Abschnitt C Hamburger Wasserstoff-Industrienetz

**Neubau einer Wasserstoffleitung
- Bereich Niedersachsen -**



Sitz der Gesellschaft
DMT GmbH & Co. KG
Am TÜV 1
45307 Essen / Deutschland


Tel.: +49 201 172-01
Fax: +49 201 172-1462

Geschäftsführung:
DMT Verwaltungsgesellschaft mbH, Essen
Amtsgericht Essen HRB 20420
Vertreten durch die Geschäftsführer:
Dr. Maik Tiedemann (Vorsitzender)
Jens-Peter Lux

Vorsitzender des Aufsichtsrates:
Jürgen Himmelsbach

Amtsgericht Essen
HRA 9091



Bericht-Nr.	CME1-2023-856-NI			
Anzahl Seiten	56			
Anlagen	<ul style="list-style-type: none">• Anhang 1: Auszug DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“• Anlage 1: Übersichtsplan Trassenführung Niedersachsen (Planung)			
Aufgabenstellung	Erschütterungstechnische Untersuchung für den Neubau einer Wasserstoffleitung – Bereich Niedersachsen			
Auftraggeber	Gasnetz Hamburg GmbH Ausschläger Elbdeich 127 20539 Hamburg			
Leitung Fachstelle	Dr. Ralf Fritschen			
Messstelle nach BImSchG Fachlich Verantwortlicher Vertretung	Dipl.-Ing. Rainer Hettenberger Dr. Simon Kremers			
Verfasser	Rainer Hettenberger		 Digital unterscriben von Rainer Hettenberger Datum: 2024.06.12 14:05:12 +02'00'	
Freigabe	Dr. Simon Kremers		 Digital unterscriben von Simon Kremers Datum: 2024.06.11 13:58:59 +02'00'	
Dateiname	856_Erschütterungsgutachten-NI.pdf			
Revisionsübersicht	Version	Datum	ersetzt Version	Beschreibung
	1.0	10.06.2024	-	Ersterstellung

INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung	5
2	Veranlassung	12
3	Zu beachtende Regelwerke und berücksichtigte Unterlagen	12
4	Vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Unterlagen	13
5	Örtliche Situation	13
5.1	Bauabschnitte und Bauwerke	15
5.2	Schutzwürdige Objekte	16
6	Erschütterungsrelevante Szenarien	16
6.1	Szenario 1 - Offene Grabenverlegung mit verbautem Graben	16
6.2	Szenario 2 - Verbau Start- und Zielbaugruben	16
6.3	Szenario 3 - Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren	17
7	Beurteilungsgrundlage	17
7.1	Einzuhaltende Anhaltswerte für die Beurteilung der Belästigungswirkung der vorliegenden Erschütterungsimmissionen	17
7.2	Einzuhaltende Anhaltswerte für die Beurteilung der Schadenswirkung	19
7.2.1	Einzuhaltende Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen	19
7.2.2	Einzuhaltende Anhaltswerte für Dauererschütterungen	20
8	Prognose der Erschütterungsimmissionen	21
8.1	Szenario 1 - Offene Grabenverlegung mit verbautem Graben	21
8.2	Szenario 2 - Verbau Start- und Zielbaugruben	24
8.3	Szenario 3 – Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren	27
9	Beurteilung der Erschütterungsimmissionen	29
9.1	Beurteilung der Belästigungswirkung nach DIN 4150, Teil 2	29
9.2	Beurteilung der Belästigungswirkung tagsüber	29
9.2.1	Szenario 1 – Offene Grabenverlegung mit verbautem Graben	29
9.2.2	Szenario 2 – Verbau Start- und Zielgruben	29
9.2.3	Szenario 3 - Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren	29
9.3	Beurteilung der Belästigungswirkung nachts	30
9.3.1	Szenario 1 – Offene Grabenverlegung mit verbautem Graben	30
9.3.2	Szenario 2 – Verbau Start- und Zielgruben	30
9.3.3	Szenario 3 - Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren	31
9.4	Beurteilung der Schadenswirkung nach DIN 4150, Teil 3	31
9.4.1	Szenario 1 – Offene Grabenverlegung mit verbautem Graben	31
9.4.2	Szenario 2 – Verbau Start- und Zielgruben	32
9.4.3	Szenario 3 - Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren	32

10	Prognose- und Beurteilungsergebnisse für die wesentlichen Bauabschnitte und Bauwerke	33
10.1	Offene Verlegung Ehestorfer Weg in Rosengarten	33
10.2	Errichtung Start- und Zielbaugrube zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg	36
10.3	Pressbohrvortrieb zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg	40
10.4	Offene Verlegung Appelbütteler Straße sowie Lorenz-Von-Ehren-Weg in Hamburg mit Immissionswirkung auf Wohnbebauung in Niedersachsen (Harburger Straße)	43
10.5	Offene Verlegung Trift in Rosengarten	46
10	Minderungsmaßnahmen	49
11	Überprüfung der Prognoseergebnisse	49
Anhang 1: Die Beurteilung von Erschütterungen nach DIN 4150		50
Anhang 1.1: Beurteilung der Belästigungswirkung nach DIN 4150, Teil 2		50
Anhang 1.2: Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen nach DIN 4150, Teil 3 auf Bauwerke		55
Anhang 1.3: Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen nach DIN 4150, Teil 3 auf Bauwerke		56

1 Zusammenfassung

Im Projekt HH-WIN Abschnitt C, Hamburger Wasserstoff-Industrienetz plant die Gasnetz Hamburg GmbH den Neubau einer Transportleitung und einer Verteilleitung für Wasserstoff. Die geplante Transportleitung mit einer Nennweite von DN 500 wird von Hamburg-Moorburg (Kraftwerksgelände) bis nach Leversen in Niedersachsen führen.

Bei den vorgesehenen Arbeiten werden Erschütterungsimmissionen hervorgerufen, die sich im Boden ausbreiten und auf die umliegende Bebauung einwirken. Aus den zur Verfügung gestellten Informationen werden drei erschütterungsrelevante Szenarien ermittelt, für die die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen abgeschätzt und beurteilt werden.

Für die Prognose werden Berechnungsformeln aus der Fachliteratur und quellspezifische konstante Faktoren, aus Literatur- und Erfahrungswerten der DMT angewendet. Die Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte bezüglich Belästigungswirkung und Schadenswirkung der erschütterungsintensivsten Szenarien bestimmt.

Hinsichtlich Belästigungswirkung sind die prognostizierten Erschütterungsimmissionen tagsüber überwiegend als unproblematisch zu bezeichnen:

- Bei der Errichtung der Start- und Zielbaugruben für die Querung des Kreisverkehrs Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 tagsüber eingehalten und somit sind erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen nicht zu erwarten.
- Beim Tunnelvortrieb für die Querung werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 tagsüber eingehalten und somit sind erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen nicht zu erwarten.
- Bei der offenen Verlegung der Transportleitungen sind in den meisten Fällen tagsüber keine erheblichen Belästigungen von Menschen in Wohnungen zu erwarten. Ausnahmen bilden die Wohnbebauung an der Harburger Straße nahe Lorenz-Von-Ehren-Weg, wo der Einsatz des Grabenverdichters 1,6 t und der Vibrationswalze 4,5 t zu erheblichen Belästigungen führen können sowie die Wohnbebauung am Gehöft Trift in Rosengarten, wo der Einsatz einer 4,5 t Vibrationswalze zu erheblichen Belästigungen führen kann.

Hinsichtlich Belästigungswirkung nachts sind die Prognoseergebnisse überwiegend als problematisch zu bezeichnen:

- Bei der Errichtung der Start- und Zielbaugrube für die für die Querung des Kreisverkehrs Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 nachts nicht eingehalten und somit sind erheblichen Belästigungen von Menschen in Wohnungen zu erwarten.
- Beim Pressbohrvortrieb für die Querung werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 nachts eingehalten und somit sind dort keine erheblichen Belästigungen von Menschen in Wohnungen zu erwarten.
- Bei der offenen Verlegung der Transportleitung sind nachts erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen zu erwarten.

Hinsichtlich Schadenswirkung sind die Prognoseergebnisse als unproblematisch zu bezeichnen:

- Bei der Errichtung der Start- und Zielbaugruben für die Querung des Kreisverkehrs Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 für Wohngebäude eingehalten und somit sind Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Wohngebäuden nicht zu erwarten.
- Beim Tunnelvortrieb für die Querung werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 für Wohngebäude eingehalten und somit sind Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Wohngebäuden nicht zu erwarten.
- Bei der offenen Verlegung werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 eingehalten und somit sind Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes nicht zu erwarten.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Prognose und der Immissionsbetrachtung in Tabelle 1-1 bis Tabelle 1-3 dargestellt.

Tabelle 1-1: Zusammenfassung der Prognose- und Beurteilungsergebnisse - Einwirkungen tagsüber

Bauwerk	Immissionsort	Einhaltung DIN 4150-2 bezüglich Belästigungswirkung
Arbeitsschritt		
Offene Verlegung der Transportleitung im Bereich der Straße Ehestorfer Weg südlich Geisterpfad		
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74)	Ja
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Ja
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Ja
Errichtung Start- und Zielbaugrube Querung Kreisverkehr Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg		
Spundarbeiten mit Vibration	Wohnbebauung Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74), Gehöfte an Appelbütteler Straße, Vahrendorf an Harburger Straße	Ja
Pressbohrvortrieb Querung Kreisverkehr Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg		
Rohrvortrieb/Microtunneling	Wohnbebauung Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74), Gehöfte an Appelbütteler Straße, Vahrendorf an Harburger Straße	Ja
Offene Verlegung der Transportleitung im Bereich Appelbütteler Straße und Lorenz-Von-Ehren-Weg		
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Vahrendorf an Harburger Straße	Ja
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Nein
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Nein
Offene Verlegung der Transportleitung im Bereich Trift in Rosengarten		
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Gehöft Trift in Rosengarten	Ja
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Ja
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Nein

Tabelle 1-2: Zusammenfassung der Prognose- und Beurteilungsergebnisse - Einwirkungen nachts

Bauwerk	Immissionsort	Einhaltung DIN 4150-2 bezüglich Belastigungswirkung
Arbeitsschritt		
Offene Verlegung der Transportleitung im Bereich der Straße Ehestorfer Weg		
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74)	Nein
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Nein
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Nein
Errichtung Start- und Zielbaugrube Querung Kreisverkehr Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg		
Spundarbeiten mit Vibration 227 kW	Wohnbebauung Wohngebiet Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74), Gehöfte Appelbütteler Straße, Vahrendorf an Harburger Straße	Nein
Spundarbeiten mit Vibration 339 kW		Nein
Spundarbeiten mit Vibration 385 kW		Nein
Spundarbeiten mit Vibration 227 kW	Wohnbebauung Mischgebiet Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74)	Ja
Spundarbeiten mit Vibration 339 kW		Nein
Spundarbeiten mit Vibration 385 kW		Nein
Spundarbeiten mit Vibration 227 kW	Wohnbebauung Mischgebiet Gehöfte Appelbütteler Straße	Nein
Spundarbeiten mit Vibration 339 kW		Nein
Spundarbeiten mit Vibration 385 kW		Nein
Spundarbeiten mit Vibration 227 kW	Wohnbebauung Mischgebiet Vahrendorf an Harburger Straße	Ja
Spundarbeiten mit Vibration 339 kW		Ja
Spundarbeiten mit Vibration 385 kW		Ja
Spundarbeiten mit Vibration 227 kW	Wohnbebauung Gewerbegebiet Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74)	Ja
Spundarbeiten mit Vibration 339 kW		Ja
Spundarbeiten mit Vibration 385 kW		Ja
Spundarbeiten mit Vibration 227 kW	Wohnbebauung Gewerbegebiet Gehöfte Appelbütteler Straße	Ja
Spundarbeiten mit Vibration 339 kW		Nein
Spundarbeiten mit Vibration 385 kW		Nein

Bauwerk	Immissionsort	Einhaltung DIN 4150-2 bezüglich Belästigungswirkung
Arbeitsschritt		
Spundarbeiten mit Vibration 227 kW	Wohnbebauung Gewerbegebiet Vahrendorf an Harburger Straße	Ja
Spundarbeiten mit Vibration 339 kW		Ja
Spundarbeiten mit Vibration 385 kW		Ja
Pressbohrvortrieb Querung Kreisverkehr Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg		
Pressbohrvortrieb	Wohnbebauung Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74), Gehöfte Appelbütteler Straße, Vahrendorf an Harburger Straße	Ja
Offene Verlegung der Transportleitung im Bereich Appelbütteler Straße und Lorenz-Von-Ehren-Weg		
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Vahrendorf an Harburger Straße	Nein
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Nein
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Nein
Offene Verlegung der Transportleitung im Bereich Trift in Rosengarten		
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Gehöft Trift in Rosengarten	Nein
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Nein
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Nein

Tabelle 1-3: Zusammenfassung der Prognose- und Beurteilungsergebnisse - Schadenswirkung

Bauwerk	Immissionsort	Einhaltung DIN 4150-3 bezüglich Schadenswirkung
Arbeitsschritt		
Offene Verlegung der Transportleitung im Bereich der Straße Ehestorfer Weg		
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Wohngebäude	Ja
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Ja
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Ja
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Gewerbe- und Industriebauten	Ja
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Ja
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Ja
Errichtung Start- und Zielbaugrube zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg		
Spundarbeiten mit Vibration	Wohngebäude	Ja
	Gewerbe- und Industriebauten	Ja
Pressbohrvortrieb zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg		
Pressbohrvortrieb	Wohngebäude	Ja
	Gewerbe- und Industriebauten	Ja
Offene Verlegung der Transportleitung im Bereich Appelbütteler Straße/Lorenz-Von-Ehren-Weg		
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Wohngebäude	Ja
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Ja
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Ja
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Gewerbe- und Industriebauten	Ja
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Ja
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Ja
Offene Verlegung der Transportleitung im Bereich Trift in Rosengarten		
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Wohngebäude	Ja
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Ja
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Ja

Bauwerk	Immissionsort	Einhaltung DIN 4150-3 bezüglich Schadenswirkung
Arbeitsschritt		
Verdichtung mit Vibrationsplatte 0,6 t	Gewerbe- und Industriebauten	Ja
Verdichtung mit Grabenverdichter 1,6 t		Ja
Verdichtung mit Vibrationswalze 4,5 t		Ja

2 Veranlassung

Die Gasnetz Hamburg GmbH plant im Zuge des Projektes HH-WIN im Abschnitt C den Bau einer Wasserstoffleitung von Hamburg-Moorburg (Kraftwerksgelände) bis nach Niedersachsen-Leversen. Für die allgemeine Vorprüfung zur Umweltverträglichkeit und für den Antrag im Planfeststellungsverfahren ist ein Erschütterungsgutachten erforderlich.

DMT wurde beauftragt die wesentlichen Trassenabschnitte und Bauwerke für die Verlegung der Wasserstoffleitung erschütterungstechnisch zu untersuchen, hinsichtlich der Belästigungswirkung und der Schadenswirkung zu beurteilen sowie die Vorgehensweise und Ergebnisse in einem Gutachten detailliert darzustellen.

3 Zu beachtende Regelwerke und berücksichtigte Unterlagen

- [1] DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 1 „Vorermittlung von Schwingungsgrößen“ (12-2022)
- [2] DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 2 „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ (06-1999 und Entwurf 08-2023)
- [3] DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 3 „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ (12-2016)
- [4] DIN 45669-1 „Messung von Schwingungsimmissionen“, Teil 1 „Schwingungsmesser; Anforderungen, Prüfung“ (2020-06)
- [5] DIN 45669-2 „Messung von Schwingungsimmissionen“, Teil 2 „Messverfahren“ (2005-06)
- [6] DIN EN 6025-21-1 „Elektrische Relais, Teil 21: Schwing-, Schock, Dauerschock- und Erdbebenprüfungen an Meßrelais und Schutzeinrichtungen, Hauptabschnitt 1: Schwingprüfungen (sinusförmig)“, (05-1996)
- [7] Bauwerkerschütterungen durch Tiefbauarbeiten Grundlagen – Messergebnisse – Prognosen, M. Achmus, J. Kaiser, F. tom Wörden, Institut für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau (IGBE) – Universität Hannover – Heft 61, 2005
- [8] Hiller, D. M. and Crabb, G. I. (2000), Groundborne vibration caused by mechanised construction works. TRL Report No. 429
- [9] Runderlass „Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ des NRW-Umweltministeriums vom 31.07.2000 mit Stand vom 06.03.2018
- [10] DMT-Erschütterungsgutachten CME1-2022-763 vom 10.08.2022 „Prognose und Beurteilung der Erschütterungsimmissionen durch Bauarbeiten für eine Gashochdruckleitung im Projekt Netzanschluss Dradenau“

4 Vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Unterlagen

- [1] Übersichtsplan – HH-WIN Abschnitt C – Hamburg Wasserstoff Industrienetz, Trassenführung (Planung), HH-WIN-C_02-dIM-GIS-111; M 1:25.000
- [2] Übersichtsplan – HH-WIN Abschnitt C – Hamburg Wasserstoff Industrienetz, Trassenführung Niedersachsen (Planung), HH-WIN-C_02-dIM-GIS-112; M 1:15.000

5 Örtliche Situation

Abbildung 5-1 zeigt die örtliche Situation mit der geplanten Trasse der Wasserstoffleitung in Niedersachsen. Die Transportleitung der Wasserstoffleitung ist in der Dimension DN 500 mit einem Auslegungsdruck von DP 70 geplant. Als Rohrmaterial soll ein PE-umhülltes Stahlrohr genutzt werden. Am Lorenz-von-Ehren-Weg verlässt die Trasse über eine Länge von ungefähr 430 m Niedersachsen und verläuft auf Hamburger Gebiet unmittelbar an der Grenze (siehe auch Abbildung 5-2). Aufgrund der Nähe zur Harburger Straße werden sich auftretende Erschütterungsimmissionen auf die dort vorhandene Wohnbebauung in Niedersachsen auswirken.

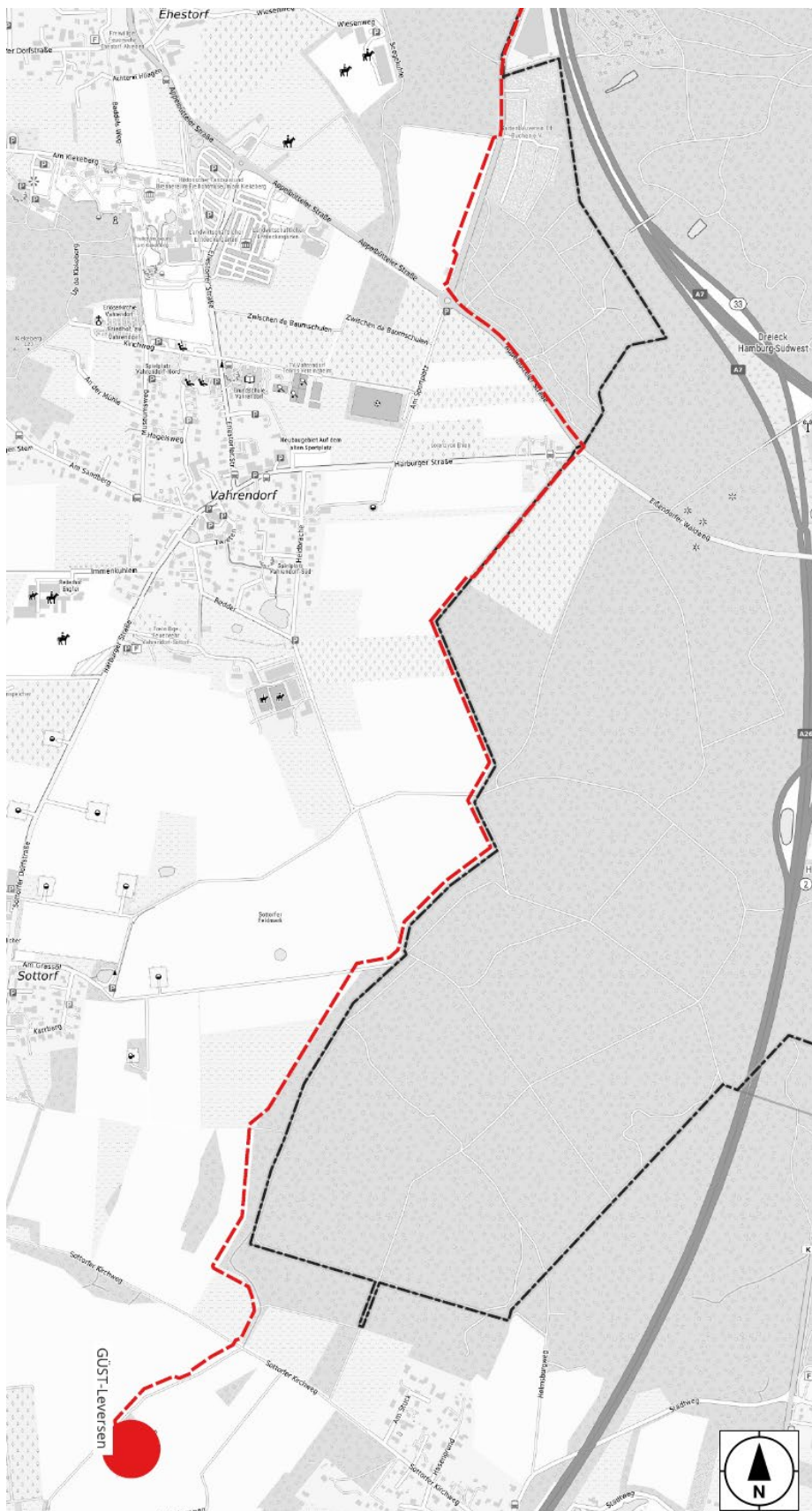


Abbildung 5-1: Übersichtsplan mit geplanter Trasse der Wasserstoffleitung in Niedersachsen, Quelle: Gasnetz Hamburg GmbH

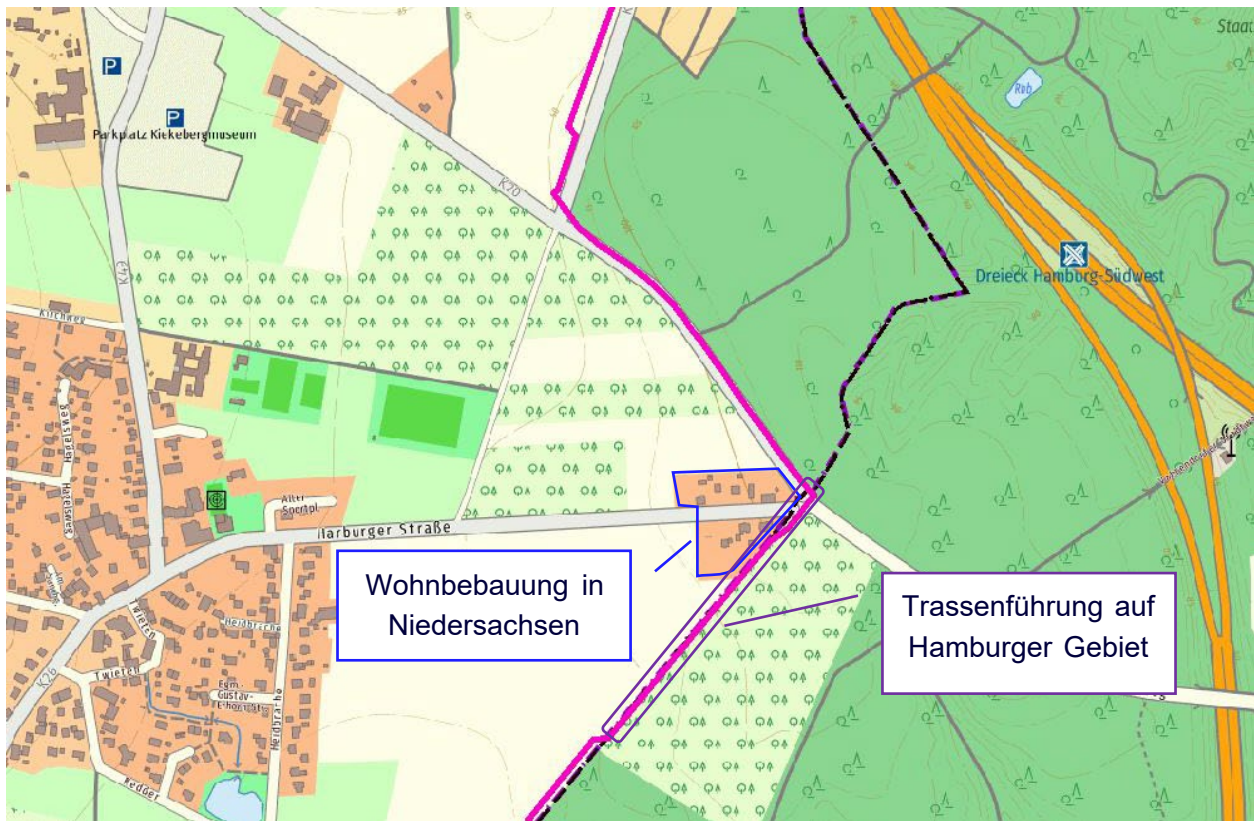


Abbildung 5-2: Bereich der Trassenführung in Hamburg mit Immissionswirkung in Niedersachsen

5.1 Bauabschnitte und Bauwerke

Nach aktueller Planung sind folgende wesentliche Abschnitte und Bauwerke erschütterungstechnisch zu betrachten:

- Offene Verlegung entlang der Straßen Ehestorfer Weg, Appelbütteler Straße, Lorenz-Von-Ehren-Weg und Trift.
- Start- und Zielbaugrube sowie Pressbohrvortrieb zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg

5.2 Schutzwürdige Objekte

Nach Sichtung der Unterlagen werden folgende schutzwürdige Objekte im Bereich der geplanten Bauabschnitte identifiziert:

Offene Verlegung entlang der Straßen Ehestorfer Weg, Appelbütteler Straße, Lorenz-Von-Ehren-Weg und Trift.

- Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg in Rosengarten
- Wohnbebauung Vahrendorf an Harburger Straße
- Wohnbebauung/Gehöft in Trift in Rosengarten

Start- und Zielbaugrube sowie Pressbohrvortrieb zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg

- Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg in Rosengarten
- Wohnbebauung/Gehöfte an Appelbütteler Straße
- Wohnbebauung Vahrendorf an Harburger Straße

6 Erschütterungsrelevante Szenarien

6.1 Szenario 1 - Offene Grabenverlegung mit verbautem Graben

Die Verlegung der Gashochdruckleitung erfolgt auf dem überwiegenden Teil der Trasse in offener Bauweise. Für den Rohrgraben ist eine Mindestüberdeckung von 1,2 m vorgesehen. Daraus ergibt sich eine minimale Grabentiefe von 1,8 m. Besondere örtliche Verhältnisse, wie z.B. kreuzende Fremdleitungen, können zu größeren Grabentiefen führen.

Bei der Einzelrohrverlegung wird der Rohrgraben als begehbare Graben mit einer Mindestbreite von 1,35 m hergestellt. Im Bereich von Schweißnähten wird der Graben auf eine Mindestbreite von 1,85 m aufgeweitet. Im nördlichen Bereich der Trasse wird die Transportleitung zusammen mit der Verteilleitung in einem gemeinsamen Graben geführt, daher ist dort eine lichte Grabenbreite von 2,5 m vorgesehen.

Bei der Verfüllung und Wiederherstellung der Oberfläche werden Verdichtungsarbeiten mit handgeführten Grabenverdichtungsgeräten, Rüttelplatten und/oder kleinen Vibrationswalzen erforderlich, die relevante Erschütterungen in den Boden einleiten. Für die erforderlichen Aushubarbeiten mit Baggern oder Grabenfräsen liegen in der Fachliteratur keine Prognosemodelle vor. Eine quantitative Abschätzung ist daher nicht möglich. Bei beiden Verfahren sind Erschütterungsimmissionen erfahrungsgemäß nur im Nahfeld von Bedeutung, eine signifikante Übertragung auf Bauwerke im Fernfeld konnte bisher nicht beobachtet werden.

6.2 Szenario 2 - Verbau Start- und Zielbaugruben

Für die Sicherung der Baugruben an Start und Ziel für den Rohrvortrieb sind Spundarbeiten erforderlich, die je nach Verfahren relevante Erschütterungsimmissionen hervorrufen.

Spundbohlen können eingestellt, gepresst, gerammt oder gerüttelt werden. Einpressen und Einstellen sind im Gegensatz zum Rammen und Vibrieren erschütterungsarme Verfahren und sollten im Nahbereich von Bauwerken und sensiblen technischen Anlagen eingesetzt werden.

6.3 Szenario 3 - Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren

Bei der Querung von Hindernissen, wie z. B. des Kreisverkehrs an der Appelbütteler Straße, ist eine offene Grabenverlegung nicht möglich. Hier kommt das Pressbohrverfahren zum Einsatz. Aus erschütterungstechnischer Sicht ist der Vortrieb mittels Pressbohrverfahren als erschütterungsarmes Bauverfahren einzustufen, wobei die Beschaffenheit des zu durchbohrenden Bodens die erschütterungstechnisch bestimmende Größe darstellt.

7 Beurteilungsgrundlage

Erschütterungen werden im Rahmen des Bundesimmissionsschutzgesetzes behandelt. Betroffene Menschen und Sachgüter sind vor schädlichen Umwelteinwirkungen und bei genehmigungsbedürftigen Anlagen auch vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen zu schützen. Zu den Immissionen, die schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen können, zählen hierbei auch Erschütterungen. Nicht genehmigungspflichtige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass vermeidbare Umwelteinwirkungen verhindert werden und unvermeidbare Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Die Erschütterungsleitlinie „Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) konkretisiert die Anforderungen des BImSchG. Der Geltungsbereich der Erschütterungsleitlinie umfasst genehmigungsbedürftige und nicht genehmigungsbedürftige Anlagen einschließlich Baustellen.

Die in der Erschütterungsleitlinie genannten Immissionswerte basieren auf der umfangreicheren DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, weswegen in der Praxis oft nur auf die DIN 4150 zurückgegriffen wird. Die DIN 4150 nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung erhebliche Belästigungen von Menschen und Schäden an Bauwerken vermieden werden. Zudem enthält die DIN 4150 eine Anleitung zur Vorermittlung von Erschütterungen für unterschiedliche Quellen. Im Anhang 1 zu diesem Bericht sind die Beurteilungsgrundlagen nach Teil 2 und Teil 3 der DIN 4150 auszugsweise vorgestellt.

7.1 Einzuhaltende Anhaltswerte für die Beurteilung der Belästigungswirkung der vorliegenden Erschütterungsimmissionen

Die Erschütterungseinwirkungen durch die vorliegende Baumaßnahme werden insgesamt länger als 78 Tage andauern. Die Baustelle schreitet entlang der Trasse jedoch ständig voran, so dass an den Immissionsorten Erschütterungen immer über wesentlich kürzere Zeiträume einwirken werden und somit die Sonderregelungen für Baustellenerschütterungen nach DIN 4150, Teil 2 gelten (siehe Anhang 1.1, Seite 53 - 54).

Die Größe der durch den Boden weitergeleiteten Schwingungen nimmt mit zunehmender Entfernung von der Erschütterungsquelle ab und die Anhaltswerte werden demnach in bestimmten Abständen unterschritten. Tage mit Unterschreitungen der Anhaltswerte A_u und A_r werden nicht gezählt. Ferner werden die Arbeiten an den Start- und Zielbaugruben nach jetziger Planung jeweils voraussichtlich maximal 25 Tage andauern und die Vortriebe voraussichtlich 10 bis 15 Tage, so dass auch dort die 78 Tage mit Erschütterungseinwirkungen

deutlich unterschritten werden. Somit werden im vorliegenden Fall die Anhaltswerte für Baustellenerschütterungen ≤ 78 Tage zur Beurteilung angewendet:

a) Tagsüber (06:00 – 22:00 Uhr) einwirkende Baustellenerschütterungen

Wohnbebauung (gebietsunabhängig), Stufe III:

- $A_u = 0,8$
- $A_o = 5$
- $A_r = 0,6$

b) Nachts (22:00 – 06:00 Uhr) einwirkende Baustellenerschütterungen

Wohnbebauung im Wohngebiet

- $A_u = 0,1$
- $A_o = 0,2$
- $A_r = 0,05$

Wohnbebauung im Mischgebiet

- $A_u = 0,15$
- $A_o = 0,3$
- $A_r = 0,07$

Wohnbebauung im Gewerbegebiet

- $A_u = 0,2$
- $A_o = 0,4$
- $A_r = 0,1$

7.2 Einzuhaltende Anhaltswerte für die Beurteilung der Schadenswirkung

Im vorliegenden Fall werden kurzzeitige Erschütterungen z. B. durch Baggerarbeiten für den Aushub und das Verfüllen des Rohrgrabens und der Baugruben hervorgerufen. Weitere kurzzeitige Erschütterungen sind bei möglichen Rammarbeiten für den Verbau der Baugruben zu erwarten.

Im Umfeld der Bauarbeiten befinden sich Wohngebäude, gewerblich genutzte Gebäude und Industriebauten. Werden die Anhaltswerte eingehalten, treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes durch die vorliegende Erschütterungseinwirkung nicht auf. Werden die Anhaltswerte überschritten, so folgt daraus nicht, dass Schäden auftreten. Falls in diesem Fall Schäden beobachtet werden sollten, sind weitere Untersuchungen zu deren Ursache notwendig.

7.2.1 Einzuhaltende Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen

Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten entlang der Leitungstrasse

Im Umfeld der geplanten Leitungstrasse befinden sich gewerblich genutzte Gebäude am Ehestorfer Weg und an der Appelbütteler Straße. Diese werden ebenso nach Tabelle A3, Zeile 1 beurteilt:

- $v_i = 20 - 50 \text{ mm/s}$ (frequenzabhängig) für Erschütterungen am Fundament ($i = x, y, z$)
- $v_i = 40 \text{ mm/s}$ für Horizontalschwingungen im Obergeschoss ($i = x, y$)
- $v_i = 20 \text{ mm/s}$ für vertikale Deckenschwingungen ($i = z$)

Wohnbebauung

Entlang der geplanten Trasse befinden sich am Ehestorfer Weg in Rosengarten Gartenhäuser/Gebäude einer Kleingartenanlage, die nachfolgend als Wohnbebauung betrachtet werden. Das Gehöft Trift in Rosengarten wird ebenso als Wohnbebauung betrachtet.

Die vorgenannten Gebäude werden nach Tabelle A3, Zeile 2 (siehe Anhang) beurteilt:

- $v_i = 5 - 20 \text{ mm/s}$ (frequenzabhängig) für Erschütterungen am Fundament ($i = x, y, z$)
- $v_i = 15 \text{ mm/s}$ für Horizontalschwingungen im Obergeschoss ($i = x, y$)
- $v_i = 20 \text{ mm/s}$ für vertikale Deckenschwingungen ($i = z$)

7.2.2 Einzuhaltende Anhaltswerte für Dauererschütterungen

Weitere gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten entlang der Leitungstrasse

Gewerblich genutzte Gebäude befinden sich am Ehestorfer Weg und an der Appelbütteler Straße. Diese werden ebenso nach Tabelle A3, Zeile 1 beurteilt:

- $v_i = 10 \text{ mm/s}$ für Horizontalschwingungen im Obergeschoss ($i = x,y$)
- $v_i = 10 \text{ mm/s}$ für vertikale Deckenschwingungen ($i = z$)

Wohnbebauung

Entlang der geplanten Trasse befinden sich am Ehestorfer Weg in Rosengarten Gartenhäuser/Gebäude einer Kleingartenanlage, die nachfolgend als Wohnbebauung betrachtet werden. Das Gehöft Trift in Rosengarten wird ebenso als Wohnbebauung betrachtet.

Diese werden nach Tabelle A4, Zeile 2 (siehe Anhang) beurteilt:

- $v_i = 5 \text{ mm/s}$ für Horizontalschwingungen im Obergeschoss ($i = x,y$)
- $v_i = 10 \text{ mm/s}$ für vertikale Deckenschwingungen ($i = z$)

8 Prognose der Erschütterungsimmissionen

8.1 Szenario 1 - Offene Grabenverlegung mit verbautem Graben

Aufgrund der Grabenbreite von 1,35 m (Mindestbreite Graben) bis 1,85 m (im Bereich der Schweißnähte) bzw. 2,5 m (bei Transport- und Verteilleitung in einem gemeinsamen Graben) können neben handgeführten Grabenverdichtern sowohl Vibrationsplatten als auch leichte Vibrationswalzen zum Einsatz kommen. Kleine Vibrationsplatten bis 25 kN Fliehkraft führen erfahrungsgemäß auch beim Einsatz unmittelbar an Gebäuden nicht zu schädigenden Erschütterungsimmissionen.

Für Verdichtungsarbeiten mit Vibrationswalzen haben Achmus / Kaiser / Wörden [7] zahlreiche Messreihen ausgewertet und daraus Prognoseformeln ermittelt. Demnach kann die maximale Schwinggeschwindigkeit am Fundament $v_{i,max}^F$ nach folgender Gleichung abgeschätzt werden:

$$v_{i,max}^F = K \cdot \frac{\sqrt{G}}{r}$$

- $v_{i,max}^F$ maximale Schwinggeschwindigkeit am Fundament in mm/s
- K empirisch ermittelte Kennzahl [$K = 10,87$ für ungünstige Werte mit 2,25 % Überschreitungswahrscheinlichkeit]
- G Gewicht in t
- r Abstand in m von der Erschütterungsquelle

Die Kennzahl wird mit **$K = 10,87$** angesetzt, um eine hohe Unterschreitungswahrscheinlichkeit für die Prognoseergebnisse zu erreichen.

Die einzuhaltenden Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 für die Beurteilung des Gesamtbauwerks beziehen sich auf die Maximalwerte der Horizontalkomponenten. Für die Beurteilung von Bauteilschwingungen (Decken) werden die Vertikalkomponenten herangezogen. Da im vorliegenden Fall die maximalen Fundamentalschwinggeschwindigkeiten ($v_{i,max}^F$) ermittelt werden, ist die Übertragung auf die Obergeschossebenen und Decken mit Übertragungsfaktoren (Fundament – OG und Fundament - Decke) erforderlich.

Mit den Parametern

- Kennzahl $K = 10,87$
- Übertragungsfaktor Fundament – OG Horizontalkomponenten $k^{F-OG}_{x,y} = 2,0$
- Übertragungsfaktor Fundament – Decke Vertikalkomponente $k^{F-D}_z = 1,5$

ergeben sich für die Prognoseformeln für die zu erwartenden Horizontalschwingungen und Deckenschwingungen im Obergeschoss:

$$v_{xy}^{OG} = K \cdot k_{x,y}^{F-OG} \cdot \frac{\sqrt{G}}{r}$$

$$v_z^D = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{G}}{r}$$

Durch Umstellen der Gleichungen und Einsetzen der einzuhaltenden Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude und Decken können die Mindestabstände R zur Vermeidung von Bauwerksschäden an benachbarten Gebäuden ermittelt werden.

Mindestabstand zur Einhaltung von $v_{i,xy}$ und $v_{i,z}$:

$$R_{min,xy} = K \cdot k_{x,y}^{F-OG} \cdot \frac{\sqrt{G}}{v_{i,xy}}$$

$$R_{min,z} = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{G}}{v_{i,z}}$$

Mit Hilfe des Näherungsverfahrens zur Ermittlung der Beurteilungsgröße KB aus Schwinggeschwindigkeiten lässt sich diese Formel auch zur Ermittlung der Mindestabstände R zur Unterschreitung der Anhaltswerte A_u und A_o für die Belästigungswirkung von Baustellenerschütterungen nach DIN 4150, Teil 2 nutzen (hier $A_u = 0,8$, Stufe III und $A_o = 5$ nach Kapitel 6).

Mindestabstand zur Einhaltung von A_u und A_o für Baumaßnahmen, Stufe III:

$$R_{min,KB,Au} = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{G}}{v_{Au}}$$

$$R_{min,KB,Ao} = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{G}}{v_{Ao}}$$

Der Anhaltswert A_r dient der angemessenen Beurteilung stark schwankender und/oder nur kurze Zeit einwirkender Erschütterungen, deren KB_{Fmax} -Wert größer als A_u , jedoch kleiner als A_o ist. Demnach ist die Einwirkungszeit der Erschütterungsquelle zu berücksichtigen.

Für den Einsatz der Vibrationswalze wird angenommen, dass die Arbeiten tagsüber nur in der Zeit von 07:00 Uhr bis 19:00 Uhr durchgeführt werden und die tägliche Einwirkzeit (Zeit, in der Erschütterungen hervorgerufen werden) maximal 6 Stunden beträgt. Somit erfolgen die Arbeiten außerhalb der Ruhezeiten nach DIN 4150 (werktags 06:00 - 07:00 Uhr und 19:00 – 22:00 Uhr). Demnach ergibt sich nachfolgende Formel zur Ermittlung des Mindestabstandes R zur Einhaltung des Anhaltswerts $A_r = 0,6$ (Stufe III).

Mindestabstand zur Einhaltung von A_r für Baumaßnahmen, Stufe III:

$$R_{min,KB,Ar} = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{G}}{v_{Ar}}$$

In Tabelle 8-1 sind die prognostizierten Mindestabstände zur Unterschreitung der Anhaltswerte bezüglich Belästigungswirkung tagsüber für verschiedene exemplarische Gewichtsklassen von Vibrationsplatten mit 600 kg und Walzenzügen mit 1700 kg sowie 4500 kg Gewicht aufgeführt.

Tabelle 8-2 zeigt demnach die Mindestabstände für die Nachtzeit bei einer Einwirkzeit von 6 Stunden in der Nacht. In Tabelle 8-3 sind die Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte bezüglich Schadenswirkung aufgelistet.

Tabelle 8-1: Prognostizierte Mindestabstände für verschiedene Gewichtsklassen von Vibrationswalzen/-platten bezüglich Belästigungswirkung tagsüber (06:00 Uhr - 22:00 Uhr)

Anhaltswert	Mindestabstand zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2		
Gewicht	600 kg z. B. Vibrationsplatte Bomag BPR 65/70D	1600 kg z. B. Grabenverdichter Bomag BMP 8500	4500 kg z. B. Tandemwalze Bo- mag BW 138 AD5
<i>Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen, Stufe III</i>			
$A_u = 0,8$	9 m	15 m	25 m
$A_o = 5,0$	2 m	3 m	4 m
$A_r = 0,6$ (6 h Einwirkzeit außerhalb von Ruhezeiten)	8 m	12 m	20 m

Tabelle 8-2: Prognostizierte Mindestabstände für verschiedene Gewichtsklassen von Vibrationswalzen/-platten bezüglich Belästigungswirkung in der Nacht (22:00 Uhr - 06:00 Uhr)

Anhaltswert	Mindestabstand zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2		
Gewicht	600 kg z. B. Vibrationsplatte Bomag BPR 65/70D	1600 kg z. B. Grabenverdichter Bomag BMP 8500	4500 kg z. B. Tandemwalze Bomag BW 138 AD5
<i>Gewerbegebiet</i>			
$A_u = 0,2$	36 m	58 m	97 m
$A_o = 0,4$	18 m	29 m	49 m
$A_r = 0,1$ (6 h Einwirkzeit)	61 m	99 m	165 m
<i>Mischgebiet</i>			
$A_u = 0,15$	47 m	77 m	129 m
$A_o = 0,3$	24 m	39 m	65 m
$A_r = 0,07$ (6 h Einwirkzeit)	91 m	148 m	248 m
<i>Wohngebiet</i>			
$A_u = 0,1$	71 m	115 m	193 m
$A_o = 0,2$	36 m	58 m	97 m
$A_r = 0,05$ (6 h Einwirkzeit)	127 m	207 m	346 m

Tabelle 8-3: Prognostizierte Mindestabstände für verschiedene Gewichtsklassen von Vibrationswalzen/-platten bezüglich Schadenswirkung an Bauwerken

Anhaltswert	Mindestabstand zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3		
Gewicht	600 kg z. B. Vibrationsplatte Bomag BPR 65/70D	1600 kg z. B. Grabenverdichter Bomag BMP 8500	4500 kg z. B. Tandemwalze Bomag BW 138 AD5
$v_{i,OG} = 5 \text{ mm/s}$	4 m	6 m	10 m
$v_{i,D} = 10 \text{ mm/s}$	2 m	2 m	3 m

8.2 Szenario 2 - Verbau Start- und Zielbaugruben

Wir gehen zunächst davon aus, dass die Spundbohlen für den Verbau der Start- und Zielbaugruben mit Vibration eingebracht werden. Somit werden die stärksten Erschütterungen in diesem Szenario vom Einsatz der Vibrationsramme hervorgerufen.

Auch für Spundarbeiten mit einem Vibrationsbären wurden von Achmus / Kaiser / Wörden zahlreiche Messdaten gesammelt und daraus Prognoseformeln ermittelt. Die durch Vibrationsrammungen hervorgerufenen Fundamentalschwingungen können demnach wie folgt abgeschätzt werden:

$$v_{l,max}^F = K \cdot \frac{\sqrt{E}}{r}$$

Darin sind:

- $v_{l,max}^F$ maximale Schwinggeschwindigkeit am Fundament in mm/s
- K empirisch ermittelte Kennzahl für den anstehenden Boden
[$K = 18,52$ für ungünstige Werte mit 2,25 % Überschreitungswahrscheinlichkeit]
- E Energie $E = W/f$ in kNm
- r Abstand in m von der Erschütterungsquelle

Die Kennzahl wird mit **$K = 18,52$** angesetzt, um eine hohe Unterschreitungswahrscheinlichkeit für die Prognoseergebnisse zu erreichen.

Die einzuhaltenden Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 für die Beurteilung des Gesamtbauwerks beziehen sich auf die Maximalwerte der Horizontalkomponenten. Für die Beurteilung von Bauteilschwingungen (Decken) werden die Vertikalkomponenten herangezogen. Da im vorliegenden Fall die maximalen Fundamentalschwinggeschwindigkeiten ($v_{l,max}^F$) ermittelt werden, ist die Übertragung auf die Obergeschossebenen und Decken mit Übertragungsfaktoren (Fundament – OG und Fundament - Decke) erforderlich.

Mit den Parametern

- Kennzahl $K = 18,52$
- Übertragungsfaktor Fundament – OG Horizontalkomponenten $k^{F-OG}_{x,y} = 2,0$
- Übertragungsfaktor Fundament – Decke Vertikalkomponente $k^{F-D}_z = 1,5$

ergeben sich für die Prognoseformeln für die zu erwartenden Horizontalschwingungen und Deckenschwingungen im Obergeschoss:

$$v_{xy}^{OG} = K \cdot k_{x,y}^{F-OG} \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{r}$$

$$v_z^D = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{r}$$

Durch Umstellen der Gleichungen und Einsetzen der einzuhaltenden Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Bauwerke können die Mindestabstände R zur Vermeidung von Bauwerksschäden an benachbarten Gebäuden ermittelt werden.

Mindestabstand zur Einhaltung von $v_{i,xy}$ und $v_{i,z}$:

$$R_{min,xy} = K \cdot k_{x,y}^{F-OG} \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{v_{i,xy}}$$

$$R_{min,z} = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{v_{i,z}}$$

Mit Hilfe des Näherungsverfahrens zur Ermittlung der Beurteilungsgröße KB aus Schwinggeschwindigkeiten, lässt sich diese Formel auch zur Ermittlung der Mindestabstände R zur Unterschreitung der Anhaltswerte A_u und A_o für die Belästigungswirkung von Baustellenerschütterungen tagsüber nach DIN 4150, Teil 2 (Tabelle A2) nutzen (hier Stufe III: $A_u = 0,8$ und $A_o = 5$). Verwendet werden hierzu die näherungsweise ermittelten Schwinggeschwindigkeiten v_{A_u} und v_{A_o} zur Einhaltung der Anhaltswerte A_u und A_o .

Mindestabstand zur Einhaltung von A_u und A_o tagsüber:

$$R_{min,KB,Au} = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{v_{A_u}}$$

$$R_{min,KB,Ao} = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{v_{A_o}}$$

Für Baustellenerschütterungen nachts gelten die Anhaltswerte nach Tabelle A1 $A_u = 0,15$ und $A_o = 0,3$.

Mindestabstand zur Einhaltung von A_u und A_o nachts:

$$R_{min,KB,Au} = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{v_{A_u}}$$

$$R_{min,KB,Ao} = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{v_{A_o}}$$

Der Anhaltswert A_r dient der angemessenen Beurteilung stark schwankender und/oder nur kurze Zeit einwirkender Erschütterungen, deren KB_{Fmax} -Wert größer als A_u , jedoch kleiner als A_o ist. Demnach ist die Einwirkungszeit der Erschütterungsquelle zu berücksichtigen.

Die Spundarbeiten mit einer Vibrationsramme werden nicht über die gesamte tägliche Arbeitszeit Erschütterungen erzeugen. In den Zeiträumen, in denen Spundbohlen aufgenommen und ausgerichtet werden, das Trägergerät sich bewegt etc. werden keine Erschütterungen durch den Vibrationsbären hervorgerufen. Wir gehen nachfolgend davon aus, dass maximal 75 % (= 12 h) und maximal 50 % der gesamten Nachtzeit (22:00 – 06:00 Uhr = 8 h) Erschütterungen durch die Vibrationsramme verursacht werden.

Daraus ergibt sich nachfolgende Formel zur Ermittlung des Mindestabstandes R zur Einhaltung des Anhaltswerts $A_r = 0,6$ für tagsüber (Stufe III nach Tabelle A2). Verwendet wird die näherungsweise ermittelte Schwinggeschwindigkeit v_{A_r} zur Einhaltung des Anhaltswertes A_r :

Mindestabstand zur Einhaltung von A_r tagsüber:

$$R_{min,KB,Ar} = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{v_{A_r}}$$

Für Baustellenerschütterungen nachts gelten die Anhaltswerte nach Tabelle A1 ($A_r = 0,07$ für nachts).

Mindestabstand zur Einhaltung von A_r nachts:

$$R_{min,KB,Ar} = K \cdot k_z^{F-D} \cdot \frac{\sqrt{W/f}}{v_{Ar}}$$

In Tabelle 8-4 sind die prognostizierten Mindestabstände zur Unterschreitung der Anhaltswerte für Hochfrequenz-Vibrationsrammen (38,3 Hz) mit 227, 339 und 385 kW Leistung aufgeführt. Tabelle 8-5 zeigt demnach die Mindestabstände für die Nachtzeit bei einer Einwirkzeit von 6 Stunden in der Nacht. In Tabelle 8-6 sind die Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte bezüglich Schadenswirkung aufgelistet.

Tabelle 8-4: Prognostizierte Mindestabstände für Vibrationsrammen mit unterschiedlicher Leistung bezüglich Belästigungswirkung tagsüber (06:00 Uhr - 22:00 Uhr)

Anhaltswert	Mindestabstand zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2		
Leistung Frequenz	227 kW 38,3 Hz	339 kW 38,3 Hz	385 kW 38,3 Hz
<i>Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen, Stufe III</i>			
$A_u = 0,8$	49 m	60 m	63 m
$A_o = 5,0$	8 m	10 m	10 m
$A_r = 0,6$ (6 h Einwirkzeit außerhalb von Ruhezeiten)	39 m	48 m	51 m

Tabelle 8-5: Prognostizierte Mindestabstände für Vibrationsrammen mit unterschiedlicher Leistung bezüglich Belästigungswirkung in der Nacht (22:00 Uhr - 06:00 Uhr)

Anhaltswert	Mindestabstand zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2		
Leistung Frequenz	227 kW 38,3 Hz	339 kW 38,3 Hz	385 kW 38,3 Hz
<i>Gewerbegebiet</i>			
$A_u = 0,2$	188 m	230 m	245 m
$A_o = 0,4$	96 m	117 m	125 m
$A_r = 0,1$ (6 h Einwirkzeit)	323 m	394 m	420 m
<i>Mischgebiet</i>			
$A_u = 0,15$	251 m	307 m	327 m
$A_o = 0,3$	126 m	154 m	164 m
$A_r = 0,07$ (6 h Einwirkzeit)	484 m	591 m	630 m
<i>Wohngebiet</i>			
$A_u = 0,15$	376 m	460 m	490 m
$A_o = 0,3$	188 m	230 m	245 m
$A_r = 0,07$ (6 h Einwirkzeit)	677 m	827 m	881 m

Tabelle 8-6: Prognostizierte Mindestabstände für Vibrationsrammen mit unterschiedlicher Leistung bezüglich Schadenswirkung an Bauwerken

Anhaltswert	Mindestabstand zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2		
Leistung	227 kW	339 kW	385 kW
Frequenz	38,3 Hz	38,3 Hz	38,3 Hz
$v_{i,OG} = 5 \text{ mm/s}$	19 m	23 m	24 m
$v_{i,D} = 10 \text{ mm/s}$	7 m	9 m	9 m

8.3 Szenario 3 – Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren

Der Vortrieb beim Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren löst Raumwellen aus, die sich im Boden ausbreiten und auf die umliegende Bebauung als Erschütterungsimmissionen einwirken und mit zunehmender Entfernung vom Vortrieb abnehmen. In tonigen und sandig-tonigen Böden sind dabei die geringsten Erschütterungen zu erwarten. Stärkere Erschütterungen können in Kalksteinformationen auftreten und besonders erschütterungsintensiv stellt sich der Vortrieb in Felsgestein dar. Die beiden Briten Hiller und Crabb haben Erschütterungen durch Tunnel- und Maschinenvortrieb intensiv untersucht und zahlreiche Messwerte zusammengetragen.

In Abbildung 8-1 sind viele unterschiedliche Abnahmekurven für die gemessenen Erschütterungen in Abhängigkeit der Geologie dargestellt. Vergleicht man die Angaben für einen Abstand von 10 m (zwischen Erschütterungsquelle und Bauwerk) mit den Anhaltswerten nach DIN 4150-3 für „besonders erschütterungsempfindliche und besonders erhaltenswerte Gebäude“ für kurzzeitige Erschütterungen $v_{i,xyz} = 3 - 10 \text{ mm/s}$ (frequenzabhängig) und Dauererschütterungen $v_{i,xy} = 2,5 \text{ mm/s}$, so zeigt sich, dass mit Ausnahme des Sprengvortriebs im Fels alle Bauverfahren diese Anhaltswerte unterschreiten.

Unter der Annahme, dass im vorliegenden Fall ähnliche Baugrundverhältnisse wie im nordwestlich gelegenen Projekt Netzanschluss Dradenau mit vergleichsweise homogenen Untergrundverhältnissen vorliegen, gehen wir davon aus, dass bei dem vorgesehenen Pressbohrverfahren Erschütterungsimmissionen im unteren Bereich der Messdaten in Abbildung 6-1 zu erwarten sind.

Demnach sind ab einem Abstand von 10 m maximale Schwinggeschwindigkeiten von weniger als $0,1 \text{ mm/s}$ zu erwarten. Im Frequenzbereich von 10 - 20 Hz entspricht dies näherungsweise einer maximalen bewerteten Schwingstärke $KB_{Fmax} = 0,05$.

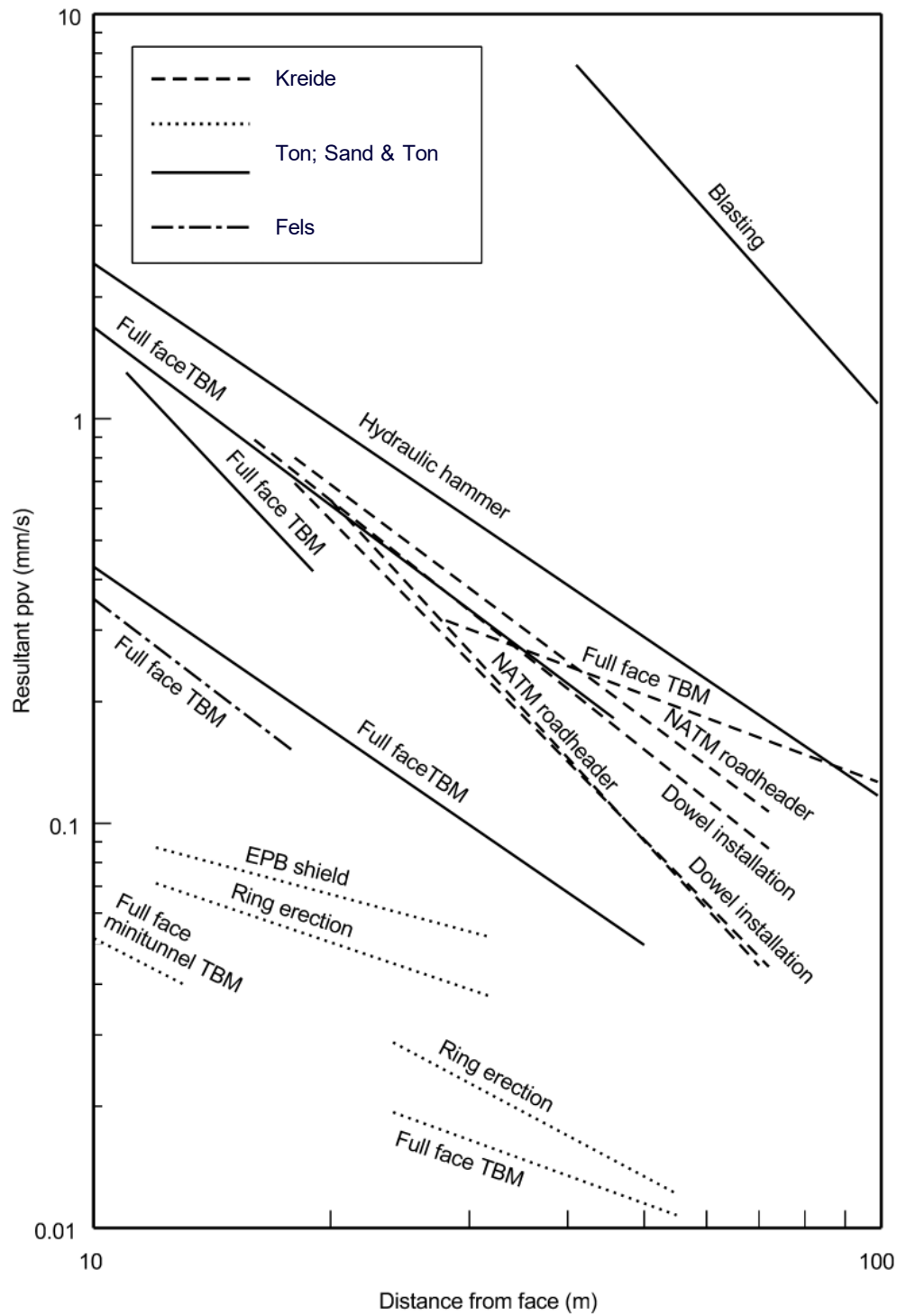


Abbildung 8-1: Resultierende Schwinggeschwindigkeiten nach Hiller & Crabb [8]

9 Beurteilung der Erschütterungsimmissionen

9.1 Beurteilung der Belästigungswirkung nach DIN 4150, Teil 2

Unterschieden werden Anhaltswerte für tagsüber und nachts. Nachts sind die Anhaltswerte für Baustellenerschütterungen und Baustellensprengungen erheblich niedriger als tagsüber. Tagsüber gelten zudem Sonderregelungen sowohl für Baustellenerschütterungen als auch für Baustellensprengungen.

9.2 Beurteilung der Belästigungswirkung tagsüber

9.2.1 Szenario 1 – Offene Grabenverlegung mit verbautem Graben

Arbeitsschritt - dynamische Verdichtung, 6 Stunden Einwirkzeit

- Immissionsort Wohnbebauung
In einem Abstand ab **8 m** (Vibrationsplatte 0,6 t), ab **12 m** (Grabenverdichter 1,6 t) bzw. in einem Abstand ab **20 m** (Vibrationswalze 4,5 t) zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.

9.2.2 Szenario 2 – Verbau Start- und Zielgruben

Arbeitsschritt - Spundarbeiten mit Vibration, 6 Stunden Einwirkzeit

- Immissionsort Wohnbebauung
In einem Abstand ab **39 m** (geringste Leistung 227 kW), ab **48 m** (mittlere Leistung 339 kW) bzw. in einem Abstand ab **51 m** (höchste Leistung 385 kW) zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.

9.2.3 Szenario 3 - Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren

Arbeitsschritt - Vortrieb

- Immissionsort Wohnbebauung
In einem Abstand ab **10 m** zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.

9.3 Beurteilung der Belästigungswirkung nachts

9.3.1 Szenario 1 – Offene Grabenverlegung mit verbaulichem Graben

Arbeitsschritt - dynamische Verdichtung, 6 Stunden Einwirkzeit

- Immissionsort Wohngebiet
In einem Abstand ab **71 m** (Vibrationsplatte 0,6 t), ab **115 m** (Grabenverdichter 1,6 t) bzw. ab **193 m** (Vibrationswalze 4,5 t) zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.
- Immissionsort Mischgebiet
In einem Abstand ab **47 m** (Vibrationsplatte 0,6 t), ab **77 m** (Grabenverdichter 1,6 t) bzw. ab **129 m** (Vibrationswalze 4,5 t) zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.
- Immissionsort Gewerbegebiet
In einem Abstand ab **36 m** (Vibrationsplatte 0,6 t), ab **58 m** (Grabenverdichter 1,6 t) bzw. in einem Abstand ab **97 m** (Vibrationswalze 4,5 t) zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.

9.3.2 Szenario 2 – Verbau Start- und Zielgruben

Arbeitsschritt - Spundarbeiten mit Vibration, 6 Stunden Einwirkzeit

- Immissionsort Wohngebiet
In einem Abstand ab **376 m** (geringste Leistung 227 kW), ab **460 m** (mittlere Leistung 339 kW) bzw. in einem Abstand ab **490 m** (höchste Leistung 385 kW) zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.
- Immissionsort Mischgebiet
In einem Abstand ab **251 m** (geringste Leistung 227 kW), ab **307 m** (mittlere Leistung 339 kW) bzw. in einem Abstand ab **327 m** (höchste Leistung 385 kW) zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.
- Immissionsort Gewerbegebiet
In einem Abstand ab **188 m** (geringste Leistung 227 kW), ab **230 m** (mittlere Leistung 339 kW) bzw. in einem Abstand ab **245 m** (höchste Leistung 385 kW) zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.

9.3.3 Szenario 3 - Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren

Arbeitsschritt - Vortrieb

- Immissionsort Wohngebiet
In einem Abstand ab **10 m** zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.
- Immissionsort Mischgebiet
In einem Abstand ab **10 m** zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.
- Immissionsort Gewerbegebiet
In einem Abstand ab **10 m** zu Wohngebäuden werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 eingehalten und erhebliche Belästigungen durch die vorliegenden Erschütterungseinwirkungen vermieden.

9.4 Beurteilung der Schadenswirkung nach DIN 4150, Teil 3

Diese Beurteilung ist für die Bestandsgebäude im Umfeld der Baustelle durchzuführen. Bei Unterschreitung der Mindestabstände zur Erschütterungsquelle werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 eingehalten und leichte Schäden (z.B. Risse im Putz von Wänden) durch Erschütterungseinwirkungen vermieden.

9.4.1 Szenario 1 – Offene Grabenverlegung mit verbautem Graben

Arbeitsschritt - dynamische Verdichtung

- Der Anhaltswert für Dauererschütterungen in der obersten Deckenebene von Wohngebäuden $v_{\max,xy} = 5 \text{ mm/s}$ wird in einem Abstand ab **4 m** (Vibrationsplatte 0,6 t), ab **6 m** (Grabenverdichter 1,6 t) bzw. in einem Abstand ab **10 m** (Vibrationswalze 4,5 t) unterschritten.
- Der Anhaltswert für Dauererschütterungen in der obersten Deckenebene von gewerblich genutzten Gebäuden und Industriebauwerken $v_{\max,xy} = 10 \text{ mm/s}$ wird in einem Abstand ab **2 m** (Vibrationsplatte 0,6 t), ab **3 m** (Grabenverdichter 1,6 t) bzw. in einem Abstand ab **5 m** (Vibrationswalze 4,5 t) unterschritten.
- Der Anhaltswert für vertikale Deckenschwingungen $v_z = 10 \text{ mm/s}$ wird in einem Abstand ab **2 m** (Vibrationsplatte 0,6 t), ab **2 m** (Grabenverdichter 1,6 t) bzw. in einem Abstand ab **3 m** (Vibrationswalze 4,5 t) unterschritten.
- Daraus folgt, dass in einem Abstand ab **4 m** (Vibrationsplatte 0,6 t), ab **6 m** (Grabenverdichter 1,6 t) bzw. in einem Abstand ab **10 m** (Vibrationswalze 4,5 t) die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 eingehalten werden und Schäden in der umliegenden Bebauung nicht zu erwarten sind.

9.4.2 Szenario 2 – Verbau Start- und Zielgruben

Arbeitsschritt - Spundarbeiten mit Vibration

- Der Anhaltswert für Dauererschütterungen in der obersten Deckenebene von Wohngebäuden $v_{\max,xy} = 5 \text{ mm/s}$ wird in einem Abstand ab **19 m** (geringste Leistung 227 kW), ab **23 m** (mittlere Leistung 339 kW) bzw. in einem Abstand ab **24 m** (höchste Leistung 385 kW) unterschritten.
- Der Anhaltswert für Dauererschütterungen in der obersten Deckenebene von gewerblich genutzten Gebäuden und Industriebauwerken $v_{\max,xy} = 10 \text{ mm/s}$ wird in einem Abstand ab **10 m** (geringste Leistung 227 kW), ab **12 m** (mittlere Leistung 339 kW) bzw. in einem Abstand ab **12 m** (höchste Leistung 385 kW) unterschritten.
- Der Anhaltswert für vertikale Deckenschwingungen $v_z = 10 \text{ mm/s}$ wird in einem Abstand ab **7 m** (geringste Leistung 227 kW), ab **9 m** (mittlere Leistung 339 kW) bzw. in einem Abstand ab **9 m** (höchste Leistung 385 kW) unterschritten.
- Daraus folgt, dass in einem Abstand ab **19 m** (geringste Leistung 227 kW), ab **23 m** (mittlere Leistung 339 kW) bzw. in einem Abstand ab **24 m** (höchste Leistung 385 kW) die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 eingehalten werden und Schäden in der umliegenden Bebauung nicht zu erwarten sind.

9.4.3 Szenario 3 - Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren

Arbeitsschritt - Vortrieb

- In einem Abstand ab **10 m** werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 eingehalten und Schäden in der umliegenden Bebauung sind somit nicht zu erwarten.

10 Prognose- und Beurteilungsergebnisse für die wesentlichen Bauabschnitte und Bauwerke

10.1 Offene Verlegung Ehestorfer Weg in Rosengarten

In Tabelle 10-1 bis Tabelle 10-3 sind die Prognose- und Beurteilungsergebnisse für die offene Verlegung der Transportleitung im Bereich der Straße Ehestorfer Weg (K74) aufgelistet.

Tabelle 10-1: Ergebnisse offene Verlegung im Bereich der Straße Ehestorfer Weg, Belästigungswirkung tagsüber

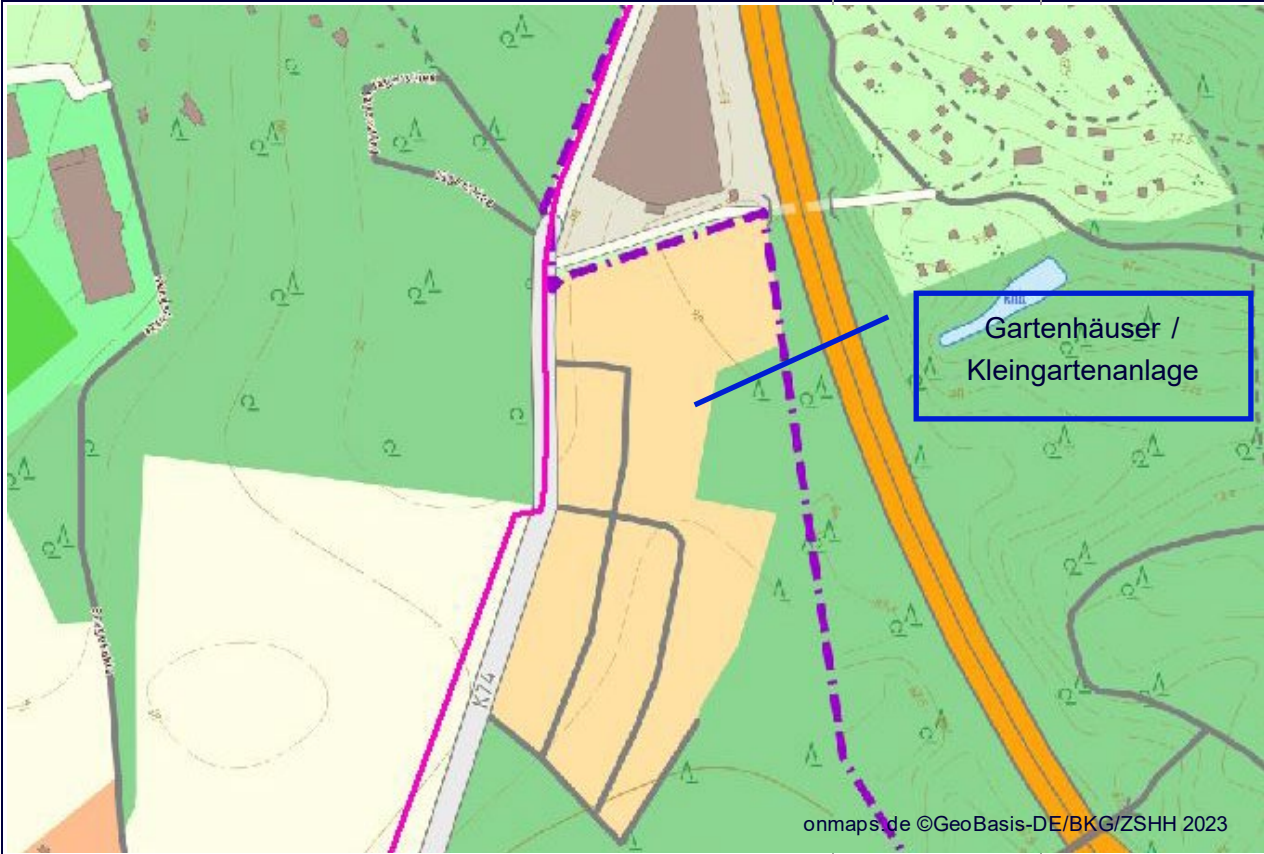
		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Erheblichen Belästigungen	Einhaltung DIN 4150-2
 <p>onmaps.de ©GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2023</p>			
Verdichtung mit Vibration, 6 Stunden Einwirkzeit tagsüber			
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung gebietsunabhängig im Bereich Ehestorfer Weg (K74) Gartenhäuser/Kleingartenanlage in Rosengarten	8 m	Ja
Grabenverdichter 1,6 t		12 m	Ja
Vibrationswalze 4,5 t		20 m	Ja

Tabelle 10-2: Ergebnisse offene Verlegung im Bereich der Straße Ehestorfer Weg, Einwirkungen nachts

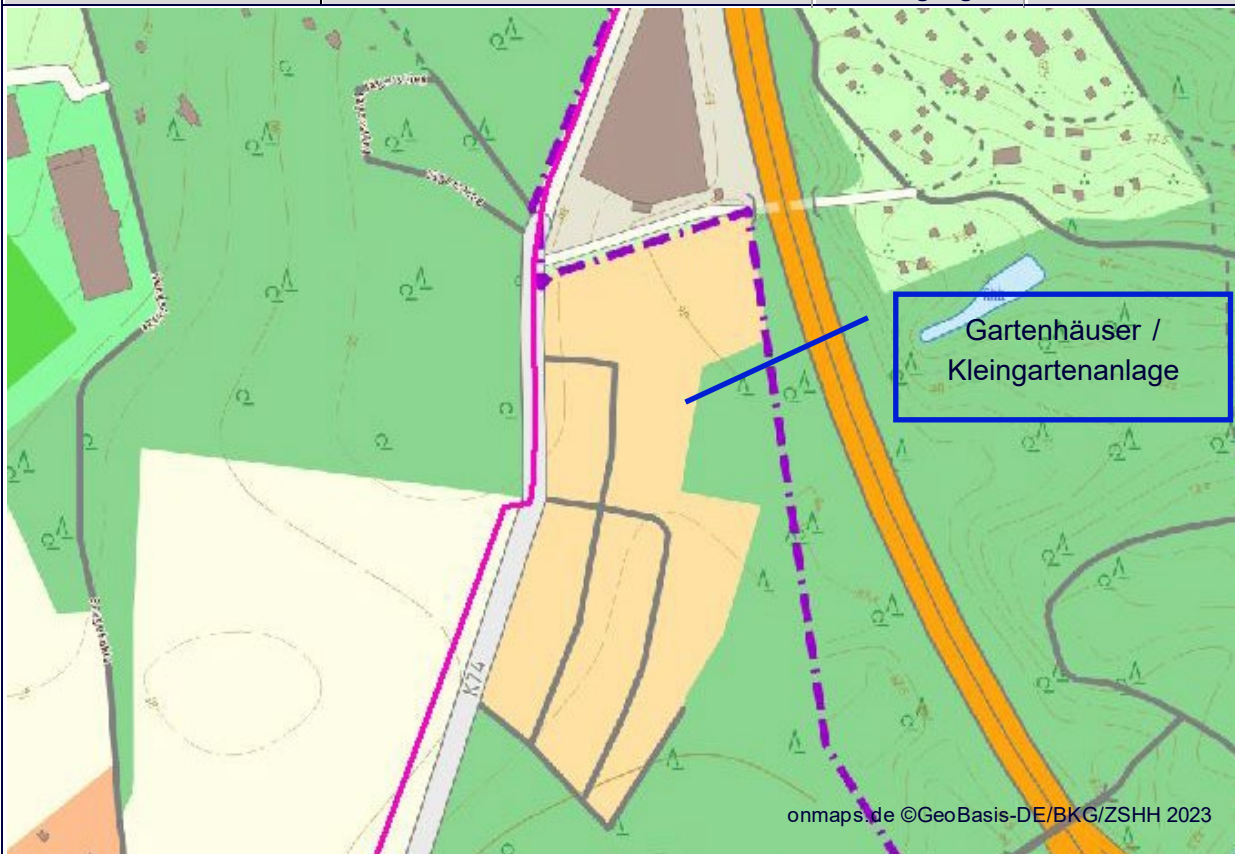
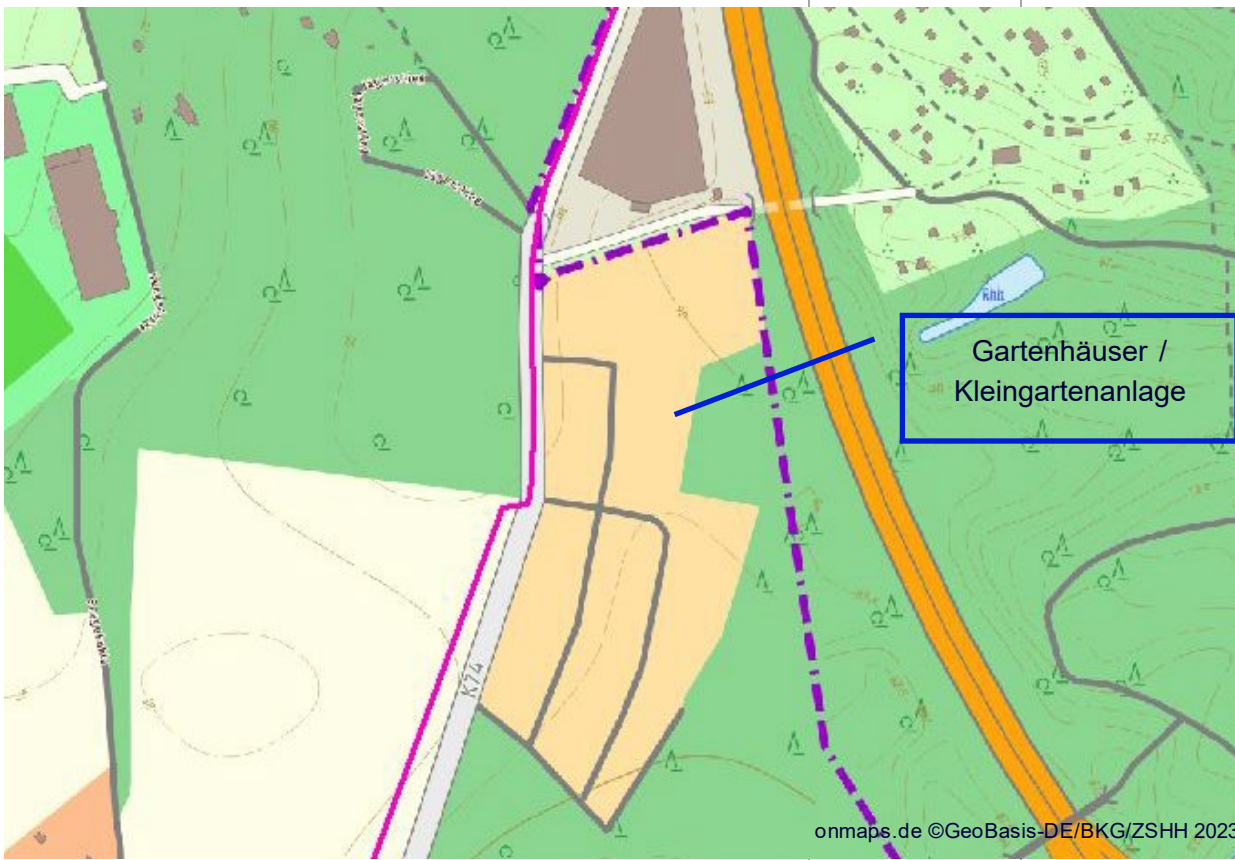
		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Erheblichen Belästigungen	Einhaltung DIN 4150-2
 <p>onmaps.de ©GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2023</p>			
Verdichtung mit Vibration, 6 Stunden Einwirkzeit nachts			
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Gewerbegebiet im Bereich Ehestorfer Weg (K74) Gartenhäuser/Kleingartenanlage in Rosengarten	36	Nein
Grabenverdichter 1,6 t		58	Nein
Vibrationswalze 4,5 t		97	Nein
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Mischgebiet im Bereich Ehestorfer Weg (K74) Gartenhäuser/Kleingartenanlage in Rosengarten	47	Nein
Grabenverdichter 1,6 t		77	Nein
Vibrationswalze 4,5 t		129	Nein
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Wohngebiet im Bereich Ehestorfer Weg (K74) Gartenhäuser/Kleingartenanlage in Rosengarten	71	Nein
Grabenverdichter 1,6 t		115	Nein
Vibrationswalze 4,5 t		193	Nein

Tabelle 10-3: Ergebnisse offene Verlegung im Bereich der Straße Ehestorfer Weg, Schadenswirkung

		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Gebäude-schäden	Einhaltung DIN 4150-3
			
Verdichtung mit Vibration, Schadenswirkung			
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohngebäude	4 m	Ja
Grabenverdichter 1,6 t		6 m	Ja
Vibrationswalze 4,5 t		10 m	Ja
Vibrationsplatte 0,6 t	Gewerbe- und Industriebauten	2 m	Ja
Grabenverdichter 1,6 t		3 m	Ja
Vibrationswalze 4,5 t		5 m	Ja

10.2 Errichtung Start- und Zielbaugrube zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg

In Tabelle 10-4 bis Tabelle 10-6 sind die Prognose- und Beurteilungsergebnisse für die Errichtung der Start- und Zielbaugrube zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg aufgelistet.

Tabelle 10-4: Ergebnisse Errichtung der Start- und Zielbaugrube zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg, Belästigungswirkung tagsüber

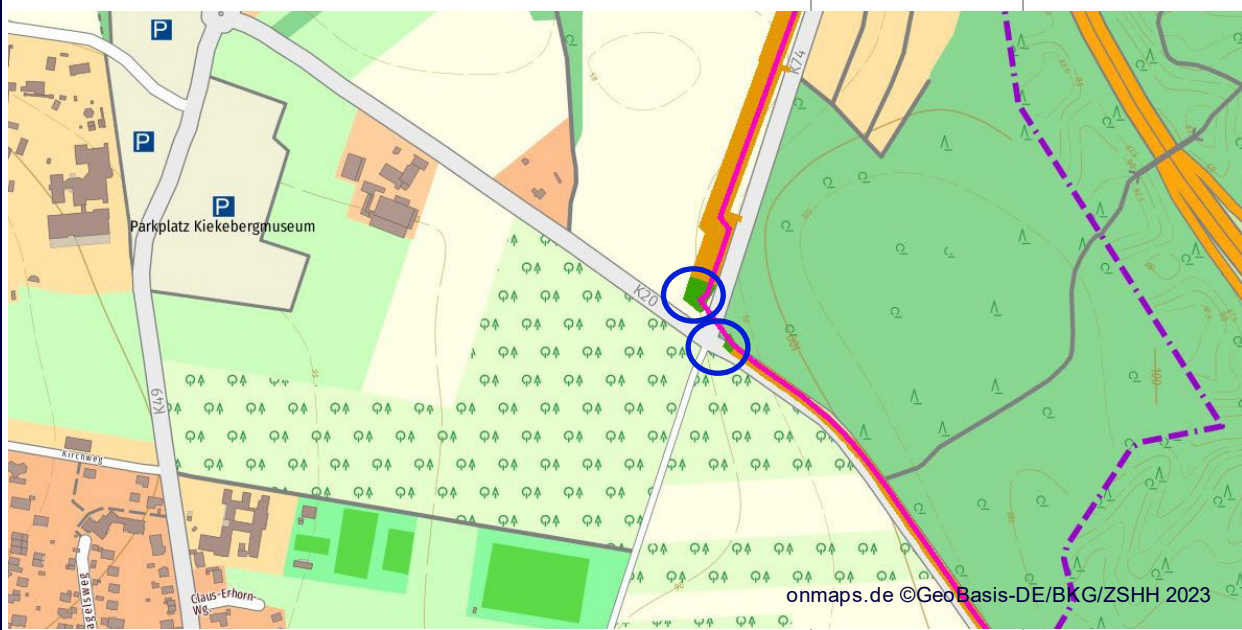
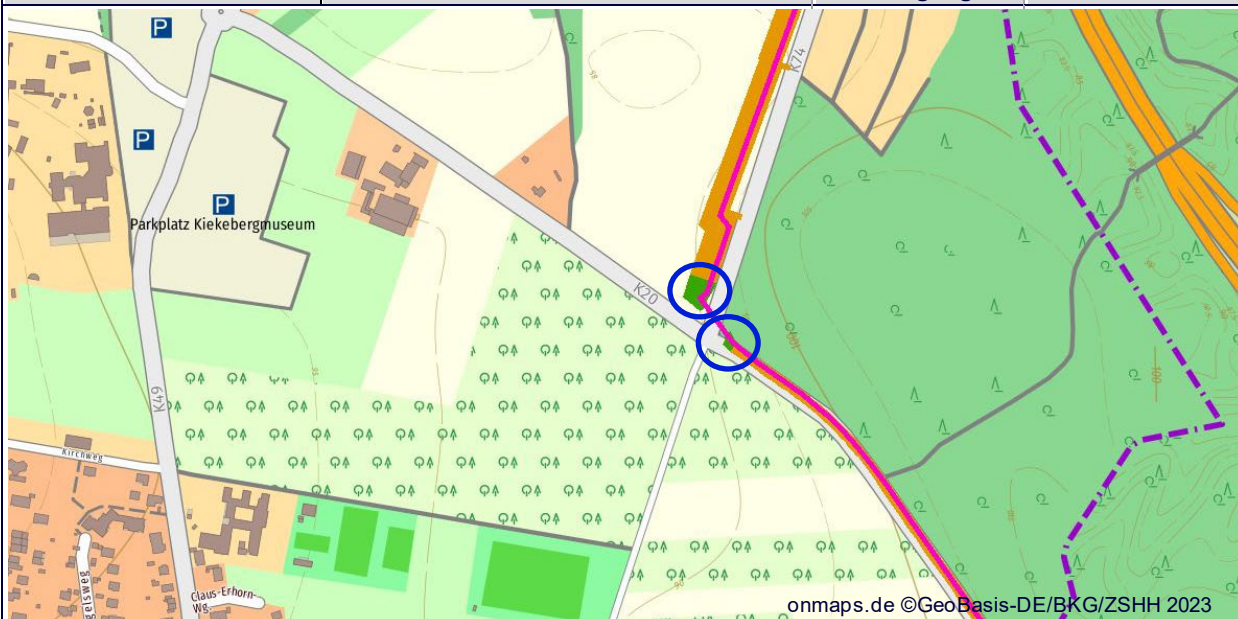
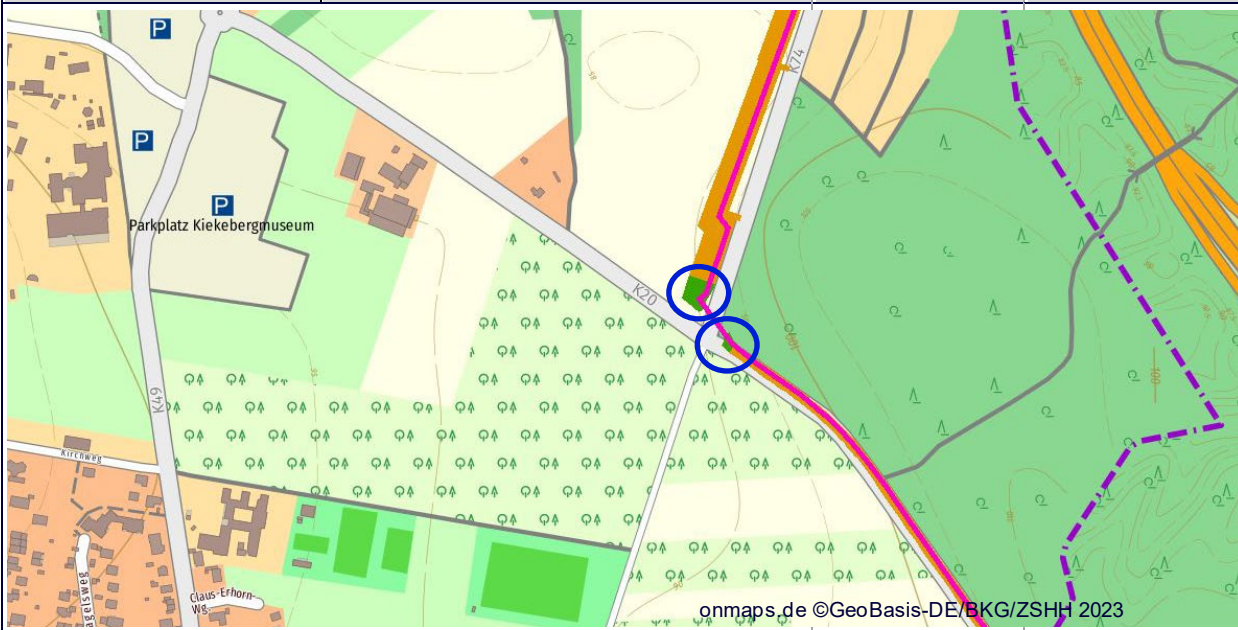
		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Erheblichen Belästigungen	Einhaltung DIN 4150-2
			
Spundarbeiten mit Vibration, 6 Stunden Einwirkzeit tagsüber			
Leistung 227 kW	Wohnbebauung gebietsunabhängig Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74), Gehöfte Appelbütteler Straße, Vahrendorf an Harburger Straße	39 m	Ja
Leistung 339 kW		48 m	Ja
Leistung 385 kW		51 m	Ja

Tabelle 10-5: Ergebnisse Errichtung der Start- und Zielbaugrube zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg, Belästigungswirkung nachts

		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Erheblichen Belästigungen	Einhaltung DIN 4150-2
			
Spundarbeiten mit Vibration, 6 Stunden Einwirkzeit nachts			
Leistung 227 kW	Wohnbebauung Wohngebiet Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74), Gehöfte Appelbütteler Straße, Vahrendorf an Harburger Straße	376 m	Nein
Leistung 339 kW		460 m	Nein
Leistung 385 kW		490 m	Nein
Leistung 227 kW	Wohnbebauung Mischgebiet Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74)	251 m	Ja
Leistung 339 kW		307 m	Nein
Leistung 385 kW		327 m	Nein
Leistung 227 kW	Wohnbebauung Mischgebiet Gehöfte Appelbütteler Straße	251 m	Nein
Leistung 339 kW		307 m	Nein
Leistung 385 kW		327 m	Nein

Arbeitsschritt	Immissionsort	Mindestabstände zur Vermeidung von	
		Erheblichen Belästigungen	Einhaltung DIN 4150-2
Leistung 227 kW	Wohnbebauung Mischgebiet Vahrendorf an Harburger Straße	251 m	Ja
Leistung 339 kW		307 m	Ja
Leistung 385 kW		327 m	Ja
Leistung 227 kW	Wohnbebauung Gewerbegebiet Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74)	188 m	Ja
Leistung 339 kW		230 m	Ja
Leistung 385 kW		245 m	Ja
Leistung 227 kW	Wohnbebauung Gewerbegebiet Gehöfte Appelbütteler Straße	188 m	Ja
Leistung 339 kW		230 m	Nein
Leistung 385 kW		245 m	Nein
Leistung 227 kW	Wohnbebauung Gewerbegebiet Vahrendorf an Harburger Straße	188 m	Ja
Leistung 339 kW		230 m	Ja
Leistung 385 kW		245 m	Ja

Tabelle 10-6: Ergebnisse Errichtung der Start- und Zielbaugrube zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg, Schadenswirkung

		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Gebäude-schäden	Einhaltung DIN 4150-3
			
Spundarbeiten mit Vibration, Schadenswirkung			
Leistung 227 kW	Wohngebäude	19 m	Ja
Leistung 339 kW		23 m	Ja
Leistung 385 kW		24 m	Ja
Leistung 227 kW	Gewerbe- und Industriebauten	10 m	Ja
Leistung 339 kW		12 m	Ja
Leistung 385 kW		12 m	Ja

10.3 Pressbohrvortrieb zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg

In Tabelle 10-7 bis Tabelle 10-9 sind die Prognose- und Beurteilungsergebnisse für den Pressbohrvortrieb zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg aufgelistet.

Tabelle 10-7: Pressbohrvortrieb zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg, Belästigungswirkung tagsüber

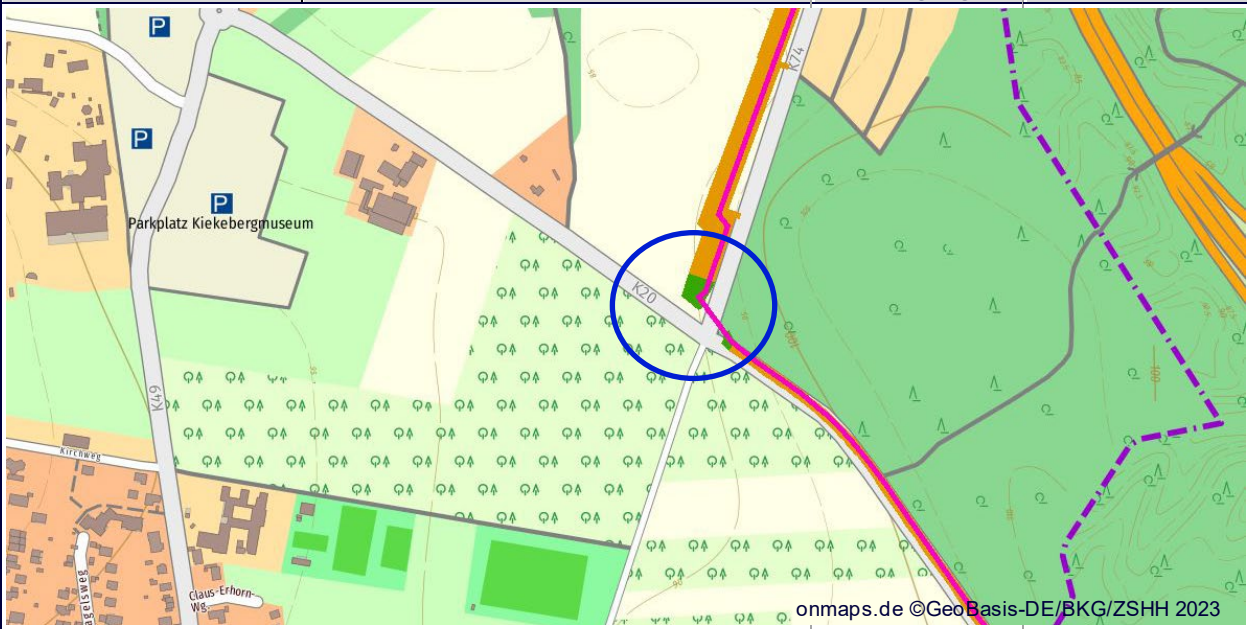
		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Erheblichen Belästigungen	Einhaltung DIN 4150-2
			
Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren, Einwirkungen tagsüber			
Rohrvortrieb	Wohnbebauung gebietsunabhängig Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74), Gehöfte Appelbütteler Straße, Vahrendorf an Harburger Straße	10 m	Ja

Tabelle 10-8: Pressbohrvortrieb zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg, Belästigungswirkung nachts

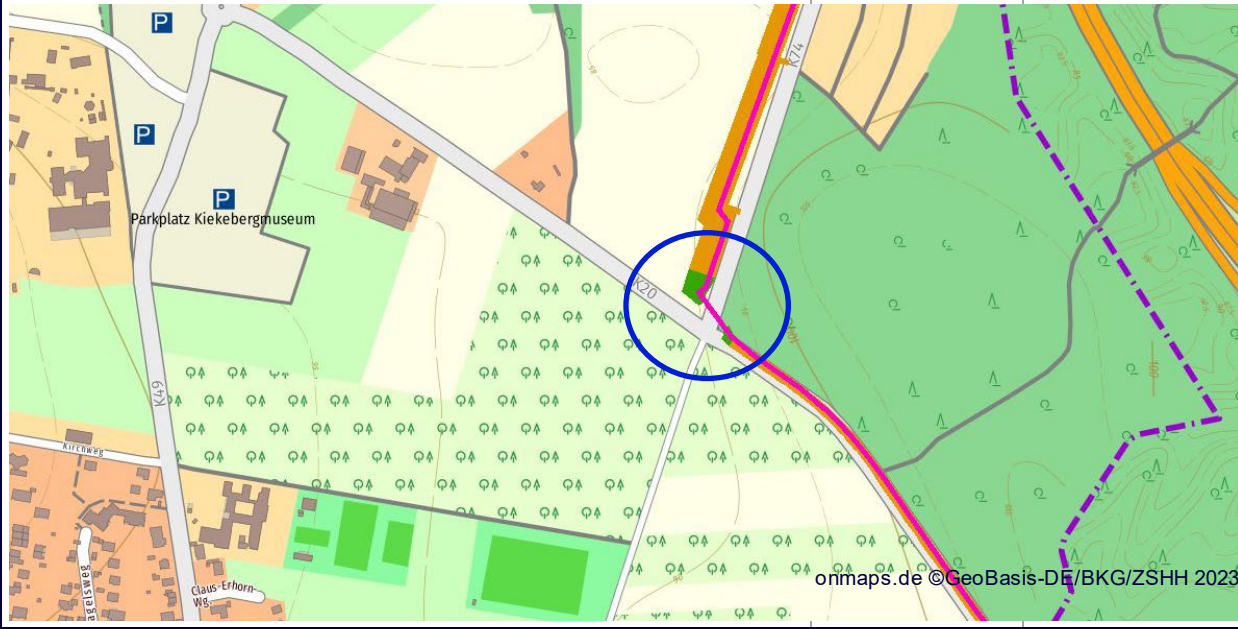
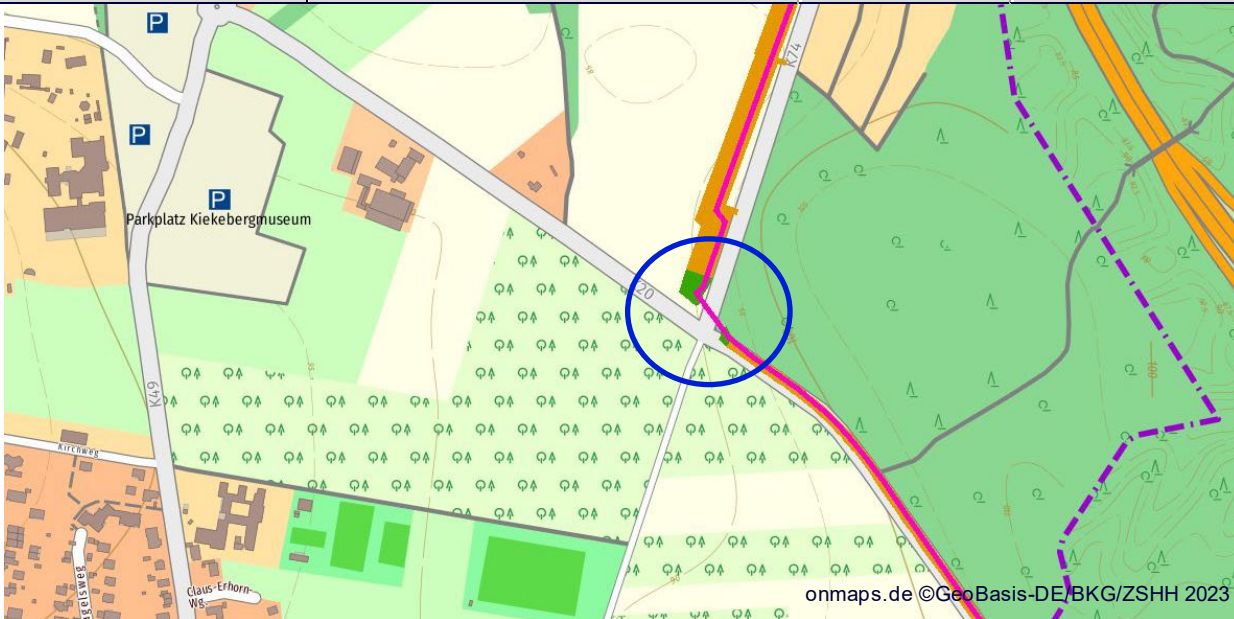
		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Erheblichen Belästigungen	Einhaltung DIN 4150-2
			
Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren, Einwirkungen nachts			
Rohrvortrieb	Wohnbebauung Wohngebiet Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74), Gehöfte Appelbütteler Straße, Vahrendorf an Harburger Straße	10 m	Ja
	Wohnbebauung Mischgebiet Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74), Gehöfte Appelbütteler Straße, Vahrendorf an Harburger Straße	10 m	Ja
	Wohnbebauung Gewerbegebiet Gartenhäuser/Kleingartenanlage Ehestorfer Weg (K74), Gehöfte Appelbütteler Straße, Vahrendorf an Harburger Straße	10 m	Ja

Tabelle 10-9: Pressbohrvortrieb zur Unterquerung des Kreisverkehrs an Appelbütteler Straße/Ehestorfer Weg, Schadenswirkung

		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Gebäude-schäden	Einhaltung DIN 4150-3
			
Rohrvortrieb im Pressbohrverfahren, Schadenswirkung			
Rohrvortrieb	Wohngebäude, Gewerbe- und Industriebauten	10 m	Ja

10.4 Offene Verlegung Appelbütteler Straße sowie Lorenz-Von-Ehren-Weg in Hamburg mit Immissionswirkung auf Wohnbebauung in Niedersachsen (Harburger Straße)

In Tabelle 10-10 bis Tabelle 10-12 sind die Prognose- und Beurteilungsergebnisse für die offene Verlegung der Transportleitung im Bereich Appelbütteler Straße und Lorenz-Von-Ehren-Weg aufgelistet.

Tabelle 10-10: Ergebnisse offene Verlegung im Bereich Appelbütteler Straße und Lorenz-Von-Ehren-Weg, Belästigungswirkung tagsüber

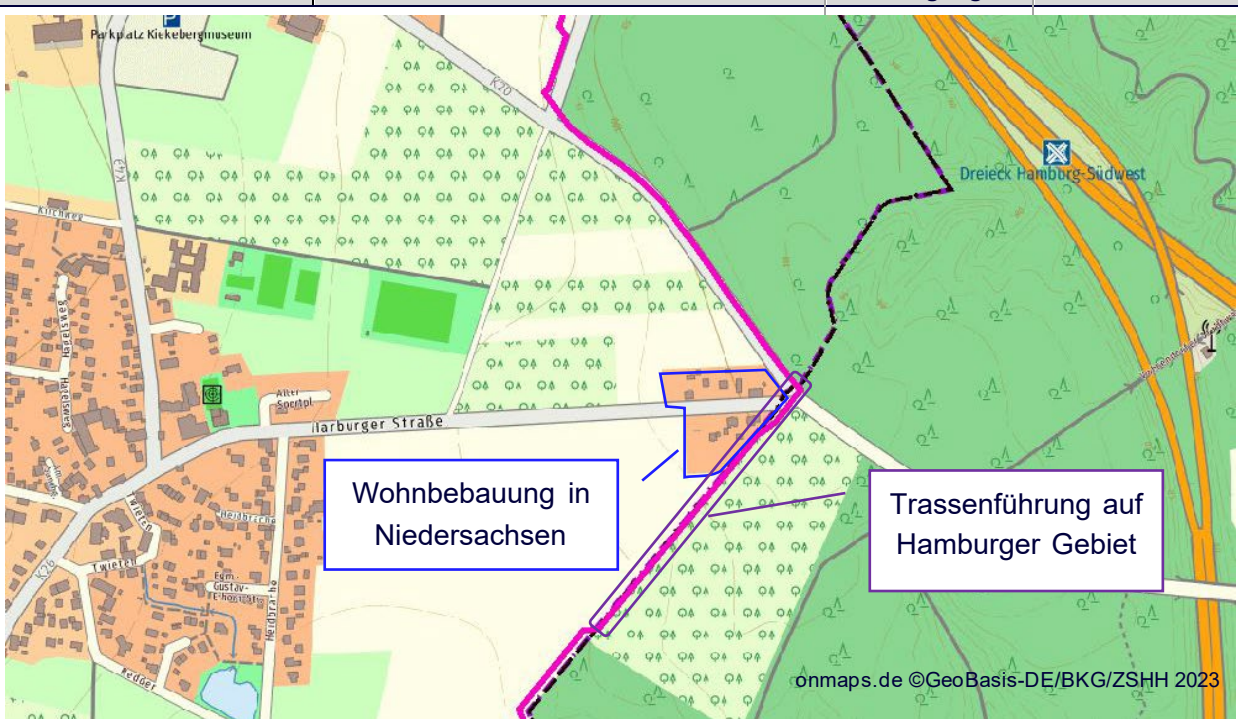
		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Erheblichen Belästigungen	Einhaltung DIN 4150-2
			
Verdichtung mit Vibration, 6 Stunden Einwirkzeit tagsüber			
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung gebietsunabhängig Vahrendorf an Harburger Straße	8 m	Ja
Grabenverdichter 1,6 t		12 m	Nein
Vibrationswalze 4,5 t		20 m	Nein

Tabelle 10-11: Ergebnisse offene Verlegung im Bereich Appelbütteler Straße und Lorenz-Von-Ehren-Weg, Einwirkungen nachts

		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Erheblichen Belästigungen	Einhaltung DIN 4150-2
Verdichtung mit Vibration, 6 Stunden Einwirkzeit nachts			
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Wohngebiet Vahrendorf an Harburger Straße	71	Nein
Grabenverdichter 1,6 t		115	Nein
Vibrationswalze 4,5 t		193	Nein

Tabelle 10-12: Ergebnisse offene Verlegung im Bereich Appelbütteler Straße/Lorenz-Von-Ehren-Weg, Schadenswirkung

Arbeitsschritt	Immissionsort	Mindestabstände zur Vermeidung von	
		Gebäude-schäden	Einhaltung DIN 4150-3

Verdichtung mit Vibration, Schadenswirkung			
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohngebäude	4 m	Ja
Grabenverdichter 1,6 t		6 m	Ja
Vibrationswalze 4,5 t		10 m	Ja
Vibrationsplatte 0,6 t	Gewerbe- und Industriebauten	2 m	Ja
Grabenverdichter 1,6 t		3 m	Ja
Vibrationswalze 4,5 t		5 m	Ja

10.5 Offene Verlegung Trift in Rosengarten

In Tabelle 10-13 bis Tabelle 10-15 sind die Prognose- und Beurteilungsergebnisse für die offene Verlegung der Transportleitung im Bereich Trift in Rosengarten aufgelistet.

Tabelle 10-13: Ergebnisse offene Verlegung im Bereich Trift in Rosengarten, Belästigungswirkung tagsüber

		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Erheblichen Belästigungen	Einhaltung DIN 4150-2
			
Verdichtung mit Vibration, 6 Stunden Einwirkzeit tagsüber			
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung gebietsunabhängig Gehöft Trift in Rosengarten	8 m	Ja
Grabenverdichter 1,6 t		12 m	Ja
Vibrationswalze 4,5 t		20 m	Nein

Tabelle 10-14: Ergebnisse offene Verlegung im Bereich Trift in Rosengarten, Einwirkungen nachts

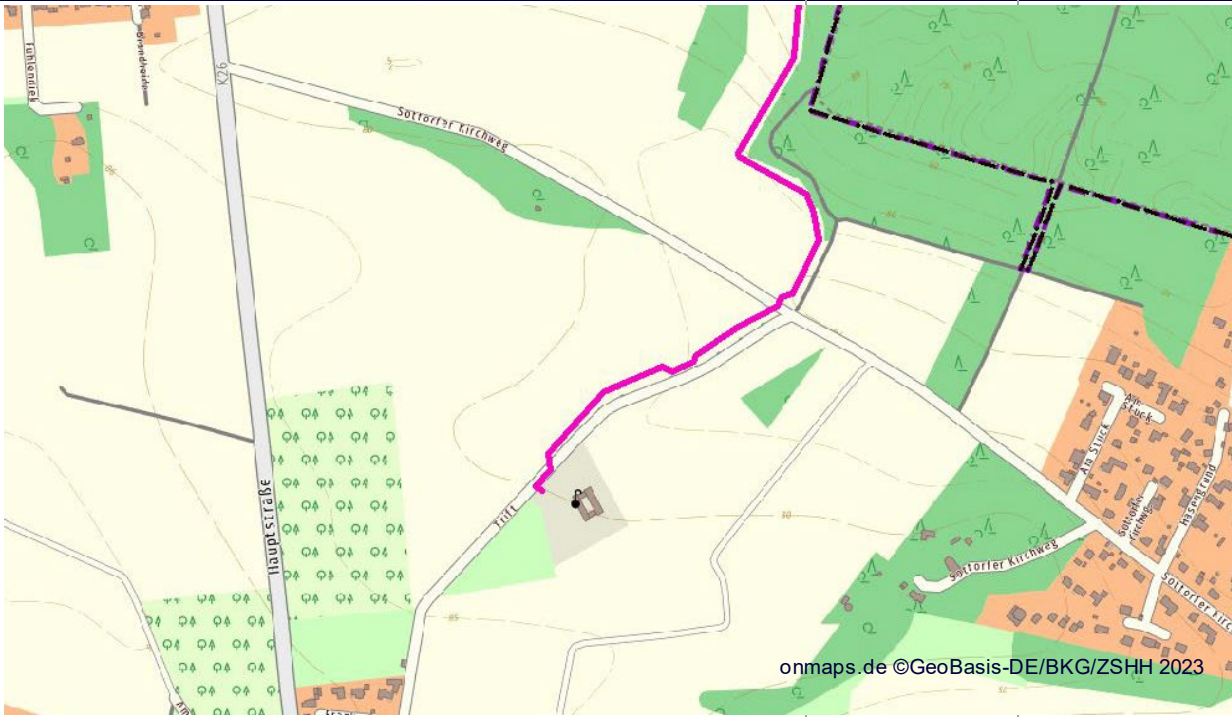
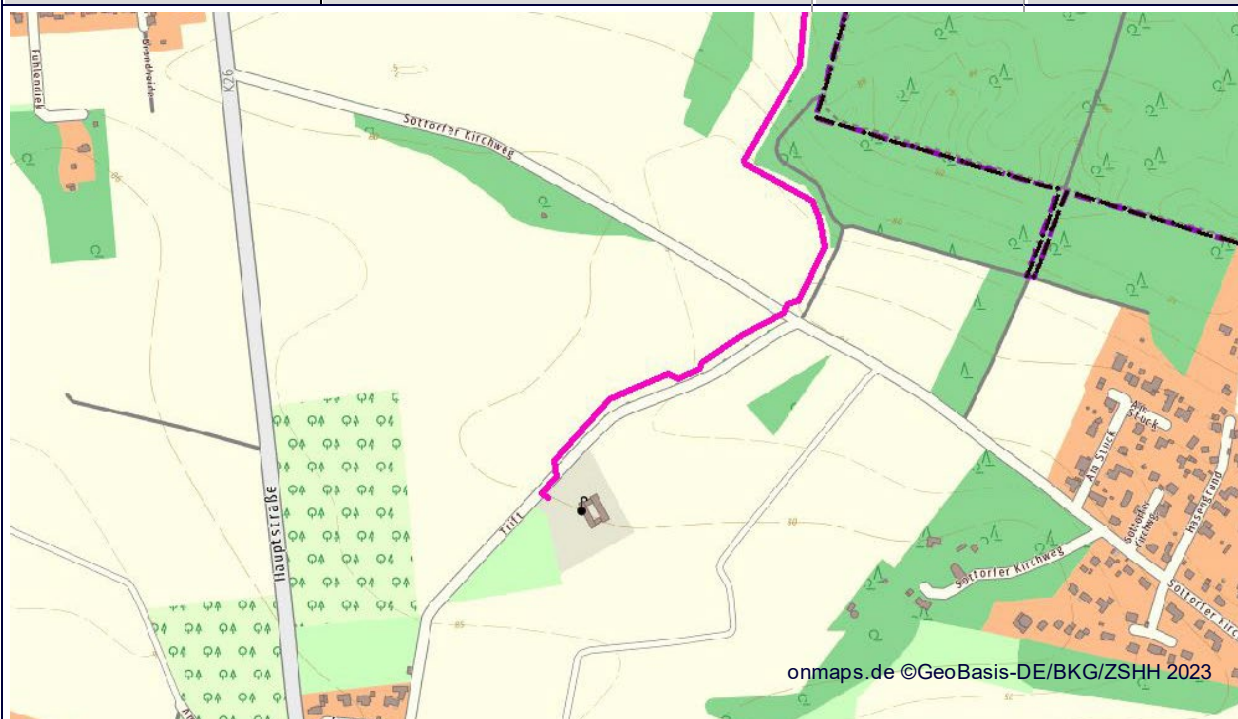
		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Erheblichen Belästigungen	Einhaltung DIN 4150-2
			
Verdichtung mit Vibration, 6 Stunden Einwirkzeit nachts			
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Gewerbegebiet Gehöft Trift in Rosengarten	36	Nein
Grabenverdichter 1,6 t		58	Nein
Vibrationswalze 4,5 t		97	Nein
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Mischgebiet Gehöft Trift in Rosengarten	47	Nein
Grabenverdichter 1,6 t		77	Nein
Vibrationswalze 4,5 t		129	Nein
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohnbebauung Wohngebiet Gehöft Trift in Rosengarten	71	Nein
Grabenverdichter 1,6 t		115	Nein
Vibrationswalze 4,5 t		193	Nein

Tabelle 10-15: Ergebnisse offene Verlegung im Bereich Trift in Rosengarten, Schadenswirkung

		Mindestabstände zur Vermeidung von	
Arbeitsschritt	Immissionsort	Gebäude-schäden	Einhaltung DIN 4150-3
			
Verdichtung mit Vibration, Schadenswirkung			
Vibrationsplatte 0,6 t	Wohngebäude	4 m	Ja
Grabenverdichter 1,6 t		6 m	Ja
Vibrationswalze 4,5 t		10 m	Ja
Vibrationsplatte 0,6 t	Gewerbe- und Industriebauten	2 m	Ja
Grabenverdichter 1,6 t		3 m	Ja
Vibrationswalze 4,5 t		5 m	Ja

10 Minderungsmaßnahmen

Hinsichtlich der Belästigungswirkung tagsüber sind die Ergebnisse der Erschütterungsprognose im Falle der Errichtung der Start- und Zielgruben und dem Rohrvortrieb als unproblematisch einzustufen. Auch bei der offenen Verlegung ergeben sich meist keine Probleme. Einige wenige Gebäude befinden sich in sehr geringer Entfernung zu den Bauarbeiten. So sollte bei den Verdichtungsarbeiten im Bereich der Wohnbebauung am Gehöft in der Straße Trift in Rosengarten auf den Einsatz einer Vibrationswalze verzichtet werden.

Hinsichtlich Belästigungswirkung nachts sind die Prognoseergebnisse überwiegend als problematisch zu betrachten. Nachts sollte daher auf die offene Verlegung und die Errichtung von Start- und Zielbaugruben verzichtet werden. Lediglich beim Rohrvortrieb sind erhebliche Belästigungen nicht zu erwarten.

Hinsichtlich Schadenswirkung sind die prognostizierten Erschütterungsimmissionen als unproblematisch zu bezeichnen.

Generell empfehlen wir, die betroffenen Anwohner über die jeweils nächsten Bautätigkeiten zu informieren. Als Mindestmaß für Art, Umfang und Zeitpunkt der Informationen kann der im Anhang 1.1 auf Seite 53 dargestellte Stufenplan gemäß der DIN 4150 Teil 2 dienen.

11 Überprüfung der Prognoseergebnisse

Die Abschätzung der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen erfolgte mit Hilfe von Berechnungsformeln aus der Fachliteratur und quellenspezifischen Faktoren, die aus Erfahrungswerten der DMT abgeleitet wurden.

Wir empfehlen daher, zu Beginn der erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten die Prognoseergebnisse durch einzelne Probemessungen an ausgewählten schutzwürdigen Objekten zu überprüfen. Damit können mögliche lokale Effekte bei der Erschütterungsausbreitung erfasst, bewertet und für die weitere Vorgehensweise bei den durchzuführenden Bauarbeiten berücksichtigt werden.

Anhang 1: Die Beurteilung von Erschütterungen nach DIN 4150

Für die Beurteilung der Einwirkung von Erschütterungsimmissionen auf Menschen in Gebäuden und auf Bauwerke wird die DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ herangezogen.

Die DIN 4150 ist dreiteilig aufgebaut:

- Teil 1 „Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Norm Dezember 2022
Dieser Teil gibt eine Anleitung für die Vorermittlung von Erschütterungen und enthält Angaben und Hinweise, auf deren Grundlage die Werte von Erschütterungsgrößen vorausgesagt werden können. Mit diesen Werten kann eine Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen nach DIN 4150-2 und DIN 4150-3 erfolgen.
- Teil 2 „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Norm Juni 1999 und Entwurf August 2023
Zweck dieser Norm ist die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. Es werden Anforderungen und Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden.
- Teil 3 „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Norm Dezember 2016
Die Norm nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken nicht eintreten.

Nachfolgend werden die Beurteilungsgrundlagen nach Teil 2 und Teil 3 der DIN 4150 auszugswise vorgestellt. Für eine vollständige Beurteilung ist aufgrund einer Vielzahl von Hinweisen, Sonderregelungen, Anforderungen und Anhaltswerte auf die Originalfassung der DIN 4150 zurückzugreifen. Insbesondere nicht dargestellt sind die Ermittlung der Beurteilungsgrößen und Anforderungen an die Messgeräte und Maßnahmen zur Verminderung von Erschütterungen.

Anhang 1.1: Beurteilung der Belästigungswirkung nach DIN 4150, Teil 2

In der DIN 4150, Teil 2 „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ werden Anforderungen und Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel eine erhebliche Belästigung von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Gebäuden vermieden wird. Die Beurteilung der Erschütterungsimmission erfolgt mit Hilfe der Anhaltswerte nach Tabelle A1. Aus den Messwerten werden die Beurteilungsgrößen berechnet und mit den Anhaltswerten verglichen. Die Beurteilungsgröße KB_{Fmax} stellt ein Einzelererschütterungskriterium dar und wird mit den einzuhaltenden Anhaltswerten A_u (unterer Anhaltswert) und A_o (oberer Anhaltswert) verglichen. Liegt der KB_{Fmax} – Wert zwischen dem unteren Anhaltswert A_u und dem oberen Anhaltswert A_o , ist zusätzlich noch die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln. Die Beurteilungsgröße KB_{FTr} stellt ein Dosiskriterium dar und wird mit dem einzuhaltenden Anhaltswert A_r verglichen. In Abbildung A11-1 ist der Ablauf des Beurteilungsverfahrens als Flussdiagramm dargestellt.

Tabelle A1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen

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 (vgl. Industriegebiete §9 BauNVO).	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete §8 BauNVO).	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kern-, Misch-, Dorfgebiete BauNVO §§ 7, 6, 5).	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (reines Wohngebiet, allgemeines Wohngebiet, Kleinsiedlungsgebiet BauNVO §§ 4, 3, 2).	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05
Die Angaben in den Zeilen 1 bis 4 sind der Baunutzungsverordnung (BauNVO) angelehnt. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter den Zeilen 1 bis 4 ausschließlich nach den Gesichtspunkten der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die BauNVO aber auch planerischen Gesichtspunkten Rechnung trägt.							

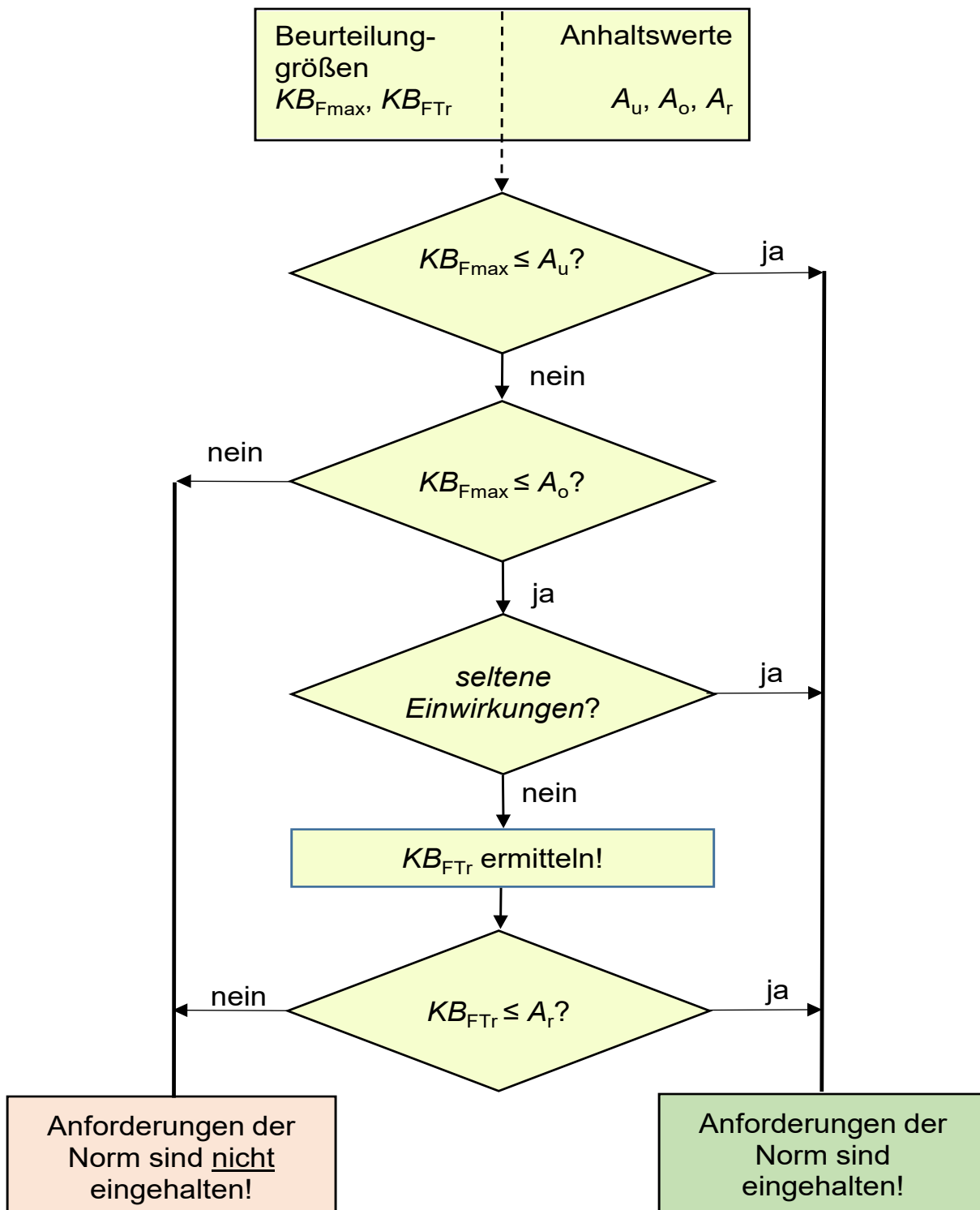


Abbildung A11-1: Beurteilungsverfahren der DIN 4150, Teil 2

Baustellenerschütterungen

Da Baustellenerschütterungen zeitlich begrenzt sind, gelten hier Sonderregelungen. Die Anhaltswerte für Baustellenerschütterungen sind in diesem Zusammenhang abhängig von der Dauer der Einwirkung. Für Baumaßnahmen wird zudem die sonst übliche Unterteilung nach Baugebietsarten nicht angewendet. Es gelten die in Tabelle A2 angegebenen Anhaltswerte der Stufe I – III in Abhängigkeit der Dauer der Erschütterungseinwirkungen bis maximal 78 Werktage. Unter der Einwirkungsdauer ist die Anzahl der Tage zu verstehen, an denen tatsächlich Baustellenerschütterungen auftreten (nicht die Gesamtdauer einer Baumaßnahme). Dabei sind die Tage mit Baustellenerschütterungen, die unter den Anhaltswerten A_u oder A_r liegen, nicht mitzuzählen.

Für länger als 78 Tage einwirkende Erschütterungen macht die DIN 4150, Teil 2 keine Angaben. In diesem Falle sollte „...nach den besonderen Gegebenheiten des Einzelfalles individuell beurteilt werden“. Beträgt die Einwirkungsdauer der Baustellenerschütterungen zwischen $D = 1$ Tag und $D = 6$ Tagen werden die Anhaltswerte interpoliert.

Für besonders schützenswerte Gebiete, wie z.B. Krankenhäuser sind die Anhaltswerte in Tabelle A2 nicht anwendbar. In diesem Falle sind gesonderte Untersuchungen und Absprachen erforderlich. Für nachts auftretende Baustellenerschütterungen gelten die Anhaltswerte nach Tabelle A1.

Die Beurteilung von Baustellenerschütterungen erfolgt in drei Stufen, die während der Planung auf Grundlage von Prognose- oder Erfahrungswerten bestimmt werden.

- Stufe I
Bei Unterschreitung der Anhaltswerte der unteren Stufe I ist auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen.
- Stufe II
Bei Unterschreitung der Anhaltswerte der mittleren Stufe II ist ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen, falls Maßnahmen zur Minderung (siehe unten) erheblicher Belästigungen ergriffen werden.
- Stufe III
Bei Überschreitung der Anhaltswerte der oberen Stufe III sind die Erschütterungseinwirkungen unzumutbar. In diesem Falle ist die Vereinbarung besonderer Maßnahmen notwendig, die über die Minderungsmaßnahmen der Stufe II hinausgehen.

Tabelle A2: Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen

Dauer	<i>D ≤ 1 Tag</i>			<i>6 Tage < D ≤ 1 Tag</i>			<i>26 Tage < D ≤ 78 Tage</i>		
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 $A_o = 6$									

Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen gemäß Stufe II, DIN 4150, Teil 2:

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

Die Maßnahmen 1. bis 5. sind vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme durchzuführen.

Anhang 1.2: Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen nach DIN 4150, Teil 3 auf Bauwerke

Kurzzeitige Erschütterungen können durch Baggararbeiten, Schwerlastverkehr, Ramm-pfähle, Spundarbeiten mit Diesel oder Freifallbär, Bodenverdichtung mit Fallgewicht hervorgerufen werden. Tabelle A3 zeigt die einzuhaltenden Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen zu Beurteilung des Gesamtbauwerks und der Decken für verschiedene Gebäudearten. Die Fundament-Anhaltswerte sind für verschiedene Frequenzbereiche der Erschütterungseinwirkungen unterschiedlich.

Tabelle A3: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke

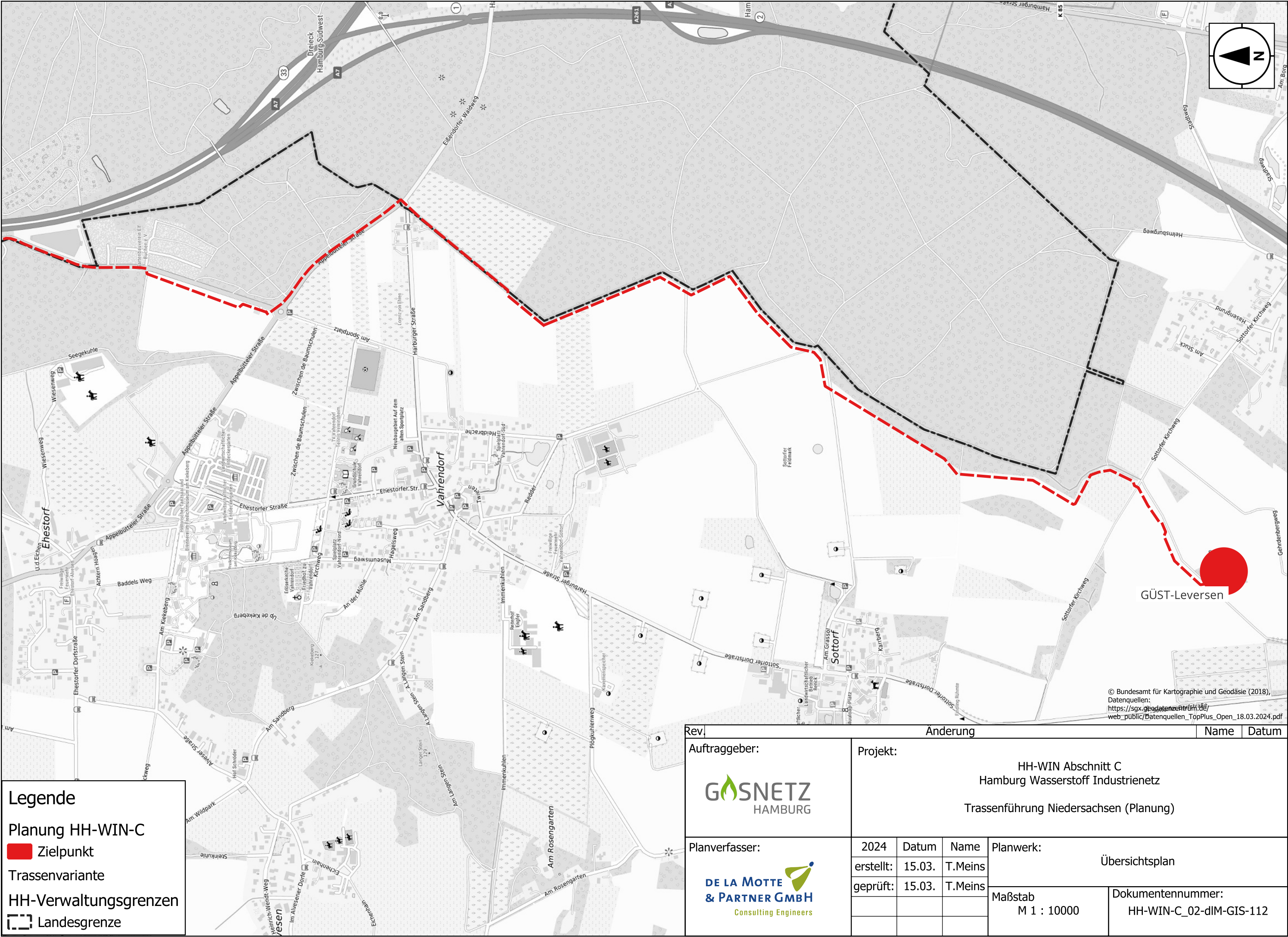
Gebäudeart		Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit in mm/s				
		Fundament, alle Richtungen, $i = x, y, z$			Oberste Deckenebene, horizontal $i = x, y$	Decken, vertikal $i = z$
		Frequenzen			alle Frequenzen	
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz ^{a)}		
Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile						
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 ihrer 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 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend)	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20 ^{b)}
ANMERKUNG: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.						
^{a)} Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.						
^{b)} Unterabschnitt 5.1.2 Absatz 2 der DIN 4150-3 ist zu beachten.						

Anhang 1.3: Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen nach DIN 4150, Teil 3 auf Bauwerke

Dauererschütterungen aus Bautätigkeiten werden beispielsweise durch Verdichtungs- und Spundarbeiten mit Vibration verursacht. Im vorliegenden Fall sind Dauererschütterungen aus Spund- und Verdichtungsarbeiten wahrscheinlich. Weitere Dauererschütterungen sind beim Rohrvortrieb zu erwarten. Tabelle A4 zeigt die einzuhaltenden Anhaltswerte für Dauererschütterungen zur Beurteilung des Gesamtbauwerks und der Decken für verschiedene Gebäudearten.

Tabelle A4: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Bauwerke

Gebäudeart		Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s	
		Oberste Deckenebene, horizontal $i = x, y$	Decken, vertikal $i = z$
		alle Frequenzen	
Spalte	1	2	3
Zeile			
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten.	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartige Bauten.	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind.	2,5	10 ^{a)}
ANMERKUNG: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalte 2 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.			
^{a)} Unterabschnitt 6.1.2 der DIN 4150-3 ist zu beachten.			



Legende

Planung HH-WIN-C

Zielpunkt

Trassenvariante

HH-Verwaltungsgrenzen

Landesgrenze

Rev.	Anderung				Name	Datum
Auftraggeber:		Projekt:				
Planverfasser:		HH-WIN Abschnitt C				
		Hamburg Wasserstoff Industriernetz				
		Trassenführung Niedersachsen (Planung)				
		Übersichtsplan				
		2024	Datum	Name	Planwerk:	
		erstellt:	15.03.	T.Meins		
		geprüft:	15.03.	T.Meins	Maßstab	Dokumentennummer:
					M 1 : 10000	HH-WIN-C_02-dim-GIS-112