



Aussagen zu den Baulärm- und Erschütterungsmissionen für die Reaktivierung des SPNV auf der WLE Strecke Münster-Sendenhorst – Strecke 9213 km 14,370 bis km 35,531

Bericht VF 7177-2.2 vom 19.07.2022 / Druckdatum: 05.08.2022

Auftraggeber: Westfälische Landes-Eisenbahn GmbH
Beckumer Straße 70
59555 Lippstadt

Bericht-Nr.: VF 7177-2.2

Datum: 19.07.2022 / Druckdatum: 05.08.2022

Ansprechpartner/in: Frau Schäfer-Brandenburg

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 73 Seiten,
davon 56 Seiten Text und 17 Seiten Anlagen.



Die Akkreditierung gilt für
den in der Urkundenanlage
D-PL-20140-01-00
festgelegten Umfang der
Bereiche Geräusche und
Erschütterungen.
Messstelle nach
§ 29b BImSchG

VMPA anerkannte
Schallschutzprüfstelle
nach DIN 4109

Leitung:

Dipl.-Phys. Axel Hübel

Dipl.-Ing. Heiko Kremer-Bertram
Staatlich anerkannter
Sachverständiger für
Schall- und Wärmeschutz

Dipl.-Ing. Mark Bless

Anschriften:

Peutz Consult GmbH

Kolberger Straße 19
40599 Düsseldorf
Tel. +49 211 999 582 60
Fax +49 211 999 582 70
dus@peutz.de

Borussiastraße 112
44149 Dortmund
Tel. +49 231 725 499 10
Fax +49 231 725 499 19
dortmund@peutz.de

Pestalozzistraße 3
10625 Berlin
Tel. +49 30 92 100 87 00
Fax +49 30 92 100 87 29
berlin@peutz.de

Gostenhofer Hauptstraße 21
90443 Nürnberg
Tel. +49 911 477 576 60
Fax +49 911 477 576 70
nuernberg@peutz.de

Geschäftsführer:

Dr. ir. Martijn Vercammen
ir. Ferry Koopmans
AG Düsseldorf
HRB Nr. 22586
Ust-IdNr.: DE 119424700
Steuer-Nr.: 106/5721/1489

Bankverbindungen:

Stadt-Sparkasse Düsseldorf
Konto-Nr.: 220 241 94
BLZ 300 501 10
DE79300501100022024194
BIC: DUSSEDDXXX

Niederlassungen:

Mook / Nimwegen, NL
Zoetermeer / Den Haag, NL
Groningen, NL
Eindhoven, NL
Paris, F
Lyon, F
Leuven, B

peutz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung.....	5
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....	6
3	Örtliche Gegebenheiten.....	8
3.1	Gebietsnutzung im Umfeld.....	8
3.2	Beschreibung der geplanten Baumaßnahmen.....	9
4	Beurteilungsgrundlagen.....	12
4.1	AVV Baulärm.....	12
4.2	Landes-Immissionsschutzgesetz (LImSchG).....	13
4.3	Maßnahmen zur Minderung von Baustellengeräuschen.....	13
4.3.1	Zusätzliche Bewertungsaspekte zur Beurteilung von Baulärmimmissionen...	14
5	Schalltechnische Berechnung zum Baulärm.....	16
5.1	Allgemeine Vorgehensweise.....	16
5.2	Beurteilung der Schallimmissionen.....	17
5.2.1	Emissionen – Erneuerung BÜ.....	18
5.2.2	Ergebnisse der Immissionsberechnung – BÜ.....	19
5.2.3	Emissionen – Erneuerung EÜ.....	21
5.2.4	Ergebnisse der Immissionsberechnung – EÜ.....	22
5.2.5	Emissionen – Erneuerung Haltepunkte.....	23
5.2.6	Ergebnisse der Immissionsberechnung – Haltepunkte.....	24
5.2.7	Emissionen – Gleisumbau.....	26
5.2.8	Ergebnisse der Immissionsberechnung – Gleisumbau.....	27
5.3	Allgemeine Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen für die vorliegende Baumaßnahme.....	28
6	Erschütterungen.....	31
6.1	Allgemeines.....	31
6.1.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.....	32
6.1.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen.....	35
6.2	Erschütterungstechnische Betrachtungen.....	38
6.3	Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen.....	40
6.4	Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden.....	43
6.5	Allgemeine Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen.....	49
7	Zusammenfassung.....	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Darstellung der Dauer je Arbeitsschritt.....	11
Tabelle 4.1: Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm.....	12
Tabelle 4.2: Zeitkorrekturen gemäß der AVV Baulärm.....	12
Tabelle 5.1: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Rückbau.....	18
Tabelle 5.2: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Tiefbau.....	18
Tabelle 5.3: Berücksichtigte Schallleistungspegel für die Montagearbeiten.....	19
Tabelle 5.4: Angabe der Radien für die jeweiligen Isophonen ausgehend vom Mittelpunkt der Schallquelle.....	21
Tabelle 5.5: Berücksichtigte Schallleistungspegel für die Baustelleneinrichtung.....	21
Tabelle 5.6: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Rückbau.....	21
Tabelle 5.7: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Neubau.....	22
Tabelle 5.8: Angabe der Radien für die jeweiligen Isophonen ausgehend vom Mittelpunkt der Schallquelle.....	23
Tabelle 5.9: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Neubau.....	23
Tabelle 5.10: Berücksichtigte Schallleistungspegel für die Zuwegung.....	24
Tabelle 5.11: Berücksichtigte Schallleistungspegel für die nachbereitenden Arbeiten.....	24
Tabelle 5.12: Angabe der Radien für die jeweiligen Isophonen ausgehend vom Mittelpunkt der Schallquelle.....	26
Tabelle 5.13: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Rückbau der Gleise.....	26
Tabelle 5.14: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Neubau der Gleise.....	26
Tabelle 5.15: Berücksichtigte Schallleistungspegel für die Verfüllung und Verdichtung.....	27
Tabelle 5.16: Angabe der Abstände zur Schallquelle für die jeweiligen Isophonen.....	28
Tabelle 6.1: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 2, für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen zum Tageszeitraum.....	33
Tabelle 6.2: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1.....	34
Tabelle 6.3: Zusammenhang bewertete Schwingstärke und subjektive Wahrnehmung [15].	35
Tabelle 6.4: Zusammengefasste Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke gemäß den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [11] für kurzzeitige und Dauererschütterungen.....	36
Tabelle 6.5: Berücksichtigte Baumaschinen für die Erschütterungsprognose.....	40

Tabelle 6.6: Anhaltswerte für die Konstante c_F für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen, Tabelle 3 der DIN 4150, Teil 2.....	44
Tabelle 6.7: Eigenfrequenzen von Decken.....	45
Tabelle 6.8: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude ohne Resonanzfall, Rüttelplatte.....	47
Tabelle 6.9: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude ohne Resonanzfall, Vibrationswalze.....	48
Tabelle 6.10: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude ohne Resonanzfall, Hydraulikhammer.....	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5.1: Schematische Darstellung der Abstände zwischen Spundwand und Gebäude der DIN 4150, Teil 3 Anhang C, Bild C.1.....	32
--	----

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Westfälische Landes-Eisenbahn GmbH plant die Reaktivierung des SPNV aus der WLE-Strecke zwischen Sendenhorst und Münster. Im Zuge dessen sollen die Verkehrsstationen Sendenhorst, Albersloh, Wolbeck, Angelfmodde, Gremmendorf, Loddenheide und Halle Münsterland errichtet werden.

Die Baumaßnahme umfasst den Neubau von Bahnübergängen (BÜ), Eisenbahnüberführungen (EÜ), Haltepunkten (HP) sowie Gleisbauarbeiten. Des Weiteren ist die Erneuerung des Oberbaus, die Anpassung bzw. die Erneuerung diverser Bauwerke, der Neubau von vier Haltepunkten und drei Bahnhöfen inkl. Neubau der Weichen, der Neubau eines zweigleisigen Abschnittes, die Erneuerung der Streckenentwässerung, der Rückbau einiger Bahnübergänge sowie die Anpassung von verbleibenden Bahnübergängen geplant.

In dieser Untersuchung werden die zu erwartenden Baulärmimmissionen mit einer Ausbreitungsberechnung gemäß der DIN EN ISO 9613-2 [5] durchgeführt und anschließend gemäß der AVV Baulärm [4] bewertet. Anhand überschlägiger Berechnungen wird die Stärke der Belastung durch den Baulärm auf die Anwohner ermittelt. Für vier ausgewählte Bauwerke werden Rasterlärmkarten für die jeweils lauteste Bauphase detaillierter dargestellt.

Abhängig von der Höhe der Baulärmimmissionen werden mögliche Maßnahmen zur Baulärminderung vorgeschlagen.

Weiterhin sind Aussagen zu den von der Baumaßnahme ausgehenden Erschütterungen innerhalb der Bauzeit zu tätigen. Es werden hierbei die Raten ermittelt bei denen die Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 [10] und Teil 3 [11] eingehalten werden. Gegebenenfalls werden bei Überschreitungen der Anhaltswerte Minderungsmaßnahmen empfohlen.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[1]	BImSchG Bundes-Immissionsschutzgesetz	G	Aktuelle Fassung
[2]	24. BImSchV 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung	V	04.02.1997
[3]	32. BImSchV 32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung	V	29.08.2002 zuletzt geändert am 08.11.2011
[4]	AVV Baulärm Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm, Geräuschimmissionen	VV	19.08.1970
[5]	DIN ISO 9613, Teil 2	N	Ausgabe Oktober 1999 (Entwurf Sept. 1997)
[6]	VDI 2719	RIL	August 1987
[7]	DIN 45 669, Teil 1	N	September 2010
[8]	DIN 45 669, Teil 2	N	Juni 2005
[9]	DIN 4150, Teil 1	N	2001
[10]	DIN 4150, Teil 2	N	1999
[11]	DIN 4150, Teil 3	N	2016

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[12]	Urteil zu Baulärmimmissionen des 7. Senats des BVerwG	BVerwG 7 A 24.11 Lit.	10.07.2012
[13]	Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen	Hessisches Landesamt für Umwelt, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 247 Lit.	1998
[14]	Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Lärmschutz in Hessen, Heft 2 Lit.	2004
[15]	Taschenbuch der Technischen Akustik	G. Müller, M. Möser (Hrsg.), 3. Auflage Lit.	2003
[16]	Standardleistungsbuch für das Bauwesen, Regional-Leistungsbereich 898, Schutz gegen Baulärm und Erschütterungen	Umweltbundesamt Berlin, Lit.	Ausgabe April 1996
[17]	Bauwerkerschütterungen durch Tiefbauarbeiten	Institut für Bauvorsuchung e.V. Hannover Lit.	2006
[18]	Expertensystem für Lärm- und Erschütterungsprognosen beim Einbringen von Spundbohlen	K. Funk, Mitteilungen des Curt-Risch-Institutes für Dynamik, Schall- und Messtechnik der Universität Hannover Lit.	1996
[19]	Urteil zu Verhältnismäßigkeit von Schutzvorkehrungen gegen Baulärm bei Arbeiten an einer Bahnstrecke des OVG Rheinland-Pfalz	OVG Rheinland-Pfalz 8 C 11694/17 Lit.	10.10.2018
[20]	Planunterlagen	Zur Verfügung gestellt durch Westfälische Landes-Eisenbahn GmbH P	2021

Kategorien:

G	Gesetz	N	Norm
V	Verordnung	RIL	Richtlinie
VV	Verwaltungsvorschrift	Lit	Buch, Aufsatz, Berichtigung
RdErl.	Runderlass	P	Planunterlagen / Betriebsangaben

3 Örtliche Gegebenheiten

3.1 Gebietsnutzung im Umfeld

Wie zuvor beschrieben, erstreckt sich die Baumaßnahme von Sendenhorst über Albersloh, Wolbeck, Angelmodde, Gremmendorf, Loddenheide und Halle Münsterland bis hin nach Münster. Zwischen Sendenhorst und Albersloh, Albersloh und Wolbeck sowie Angelmodde und Gremmendorf verläuft die Bahnstrecke teilweise entlang unbebauter oder wenig bebauter ländlicher Gebiete.

Sendenhorst

Nördlich und südlich der Bahnstrecke befinden sich überwiegend allgemeine Wohngebiete (WA) sowie vereinzelt Mischgebiete (MI) und reine Wohngebiete (WR).

Im östlichen Teil der Stadt Sendenhorst befinden sich ausschließlich Gewerbegebiete (GE) entlang der Strecke.

Albersloh

Östlich und westlich der Bahnstrecke befinden sich überwiegend Wohngebiete sowie vereinzelt Mischgebiete (MI).

Wolbeck

Nördlich und südlich der Bahnstrecke befinden sich überwiegend Wohngebiete sowie vereinzelt Mischgebiete (MI).

Darüber hinaus befindet sich nördlich der Strecke ein Gewerbegebiet (GE).

Angelmodde

Nördlich und südlich der Bahnstrecke befinden sich ausschließlich Wohngebiete.

Gremmendorf

Östlich und westlich der Bahnstrecke befinden sich überwiegend Wohngebiete sowie vereinzelt Mischgebiete (MI).

Münster

Entlang der Strecke befinden sich hauptsächlich Gewerbegebiete (GE) und Mischgebiete (MI) sowie vereinzelt Wohngebiete.

3.2 Beschreibung der geplanten Baumaßnahmen

Die WLE-Strecke (Strecke 9213) erstreckt sich von Neubeckum nach Münster. Die Reaktivierung für den SPNV soll auf der Teilstrecke von Sendenhorst nach Münster durchgeführt werden. Die Trasse beginnt östlich der ehemaligen Verkehrsstation Sendenhorst an Bahn-km 14,370 am BÜ Hoetmarer Straße und endet am Übergangspunkt zum Bf Münster Hauptbahnhof an Bahn-km 35,531.

Im Zuge der Reaktivierung der WLE-Strecke sind folgende Maßnahmen geplant [20]:

- Erneuerung des Oberbaus inkl. Weichen an neuen Betriebsstellen
- Neubau von sieben Verkehrsstationen, davon werden drei als Bahnhof errichtet
- Errichten eines zweigleisigen Abschnittes zwischen km 15,637 und km 17,364
- Anpassung von bestehenden Bahnübergängen
- Rückbau von Bahnübergängen
- Anpassung von bestehenden Brückenbauwerken und Durchlässen

Folgende Bahnübergänge werden zurückgebaut:

- BÜ Hoetmarer Straße km 14,370
- BÜ Feldzugang km 17,827
- BÜ Feld- und Waldweg km 18,495
- BÜ Feld- und Waldweg km 18,792
- BÜ Feldweg km 19,050
- BÜ Feldweg km 19,467
- BÜ Feldweg km 19,937
- BÜ Feldweg 20,248
- BÜ Feldweg km 20,492
- BÜ Feldweg km 20,715
- BÜ Feldweg km 21,441
- BÜ Feldzugang km 22,694
- BÜ Feldzugang km 22,954
- BÜ Grundstückszugang km 23,300
- BÜ Feldzugang km 23,390
- BÜ Feldzugang km 23,630
- BÜ Feldweg km 24,397
- BÜ Waldweg km 25,940
- BÜ Waldweg km 26,192
- BÜ Privatweg km 26,410
- BÜ Privatweg km 26,643
- BÜ Feldzugang km 26,788
- BÜ Feldzugang km 26,900
- BÜ Feldzugang km 27,056
- BÜ Fußweg km 28,985

- BÜ Fußweg km 31,302

Folgende betriebliche Anlagen werden im Zuge der Maßnahme erneuert bzw. technisch aufgerüstet:

Bahnübergänge (BÜ)

- BÜ Gartenstraße km 14,817
- Bf Sendenhorst km 14,520
- BÜ Telgtenstraße km 15,083
- BÜ L520 km 15,454
- BÜ Fuß- und Radweg km 15,918
- BÜ Gemeindeweg km 17,458
- BÜ Grundstückszugang km 18,495
- BÜ Feldweg km 19,551
- BÜ Bahnhofstraße km 22,096
- BÜ L585 km 22,620
- BÜ Feldweg km 24,812
- BÜ Feldzugang km 25,503
- BÜ Petersdamm km 27,165
- BÜ K36 km 27,415
- BÜ Gemeindeweg km 27,860
- BÜ Gemeindeweg km 28,665
- BÜ Fußweg km 28,998
- BÜ Gemeindestraße km 29,175
- BÜ Homannstraße km 29,820
- BÜ Waldweg km 30,105
- BÜ Fußweg Altenhof km 30,615
- BÜ Fußweg km 31,068
- BÜ K3 km 31,450
- BÜ Erbdrostenweg km 31,930
- BÜ Heumannsweg km 32,465
- BÜ Loddenheide km 32,620
- BÜ Haferland km 32,750
- BÜ Industriestraße km 35,080

Eisenbahnüberführungen (EÜ)

- EÜ Ahrenshorster Bach km 20,948
- EÜ Ahrenshorster Bach km 22,507
- EÜ Westerbach km 23,758

Haltepunkte (Hp)

- Bf Sendenhorst km 14,561

- Hp Albersloh km 21,648
- Bf Wolbeck km 27,278
- Hp Angelmodde km 29,034
- Hp Gremmendorf km 31,300
- Bf Loddenheide km 32,636
- Hp Halle Münsterland km 35,151

Für die oben dargestellten Bauwerke ergeben sich die nachfolgenden Arbeitsschritte. Diese Arbeitsschritte sowie Angaben zur Dauer [20] werden in der nachfolgenden Tabelle 3.1 dargestellt:

Tabelle 3.1: Darstellung der Dauer je Arbeitsschritt

Bauwerk	Arbeitsschritt	Dauer
Bahnübergang (BÜ)	Rückbau Signale, Oberbau, Straße	5 Tage
	Tiefbau – Gründung Signale, Kabeltiefbau	20 Tage
	Montage Leit- und Sicherungstechnik (LST), Stellen Betonschaltheus, Einbau BÜ, Anpassung an Straße	20 Tage
Eisenbahnübergang (EÜ)	Baustelleneinrichtung, Rückbau Baufeld / BE-Fläche	5 Tage
	Abbruch, Rückbau, Bodenaushub Baugrube	7 Tage
	Neubau – Einbau Fertigteile, Gründung herstellen, Böschung	15 Tage
Haltepunkte	Neubau Bahnsteig, Treppen, Dächer	29 Tage
	Zuwegung	12,5 Tage
	Nachbereitende Arbeiten	8 Tage
Gleisumbau	Rückbau Gleise	16 Tage
	Neubau Gleise	42 Tage
	Verfüllen und Verdichten	4 Tage

4 Beurteilungsgrundlagen

4.1 AVV Baulärm

Die Beurteilung von Schallimmissionen aus dem Betrieb von Baumaschinen auf Baustellen erfolgt auf Grundlage der Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen – (AVV Baulärm [4]). Diese gilt für den Betrieb von Baumaschinen auf Baustellen, soweit die Baumaschinen gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden. Die gebietsabhängigen Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm für Immissionsorte 0,5 m vor einem Fenster zu einer schutzbedürftigen Nutzung sind in der nachfolgenden Tabelle 4.1 aufgeführt. Für die Festlegung der Gebietseinstufungen ist von Festsetzungen in Bebauungsplänen oder sollten keine rechtskräftigen Bebauungspläne vorliegen, der tatsächlichen Nutzung auszugehen.

Tabelle 4.1: Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm

Gebietseinstufung	Gebietskategorien der BauNVO	Tag 07:00 – 20:00 Uhr	Nacht 20:00 – 07:00 Uhr
Gebiete mit ausschließlich gewerblichen / industriellen Anlagen oder Inhaberwohnungen	GI	70	70
Gebiete mit vorwiegend gewerblichen Anlagen	GE	65	50
Gebiete mit weder vorwiegend gewerblichen Anlagen noch vorwiegend Wohnungen	MI / MD / MK	60	45
Gebiete mit vorwiegend Wohnungen	WA	55	40
Gebiete mit ausschließlich Wohnungen	WR	50	35
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	SOK	45	35

Der Beurteilungspegel, der mit dem Immissionsrichtwert zu vergleichen ist, wird aus dem Wirkpegel (5s-Takt-Maximalpegel L_{AFTm}) am Immissionsort unter Berücksichtigung der durchschnittlichen täglichen Betriebsdauer der Baumaschinen ermittelt. Hierzu sind die in der folgenden Tabelle 4.2 angegebenen Zeitkorrekturen zu berücksichtigen.

Tabelle 4.2: Zeitkorrekturen gemäß der AVV Baulärm

Durchschnittliche Betriebsdauer in der Zeit von		Zeitkorrektur [dB]
Tageszeit 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr	Nachtzeit 20:00 bis 07:00 Uhr	
bis 2 ½ h	bis 2 h	10
Über 2 ½ h bis 8 h	über 2 h bis 6 h	5
über 8 h	über 6 h	0

Zur Prüfung, ob der Immissionsrichtwert eingehalten wird, ist der Beurteilungspegel mit dem Immissionsrichtwert zu vergleichen. Maßgeblich ist die Einhaltung der o.g. Immissionsricht-

werte in einer Entfernung von 0,5 m vor dem geöffneten Fenster. Der Immissionsrichtwert für die Nachtzeit ist ferner überschritten, wenn eine einzelne kurzzeitige Geräuschspitze (Maximalpegel) den Immissionsrichtwert in der Nacht um mehr als 20 dB(A) überschreitet. Die AVV Baulärm macht keine Aussagen zu Geräuschen innerhalb von Räumen.

Aufgrund des Alters der AVV Baulärm (1970) ist bei der Beurteilung von Baulärmimmissionen auch stets die aktuelle Rechtsprechung und die sich daraus ergebenden Aspekte bei der Beurteilung von Baulärmimmissionen zu berücksichtigen.

4.2 Landes-Immissionsschutzgesetz (LImSchG)

Die jeweiligen Landesimmissionsschutzgesetze regeln meist ergänzend bzw. zusätzlich Lärmeinwirkungen über das Bundesimmissionsschutzgesetz hinaus, in das die AVV Baulärm eingebettet ist. In der Regel wird in den Landesimmissionsschutzgesetzen auf den Einsatz von Geräten, welche im Anhang der 32. BImSchV aufgelistet sind, Bezug genommen. Dabei wird allgemein oder speziell der durch den Einsatz dieser Geräte entstehende Lärm im Nachtzeitraum, in den Ruhezeiten oder an Sonn- und Feiertagen thematisiert. Es werden jedoch meist der vermeidbare Lärm oder auch Ausnahmen thematisiert, die für Baumaßnahmen zulässig sind, die dem öffentlichen Interesse dienen. Der Ausbau zur Reaktivierung des SPNV dient gemäß Auftraggeber [20] dem öffentlichen Interesse. Auch unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist vermeidbarer Lärm (Baulärm) zu vermeiden. Gegebenenfalls sind durch die Genehmigungsbehörden entsprechende Auflagen im Sinne des jeweiligen Landes-Immissionsschutzgesetzes zu treffen.

4.3 Maßnahmen zur Minderung von Baustellengeräuschen

Maßnahmen zur Minderung der Baustellengeräusche sollen gemäß aktueller Rechtsprechung bereits bei der Überschreitung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm geprüft werden.

Dazu kommen in Betracht:

- Maßnahmen bei der Baustelleneinrichtung bzw. an den Baumaschinen
- Verwendung geräuscharmer Baumaschinen oder –verfahren
- Beschränkung der Betriebszeit lautstarker Maschinen

Von Maßnahmen kann abgesehen werden, wenn durch den Betrieb von Baumaschinen aufgrund von Fremdgeräuschen keine zusätzlichen Gefahren oder Belästigungen ausgehen.

Die Stilllegung von Baumaschinen kommt nur als äußerstes Mittel in Betracht, um die Allgemeinheit vor Gefahren, erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen durch Baulärm zu schützen. Stilllegungen sollen angeordnet werden, wenn

- weniger einschneidende Maßnahmen nicht ausreichen, um eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte zu verhindern oder
- die Stilllegung im Einzelfall zum Schutz der Allgemeinheit, jedoch unter Berücksichtigung des Bauvorhabens, dringend erforderlich ist.

Von der Stilllegung kann trotz Überschreitung der Immissionsrichtwerte abgesehen werden, wenn die Bauarbeiten zur Verhütung oder Beseitigung eines Notstandes oder zur Abwehr sonstiger Gefahren für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung oder im öffentlichen Interesse dringend erforderlich sind und die Bauarbeiten ohne die Überschreitung der Immissionsrichtwerte nicht oder nicht rechtzeitig durchgeführt werden können.

Bedeutung des öffentlichen Interesses bei der Beurteilung des Vorhabens gemäß AVV Baulärm

Im Falle von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte ist von der überwachenden Behörde zu prüfen, inwieweit Maßnahmen im konkreten Einzelfall *angeordnet* werden. In der Anlage 5 zu Ziffer 4.1 AVV Baulärm sind verschiedene Maßnahmen dargestellt. Bei der freiwilligen Minderung bzw. der Anordnung durch die Überwachungsbehörde ist jedoch das öffentliche Interesse zu berücksichtigen.

4.3.1 Zusätzliche Bewertungsaspekte zur Beurteilung von Baulärmimmissionen

Vorbelastung:

Generell ist als erstes Ziel für den Baulärm die Einhaltung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm vorgesehen. Das Bundesverwaltungsgericht urteilte in seinem Urteil zu Baulärmimmissionen zum Bau der sogenannten Kanzler-U-Bahn in Berlin entlang der Friedrichstraße [12], dass neben der Einhaltung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm in einem innerstädtischen Bereich oder Bereichen, in denen weitere prägnante Lärmeinflüsse durch z.B. Verkehr, Gewerbe oder anderen Lärmquellen vorherrschen, diese mit bei der Beurteilung der Baulärmimmissionen zu berücksichtigen sind. Das Urteil beinhaltet auch Aussagen dazu, dass neben den Beurteilungspegeln 0,5 m vor offenbaren Fenstern zu schutzbedürftigen Raumnutzungen, der Innenraumpegel (s. oben) ein weiteres Schutzziel sein kann.

Genaue Vorgaben, wie die Bewertung von Hintergrundgeräuschen im Zusammenhang mit Baulärm zu geschehen hat, lässt das Urteil [12] offen. Im Urteil wurde jedoch nicht beanstandet, dass bei Vorliegen von Verkehrslärmimmissionen, welche für die örtliche Umgebungen

typisch sind und nicht explizit während der Bautätigkeit auch vorzuliegen haben, die Baulärmimmissionen zu relativieren sind. Somit sind auch Überschreitungen von Immissionsrichtwerten der AVV Baulärm nicht zu beanstanden, wenn diese nicht relevant zu einer Erhöhung der Gesamtgeräuschbelastung am betrachteten Immissionsort beitragen.

Es wird vorgeschlagen, dass sich hierbei der TA Lärm entlehnt wird, welche in der Methodik der AVV Baulärm stark ähnelt, jedoch deutlich aktueller ist. In der TA Lärm wird bei der Betrachtung mehrerer Gewerbelärmquellen geschlussfolgert, dass eine zusätzliche Lärmquelle (gewerbliche Anlage), welche in ihrem Beurteilungspegel 6 dB leiser ist als die vorhandene Lärmquelle, nicht relevant zum Gesamtlärm beiträgt. Somit könnte abgeleitet werden, dass (zeitlich beschränkt einwirkende) Baulärmimmissionen auch zulässig sind, wenn diese um mindestens 6 dB leiser sind als das Hintergrundgeräusch (z.B. Verkehrslärm).

Es wird dem entsprechenden Urteil entnommen, dass bei einer vorhandenen Vorbelastung durch z.B. Verkehrslärm, Gewerbelärm oder ggf. anderen Lärmarten, eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm hinzunehmen ist, wenn sich die Gesamtbelastung für die Anwohner dadurch nicht relevant erhöht.

Eine Überdeckung des Baulärms durch die Vorbelastung liegt rechnerisch vor, wenn die Vorbelastung mindestens 10 dB höher ist als die Baulärmimmissionen. Dies ist dadurch herzu-leiten, dass bei der Addition von kaufmännischen gerundeten Schallpegeln die sich um mindestens 10 dB unterscheiden keine Erhöhung des höheren Schalldruckpegels ergibt. So ist z.B. $70 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 70 \text{ dB}$. Weiterhin werden gleiche Geräusche, die 10 dB leiser oder lauter sind als halb so leise oder doppelt so laut vom menschlichen Gehör wahrgenommen. So-mit würde eine Vorbelastung mit 70 dB(A) einen Baulärm mit 60 dB(A) überdecken, da das Gesamtgeräusch nur 70 dB(A) beträgt und ohnehin als doppelt so laut wie der Baulärm empfunden werden würde, wenn die Geräusche einen ähnlichen Geräuschcharakter (Zeit-verlauf, Frequenz ...) aufweisen würden.

Eine rechnerische Erhöhung der Gesamtgeräuschbelastung durch den Baulärm liegt eben-falls nicht vor, wenn die ermittelten Maximalpegel (kurzzeitige Geräuschspitzen) des Bau-lärms 10 dB unterhalb des Maximalpegels der üblicherweise vorherrschenden Vorbelastung liegen. Die Maximalpegel der Vorbelastung durch Schienenverkehr sind dabei von der An-zahl der Zugvorbeifahrten auf der vorbelastenden Strecke abhängig und können in der Re-gel so angesetzt werden, dass der Maximalpegel (im zu betrachtenden Nachtzeitraum) etwa 10 dB über dem berechneten Beurteilungspegel des Schienenverkehrslärms liegt.

5 Schalltechnische Berechnung zum Baulärm

5.1 Allgemeine Vorgehensweise

Die AVV Baulärm [4] bezieht sich auf Messungen an bestehenden Baustellen, eine rechnerische Prognose für geplante Baustellen ist in der Verwaltungsvorschrift nicht vorgesehen.

Für die hier dargelegten Baulärmprognosen wurden Immissionsberechnungen in Anlehnung an die AVV Baulärm mit Ausbreitungsrechnungen nach DIN ISO 9613-2 [5] durchgeführt.

Solche Prognoseberechnungen zur Thematik Baulärm können im Vorfeld aufgrund der nicht kalkulierbaren Besonderheiten von Baulärm (Art, z.B. Impulshaltigkeit sowie genaue örtliche und zeitliche Zuordnung der Geräusche, nicht jeder Tag gleich laut) naturgemäß keine absolut exakten Ergebnisse, sondern nur Näherungen der zu erwartenden Geräuschbelastungen liefern.

Bei der Durchführung der schalltechnischen Berechnungen werden zunächst die Emissionen der einzelnen Bauphasen in Form von Schallleistungspegeln ermittelt. Hierzu werden die Emissionen jeweils für die in Abschnitt 3.2 erläuterten Baumaßnahmen ermittelt. Die Emissionen wurden anhand von Vergleichsprojekten angesetzt. Da es sich bei der vorliegenden Untersuchung um eine grobe Abschätzung der Belastung der Anwohner durch die Baumaßnahme handelt, wurde jeweils nur die lauteste Bauphase anhand überschlägiger Berechnungen ohne Berücksichtigung eines Geländemodells sowie ohne Berücksichtigung der Abschirmung durch Gebäude berechnet. Darüber hinaus können zur aktuellen Leistungsphase des Bauvorhabens noch keine detaillierten Aussagen zum Einsatz der Geräte sowie deren Einsatzzeiten getätigt werden. Die Ergebnisse zeigen die Belastung der Anwohner für die Iso-phonie bei 55 dB(A) an. Darüber hinaus wurden für vier Bauwerke detailliertere Rasterlärmkarten berechnet.

Da es sich bei den geplanten Maßnahmen nicht um ortsfeste Arbeitsstätten handelt oder Arbeiten auch gleichzeitig an unterschiedlichen Orten stattfinden können, werden die Emissionen der Bauarbeiten als Ersatzflächenschallquellen in dem verwendeten Berechnungsprogramm SoundPLAN 8.2 berücksichtigt.

Die für diese schalltechnische Untersuchung durchgeführte Baulärberechnung unterstellt, dass während den einzelnen schalltechnisch relevanten Bauphasen alle für diese Arbeiten aufgeführten Maschinen (vgl. Kapitel 5.2) gleichzeitig innerhalb der berücksichtigten Einsatzzeiten in Betrieb sind. Aufgrund dieser Annahme sowie fehlender Berücksichtigung des Geländes und der Abschirmwirkung von Gebäuden kommt es in dieser Prognose, im Sinne der Anwohner, eher zu einer rechnerischen Überbewertung der Baulärmimmissionen.

Es wurde exemplarisch eine Isophonenkarte der 55 dB Isophone in einer Berechnungshöhe von überwiegend 6,3 m (durchschnittliche Höhe 1. OG) über dem jeweils vorhandenen Bodenniveau berechnet und in Anlage 2 dargestellt. Die Ermittlung der 55 dB Isophone erfolgte ohne Berücksichtigung eines digitalen Geländemodells sowie ohne Berücksichtigung der abschirmenden Wirkung von umliegenden Gebäuden. Anschließend wurde die 55 dB Isophone an den jeweils zu betrachtenden Bauwerken eingefügt und die Belastung der Anwohner abgeschätzt. Je nach Belastung wurde die 55 dB Isophone grün, orange oder rot markiert. Für vier Bauwerke wurde darüber hinaus eine detailliertere Isophonenkarte ebenfalls in einer Berechnungshöhe von 6,3 m in Anlage 3 dargestellt. Dabei wurde die abschirmende Wirkung der umliegenden Gebäude mit berücksichtigt. Die Berücksichtigung eines digitalen Geländemodells entfiel hier ebenfalls.

5.2 Beurteilung der Schallimmissionen

Für die einzelnen zur Umsetzung der Baumaßnahmen erforderlichen Bauphasen werden nachfolgend die verwendeten Emissionsansätze beschrieben.

Die Schallleistungspegel werden auf der Grundlage von Messreihen, aus allgemein anerkannten technischen Berichten [13] [14] sowie Vergleichsprojekten angesetzt.

Geplant sind Bauarbeiten ausschließlich im Tageszeitraum. Gemäß der AVV Baulärm wird der Tageszeitraum von 7:00 Uhr bis 20:00 Uhr betrachtet. Wie in Tabelle 4.2 dargestellt, wird für die Baumaßnahmen im Tageszeitraum von bis zu 2,5 Stunden Dauer ein Zeitkorrekturwert von 10 dB und von bis zu 8 Stunden Dauer ein Korrekturwert von 5 dB vergeben.

In allen berücksichtigten Situationen werden allgemein während des Baubetriebs auftretende Geräusche wie z.B. vereinzelte LKW-Bewegungen, Rufen, Hämmern und Sägen in Form eines Schallleistungspegels $L_{WA} = 100 \text{ dB(A)}$ als allgemeiner Baustellenlärm berücksichtigt.

Je Bauphase sind jeweils die einzelnen Schallleistungspegel der Baumaschinen, sowie die energetisch addierte und kaufmännisch gerundete Summe der Schallleistungspegel aufgeführt. Einige Baugeräte kommen in mehrfacher Ausführung zum Einsatz.

In Anlage 2 werden die Ergebnisse dargestellt. Die Belastung der Anwohner wird in drei Farbbereiche unterteilt: grün, orange und rot. Dabei steht grün für eine geringe Belastung für die Anwohner, orange für eine mittlere Belastung und rot für eine hohe Belastung. Die Einstufung in die Farbbereiche erfolgte anhand des Radius der 55 dB-Isophone, anhand derer abgeschätzt werden kann, wie viele Anwohner von Beurteilungspegeln oberhalb von 55 dB(A) betroffen sind. Ein Beurteilungspegel oberhalb von 55 dB(A) überschreitet den Immissionsrichtwert eines allgemeinen Wohngebietes (WA) von 55 dB(A) im Tageszeitraum.

Für die vorliegende Baumaßnahme liegen keine Lärmkartierungen und Angaben zur Vorbelastung durch Straßen- und Schienenverkehr vor. Gemäß den Angaben des Auftraggebers fährt ein Güterzug pro Tag auf der WLE-Strecke. Damit liegt auf der Strecke der WLE nur eine sehr geringe Vorbelastung vor und für den Straßenverkehr wird ebenfalls von einer geringen Vorbelastung ausgegangen. Daher trägt die Vorbelastung nicht zur Relativierung des Baulärms bei, da davon ausgegangen wird, dass die Vorbelastung nicht 10 dB oberhalb des zu erwartenden Baulärms liegt.

5.2.1 Emissionen – Erneuerung BÜ

Nachfolgend werden die Bauphasen für die Erneuerung der BÜ dargestellt. Es wurde jedoch nur die lauteste Bauphase überschlägig berechnet.

Rückbau Signale, Oberbau, Straße

Tabelle 5.1: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Rückbau

Baumaschine / Bautätigkeit	L_{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h] Tag	Zeitkorrektur [dB] Tag	L_{WAr} je Quelle [dB(A)] Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
Straßenfräse	109	8	5	104
Zweiwegebagger	109	8	5	104
Gleisschraubmaschine	105	8	5	100
Stromaggregat	87	13	-	87
LKW	105	8	5	100
Radlader	106	8	5	101
Beurteilungsschallleistungspegel L_{WAr} gesamt:				110

Tiefbau - Gründung Signale, Kabeltiefbau

Tabelle 5.2: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Tiefbau

Baumaschine / Bautätigkeit	L_{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h] Tag	Zeitkorrektur [dB] Tag	L_{WAr} je Quelle [dB(A)] Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
Zweiwegebagger	109	8	5	104
Stromaggregat	87	13	-	87
LKW	105	8	5	100
Betontransportmischer	103	8	5	98
Radlader	106	8	5	101
Beurteilungsschallleistungspegel L_{WAr} gesamt:				108

Montage LST, Stellen Betonschaltheus, Einbau BÜ, Anpassung an Straße

Tabelle 5.3: Berücksichtigte Schalleistungspegel für die Montagearbeiten

Baumaschine / Bautätigkeit	L_{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h] Tag	Zeitkorrektur [dB] Tag	L_{WA} je Quelle [dB(A)] Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
LKW	105	8	5	100
Stromaggregat	87	13	-	87
Gleisschraubmaschine	105	2,5	10	95
Mobilkran	108	2,5	10	98
Beurteilungsschalleistungspegel L_{WA} gesamt:				105

5.2.2 Ergebnisse der Immissionsberechnung – BÜ

Die Ergebnisse der Baulärmimmissionsberechnungen können Anlage 2.1 entnommen werden.

Wie den Ergebnissen für den Rückbau der BÜs entnommen werden kann, ergibt sich eine geringe Belastung der Anwohner durch 32 der 53 BÜs, eine mittlere Belastung durch 6 BÜs und eine hohe Belastung durch 15 BÜs. Dabei geht während der Arbeiten an folgenden BÜs eine hohe Belastung der Baulärmimmissionen für die Anwohner aus:

- BÜ Hoetmarer Straße km 14,370
- Bf Sendenhorst km 14,520
- BÜ Gartenstraße km 14,817
- BÜ Telgtenstraße km 15,083
- BÜ Bahnhofstraße km 22,096
- BÜ Petersdamm km 27,165
- BÜ K36 km 27,415
- BÜ Gemeindeweg km 27,860
- BÜ Gemeindeweg km 28,665
- BÜ Gemeindeweg km 28,985
- BÜ Fußweg km 28,998
- BÜ Gemeindestraße km 29,175
- BÜ Fußweg km 31,068
- BÜ Fußweg km 31,302
- BÜ K3 km 31,450

Während der Arbeiten an folgenden BÜs geht eine mittlere Belastung für die Anwohner aus:

- BÜ L520 km 15,454
- BÜ Feldweg km 21,441
- BÜ Feldwegzugang km 26,900
- BÜ Feldwegzugang km 27,056
- BÜ Fußweg Altenhof km 30,615
- BÜ Erbdrostenweg km 31,930

Der Schallleistungspegel für den Tiefbau der BÜs mit 108 dB(A) liegt 2 dB unterhalb des Schallleistungspegels für die Rückbauarbeiten. Es ist zu erwarten, dass sich für den Tiefbau ähnliche Belastungen wie für den Rückbau ergeben. Für die Montagearbeiten ergibt sich ein Schallleistungspegel von 105 dB(A). Aufgrund eines um bis zu 3 dB geringeren Schallleistungspegels ist zu vermuten, dass die Belastungen während der Montagearbeiten jeweils eine Belastungsstufe heruntergestuft werden können. Demnach würde sich für die Anwohner überwiegend eine geringe Belastung an ca. 47 der 53 BÜs und an ca. 6 BÜs eine mittlere Belastung ergeben.

Ergebnisse BÜ Bahnhofstraße km 22,096

Für den BÜ Bahnhofstraße an Bahn-km 22,096 wurde exemplarisch ein Schallimmissionsplan auf einer Berechnungshöhe von 6,3 m berechnet. Hier wurde ebenfalls die lauteste Bauphase, der Rückbau (Dauer: 5 Tage), betrachtet. Die Ergebnisse können Anlage 3.1 entnommen werden.

Wie auch schon zuvor erwähnt, ist durch den Rückbau an BÜ Bahnhofstraße mit hohen Beurteilungspegeln und damit hohen Belastungen für die Anwohner zu rechnen. Dabei werden Beurteilungspegel > 80 dB(A) für die nächstgelegenen Wohngebäude erwartet. Damit wird die Schwelle zur möglichen Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) im Tageszeitraum deutlich überschritten.

Anhand der Schallleistungspegel für die Arbeiten während des Tiefbaus und der Montagearbeiten ist mit bis zu 2 bis 5 dB geringeren Beurteilungspegeln zu rechnen. Damit ist auch während des Tiefbaus und der Montagearbeiten mit Beurteilungspegeln oberhalb von 70 dB(A) zu rechnen. Die Arbeiten zur Erneuerung der BÜ dauern insgesamt 45 Tage. Es gilt zu beachten, dass einige BÜ nur zurückgebaut werden. Der Rückbau dauert ca. 5 Tage.

Der nachfolgenden Tabelle 5.4 können die Radien für die jeweiligen Isophonen entnommen werden:

Tabelle 5.4: Angabe der Radien für die jeweiligen Isophonen ausgehend vom Mittelpunkt der Schallquelle

Isophone [dB(A)]	Radius [m]
> 80	100-155
>75 <=80	130-230
>70 <=75	260-380
>65 <=70	240-1.100
>60 <=65	300-1.500
>55 <=60	>1.500

5.2.3 Emissionen – Erneuerung EÜ

Nachfolgend werden die Bauphasen für die Erneuerung der EÜs dargestellt. Es wurde jedoch nur die lauteste Bauphase überschlägig berechnet.

Baustelleneinrichtung, Rückbau Baufeld / BE-Fläche

Tabelle 5.5: Berücksichtigte Schallleistungspegel für die Baustelleneinrichtung

Baumaschine / Bautätigkeit	L _{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h] Tag	Zeitkorrektur [dB] Tag	L _{WAR je Quelle} [dB(A)] Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
Stromerzeuger	95	13	-	95
Kettenbagger	106	8	5	101
LKW	105	8	5	100
Zweiwegebagger	109	8	5	104
Beurteilungsschallleistungspegel L_{WAR} gesamt:				108

Abbruch, Rückbau, Bodenaushub Baugrube

Tabelle 5.6: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Rückbau

Baumaschine / Bautätigkeit	L _{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h] Tag	Zeitkorrektur [dB] Tag	L _{WAR je Quelle} [dB(A)] Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
LKW	105	8	5	100
Zweiwegebagger	109	8	5	104
Kettenbagger mit Spitzmeißel	122	8	5	117
Stromerzeuger	95	13	-	95
Trennschleifer	110	2,5	10	100
Beurteilungsschallleistungspegel L_{WAR} gesamt:				117

Neubau - Einbau Fertigteile, Gründung herstellen, Böschung

Tabelle 5.7: Berücksichtigte Schalleistungspegel für den Neubau

Baumaschine / Bautätigkeit	L _{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h] Tag	Zeitkorrektur [dB] Tag	L _{WAr} je Quelle [dB(A)] Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
LKW	105	8	5	100
Zweiwegebagger	109	8	5	104
Stromerzeuger	95	13	-	95
Bohrgerät	109	8	5	104
Mobilkran	108	8	5	103
Rüttelplatte	113	8	5	108
Gleisstopfmaschine	118	2,5	10	108
Betontransportmischer	103	2,5	10	93
Schweißaggregat	88	2,5	10	78
Beurteilungsschalleistungspegel L_{WAr} gesamt:				113

5.2.4 Ergebnisse der Immissionsberechnung – EÜ

Die Ergebnisse der Baulärmimmissionsberechnungen können Anlage 2.2 entnommen werden.

Wie den Ergebnissen für den Rückbau der EÜs entnommen werden kann, geht durch die Baumaßnahmen an den EÜs Ahrenshorster Bach km 20,948 und Westerbach km 23,758 eine geringe Belastung durch den Baulärm für die Anwohner aus. Durch die Baumaßnahme an EÜ Ahrenshorster Bach km 22,507 geht eine mittlere Belastung für die Anwohner aus.

Für die Baustelleneinrichtung sowie den Neubau der EÜs ist zu erwarten, dass die Belastung der Bauarbeiten aller betrachteten EÜs gering ausfällt, da die Arbeiten einen um 4 bis 9 dB geringeren Schalleistungspegel als der Rückbau aufweisen.

Ergebnisse EÜ Ahrenshorster Bach km 22,507

Für die Baumaßnahme am EÜ Ahrenshorster Bach an Bahn-km 22,507 wurde exemplarisch ein Schallimmissionsplan auf einer Berechnungshöhe von 6,3 m berechnet. Hier wurde ebenfalls die lauteste Bauphase, der Rückbau (Dauer: 7 Tage), betrachtet. Die Ergebnisse können Anlage 3.2 entnommen werden.

Wie sich den Ergebnissen entnehmen lässt, ist an den nächstgelegenen Gebäuden noch von Beurteilungspegeln von bis zu 55 dB(A) zu rechnen. Damit würden die Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes (WA) von 55 dB(A) im Tageszeitraum eingehalten werden. Der Schallleistungspegel während der Baustelleneinrichtung sowie des Neubaus liegt 4 bis 9 dB unterhalb des Schallleistungspegels der Rückbauarbeiten. Daher ist davon auszugehen, dass die Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes (WA) ebenfalls für die Baustelleneinrichtung sowie den Neubau eingehalten werden. Die Arbeiten am EÜ dauern insgesamt 27 Tage.

Der nachfolgenden Tabelle 5.8 können die Radien für die jeweiligen Isophonen entnommen werden:

Tabelle 5.8: Angabe der Radien für die jeweiligen Isophonen ausgehend vom Mittelpunkt der Schallquelle

Isophone [dB(A)]	Radius [m]
> 50 <= 55	330-430
>45 <=50	320-620

5.2.5 Emissionen – Erneuerung Haltepunkte

Nachfolgend werden die Bauphasen für die Erneuerung der Haltepunkte dargestellt. Es wurde jedoch nur die lauteste Bauphase überschlägig berechnet.

Neubau Bahnsteig, Treppen, Dächer

Tabelle 5.9: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Neubau

Baumaschine / Bautätigkeit	L _{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h] Tag	Zeitkorrektur [dB] Tag	L _{WAR je Quelle} [dB(A)] Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
LKW	105	8	5	100
Mobilkran	108	8	5	103
Rüttelplatte	113	8	5	108
Zweiwegelbagger	109	8	5	104
Mobilbagger	103	8	5	98
Radlader	106	8	5	101
Betontransportmischer	103	13	-	103
Beurteilungsschallleistungspegel L_{WAR} gesamt:				112

Zuwegung

Tabelle 5.10: Berücksichtigte Schallleistungspegel für die Zuwegung

Baumaschine / Bautätigkeit	L _{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h] Tag	Zeitkorrektur [dB] Tag	L _{WAr je Quelle} [dB(A)] Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
Generator	84	13	-	84
Zweiwegebagger	109	8	5	104
Rüttelplatte	113	2,5	10	103
Bohrmaschine	105	2,5	10	95
LKW	105	8	5	100
Mobilbagger	103	8	5	98
Radlader	106	8	5	101
Beurteilungsschallleistungspegel L_{WAr} gesamt:				109

Nachbereitende Arbeiten

Tabelle 5.11: Berücksichtigte Schallleistungspegel für die nachbereitenden Arbeiten

Baumaschine / Bautätigkeit	L _{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h] Tag	Zeitkorrektur [dB] Tag	L _{WAr je Quelle} [dB(A)] Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
LKW	105	8	5	100
Zweiwegebagger	109	8	5	104
Generator	84	13	-	84
Radlader	106	8	5	101
Beurteilungsschallleistungspegel L_{WAr} gesamt:				108

5.2.6 Ergebnisse der Immissionsberechnung – Haltepunkte

Die Ergebnisse der Baulärmimmissionsberechnungen können Anlage 2.3 entnommen werden.

Die Ergebnisse für den Neubau der Haltepunkte zeigen, dass von 4 der 7 Haltepunkte eine hohe Belastung, für einen Haltepunkt eine mittlere sowie für zwei Haltepunkte eine geringe Belastung durch die Baumaßnahme für die Anwohner ausgeht.

Während der Baumaßnahme an folgenden Haltepunkten ist von einer hohen Belastung für die Anwohner auszugehen:

- Bf Sendenhorst km 14,561
- Bf Wolbeck km 27,278
- Hp Angelmodde km 29,034
- Hp Gremmendorf km 31,300

Beim Bau des Haltepunktes Albersloh km 21,648 ist von einer mittleren Belastung auszugehen. Durch die Bauarbeiten an Bf Loddenheide km 32,636 und Hp Halle Münsterland km 35,151 hingegen ist eine geringe Belastung zu erwarten.

Die Herstellung der Zuwegung und die nachbereitenden Arbeiten liegen 3 und 4 dB unterhalb des Schallleistungspegels für den Neubau der Haltepunkte. Es ist zu erwarten, dass dort die Belastung jeweils eine Stufe geringer ausfällt als für den Neubau. Demnach würde noch durch die Bauarbeiten an 4 Haltepunkten eine mittlere Belastung und an 3 Haltepunkten eine geringe Belastung für die Anwohner ausgehen.

Ergebnisse Hp Gremmendorf km 31,300

Für den Haltepunkt Gremmendorf an Bahn-km 31,300 wurde exemplarisch ein Schallimmissionsplan auf einer Berechnungshöhe von 6,3 m untersucht. Hier wurde ebenfalls die lauteste Bauphase, der Neubau (Dauer: 29 Tage), betrachtet. Die Ergebnisse können Anlage 3.3 entnommen werden.

Wie sich den Ergebnissen entnehmen lässt, ist an den nächstgelegenen Gebäuden noch mit Beurteilungspegeln von bis zu 80 dB(A) zu rechnen. Damit wird die Schwelle zur möglichen Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) im Tageszeitraum überschritten. Es ist zu erkennen, dass in einem relativ kleinen Radius Gebäude von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes von 55 dB(A) im Tageszeitraum sowie der Schwelle zur Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) betroffen sind.

Aufgrund der Schallleistungspegel für die Arbeiten während der Herstellung der Zuwegung und den nachbereitenden Arbeiten ist mit 3 bis 4 dB geringeren Beurteilungspegeln zu rechnen. Damit können noch Beurteilungspegel oberhalb von 70 dB(A) erreicht werden. Die Arbeiten während der Erneuerung der Haltepunkte dauern ca. 49 Tage.

Der nachfolgenden Tabelle 5.12 können die Radien für die jeweiligen Isophonen entnommen werden:

Tabelle 5.12: Angabe der Radien für die jeweiligen Isophonen ausgehend vom Mittelpunkt der Schallquelle

Isophone [dB(A)]	Radius [m]
>75 <=80	20
>70 <=75	25-65
>65 <=70	40-95
>60 <=65	60-130
>55 <=60	90-170

5.2.7 Emissionen – Gleisumbau

Nachfolgend werden die Bauphasen für den Gleisumbau dargestellt. Es wurde jedoch nur die lauteste Bauphase überschlägig berechnet. Die Betrachtung des Gleisumbaus erfolgt anhand von Streckenabschnitten von je 1 km.

Rückbau Gleise

Tabelle 5.13: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Rückbau der Gleise

Baumaschine / Bautätigkeit	L _{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h]	Zeitkorrektur [dB]	L _{WAr} je Quelle [dB(A)]
		Tag	Tag	Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
Schientrennschleifmaschine	114	2,5	10	104
Bohrmaschine	112	2,5	10	102
Arbeitszug	105	8	5	100
Zweiwegebagger	109	8	5	104
Material-Förder-Siloeinheit	112	8	5	107
Radlader	113	8	5	108
Beurteilungsschallleistungspegel L_{WAr} gesamt:				113

Neubau Gleise

Tabelle 5.14: Berücksichtigte Schallleistungspegel für den Neubau der Gleise

Baumaschine / Bautätigkeit	L _{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h]	Zeitkorrektur [dB]	L _{WAr} je Quelle [dB(A)]
		Tag	Tag	Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
Mobilkran	108	8	5	103
Zweiwegebagger	109	8	5	104
Schweißaggregat	88	2,5	10	78
Schienenstoßschleifmaschine	106	2,5	10	96
Arbeitszug	105	8	5	100

Baumaschine / Bautätigkeit	L _{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h] Tag	Zeitkorrektur [dB] Tag	L _{WA} je Quelle [dB(A)] Tag
Beurteilungsschallleistungspegel L_{WA} gesamt:				108

Verfüllen und Verdichten

Tabelle 5.15: Berücksichtigte Schallleistungspegel für die Verfüllung und Verdichtung

Baumaschine / Bautätigkeit	L _{WAT} [dB(A)]	Tägliche Einsatzzeit [h] Tag	Zeitkorrektur [dB] Tag	L _{WA} je Quelle [dB(A)] Tag
Allgemeiner Baustellenlärm	100	13	-	100
Zweiwegelbagger	109	8	5	104
Walze	105	8	5	100
Radlader	106	8	5	101
Gleisstopfmaschine	118	2,5	10	108
Schotterpflug	117	2,5	10	107
Beurteilungsschallleistungspegel L_{WA} gesamt:				112

5.2.8 Ergebnisse der Immissionsberechnung – Gleisumbau

Die Ergebnisse der Baulärmimmissionsberechnungen können Anlage 2.4 entnommen werden.

Die Ergebnisse für den Rückbau der Gleise zeigen, dass an 5 der 22 untersuchten Streckenabschnitte mit hohen Belastungen, an 6 Streckenabschnitten mit mittleren und an 11 Streckenabschnitten mit geringen Belastungen für die Anwohner zu rechnen ist.

Eine hohe Belastung durch die Baulärmimmissionen ist für die Ortskerne Sendenhorst, Wolbeck, Angelmodde und Gremmendorf zu erwarten. Mittlere Belastungen hingegen werden für den östlichen Teil Sendenhorsts, für die Stadt Albersloh, den Streckenabschnitt zwischen Angelmodde und Gremmendorf sowie den westlichen Teil Münsters erwartet. Für die Strecke zwischen Sendenhorst und Albersloh, Albersloh und Wolbeck sowie den östlichen Teil Münsters ist mit geringen Belastungen für die Anwohner zu rechnen.

Es ist zu erwarten, dass sich dieselben Belastungen für das Verfüllen und Verdichten ergeben, wie zuvor für den Rückbau der Gleise beschrieben, da der Schallleistungspegel für das Verfüllen und Verdichten nur 1 dB unterhalb des Rückbaus liegt. Hingegen liegt der Neubau der Gleise mit einem Schallleistungspegel von 108 dB um 5 dB unterhalb des Schallleistungspegels für den Rückbau der Gleise. Es wird davon ausgegangen, dass die zuvor beschriebenen Belastungen von hoch auf mittel und von mittel auf gering herabgestuft werden.

Ergebnisse Streckenabschnitt km 14,5 bis km 15,5

Für den Streckenabschnitt an Bahn-km 14,5 bis 15,5 für die Gleisbauarbeiten wurde exemplarisch ein Schallimmissionsplan auf einer Berechnungshöhe von 6,3 m untersucht. Hier wurde ebenfalls die lauteste Bauphase, der Rückbau (Dauer: 16 Tage je km), betrachtet. Die Ergebnisse können Anlage 3.4 entnommen werden.

Wie sich den Ergebnissen entnehmen lässt, ist an den nächstgelegenen Gebäuden noch mit Beurteilungspegeln von bis zu 70 dB(A) zu rechnen. Damit wird die Schwelle zur möglichen Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) im Tageszeitraum eingehalten. Es ist zu erkennen, dass für die nächstgelegenen Wohngebäude mit Überschreitungen der Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes von 55 dB(A) im Tageszeitraum zu rechnen ist.

Gemäß der Schallleistungspegel ist für den Neubau und das Verfüllen und Verdichten mit 1 bis 5 dB geringeren Beurteilungspegeln zu rechnen. Demnach wird auch für diese Bauphasen die Schwelle zur möglichen Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) im Tageszeitraum eingehalten. Die Arbeiten für den Gleisumbau dauern je km ca. zwei Monate.

Der nachfolgenden Tabelle 5.16 können die Radien für die jeweiligen Isophonen entnommen werden:

Tabelle 5.16: Angabe der Abstände zur Schallquelle für die jeweiligen Isophonen

Isophone [dB(A)]	Abstand [m]
>65 <=70	10-20
>60 <=65	35-55
>55 <=60	50-100

5.3 Allgemeine Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen für die vorliegende Baumaßnahme

Gemäß der aktuellen Rechtsprechung [12] sollen Maßnahmen zur Minderung der Geräusche angeordnet werden, wenn die Immissionsrichtwerte überschritten werden. Ziel sollte es sein, dass die Immissionsrichtwerte eingehalten werden. Wie bereits beschrieben, liegen die Beurteilungspegel für die untersuchten Bauphasen größtenteils deutlich oberhalb der Immissionsrichtwerte, weshalb nachfolgend Lärmschutzmaßnahmen vorgeschlagen werden.

Die Möglichkeiten zum Einsatz lärmarmer Verfahren sind bei Bauarbeiten an Bahnstrecken sowie im innerstädtischen Bereich begrenzt. In diesem Kontext sind aufgrund der geringen Abstände zwischen Baustelle und Immissionsorten hohe Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm an den nahegelegenen schutzbedürftigen Fassaden zu erwarten.

Information der Anwohner:

Da bei Bauarbeiten an Bahnstrecken sowie im innerstädtischen Bereich, wie im aktuellen Fall, die Möglichkeiten der Lärminderung begrenzt sind, ist es von Vorteil die Anwohner früh genug und detailliert über das Bauvorhaben zu informieren. Punkte, die in einer Anwohnerinformation erwähnt werden sollen, sind z.B. die durchzuführenden Bauverfahren, die Dauer der einzelnen Bauphasen und die zu erwartenden Lärmeinwirkungen durch den Baubetrieb. Für den Fall, dass sich Anwohner vom verursachten Lärm stark gestört fühlen beziehungsweise auch bei sämtlichen anderen Problemen im Zusammenhang mit dem Thema Lärm, ist in der Information an die Anwohner auch ein Ansprechpartner zu benennen.

Gegebenenfalls lassen sich zusätzlich mit den Anwohnern Vereinbarungen bezüglich „Ruhezeiten“ und „Arbeitszeiten“ treffen, die für beide Seiten zu einem akzeptablen Rahmen für die Bautätigkeit führen können. So könnten beispielsweise besonders schallintensive Tätigkeiten auf den Zeitraum nach 9 Uhr morgens beschränkt werden.

Aktive Lärmschutzmaßnahmen:

Das Aufstellen einer temporären, mobilen Lärmschutzwand kann eine wirkungsvolle Lärmschutzmaßnahme darstellen. Es ist abzuwägen, ob der Einsatz einer solchen Lärmschutzwand zu einem verhältnismäßigen Lärmschutz der betroffenen Anwohner führt. Bei den Gleisbauarbeiten handelt es sich um eine „Wanderbaustelle“, die sich über mehrere Kilometer erstreckt. Daher scheint der Einsatz einer mobilen Lärmschutzwand für diese Arbeiten aus unserer Sicht keine geeignete Lärmschutzmaßnahme für das vorliegende Bauvorhaben zu sein. Für die Erneuerung der BÜs und Haltepunkte könnte eine mobile Lärmschutzwand eine geeignete Lärmschutzmaßnahme darstellen. Hier gilt es zu prüfen, ob die örtlichen Gegebenheiten das Aufstellen einer solchen Lärmschutzwand ermöglicht. Es sei darauf hingewiesen, dass mobile Lärmschutzwände in ihrer Höhe begrenzt sind. Beispielsweise ist eine luftbefüllte, mobile Lärmschutzwand auf eine Höhe von maximal 4 m begrenzt. Je nach örtlicher Gegebenheit können zwei Elemente dieser luftbefüllten Lärmschutzwand gestapelt werden. Je nach Geschossigkeit der nächstgelegenen Gebäude können trotz Einsatz einer Lärmschutzwand hohe Überschreitungen auftreten, wenn diese einen geringen Abstand zur Schallquelle aufweisen.

Organisatorische und planerische Lärmschutzmaßnahmen

Nicht benötigte Baumaschinen sind auszuschalten und falls möglich Maschinen und Aggregate in größtmöglicher Entfernung zu den Immissionsorten zu positionieren.

Bezüglich der auf den Baustellen eingesetzten Baumaschinen und Geräte ist bei der Auswahl zu beachten, dass diese den Vorgaben der EG-Richtlinie 2000/14/EG „Outdoorrichtlinie“ in Verbindung mit der 32. BImSchV entsprechen (Stand der Technik).

Weiterhin ist das Baustellenpersonal zur Minderung von allgemeinen Baustellengeräuschen für das Thema Lärm zu sensibilisieren. Dies kann verhaltensbedingte Geräuschpegel, die

durch beispielsweise unnötig festes Hammerschlagen oder das Werfen von Materialien resultieren, minimieren. Ebenfalls kann die Nutzung von Sprechfunk den Lärmpegel einer Baustelle senken.

Eine weitere mögliche Lärmschutzmaßnahme wäre die Reduzierung der täglichen Netto-Betriebszeit der Baugeräte. Für die vorliegende Baumaßnahme wurden jedoch bereits realistische, reduzierte Betriebszeiten für die jeweiligen Baugeräte angenommen. Es gilt zu prüfen, ob möglicherweise weniger lärmintensive Bauverfahren zum Einsatz kommen könnten. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass sich die untersuchten Baumaßnahmen größtenteils in einem geringen Abstand zu den nächstgelegenen Wohngebäuden befinden. Daher ist aufgrund dieser geringen Abstände mit hohen Überschreitungen zu rechnen, welche vermutlich nicht durch weniger lärmintensive Bauverfahren vermieden werden könnten.

Ist für die zu errichtenden Bauwerke weder der Einsatz einer Lärmschutzwand noch eine Betriebszeitenreduzierung möglich, sollte für Anwohner, welche während der Arbeiten von einer Lärmbelastung oberhalb von 70 dB(A) im Tageszeitraum betroffen sind, ein Ausweichquartier (Hotelaufenthalt) vorgesehen werden.

6 Erschütterungen

6.1 Allgemeines

Die während einer Erschütterungsimmissionsmessung erfasste und registrierte Messgröße ist die Schwingschnelle $v(t)$ in mm/s (das Schnellesignal). Diese Größe ist gemäß DIN 4150, Teil 3 ohne jegliche Zeit- und Frequenzbewertung zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude heranzuziehen.

Entsprechend der DIN 4150, Teil 2 [10] wird zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden als Beurteilungsgröße das frequenz- und zeitbewertete Erschütterungssignal, gemessen in Raummitte der am stärksten betroffenen Geschossdecke, herangezogen. Die Frequenzbewertung erfolgt dabei nach DIN 45669, Teil 1 [7] in Form der sogenannten "KB-Bewertung".

Das Ergebnis der Bewertung ist der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals nach folgender Gleichung:

$$KB_{\tau}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{\xi=0}^t e^{-\left(\frac{t-\xi}{\tau}\right)} \cdot KB^2(\xi) d\xi}$$

Als Zeitbewertung wird der gleitende Effektivwert mit einer Zeitkonstanten von $\tau = 0,125$ s gebildet.

Zur Konkretisierung der verwendeten Zeitkonstante wird, entsprechend der Norm, die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ genannt. Die während der Beurteilungszeit erfasste höchste bewertete Schwingstärke wird als Maximalwert KB_{Fmax} bezeichnet.

Die Messzeit wird in Takte von je 30s eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ zugeordnet. Aus diesen ermittelten Taktmaximalwerten KB_{FTi} wird der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} nach nachfolgender Gleichung berechnet:

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \cdot KB_{FTi}^2}$$

Bei Anwendung dieser Gleichung sind alle Werte $KB_{FTi} \leq 0,1$ zu Null zu setzen, jedoch gehen diese Takte in die Anzahl N ein und beeinflussen somit den Effektivwert.

Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen werden zwei Beurteilungsgrößen herangezogen. Dies sind zum einen die maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} sowie, falls erforderlich, die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTm} .

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit. Diese Beurteilungs-Schwingstärke für Einwirkungen außerhalb von Ruhezeiten wird nach DIN 4150, Teil 2 [10] mit folgender Gleichung berechnet:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \sum_j T_{e,j} \cdot KB_{FTm,j}^2}$$

T_r = Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)

$T_{e,j}$ = Teileinwirkungszeiten

$KB_{FTm,j}$ = Taktmaximal-Effektivwerte die für die Teileinwirkungszeiten $T_{e,j}$ repräsentativ sind

6.1.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die so ermittelten Beurteilungsgrößen KB_{Fmax} und KB_{FTr} werden mit denen in der DIN 4150, Teil 2, angegebenen Anhaltswerten für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen verglichen.

Im Falle von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen im Tageszeitraum (außer Sprengungen) gelten höhere Anhaltswerte als bei einer Beurteilung von gewerblich oder verkehrlich induzierten Erschütterungen gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2. Die für Baumaßnahmen anzuwendenden Anhaltswerte liegen dabei deutlich über den ansonsten anzuwendenden Beurteilungswerten.

Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen sind nur die durch den Baustellenbetrieb verursachten Erschütterungen zu bewerten. Für nachts auftretende Erschütterungen gelten die strengeren Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2.

Mit Ausnahme des oberen Anhaltswertes für Gewerbe- und Industriegebiete wird bei den Anhaltswerten für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen nicht weiter nach Gebietseinstufungen unterschieden. Für besonders schützenswerte Gebäude wie z. B. Krankenhäuser sind die folgenden Anhaltswerte nicht anwendbar.

Es erfolgt jedoch eine dreistufige Differenzierung nach Dauer der Baumaßnahme, Grad der Information der Anwohner über den Verlauf und die Dauer der notwendigen Arbeiten und durchgeführter Minderungsmaßnahmen.

Bei einer guten Anwohnerinformation kann von einer höheren Akzeptanz der Baumaßnahme ausgegangen werden. Daher sind in solchen Fällen höhere Erschütterungsimmissionen zulässig (Stufe II) als bei Baumaßnahmen ohne eine Information der Anwohner (Stufe I). Bei

Überschreitung der Anhaltswerte der Stufe III liegen unzumutbare Erschütterungseinwirkungen vor. In einem solchen Fall ist die Vereinbarung besonderer Maßnahmen erforderlich, die über die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen hinausgehen.

Gemäß Punkt 6.5.4.3 der DIN 4150, Teil 2 sind folgende Maßnahmen geeignet erhebliche Belästigungen (psychische Auswirkungen) durch baustelleninduzierte Erschütterungen zu mindern:

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

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

Tabelle 6.1: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 2, für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen zum Tageszeitraum

Dauer	D ≤ 1 Tag			6 Tage < D ≤ 26 Tage			26 Tage < D ≤ 78 Tage		
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	A _u	A _o *)	A _r	A _u	A _o *)	A _r	A _u	A _o *)	A _r
Stufe I	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
Stufe II	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe III	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6
*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt A _o = 6.									

Hierbei sind je nach Dauer der Baumaßnahme und Grad der Anwohnerinformation drei unterschiedliche Anhaltswerte A_u (unterer Anhaltswert), A_o (oberer Anhaltswert) und A_r (Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungs-Schwingstärken) angegeben. Für Einwirkzeiträume zwischen 1 bis 6 Tagen sind die Anhaltswerte nach Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2 zu interpolieren.

Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkungen nach Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2 ist die Anzahl von (Werk-)Tagen zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungen auftreten (nicht die Dauer der Baumaßnahme an sich). Dabei sind Tage mit Erschütterungen, welche unter den jeweiligen Anhaltswerten für A_u und A_r gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 liegen, nicht [10] mitzuzählen.

Für den Nachtzeitraum oder bei einer Einwirkdauer ab 79 erschütterungsintensiven Tagen sind jeweils die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 nach Tabelle 1 (hier Tabelle 6.2) heranzuziehen.

Tabelle 6.2: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1

Einwirkungsgrad		A_u		A_o		A_r	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1	Zeile 2 Δ GE	0,3	0,2	6	0,4	0,15	0,1
	Zeile 3 Δ MI/MK	0,2	0,15	5	0,3	0,1	0,07
	Zeile 4 Δ WR/WA	0,15	0,1	3	0,2	0,07	0,05

Ist der ermittelte KB_{Fmax} -Wert kleiner oder gleich dem "unteren" Anhaltswert A_u , ist die Anforderung der DIN 4150, Teil 2, erfüllt. Ist der ermittelte KB_{Fmax} -Wert größer als der "obere" Anhaltswert A_o , sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Für Werte von $A_o \geq KB_{Fmax} \geq A_u$ ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. Ist KB_{FTr} kleiner bzw. gleich dem Anhaltswert A_r , so sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

KB -Werte $\leq 0,1$ gehen gemäß Norm nicht in die Beurteilung mit ein. Ein solcher Wert kann als Maß für die Fühlschwelle herangezogen werden, wobei die Tatsache, ob eine Erschütterung gespürt wird von vielen individuellen Faktoren und dem subjektiven Empfinden abhängt.

Im Fall der hier zu untersuchenden Baumaßnahme ist geplant, die Anwohner schriftlich zu informieren. Somit sind die während der Bautätigkeiten auftretenden Erschütterungsimmissionen nach den Spalten 1 bis 9 für die Stufe II gemäß Tabelle 6.1 je nach Dauer der Baumaßnahme zu beurteilen.

Zur Information und Einordnung der Anhaltswerte ist nachfolgend eine grobe Korrelation zwischen KB -Werten und dem subjektiven Empfinden aufgeführt.

Tabelle 6.3: Zusammenhang bewertete Schwingstärke und subjektive Wahrnehmung [15]

Bewertete Schwingstärke KB	Beschreibung der Wahrnehmung
< 0,1	nicht spürbar
0,1	Fühlschwelle
0,1 – 0,4	gerade spürbar
0,4 – 1,6	gut spürbar
1,6 – 6,3	stark spürbar
> 6,3	sehr stark spürbar

6.1.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Zum Schutz nahe gelegener Gebäude vor Schäden während der Bauarbeiten sind die Anhaltswerte gemäß DIN 4150 Teil 3 [11] heranzuziehen. Den Anhaltswert definiert die Norm als Wert, bei dessen Einhaltung aus Erfahrung kein Schaden eintritt. Bei Überschreitung der Anhaltswerte folgen daraus jedoch nicht automatisch Schäden. Als Schaden wird eine bleibende Folge einer Einwirkung definiert, die eine Verminderung des Gebrauchswertes des betroffenen Bauwerks oder Bauteils im Hinblick auf die Nutzung mit sich bringt.

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

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

Bei Gebäuden nach Tabelle 1 für kurzzeitige Erschütterungen und Tabelle 4 für Dauererschütterungen der DIN 4150, Teil 3 [11], jeweils Zeilen 2 und 3, ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z. B.:

- Risse im Putz von Wänden auftreten;
- bereits vorhandene Risse im Gebäude vergrößert werden;
- Trenn- oder Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.

Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

Werden Gebäude nach den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [11], jeweils Zeile 1 beurteilt, stellen leichte Schäden keine Minderung des Gebrauchswertes dar.

Unter der besonderen Erschütterungsempfindlichkeit gemäß den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [11], jeweils Zeile 3 wird die Eigenschaft eines Bauwerkes verstanden, dass bereits geringe Erschütterungen leichte Schäden hervorrufen können.

Als kurzzeitige Erschütterungen gelten Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge und

Dauer nicht geeignet sind, um in der betroffenen Struktur eine wesentliche Vergrößerung der Schwingungen durch Resonanzerscheinungen zu erzeugen. Als Dauererschütterungen gelten alle Erschütterungen, auf die die Definition kurzzeitige Erschütterungen nicht zutrifft.

Als oberste Deckenebene ist die Deckenebene definiert, die auf tragenden Wänden aufliegt und in der Regel eine aussteifende Wirkung in den beiden horizontalen Richtungen übernimmt.

In der nachfolgenden Tabelle 6.4 sind die in der Tabelle 1 für kurzzeitige Erschütterungen und Tabelle 4 für Dauererschütterungen der DIN 4150, Teil 3 [11] angegebenen Anhaltswerte zusammengefasst dargestellt. Dabei beschreibt $v_{i,max}$ den betragsmäßig größten Wert des Signals $v(t)$ in der Messrichtung i ($i = x, y, z$).

Bei Einhaltung der Anhaltswerte der Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [11], jeweils Zeile 1 können in diesen Gebäuden leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.

Tabelle 6.4: Zusammengefasste Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke gemäß den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [11] für kurzzeitige und Dauererschütterungen

Zeile / Spalte	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen und Dauererschütterungen auf Gebäude						
		Kurzzeitige Erschütterungen				Dauererschütterungen		
		Fundament, alle Richtungen, $i = x, y, z$ Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal, $i = x, y$	Decken vertikal, $i = z$	Oberste Deckenebene, horizontal, $i = x, y$	Decken vertikal, $i = z$
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz ^a	alle Frequenzen		alle Frequenzen	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 – 40	40 – 50	40	20	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 – 15	15 – 20	15	20	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	3	3 – 8	8 – 10	8	20 ^b	2,5	10 ^b
ANMERKUNG: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 und 7 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden								

^{a)} Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

^{b)} Bei dieser Gebäudeart kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig sein.

Beim Ein- und Ausschalten von Baumaschinen oder bei vergleichbaren Vorgängen sind Überschreitungen der Anhaltswerte für Dauererschütterungen zulässig, weil diese Überschreitungen von kurzer Dauer sind. Zur Beurteilung dieser Spitzenwerte können die Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen für Decken vertikal und die oberste Deckenebene herangezogen werden.

Bodensackungen

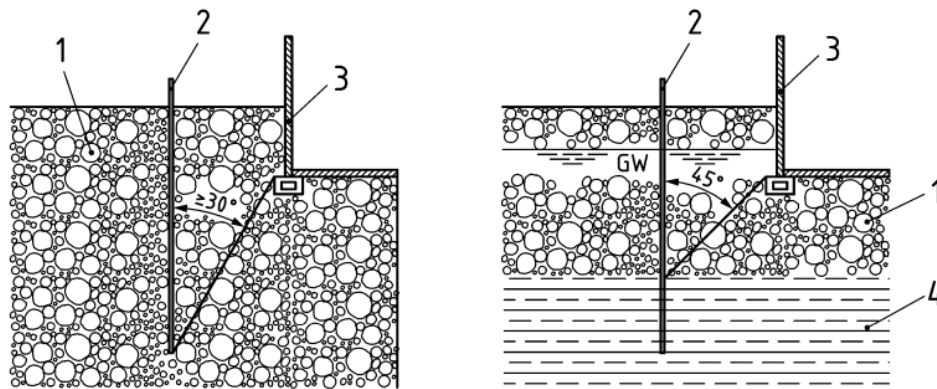
Durch die mechanischen Vorgänge hervorgerufen durch Baumaschinen, kann es auch zu Effekten im Boden selbst kommen.

Eine Bauwerksschädigung durch Erschütterung kann auch indirekt (als Setzungsschaden) erfolgen, wenn durch die Erschütterung eine Veränderung der Struktur des Gründungsbodens erfolgt. In der DIN 4150-3 wird darauf hingewiesen, dass in besonderen Fällen auch diese indirekten Folgen zu beachten sind. Empfindlich bezüglich derartiger Effekte sind vor allem locker gelagerte Sande unter Grundwasser und Schluffe. Anzumerken ist aber, dass außer ungünstigen Baugrundbedingungen auch eine erhebliche Erschütterungsintensität erforderlich ist, um Bodensackungen bzw. Setzungen zu verursachen, weshalb solche Effekte allenfalls im Nahbereich um z. B. eine Vibrationsramme zu erwarten sind. Auf dieser Grundlage wird im Anhang C der DIN 4150, Teil 3 ein Mindestabstand (Baumaschine zu Gebäude) einer durch Vibrationsrammung einzubringenden Spundwand gemäß Abbildung 6.1 empfohlen.

Bodensackungen können durch eine vibrationsbedingte Reduktion der Scherfestigkeit und dadurch verursachte Kornumlagerungen auftreten. Als diesbezüglich maßgeblicher Parameter wird in der Regel die resultierende Bodenbeschleunigung a_R^{Boden} angesehen. Als Grenzwert für lockere und mitteldichte nichtbindige Böden, bei dessen Überschreitung Kornumlagerungen nicht mehr ausgeschlossen werden können, wird in der Literatur [18] ein Drittel der Erdbeschleunigung g vorgeschlagen:

$$a_R^{Boden} \leq \frac{1}{3} g \approx 3.300 \text{ mm/s}^2$$

Anzumerken ist aber, dass sich ein erheblicher Verdichtungseffekt erst bei Beschleunigungen ergibt, die den Wert der Erdbeschleunigung g deutlich übersteigen. Die zu erwartende Verdichtung infolge des o. g. Beschleunigungsgrenzwertes ist sehr gering.



Legende

- 1 Sand, Kies
- 2 Spundwand
- 3 Gebäude
- 4 Ton, Schluff

GW – Grundwasserspiegel

Abbildung 6.1: Schematische Darstellung der Abstände zwischen Spundwand und Gebäude der DIN 4150, Teil 3 Anhang C, Bild C.1

6.2 Erschütterungstechnische Betrachtungen

Allgemeine Erschütterungsprognosen zu Bautätigkeiten sind Prognosen mit höherer Unsicherheit, welche entweder auf Vergleichsmessungen oder auf baubegleitenden Messungen, aus Literaturstudien oder eigenen Messungen basieren.

Wesentlich für Erschütterungen sind immer die individuellen Schwingungsübertragungseigenschaften der Gebäudestruktur des Empfangsgebäudes selbst und die Bodeneigenschaften im Ausbreitungsweg. Ohne Messungen oder genaue Kenntnisse über die Empfangsgebäude oder den Boden ergibt sich zwangsläufig eine geringere Prognosesicherheit.

Von den Bautätigkeiten verursachte Erschütterungen werden im Erdboden in Richtung Gebäude weitergeleitet und auf dem Ausbreitungsweg gedämpft. Über das Fundament gehen die Schwingungen in das Gebäude ein und breiten sich im Gebäude aus. Je nach Schwingungsverhalten des Gebäudes (Konstruktion, Bauweise, Materialität, ...) können auch relevante verstärkende Effekte (Resonanzen) im Gebäude auftreten, welche die eingeleiteten Schwingungen in bestimmten Frequenzbereichen zusätzlich verstärken können. Im ungünstigsten Fall liegen diese Resonanzen der Gebäude im gleichen Frequenzbereich wie die hauptsächlich anregenden Schwingungen der Baumaschinen. Resonanzen können jedoch nur bei Dauererschütterungen und nicht bei kurzzeitigen Erschütterungen auftreten.

Der Tageszeitraum im Erschütterungsschutz wird als 16-stündiger Zeitraum von 6:00 bis 22:00 Uhr definiert. Dementsprechend ist der Nachtzeitraum von 22:00 bis 6:00 Uhr definiert. Dies unterscheidet sich von der Definition des Tages- und Nachtzeitraum zum Bau- lärm.

Für die Baumaßnahme werden folgende erschütterungsrelevante Geräte eingesetzt:

- Eisenbahnüberführung
 - Hydraulikhammer (Abbruch, Rückbau)
 - Rüttelplatte (Neubau – Einbau Fertigteile, Gründung herstellen, Böschung)
- Haltepunkte
 - Rüttelplatte (Neubau Bahnsteig, Treppen, Dächer und Zuwegung)
- Gleisumbau
 - Walze (Verfüllen und Verdichten)

Für die nachfolgenden Betrachtungen werden für die Rüttelplatte, Vibrationswalze und den Hydraulikhammer unterschiedliche Berechnungsansätze gemäß Literatur [17] verwendet. Es wird für die Berechnungen nach DIN 4150, Teil 3, zur Bestimmung von Einwirkungen auf bauliche Anlagen ein Maximalansatz mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von nur 2,25 % angesetzt, da Schäden weitestgehend ausgeschlossen werden müssen und diese auch schon bei sehr kurzen Einwirkzeiten auftreten können. Bei der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150, Teil 2 wird der wahrscheinliche Wert mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50% herangezogen. Dies geschieht, da meist längere Einwirkzeiten von mehreren Minuten und Stunden betrachtet werden und hierbei nicht kontinuierlich Maximalereignisse wie bei der Betrachtung von Gebäudeschäden heranzuziehen sind.

Auch lassen sich für Hydraulikhämmer zu erwartende Schlagenergien und maximal möglich auftretende Schlagenergien berechnen. Hierbei werden die maximalen zu erwartenden Energien analog dem oben beschriebenen Vorgehen nach DIN 4150, Teil 2 und 3 unterschiedlich angesetzt.

Für die Erschütterungsprognosen wurden die nachfolgend in Tabelle 6.5 aufgeführten Eingangsdaten verwendet.

Tabelle 6.5: Berücksichtigte Baumaschinen für die Erschütterungsprognose

Baumaschine	Klasse / Gewicht	Art der Anregung	Frequenz	Energie / Leistung	
				wahrscheinlich	maximal
Rüttelplatte	0,28 t	harmonisch stationär	65 Hz	4,6 kW	4,6 kW
Vibrationswalze	5,88 t	harmonisch stationär	28 Hz	36,8 kW	36,8 kW
Hydraulikhammer	3,6 t	periodisch stationär	9,3 Hz	9,64 kNm	13,71 kNm

Für die Betrachtung des Resonanzfalles gemäß DIN 4150-2 wird von ein Übertragungsfaktor von 15 angesetzt.

6.3 Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen

Im vorliegenden Fall besteht keine bauliche Verbindung zwischen der Baumaßnahme und den umliegenden Nachbargebäuden. Die nächstgelegenen Gebäude befinden teilweise in kurzer Distanz zu den erschütterungsintensiven Bautätigkeiten. Da es sich teilweise nicht um ortsfeste Bauarbeiten handelt, variiert je nach Einsatzort die Entfernung der Baugeräte zu den jeweiligen Gebäuden. Aus diesem Grund wird untersucht, in welchen Radien die Anhaltswerte der DIN 4150-3 und DIN 4150-2 eingehalten werden. Hierbei werden die Ergebnisse für die Anhaltswerte für Wohngebäude und in der Nutzung gleichartige Bauten sowie für gewerblich und ähnlich strukturierte Bauten dargestellt. So können die Ergebnisse auf die jeweiligen Einsatzorte projiziert werden.

Verdichtungsarbeiten

Für die Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Wohngebäude empfiehlt die DIN 4150-3 [11] in Tabelle 1 als Anhaltswerte für die maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit in der obersten Deckenebene von 5 mm/s in horizontaler Richtung und 10 mm/s in vertikaler Richtung für Wohngebäude. Für gewerblich genutzte Gebäude gilt eine maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit von 10 mm/s in horizontaler und vertikaler Richtung.

Verdichtungsarbeiten sind gemäß der Planungsunterlagen während der Bauphase 2 und 3 (Neubau Bahnsteig und Zuwegung) zu erwarten. Für Verdichtungsarbeiten mit dem Plattenrüttler kann gemäß Literatur [17] die maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{i,max}^F$ für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 % folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$v_{i,max}^F = 10,87 \cdot \frac{\sqrt{G}}{r}$$

Darin sind:

- $v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit in mm/s
 G = Betriebsgewicht in t
 r = Abstand zwischen Erschütterungsquelle und Fundament in m

Für die Wände und Geschossdecken in den oberen Geschossen muss eine Weiterleitung im Gebäude mit berücksichtigt werden, welche sich mit nachfolgenden Formel aus der Literatur [17] berechnen lässt:

horizontal:

$$v_{x/y,max}^{OG} = v_{i,max}^F \cdot k_{x/y}^{F-OG}$$

vertikal:

$$v_{z,max}^{OG} = v_{i,max}^F \cdot k_z^{F-OG}$$

Darin sind:

- $v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit in mm/s
 $v_{x/y,max}^{OG}$ = maximale horizontale Komponente der Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s
 $k_{x/y}^{F-OG}$ = horizontaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, abhängig vom Untergrund 0,5 (sehr weicher Untergrund) bis 2,0 (sehr harter Untergrund)
 $v_{z,max}^{OG}$ = maximale vertikale Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s
 k_z^{F-OG} = vertikaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, außerhalb des Resonanzfalls < 1,5, im Resonanzfall abhängig der Gebäudedämpfung zwischen 10 und 25

Ohne genauere Kenntnisse der eingesetzten Gerätschaften wird für die Verdichtung des Baugrunds ein Gewicht der eingesetzten Maschine von $G = 280$ kg angenommen. Hierbei treten in der Regel Betriebsfrequenzen von > 50 Hz auf und 65 Hz werden für die weitere Berechnung berücksichtigt.

Unter der Berücksichtigung mittelharter Bodenverhältnisse ($k_{x/y}^{F-OG} = 1,5$) würden die in Kapitel 6.1.2 dargestellten zu berücksichtigenden Anhaltswerte von Decken und Wänden von 5 mm/s horizontal und 10 mm/s vertikal für Wohngebäude ab einer Entfernung von 2 m eingehalten werden. Die Anhaltswerte von 10 mm/s horizontal und vertikal für gewerblich genutzte Gebäude wird bereits in einer Entfernung von 1 m eingehalten. Die maximal zulässige Bodenschwingbeschleunigung von 3.300 mm/s² wird ab einer Entfernung von 4 m eingehalten. Da sich die nächstgelegenen Wohngebäude in einer Entfernung von ca. 7 m sowie ge-

werblich genutzte Gebäude in einer Entfernung von ca. 10 m für die Arbeiten an den Haltepunkten (HP) befinden, werden die Anhaltswerte für den Einsatz einer Rüttelplatte eingehalten. Für die Arbeiten an den Eisenbahnüberführungen liegen die nächsten Gebäude in einer Entfernung von ca. 150 m.

Aufgrund fehlender Angaben zur Einsatz einer Walze wird für den ungünstigsten Fall davon ausgegangen, dass eine erschütterungsrelevante Vibrationswalze zum Einsatz kommt. Hierfür wurde ein Gewicht von 5,88 t sowie eine Betriebsfrequenz von 28 Hz angesetzt.

Unter der Berücksichtigung mittelharter Bodenverhältnisse ($k^{F-OG}_{x/y} = 1,5$) würden die Anhaltswerte von Decken und Wänden von 5 mm/s horizontal und 10 mm/s vertikal für Wohngebäude ab einer Entfernung von 8 m eingehalten werden. Die Anhaltswerte von 10 mm/s horizontal und vertikal für gewerblich genutzte Gebäude wird bereits in einer Entfernung von 4 m eingehalten. Die maximal zulässige Bodenschwingbeschleunigung von 3.300 mm/s² wird ab einer Entfernung von 7 m eingehalten. Da sich teilweise Wohngebäude in Entfernungen von ca. 3 m sowie gewerblich genutzte Gebäude in Entfernungen von ca. 1 m entlang der Gleisstrecke (Gleisumbau) befinden, ist der Einsatz einer Vibrationswalze dort unzulässig. Alternativ sollte daher für Abstände ab 4 m eine Rüttelplatte eingesetzt werden. Für Entfernungen unterhalb von 4 m zu den nächstgelegenen Gebäuden sollte eine statische Walze eingesetzt werden, wodurch die Erschütterungen gänzlich vermieden werden.

Die Ergebnisse für die Berechnungen der maximalen Schwingschnelle an den Fundamenten der betrachteten Gebäude werden in den Anlagen 4.1 bis 4.3 dargestellt.

Rückbau mit Hydraulikhammer:

Da keine Berechnungsgrundlagen in der Literatur für Rückbauarbeiten mithilfe eines Hydraulikhammers bekannt sind, wird hilfsweise, die Berechnung für eine Schlagrammung herangezogen, aber anhand der Anhaltswerte für Dauererschütterungen bewertet. Gemäß Literatur [17] kann die maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit $v_{i,max, Fundament}$ für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25% folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$v_{i,max}^F = 11,07 \cdot \frac{\sqrt{E}}{r^{1,3}}$$

Darin sind:

- $v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit in mm/s
- E = Schlagenergie in kNm
- r = Abstand zwischen Erschütterungsquelle und Fundament in m

Für die Wände und Geschossdecken in den oberen Geschossen muss eine Weiterleitung im Gebäude mit berücksichtigt werden, welche sich mit nachfolgender Formel aus der Literatur [17] berechnen lässt:

horizontal:

$$v_{x/y, max}^{OG} = v_{i, max}^F \cdot k_{x/y}^{F-OG}$$

vertikal:

$$v_{z, max}^{OG} = v_{i, max}^F \cdot k_z^{F-OG}$$

Darin sind:

$v_{i, max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit in mm/s

$v_{x/y, max}^{F-OG}$ = maximale horizontale Komponente der Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s

$k_{x/y}^{F-OG}$ = horizontaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, abhängig vom Untergrund 0,5 (sehr weicher Untergrund) bis 2,0 (sehr harter Untergrund)

$v_{z, max}^{F-OG}$ = maximale vertikale Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s

k_z^{F-OG} = vertikaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, außerhalb des Resonanzfalls < 1,5

Unter der Berücksichtigung einer maximal möglichen **Schlagenergie von $E = 13,71 \text{ kNm}$** und unter der Berücksichtigung harter Bodenverhältnisse ($k_{x/y}^{F-OG} = 1,5$) würden die in Kapitel 6.1.2 dargestellten zu berücksichtigenden Anhaltswerte von Decken und Wänden von 5 mm/s horizontal und 10 mm/s vertikal für Wohngebäude in einer Entfernung von 7 m eingehalten werden. Die Anhaltswerte von 10 mm/s horizontal und vertikal für gewerblich genutzte Gebäude wird bereits in einer Entfernung von 5 m eingehalten. Da sich die nächstgelegenen Gebäude während der Arbeiten an den Eisenbahnüberführungen in einer Entfernung von ca. 150 m befinden, werden die Anhaltswerte eingehalten.

Die Ergebnisse für die Berechnungen der maximalen Schwingschnelle an den Fundamenten der betrachteten Gebäude werden in Anlage 4.4 dargestellt.

6.4 Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden die maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und die zulässigen resultierenden Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} der DIN 4150, Teil 2 [10] ermittelt.

Die maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist der Maximalwert der Schwingstärke, der während der jeweiligen Beurteilungszeit einmalig oder wiederholt auftritt und welcher der zu untersuchenden Quelle zuzuordnen ist. Diese maximal bewertete Schwingstärke wird nach DIN 4150, Teil 2 [10] mit folgenden Gleichungen berechnet:

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{v_{max}}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}}$$

$$KB_{Fmax} = KB \cdot c_F$$

f	=	Frequenz in Hz
f ₀	=	5,6 Hz (Grenzwert des Hochpasses)
v _{max}	=	maximale Schwingschnelle, in mm/s
c _F	=	die Konstante nach Tabelle 3 DIN 4150, Teil 2 bzw. Tabelle 6.6 dieses Berichtes
KB	=	Schwingstärke, dimensionslos

Tabelle 6.6: Anhaltswerte für die Konstante c_F für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen, Tabelle 3 der DIN 4150, Teil 2

Zeile	Kurzbeschreibung der Einwirkungsart ¹⁾	c _F ²⁾
1	Harmonische Schwingungen mit geringen Verzerrungen (z. B. Sägewerke in großer Entfernung oder bei wesentlicher Resonanzbeteiligung)	0,9
2	Wie Zeile 1, jedoch stärker verzerrt – mehr als etwa 20 % Verzerrung (z. B. Sägewerke in enger Nachbarschaft, wenn noch mehrere Oberschwingungen vorhanden sind)	0,8
3	Stochastische Schwingungen und periodischen Vorgängen mit Schwebungen a) mit Resonanzbeteiligung (z. B. Webereien, Rammen, gemessen auf mitschwingenden Wohnfußböden);	0,8
	b) ohne Resonanzbeteiligung (z. B: auf nicht unterkellerten Wohnfußböden)	0,7
4	Einzelereignisse kurzer Dauer a) mit Resonanzbeteiligung	0,8
	b) ohne Resonanzbeteiligung	0,6
1) Die Einordnung einer Messung in eine dieser Klassen sollte nach dem Bild der Schwingungsaufzeichnungen erfolgen. Die genannten Beispiele sollten nur eine Orientierung geben, in welchen Situationen die einzelnen Klassen der Erschütterungseinwirkung häufig anzutreffen sind.		
2) Die Werte für c_F sind mittlere Erfahrungswerte. Abweichungen von etwa $\pm 15\%$ können auftreten.		

Da die Verdichtungs- und Abbrucharbeiten stochastische bzw. periodische Schwingungen mit Resonanzbeteiligung sind, kann nach der Tabelle 3 aus der DIN 4150, Teil 2 ein Wert für c_F von 0,8 angenommen werden.

Resonanz ist das verstärkte Mitschwingen eines schwingungsfähigen Systems bei erzwungen, harmonischen Anregungen. Dabei entspricht die Anregungsfrequenz einer Schwingungs- oder Erschütterungsquelle (beispielsweise: harmonisch arbeitende Baumaschine wie Vibrationswalze) der Eigenfrequenz des schwingungsfähigen Systems (Gebäudewand, Gebäudedecke, etc.).

Eine Dauererschütterung im Sinne der DIN 4150, Teil 3 ist definitionsgemäß eine Erschütterung, die geeignet ist, Resonanzerscheinungen hervorzurufen und somit eine wesentliche Verstärkung der eingeleiteten Erschütterungen erzeugen kann. Für Menschen im Gebäude bedeutet das Auftreten von Resonanzeffekten, dass die eingeleitete Erschütterung in das Gebäude zu deutlich höheren Immissionen (wahrgenommene Erschütterungen) führt als bei nicht Auftreten des Resonanzeffektes. In der Praxis treten Verstärkungen zwischen Fundamenterschütterung und Erschütterung einer Decke im Resonanzfall in Abhängigkeit der Dämpfung um den Faktor 10 bis 25 auf.

Der Literatur [17] können die in der folgenden Tabelle 5.7 dargestellten Eigenfrequenzen von Decken entnommen werden.

Tabelle 6.7: Eigenfrequenzen von Decken

Konstruktion	Eigenfrequenz	
	häufig	seltener
Holzbalkendecke	9 bis 12 Hz	8 bis 15 Hz
Stahlbetondecke im Wohnungsbau	20 bis 25 Hz	15 bis 35 Hz
Weitgespannte Stahlbeton- und Verbunddecke im Industrie-/Gewerbebau	7 bis 10 Hz	3 bis 15 Hz

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit. Diese Beurteilungs-Schwingstärke für Einwirkungen außerhalb von Ruhezeiten wird nach DIN 4150, Teil 2 [10] mit folgender Gleichung berechnet:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \sum_j T_{e,j} \cdot KB_{FTm,j}^2}$$

T_r = Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)

$T_{e,j}$ = Teileinwirkungszeiten

$KB_{FTm,j}$ = Taktmaximal-Effektivwerte die für die Teileinwirkungszeiten $T_{e,j}$ repräsentativ sind

Bei gleichen Erschütterungsanregungen, also dem gleichen zu berücksichtigenden KB_{FTm} ohne Berücksichtigung der Ruhezeiten, lässt sich die oben genannte Formel (4 a) der DIN 4150, Teil 2 zu der nachfolgenden Formel (4b) der DIN 4150, Teil 2 vereinfachen.

$$KB_{FT_r} = KB_{FT_m} \sqrt{\frac{T_e}{T_r}}$$

Der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FT_m} wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$KB_{FT_m} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \cdot KB_{FT_i}^2}$$

Bei Anwendung dieser Gleichung sind alle Werte $KB_{FT_i} \leq 0,1$ zu Null zu setzen, jedoch gehen diese Takte in die Anzahl N ein und beeinflussen somit den Effektivwert.

Verdichtungsarbeiten

Für die Durchführung von Verdichtungsarbeiten, in denen die Rüttelplatte eingesetzt werden soll, wird eine Dauer von 15 Tagen für den Neubau der Eisenbahnüberführung, von 29 Tagen für den Neubau der Haltepunkte sowie von 4 Tagen für den Einsatz der Vibrationswalze während des Verfüllens und Verdichtens des Schotterbettes angesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass die Verdichtung des Schotterbettes fortschreitend entlang der Strecke durchgeführt wird, sodass die Anwohner jeweils maximal einen Tag von den Erschütterungen durch die Vibrationswalze betroffen sind.

Es wird davon ausgegangen, dass die Anwohner vorher über die Bauarbeiten informiert werden. Daher kann gemäß DIN 4150-2 ein Anhaltswert gemäß Tabelle 6.1 von $A_u = 0,8$ und $A_r = 0,6$ für eine Dauer von 15 Tagen berücksichtigt werden. Für eine Dauer von 4 Tagen sind die Anhaltswerte von $A_u = 1,0$ und $A_r = 0,7$ bzw. für eine Dauer von 29 Tagen von $A_u = 0,6$ und $A_r = 0,4$ einzuhalten. Sollten die Anwohner im Vorfeld nicht über die Baumaßnahme informiert werden, sind strengere Anhaltswerte gemäß Tabelle 6.1 einzuhalten. Für Gewerbegebiete gilt zudem ein $A_o = 6$ und für Wohngebäude ein $A_o = 5$.

Gemäß Literatur [17] kann die maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{i,max}^F$ für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50 % folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$v_{i,max}^F = 4,31 \cdot \frac{\sqrt{G}}{r}$$

Darin sind:

$v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit in mm/s
G = Betriebsgewicht in t

r = Abstand zwischen Erschütterungsquelle und Fundament in m

Für die Geschossdecken in den oberen Geschossen muss eine Weiterleitung im Gebäude mit berücksichtigt werden, welche sich mit nachfolgenden Formel aus der Literatur [17] berechnen lässt:

vertikal:

$$v_{z, \max}^{OG} = v_{i, \max}^F \cdot k_z^{F-OG}$$

Darin sind:

$v_{i, \max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit in mm/s

$v_{z, \max}^{OG}$ = maximale vertikale Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s

k_z^{F-OG} = vertikaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, außerhalb des Resonanzfalls $< 1,5$

Die Berechnungsergebnisse unter Verwendung der individuell ermittelten maximalen Schwingschnellen und der sich daraus ergebenden Schwingstärken in den Obergeschossen der betrachteten Gebäude und der Berücksichtigung der aufgeführten Formeln und Annahmen werden in der folgenden Tabelle 6.8 dargestellt.

Die Arbeitszeit der erschütterungsintensiven Arbeiten beträgt 8 Stunden am Tag. Nachfolgend werden die Radian ermittelt ab denen die Anhaltswerte eingehalten werden.

Tabelle 6.8: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude ohne Resonanzfall, Rüttelplatte

Entfernung in m	KB_{Fmax}	KB_{FTr}	A_u	A_o	A_r
3	0,64	0,45	0,8 (15 Tage)	5	0,6 (15 Tage)
4	0,48	0,34	0,6 (29 Tage)	5	0,4 (29 Tage)

Die Ergebnisse zeigen, dass ab einer Entfernung von 3 m die Anhaltswerte für eine Einsatzdauer von 15 Tagen (Neubau der Eisenbahnüberführungen) und ab einer Entfernung von 4 m die Anhaltswerte für eine Einsatzdauer von 29 Tagen (Neubau der Haltepunkte) eingehalten werden. Es wird davon ausgegangen, dass sich die nächstgelegenen Gebäude in ca. 7 m Entfernung (Arbeiten an Haltepunkten) befinden. Für die Eisenbahnüberführungen liegen die nächstgelegenen Gebäude in einer Entfernung von 150 m. Damit werden die Anhaltswerte der DIN 4150-2 für alle Gebäude im Umfeld sowie alle Bauphasen eingehalten.

Hinweis: Es ist sehr unwahrscheinlich, dass im Zuge von Verdichtungsarbeiten mittels Plattenrüttler Resonanzen an den Gebäuden entstehen, da die Betriebsfrequenz der betrachteten Rüttelplatte (65 Hz) deutlich oberhalb der Deckeneigenfrequenz von üblichen Gebäuden liegt. Daher wird auf die Berechnung des KB_{Fmax} und KB_{FTr} für den Resonanzfall verzichtet.

Tabelle 6.9: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude ohne Resonanzfall, Vibrationswalze

Entfernung in m	KB _{Fmax}	KB _{FT_r}	A _u	A _o	A _r
8	0,97	0,77	1,2 (1 Tag)	5	0,8 (1 Tag)

Die Ergebnisse zeigen, dass die Anhaltswerte ab einer Entfernung von 8 m eingehalten werden. Es wird davon ausgegangen, dass sich teilweise Gebäude in Entfernungen unterhalb von 8 m zum Schotterbett (Gleisumbau) befinden. Damit werden die Anhaltswerte der DIN 4150-2 für das Verfüllen und Verdichten im Zuge des Gleisumbaus überschritten. Ebenso werden damit die Anhaltswerte im Resonanzfall überschritten.

Alternativ dazu könnte für Rädern unterhalb von 8 m eine Rüttelplatte eingesetzt werden. Dadurch werden die Anhaltswerte in einer Entfernung von 2 m eingehalten. Durch den Einsatz einer statischen Walze können die Erschütterungen gänzlich vermieden werden.

Rückbau mit Hydraulikhammer:

Für die Durchführung des Rückbaus der Eisenbahnüberführung, in der, der Bagger mit Spitzmeißel eingesetzt werden soll, wird eine Dauer von ca. 7 Tagen angenommen.

Es wird davon ausgegangen, dass die Anwohner vorher über die Bauarbeiten informiert werden. Daher kann gemäß DIN 4150-2 ein Anhaltswert gemäß Tabelle 6.3 von A_u = 0,8 und A_r = 0,6 berücksichtigt werden. Für Wohngebiete gilt zudem ein A_o = 5 und für gewerblich genutzte Gebäude ein A_o = 6.

Die Arbeitszeit der erschütterungsintensiven Arbeiten beträgt jeweils 8 Stunden am Tag.

Gemäß Literatur [17] kann die maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit $v_{i,max}^F$, für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 und 50 % folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$v_{i,max}^F = 11,07 \cdot \frac{\sqrt{E}}{r^{1,3}}$$

Darin sind:

- $v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit in mm/s
- E = Schlagenergie in kNm
- r = Abstand zwischen Erschütterungsquelle und Fundament in m

Für die Geschossdecken in den oberen Geschossen muss eine Weiterleitung im Gebäude mit berücksichtigt werden, welche sich mit nachfolgenden Formel aus der Literatur [17] berechnen lässt:

vertikal:

$$v_{z,max}^{OG} = v_{i,max}^F \cdot k_z^{F-OG}$$

Darin sind:

- $v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit in mm/s
- $v_{z,max}^{F-OG}$ = maximale vertikale Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s
- k_z^{F-OG} = vertikaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, außerhalb des Resonanzfalls $< 1,5$, im Resonanzfall abhängig der Gebäudedämpfung zwischen 10 und 25

Die Berechnungsergebnisse unter Verwendung der individuell ermittelten maximalen Schwingschnellen und der sich daraus ergebenden Schwingstärken in den Obergeschossen der betrachteten Gebäude und der Berücksichtigung der aufgeführten Formeln und Annahmen werden in der folgenden Tabelle 6.10 dargestellt.

Tabelle 6.10: Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen Gebäude ohne Resonanzfall, Hydraulikhammer

Entfernung in m	KB_{Fmax}	KB_{FTr}	A_u	A_o	A_r
14	0,74	0,52	0,8 (7 Tage)	5	0,6 (7 Tage)

Die Ergebnisse zeigen, die Anhaltswerte ab einer Entfernung von 14 m eingehalten werden. Da sich die nächstgelegenen Gebäude während der Abbrucharbeiten der Eisenbahnüberführung deutlich größeren Abständen befinden, ist nicht mit Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-2 zu rechnen.

Hinweis: Es ist sehr unwahrscheinlich, dass im Zuge von Rückbauarbeiten mittels Hydraulikhammer Resonanzen an den Gebäuden entstehen, da die Betriebsfrequenz der betrachteten Rüttelplatte (7 Hz) deutlich unterhalb der Deckeneigenfrequenz von üblichen Gebäuden liegt. Daher wird auch die Berechnung des KB_{Fmax} und KB_{FTr} im Resonanzfall verzichtet.

6.5 Allgemeine Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen

Aufgrund dessen, dass die in dieser Erschütterungsuntersuchung angegebenen Maschinendaten auf Literaturangaben basieren, kann es während der Baumaßnahme dazu kommen, dass leichtere und weniger leistungsfähige sowie auch schwerere und leistungstärkere Maschinen eingesetzt werden könnten.

Aus diesem Grund sind konkrete Aussagen zu den zu erwartenden Erschütterungsimmissionen ohne Messungen kaum möglich, da die Bauweise der Gebäude die Höhe der Erschütterungsimmissionen maßgeblich bestimmt. Daher ist die Situation an jedem Gebäude anders. Vor diesem Hintergrund und aus rechtlichen Gründen wird zu einer bautechnischen Beweis-sicherung vor Beginn der Baumaßnahmen geraten.

Grundsätzlich ist es zu empfehlen, Anwohner von schützenswerten Nutzungen in der Umge-bung vor Beginn der Baumaßnahmen schriftlich über den Sinn und Zweck, den Bauablauf und die Dauer der Baumaßnahme zu informieren (Informationsschreiben).

Im Falle der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen der Baumaßnahmen (außer Sprengungen) können durch den Grad der Information der Anlieger höhere Anhaltswerte angesetzt werden. Es dürfen daher bei guter Informationslage mehr Erschütterungsimmissionen vorlie-gen als ohne Information der Anwohner.

Eine rechtzeitige Information der Anwohner wäre auch aus erschütterungstechnischer Sicht-weise eine Möglichkeit, die Akzeptanz der Anwohner für die geplante Baumaßnahme zu er-höhen. Daher wird die Benennung einer Ansprechstelle empfohlen. Der notwendige Grad der Information, sowie die Beurteilung ist nachfolgend dargestellt.

Gemäß Punkt 6.5.4.3 der DIN 4150, Teil 2 sind folgende Maßnahmen geeignet erhebliche Belästigungen (psychische Auswirkungen) durch baustelleninduzierte Erschütterungen zu mindern:

- a) Umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb;
- b) Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnah-men und die damit verbundenen Belästigungen;
- c) Zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästi-gungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.);
- d) Benennung einer Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie be-sondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben;
- e) Information der Betroffenen über die Erschütterungswirkungen auf das Gebäude;
- f) Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie de-ren Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf Menschen und Gebäude.

Die Maßnahmen a) bis e) sind vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnah-me durchzuführen.

Da die Anhaltswerte der DIN 4150-3 und 2 für den Einsatz einer Vibrationswalze ($G = 5,88 \text{ t}$) für die nächstgelegenen Wohngebäude überschritten werden, wurden folgende Minderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

Für die Verdichtungsarbeiten während des Gleisumbaus ist für Abstände (Baugerät zu nächstem Gebäude) zwischen 4 und 8 m eine Rüttelplatte einzusetzen, um die Anhaltswerte der DIN 4150-3 einzuhalten. Zur Einhaltung der DIN 4150-2 ist für Abstände zwischen 3 und 8 m eine Rüttelplatte einzusetzen. Für Entfernungen unterhalb von 4 m ist eine statische Verdichtung z.B. mittels Walze durchzuführen. Sollte generell anstelle einer Vibrationswalze eine statische Walze eingesetzt werden, werden die Erschütterungen gänzlich vermieden.

7 Zusammenfassung

Die Westfälische Landes-Eisenbahn GmbH plant die Reaktivierung des SPNV der WLE-Strecke zwischen Sendenhorst und Münster. Im Zuge dessen sollen die Verkehrsstationen Sendenhorst, Albersloh, Wolbeck, Angelfmodde, Gremmendorf, Loddenheide und Halle Münsterland errichtet werden.

Baulärm:

In dieser Untersuchung wurden die zu erwartenden Baulärmimmissionen mit einer Ausbreitungsberechnung gemäß der DIN EN ISO 9613-2 [5] durchgeführt und anschließend gemäß der AVV Baulärm [4] bewertet. Da aufgrund der aktuellen Leistungsphase noch keine detaillierten Aussagen zu den zum Einsatz kommenden Baugeräte sowie deren Einsatzzeiten getätigt werden können, wurde anhand überschlägiger Berechnungen die Stärke der Belastung durch den Baulärm auf die Anwohner ermittelt. Für vier ausgewählte Bauwerke wurden Rasterlärmkarten jeweils für die lauteste Bauphase detaillierter dargestellt.

Abhängig von der Höhe der Baulärmimmissionen wurden mögliche Maßnahmen zur Baulärminderung vorgeschlagen.

Bahnübergänge (BÜ)

Wie den Ergebnissen für den Rückbau (Dauer: 5 Tage) der BÜs entnommen werden kann, ergibt sich eine geringe Belastung der Anwohner durch 32 der 53 BÜs, eine mittlere Belastung durch 6 BÜs und eine hohe Belastung durch 15 BÜs. Es ist zu erwarten, dass sich für den Tiefbau (Dauer: 20 Tage) ähnliche Belastungen wie für den Rückbau ergeben. Darüber hinaus ist zu vermuten, dass die Belastungen während der Montagearbeiten (Dauer: 20 Tage) jeweils eine Belastungsstufe heruntergestuft werden können. Demnach würde überwiegend eine geringe Belastung für ca. 47 der 53 BÜs und für ca. 6 BÜs eine mittlere Belastung durch die Bauarbeiten für die Anwohner ausgehen.

Für den BÜ Bahnhofstraße an Bahn-km 22,096 wurde exemplarisch ein Schallimmissionsplan berechnet. Wie auch schon zuvor erwähnt, ist für den Rückbau an BÜ Bahnhofstraße mit hohen Beurteilungspegeln und damit hohen Belastungen für die Anwohner zu rechnen. Dabei werden Beurteilungspegel > 80 dB(A) für die nächstgelegenen Wohngebäude erwartet. Damit wird die Schwelle zur beginnenden Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) im Tageszeitraum deutlich überschritten.

Anhand der Schallleistungspegel für die Arbeiten während des Tiefbaus und der Montagearbeiten ist mit bis zu 2 bis 5 dB geringeren Beurteilungspegeln zu rechnen. Damit ist auch während des Tiefbaus und der Montagearbeiten mit Beurteilungspegeln oberhalb von 70 dB(A) zu rechnen. Die Arbeiten zur Erneuerung der BÜ dauern insgesamt 45 Tage. Es gilt zu beachten, dass einige BÜs nur zurückgebaut werden. Der Rückbau dauert ca. 5 Tage.

Eisenbahnüberführungen (EÜ)

Wie den Ergebnissen für den Rückbau (Dauer: 7 Tage) der EÜs entnommen werden kann, geht durch die Bauarbeiten an den EÜs Ahrenshorster Bach km 20,948 und Westerbach km 23,758 eine geringe Belastung durch den Baulärm für die Anwohner aus. Durch die Baumaßnahmen an EÜ Ahrenshorster Bach km 22,507 geht noch eine mittlere Belastung für die Anwohner aus. Für die Baustelleneinrichtung (Dauer: 5 Tage) sowie den Neubau (Dauer: 15 Tage) der EÜs ist zu erwarten, dass die Belastung durch die Baumaßnahmen aller betrachteten EÜs gering ausfällt, da die Arbeiten einen um 4 bis 9 dB geringeren Schallleistungspegel als der Rückbau aufweisen.

Für die EÜ Ahrenshorster Bach an Bahn-km 22,507 wurde exemplarisch ein Schallimmissionsplan berechnet. Wie sich den Ergebnissen entnehmen lässt, ist an den nächstgelegenen Gebäuden noch von Beurteilungspegeln von bis zu 55 dB(A) zu rechnen. Damit würden die Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes (WA) von 55 dB(A) im Tageszeitraum eingehalten werden.

Der Schallleistungspegel während der Baustelleneinrichtung sowie des Neubaus liegt 4 bis 9 dB unterhalb des Schallleistungspegels der Rückbauarbeiten. Daher ist davon auszugehen, dass die Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes (WA) ebenfalls für die Baustelleneinrichtung sowie den Neubau eingehalten werden. Die Arbeiten am EÜ dauern insgesamt 27 Tage.

Haltepunkte (Hp)

Die Ergebnisse für den Neubau (Dauer: 29 Tage) der Haltepunkte zeigen, dass durch die Bauarbeiten an 4 der 7 Haltepunkten eine hohe Belastung, an einem Haltepunkt eine mittlere sowie an zwei Haltepunkten eine geringe Belastung durch die Baumaßnahme für die Anwohner ausgeht. Für die Herstellung der Zuwegung (Dauer: 12,5 Tage) und die nachbereitenden Arbeiten (Dauer: 8 Tage) ist zu erwarten, dass dort die Belastung jeweils eine Stufe geringer ausfällt als für den Neubau. Demnach würde noch durch die Bauarbeiten an 4 Haltepunkten eine mittlere Belastung und an 3 Haltepunkten eine geringe Belastung für die Anwohner ausgehen.

Für den Haltepunkt Gremmendorf an Bahn-km 31,300 wurde exemplarisch ein Schallimmissionsplan berechnet. Wie sich den Ergebnissen entnehmen lässt, ist an den nächstgelegenen Gebäuden noch mit Beurteilungspegeln von bis zu 80 dB(A) zu rechnen. Damit wird die Schwelle zur beginnenden Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) im Tageszeitraum überschritten. Es ist zu erkennen, dass in einem relativ kleinen Radius Gebäude von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes von 55 dB(A) im Tageszeitraum sowie der Schwelle zur Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) betroffen sind.

Aufgrund der Schallleistungspegel für die Arbeiten während der Herstellung der Zuwegung und den nachbereitenden Arbeiten ist mit 3 bis 4 dB geringeren Beurteilungspegeln zu rech-

nen. Damit können noch Beurteilungspegel oberhalb von 70 dB(A) erreicht werden. Die Arbeiten während der Erneuerung der Haltepunkte dauern ca. 49 Tage.

Gleisbau

Die Ergebnisse für den Rückbau (Dauer: 16 Tage je km) der Gleise zeigen, dass an 5 der 22 untersuchten Streckenabschnitte mit hohen Belastungen, an 6 Streckenabschnitten eine mittlere und an 11 Streckenabschnitten eine geringe Belastung für die Anwohner zu erwarten ist. Es ist zu erwarten, dass sich dieselben Belastungen für das Verfüllen und Verdichten (Dauer: 4 Tage je km) ergeben. Für den Neubau der Gleise (Dauer: 42 Tage je km) wird davon ausgegangen, dass die zuvor beschriebenen Belastungen von hoch auf mittel und von mittel auf gering herabgestuft werden.

Für den Streckenabschnitt an Bahn-km 14,5 bis 15,5 für die Gleisbauarbeiten wurde exemplarisch ein Schallimmissionsplan berechnet. Wie sich den Ergebnissen entnehmen lässt, ist an den nächstgelegenen Gebäuden noch mit Beurteilungspegeln von bis zu 70 dB(A) zu rechnen. Damit wird die Schwelle zur beginnenden Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) im Tageszeitraum eingehalten. Es ist zu erkennen, dass für die nächstgelegenen Wohngebäude mit Überschreitungen der Immissionsrichtwerte eines allgemeinen Wohngebietes von 55 dB(A) im Tageszeitraum zu rechnen ist.

Gemäß der Schallleistungspegel ist für den Neubau und das Verfüllen und Verdichten mit 1 bis 5 dB geringeren Beurteilungspegeln zu rechnen. Demnach wird auch für diese Bauphasen die Schwelle zur möglichen Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) im Tageszeitraum eingehalten. Die Arbeiten für den Gleisumbau dauern je km ca. zwei Monate.

Lärmschutzmaßnahmen

Als Lärmschutzmaßnahme wird eine frühzeitige Information der Anwohner mit Benennung der durchzuführenden Bauverfahren, der Dauer der einzelnen Bauphasen und der zu erwartenden Lärmeinwirkungen durch den Baubetrieb empfohlen. Zusätzlich ist noch ein Ansprechpartner zu benennen sowie gegebenenfalls Ruhezeiten mit den Anwohnern zu vereinbaren.

Darüber hinaus gilt es zu prüfen, ob die örtliche Lage den Einsatz einer mobilen, temporären Lärmschutzwand ermöglicht. Es sei darauf hingewiesen, dass mobile Lärmschutzwände in ihrer Höhe begrenzt sind. Beispielsweise ist eine luftbefüllte, mobile Lärmschutzwand auf eine Höhe von maximal 4 m begrenzt. Je nach örtlicher Gegebenheit können zwei Elemente dieser luftbefüllten Lärmschutzwand gestapelt werden. Je nach Geschossigkeit der nächstgelegenen Gebäude können trotz Einsatz einer Lärmschutzwand hohe Überschreitungen auftreten, wenn diese einen geringen Abstand zur Schallquelle aufweisen.

Eine weitere mögliche Lärmschutzmaßnahme wäre die Reduzierung der täglichen Netto-Betriebszeit der Baugeräte. Für die vorliegende Baumaßnahme wurden jedoch bereits realisti-

sche, reduzierte Betriebszeiten für die jeweiligen Baugeräte angenommen. Es gilt zu prüfen, ob möglicherweise weniger lärmintensive Bauverfahren zum Einsatz kommen könnten. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass sich die untersuchten Baumaßnahmen größtenteils in einem geringen Abstand zu den nächstgelegenen Wohngebäuden befinden. Daher ist aufgrund dieser geringen Abstände mit hohen Überschreitungen zu rechnen, welche vermutlich nicht durch weniger lärmintensive Bauverfahren vermieden werden könnten.

Ist für die zu errichtenden Bauwerke weder der Einsatz einer Lärmschutzwand noch eine Betriebszeitenreduzierung möglich, sollte für Anwohner, welche während der Arbeiten von einer Lärmbelastung oberhalb von 70 dB(A) im Tageszeitraum betroffen sind, ein Ausweichquartier (Hotelaufenthalt) vorgesehen werden.

Erschütterungen:

Weiterhin waren Aussagen zu den von der Baumaßnahme ausgehenden Erschütterungen innerhalb der Bauzeit zu tätigen. Es wurden hierbei die Radian ermittelt bei denen die Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 [10] und Teil 3 [11] eingehalten werden. Gegebenenfalls werden bei Überschreitungen der Anhaltswerte Minderungsmaßnahmen empfohlen.

Im vorliegenden Fall besteht keine bauliche Verbindung zwischen der Baumaßnahme und den umliegenden Nachbargebäuden. Die nächstgelegenen Gebäude befinden teilweise in kurzer Distanz zu den erschütterungsintensiven Bautätigkeiten.

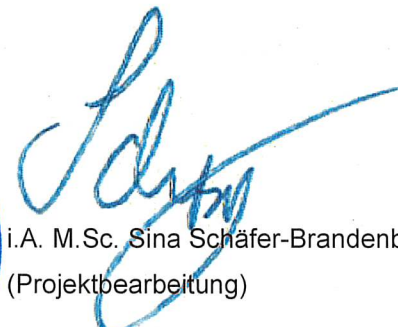
Die Ergebnisse der Beurteilung nach DIN 4150-2 und 3 zeigen, dass die Anhaltswerte für den Einsatz der Rüttelplatte ($G = 280 \text{ kg}$) für die Arbeiten an den Eisenbahnüberführungen sowie Haltepunkten und Hydraulikhammer ($E = 9,64 \text{ kNm}$) für die Arbeiten an den Eisenbahnüberführungen eingehalten werden.

Für den Einsatz der Vibrationswalze ($G = 5,88 \text{ t}$) während des Gleisumbaus werden die Anhaltswerte sowohl nach DIN 4150-2 als auch 3 überschritten. Ob eine Vibrationswalze eingesetzt wird ist unklar, weshalb diese als ungünstigster Fall betrachtet wurde. Sollte stattdessen eine statische Walze eingesetzt werden, werden die Erschütterungen gänzlich vermieden. Andernfalls sollte gemäß DIN 4150-3 für Entfernungen zwischen 4 und 8 m eine Rüttelplatte eingesetzt werden.

Peutz Consult GmbH


ppa. Dipl.-Phys. Axel Hübner
(Messstellenleitung)




i.A. M.Sc. Sina Schäfer-Brandenburg
(Projektbearbeitung)

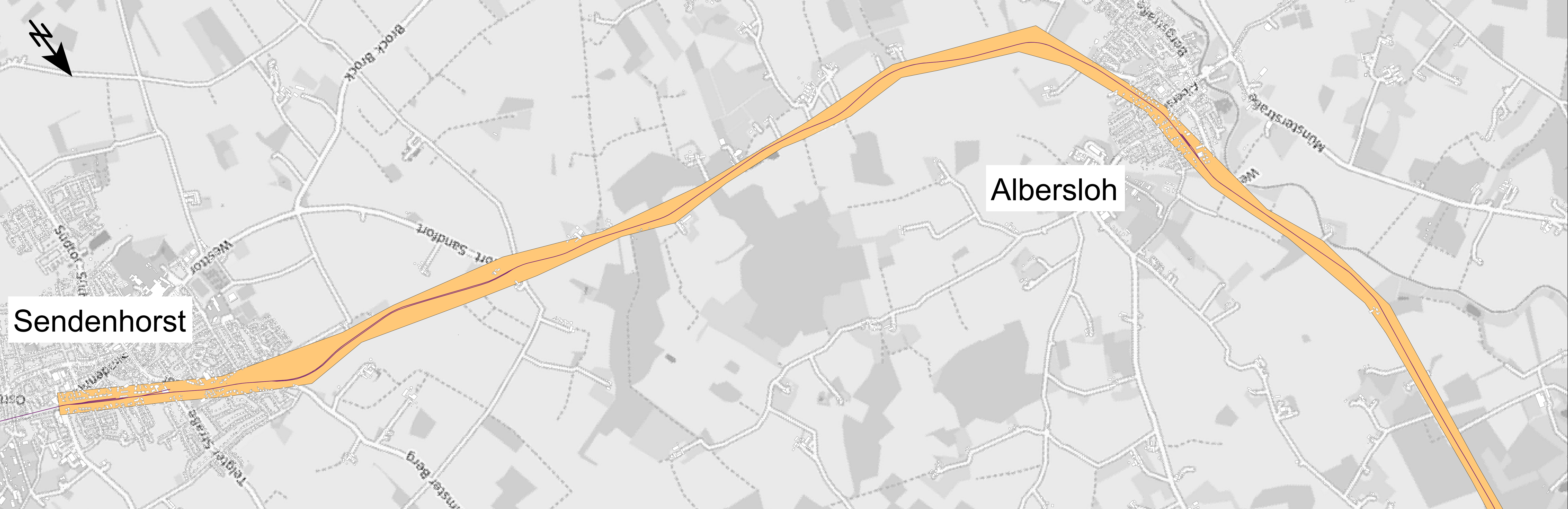
Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Darstellung des Untersuchungsbereiches

Anlage 2 Ergebnisse der Immissionsberechnungen – Darstellung der 55 dB Isophone

Anlage 3 Ergebnisse der Immissionsberechnungen – Darstellung der Isophonen

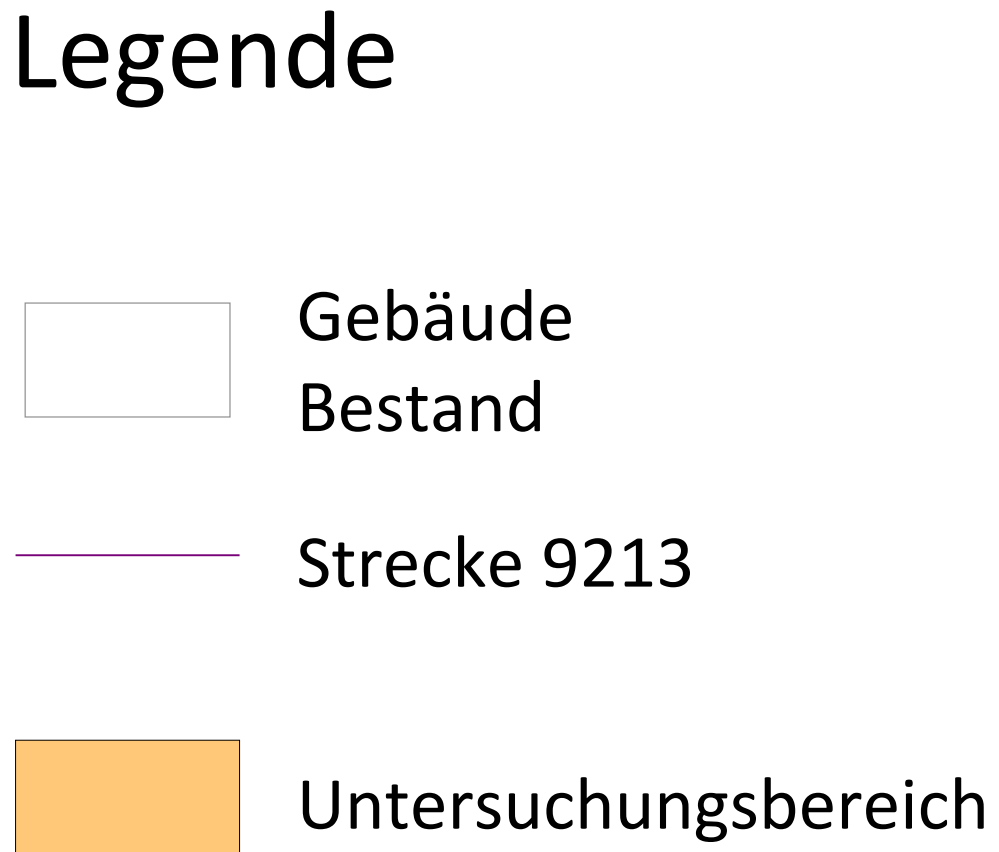
Anlage 4 Ergebnisse der Erschütterungsberechnungen



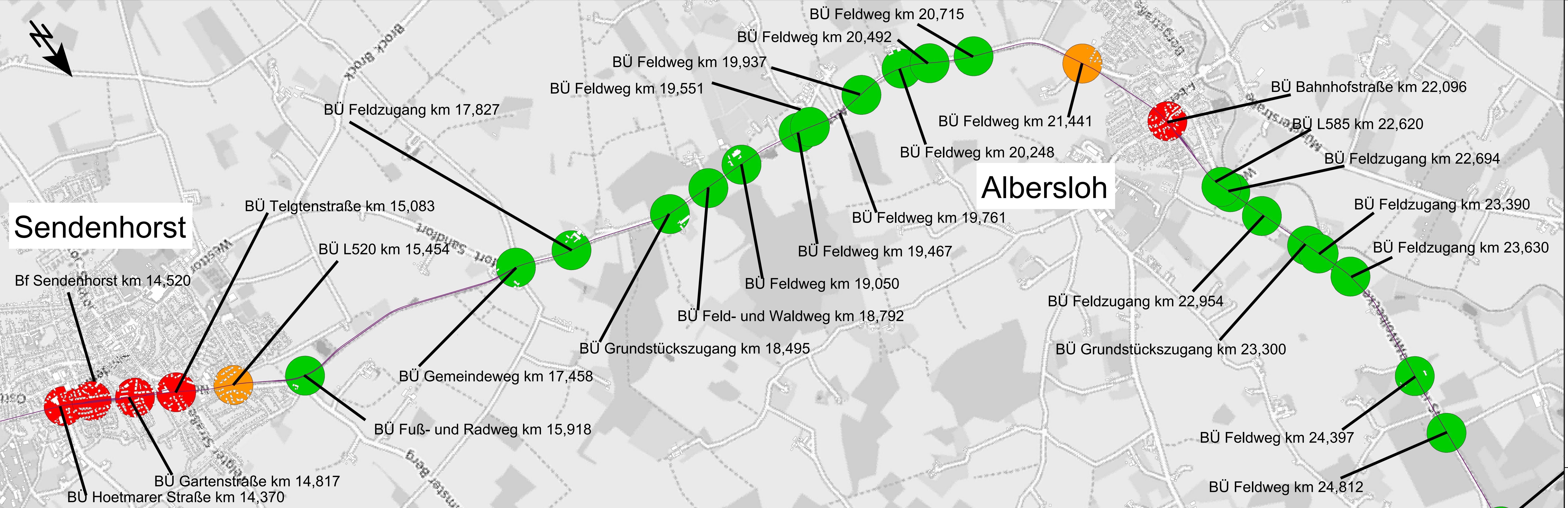
Legende

- Gebäude Bestand
- Strecke 9213
- Untersuchungsbereich

Maßstab 1:10000



Maßstab 1:10000



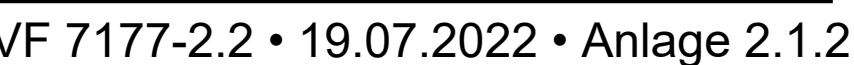
Legende

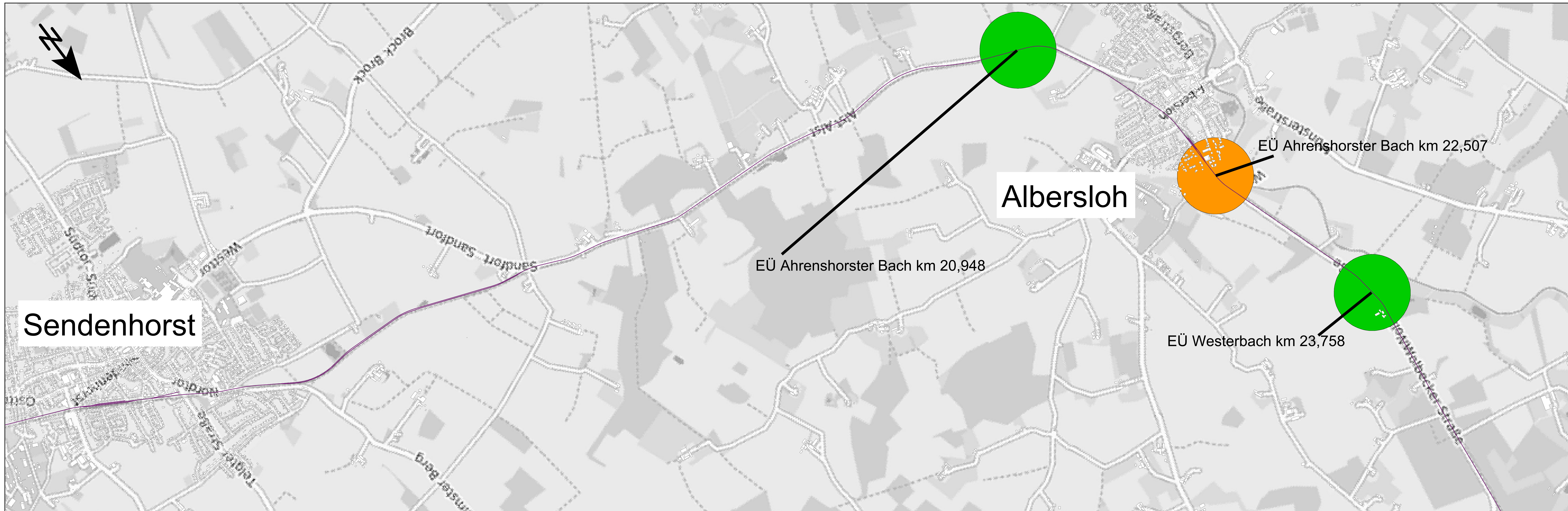
- Gebäude Bestand
- Strecke 9213

Belastung für die Anwohner

- Hoch
- Mittel
- Gering

Maßstab 1:10000





Legende

- Gebäude Bestand
- Strecke 9213

Belastung für die Anwohner

- Hoch
- Mittel
- Gering

Maßstab 1:10000



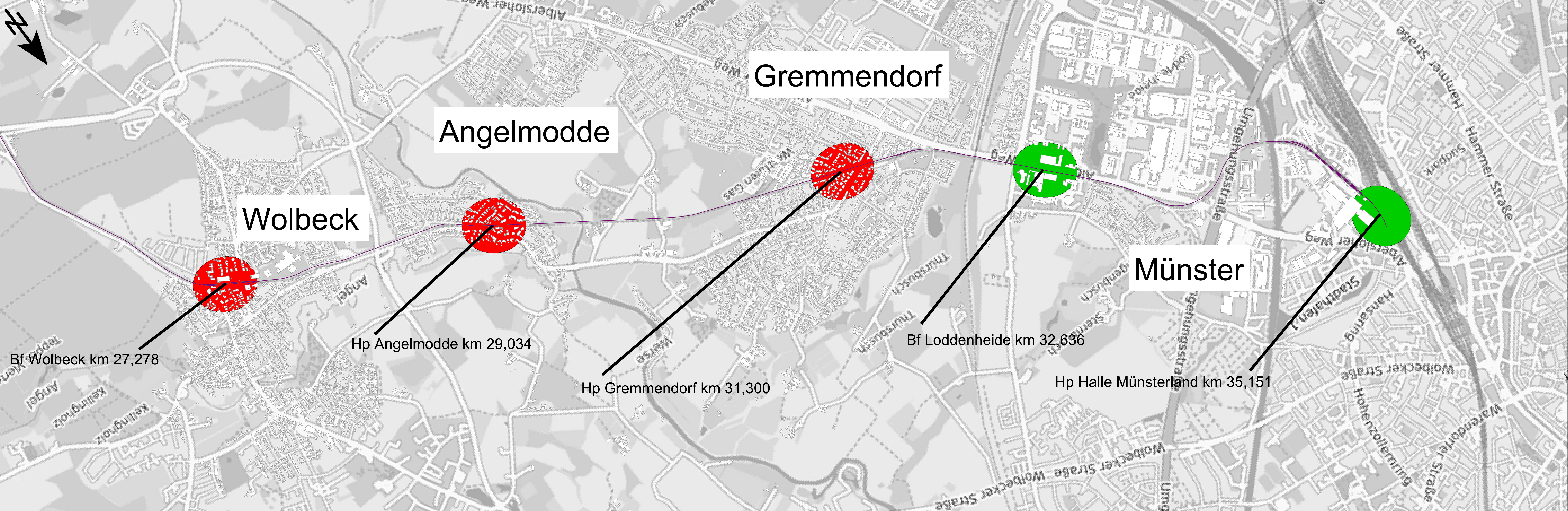
Legende

- Gebäude Bestand
- Strecke 9213

Belastung für die Anwohner

- Hoch
- Mittel
- Gering

Maßstab 1:10000



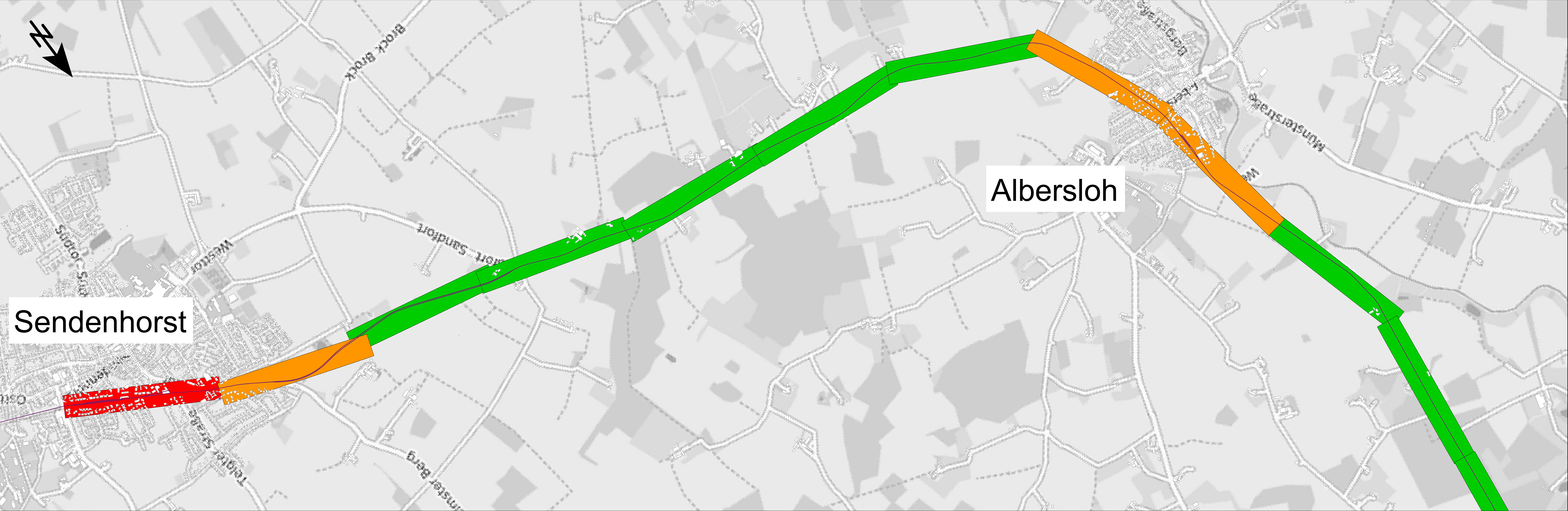
Legende

- Gebäude Bestand
- Strecke 9213

Belastung für die Anwohner

- Hoch
- Mittel
- Gering

Maßstab 1:10000



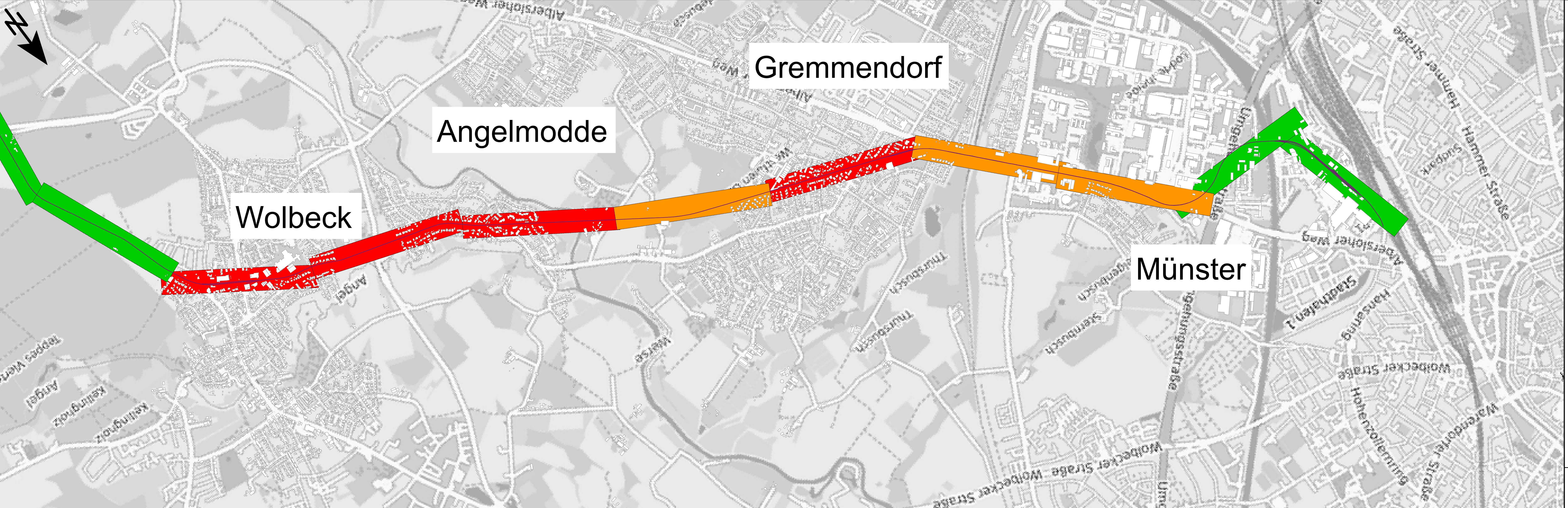
Legende

- Gebäude Bestand
- Strecke 9213

Belastung für die Anwohner

- Hoch
- Mittel
- Gering

Maßstab 1:10000



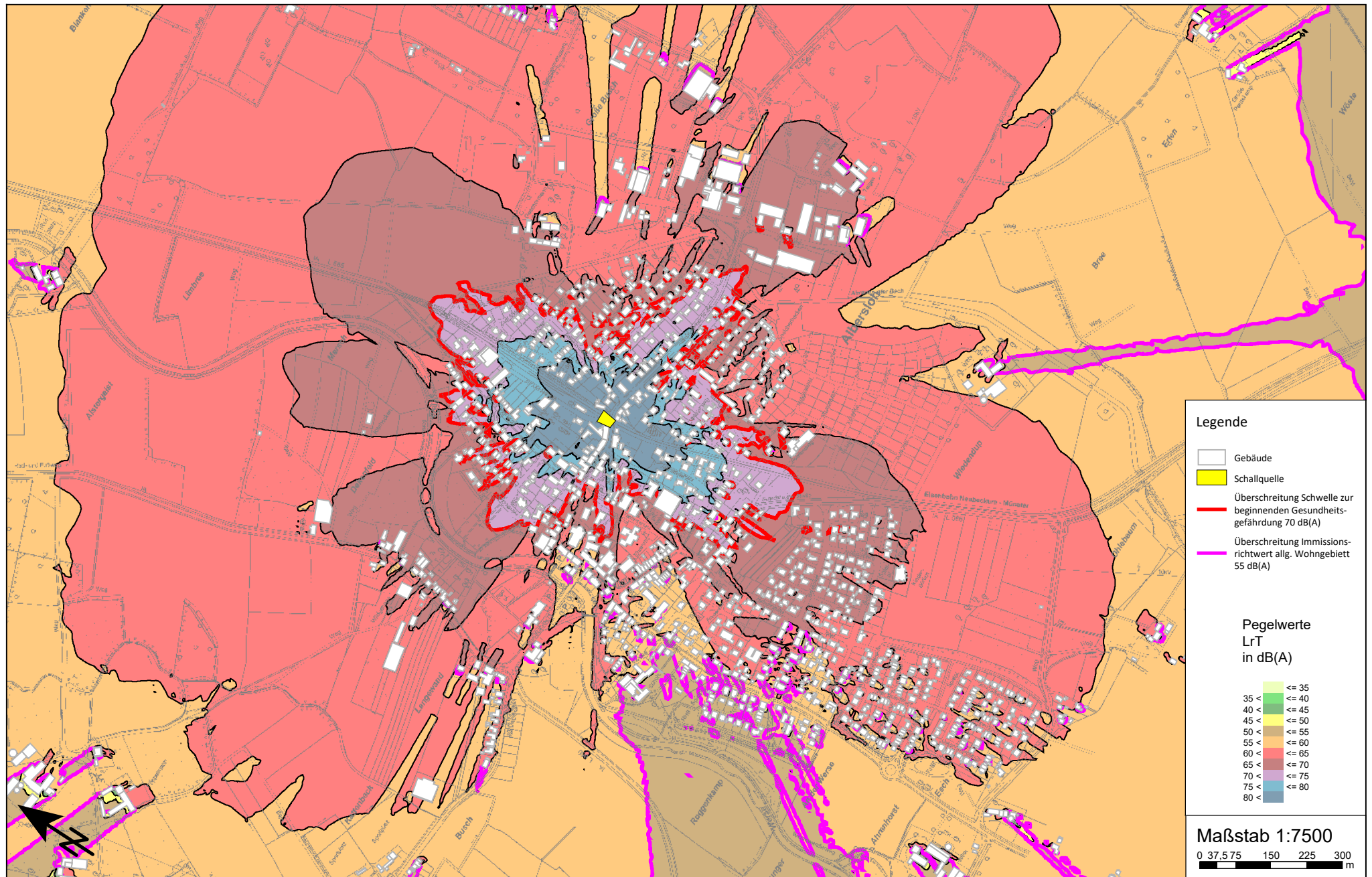
Legende

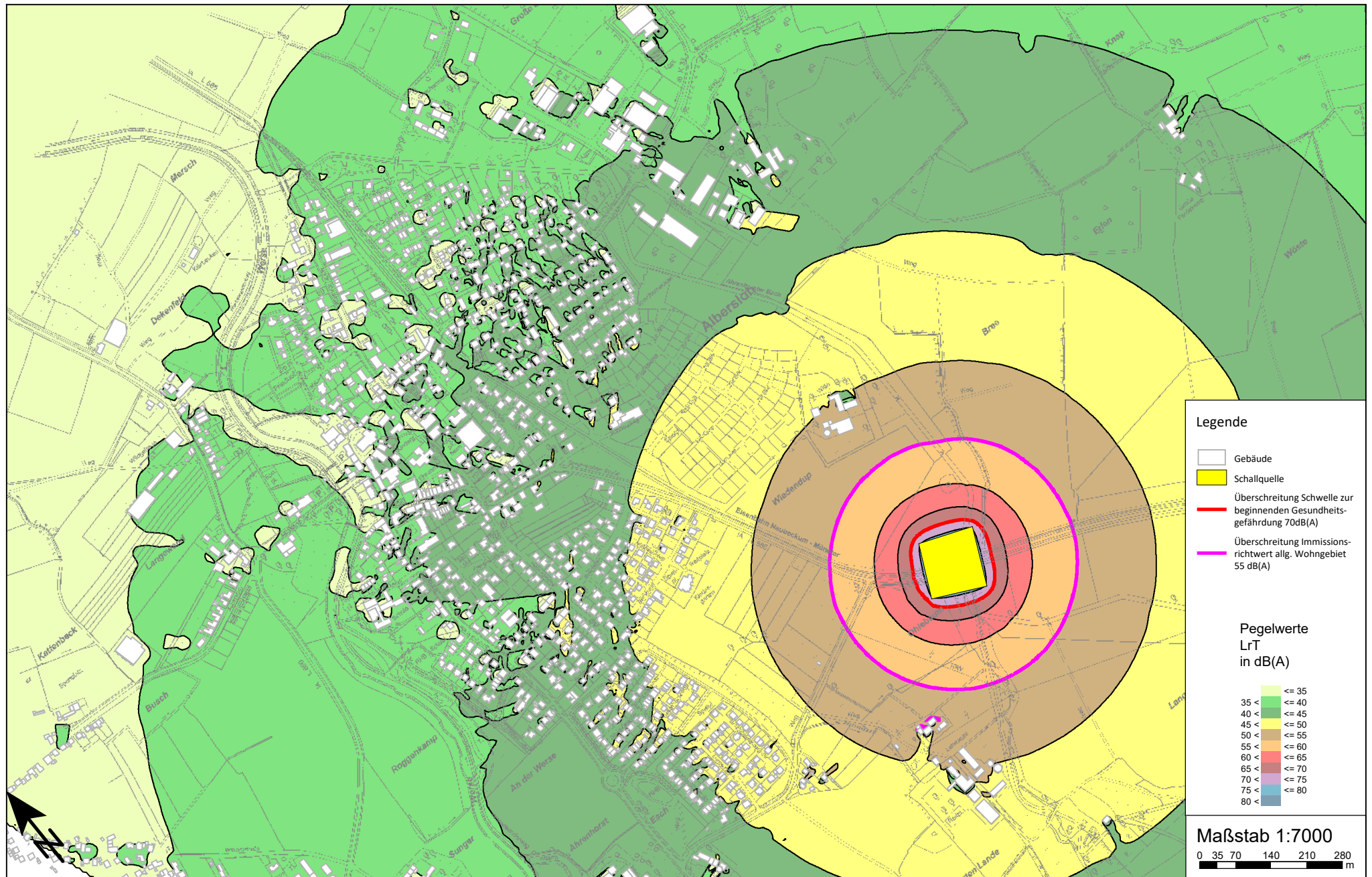
- Gebäude Bestand
- Strecke 9213

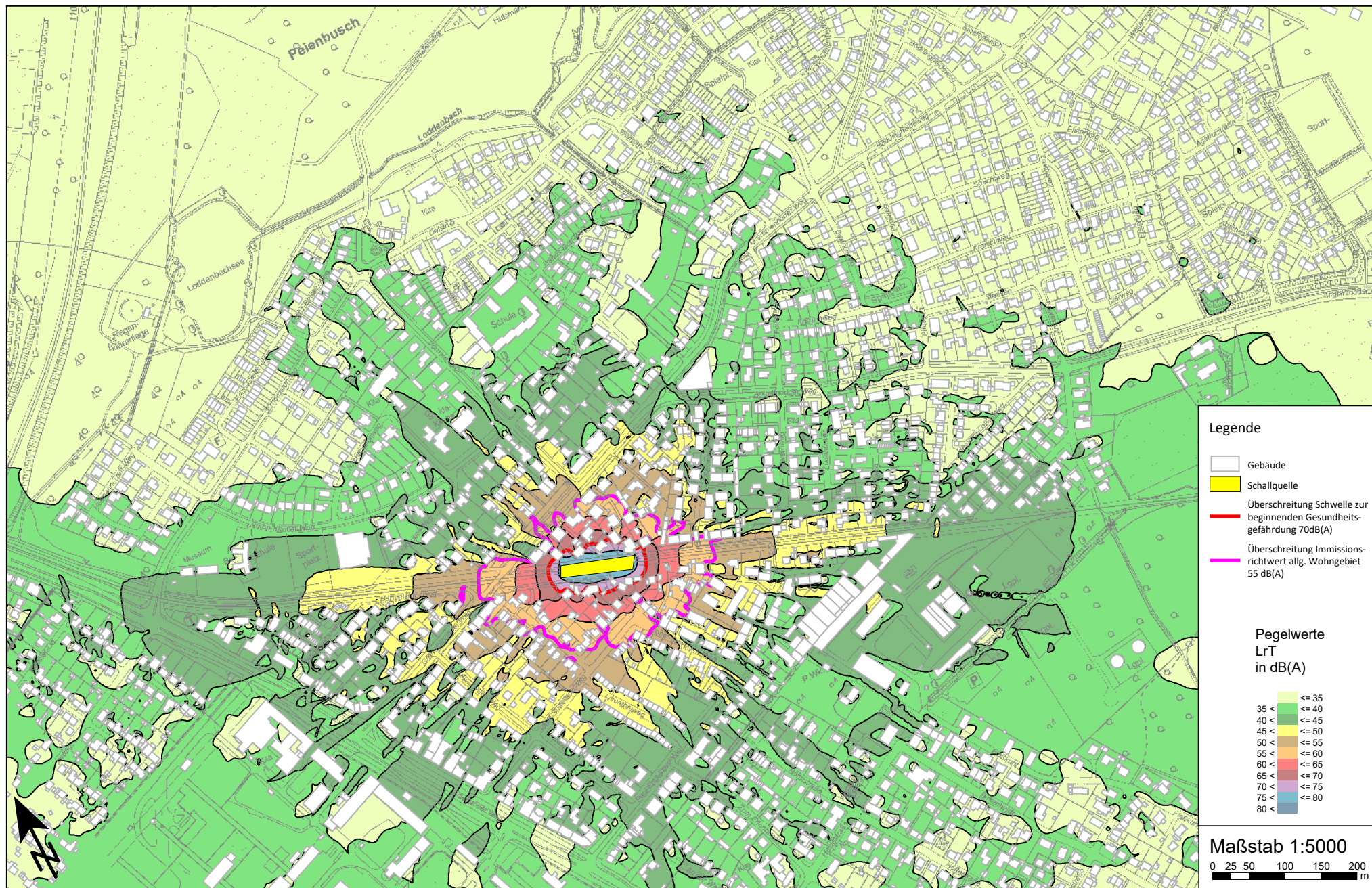
Belastung für die Anwohner

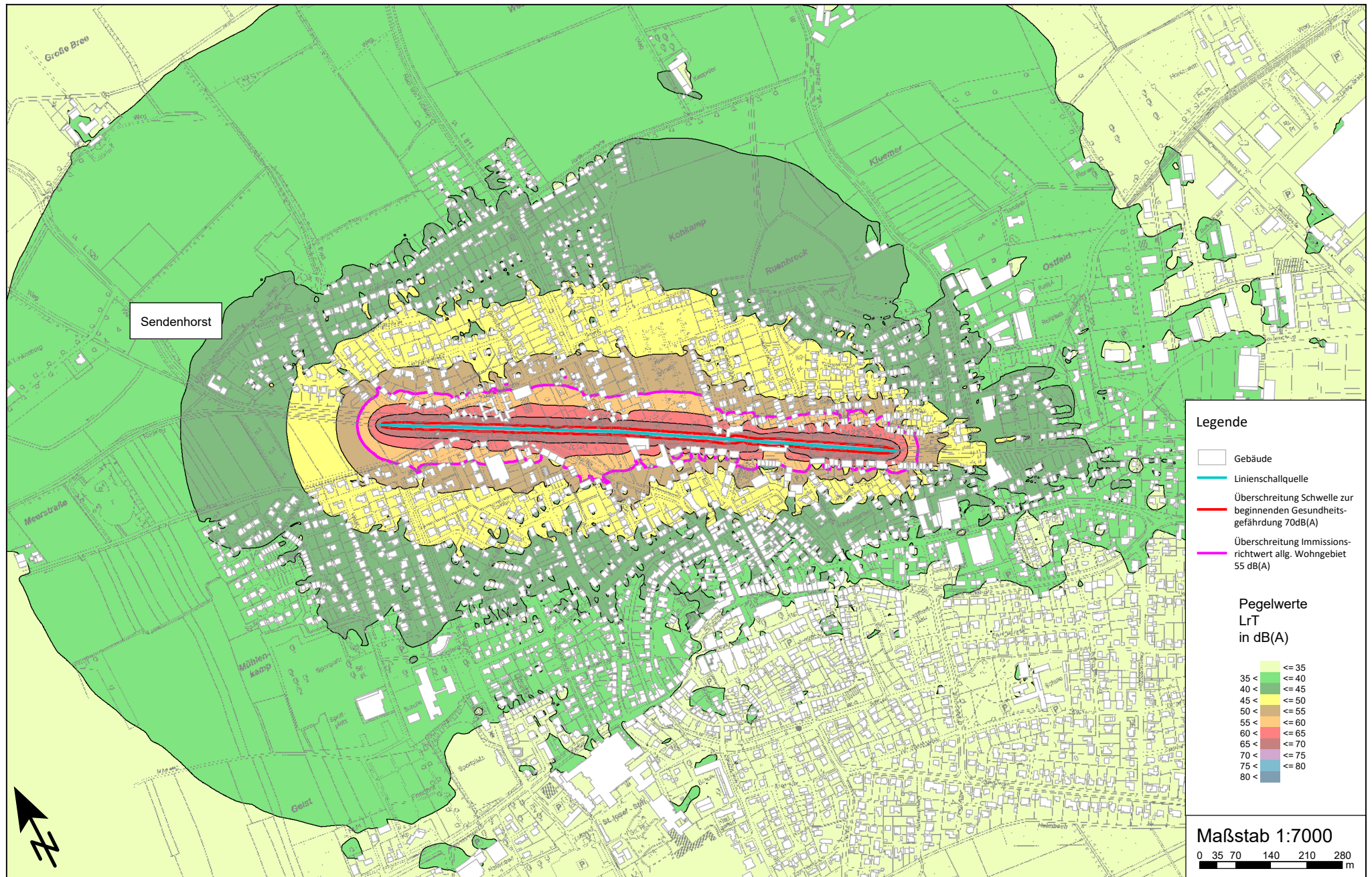
- Hoch
- Mittel
- Gering

Maßstab 1:10000





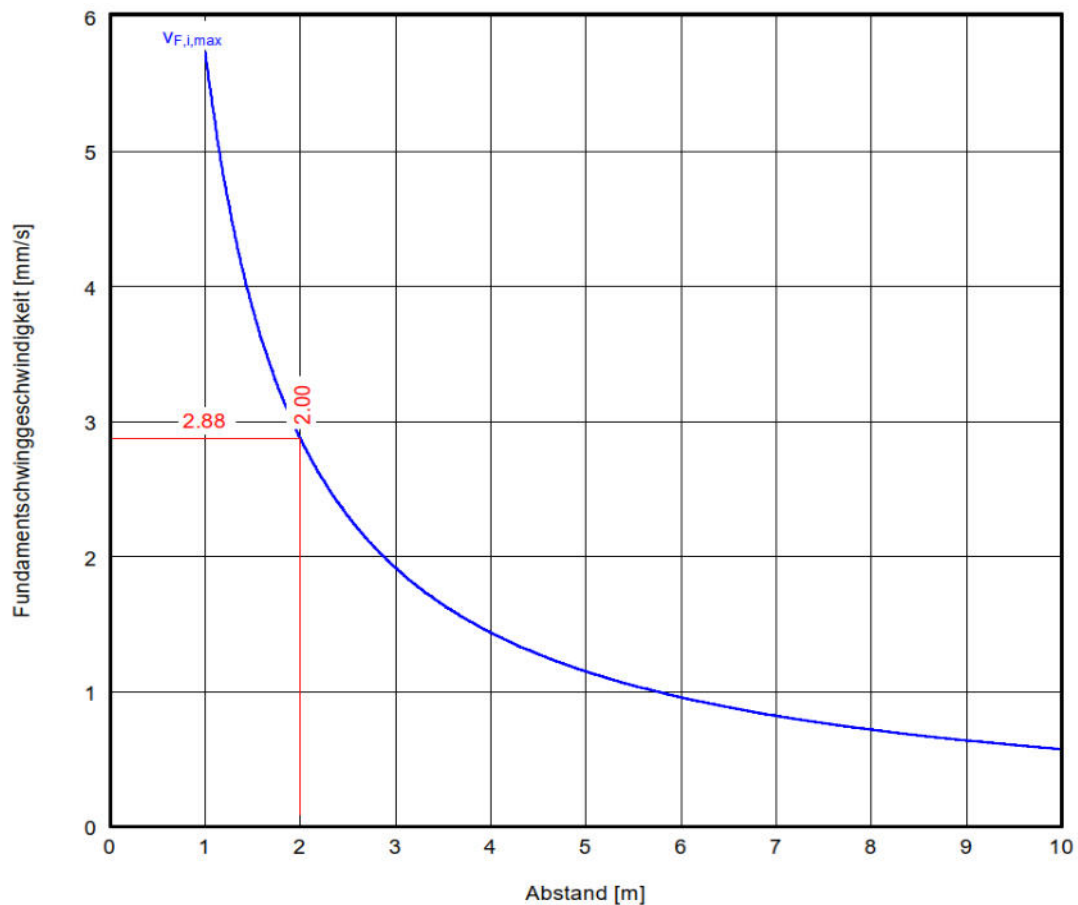




Vibrationsplatte
Ungünstige Werte (2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit)
Wohngebäude
Abstand zum Gebäude r [m]: 2.00

Betriebsgewicht Vibrationsplatte [t]: 0.28
Leistung Vibrationsplatte [kW]: 4.60
Frequenz Vibrationsplatte [1/s]: 65.00

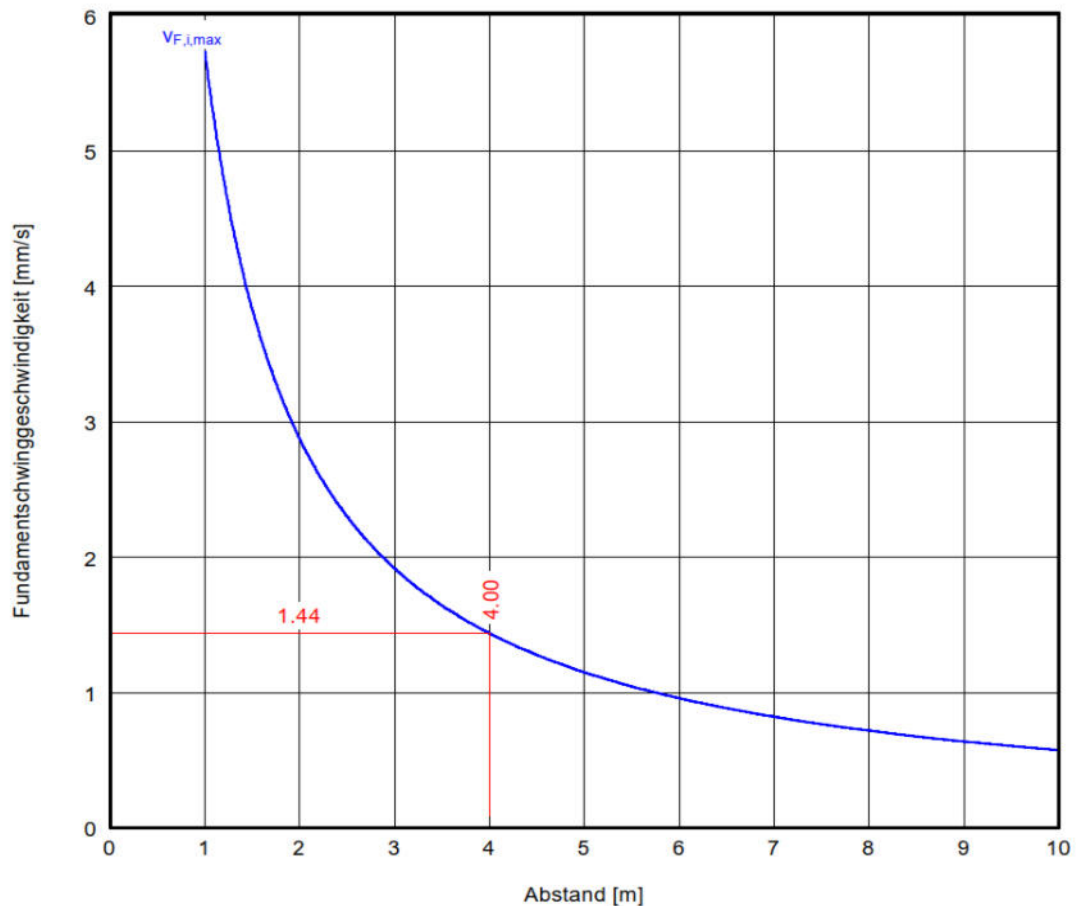
Ergebnisse
Energie pro Schwingungsperiode E [kJ·m] = 0.07
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung $a_{\text{Boden,R}}$ [mm/s²] = 5432.32
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s²] = $g/3 = 3300.00$
Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{F,i,\text{max}}$ [mm/s] = 2.88
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 1.50
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 4.31
Zulässiger Wert [mm/s] = 5.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 4.31
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00



Vibrationsplatte
Ungünstige Werte (2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit)
Wohngebäude
Abstand zum Gebäude r [m]: 4.00

Betriebsgewicht Vibrationsplatte [t]: 0.28
Leistung Vibrationsplatte [kW]: 4.60
Frequenz Vibrationsplatte [1/s]: 65.00

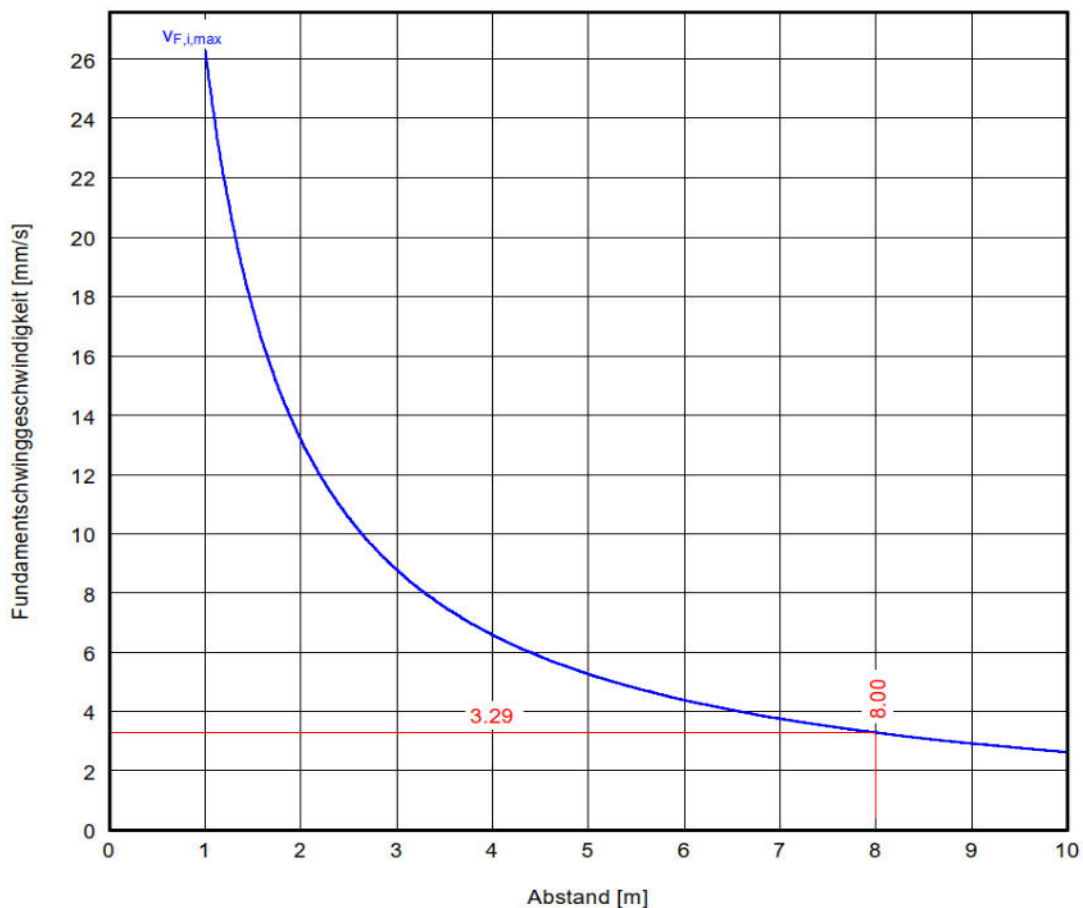
Ergebnisse
Energie pro Schwingungsperiode E [kJ·m] = 0.07
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung $a_{\text{Boden,R}}$ [mm/s²] = 2716.16
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s²] = $g/3 = 3300.00$
Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{F,i,\text{max}}$ [mm/s] = 1.44
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 1.50
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 2.16
Zulässiger Wert [mm/s] = 5.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 2.16
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00



Vibrationswalze
Ungünstige Werte (2,25% Überschreitungswahrscheinlichkeit)
Wohngebäude
Abstand zum Gebäude r [m]: 8.00

Betriebsgewicht Vibrationswalze [t]: 5.88
Leistung Vibrationswalze [kW]: 36.80
Frequenz Vibrationswalze [1/s]: 28.00

Ergebnisse
Energie pro Schwingungsperiode E [kJ·m] = 1.31
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung $a_{\text{Boden,R}}$ [mm/s²] = 2521.12
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s²] = $g/3 = 3300.00$
Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{F,i,\max}$ [mm/s] = 3.29
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 1.50
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 4.94
Zulässiger Wert [mm/s] = 5.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 4.94
Zulässiger Wert [mm/s] = 10.00



Schlagramme (Freifallbär)
Wohngebäude
Boden: bindige Böden
Boden ist sehr steif bzw. dicht
Abstand zum Gebäude r [m]: 7.00

Energie pro Rammschlag [kN·m] = 13.71
Schwingfrequenz [Hz]: 9.30

Ergebnisse

Resultierende Bodenschwingbeschleunigung $a_{\text{Boden,R}} [\text{mm/s}^2] = 840.19$
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung $[\text{mm/s}^2] = g/3 = 3300.00$
Fundamentschwinggeschwindigkeit $v_{F,l,\text{max}} [\text{mm/s}] = 3.27$
Zulässiger Wert $[\text{mm/s}] = 5.00$
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 1.50
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) $[\text{mm/s}] = 4.90$
Zulässiger Wert $[\text{mm/s}] = 15.00$
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) $[\text{mm/s}] = 4.90$
Zulässiger Wert $[\text{mm/s}] = 20.00$

