

Erschütterungsprognose zum Bebauungsplan Nr. 16 „Horsthauser Straße“ in Herne

Bericht VC 7422-1 vom 11.12.2019

Auftraggeber: Deutsche Reihenhäuser AG
Poller Kirchweg 99
51105 Köln

Bericht-Nr.: VC 7422-1

Datum: 11.12.2019

Ansprechpartner/in: Herr Dr. Mertens

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 29 Seiten,
davon 18 Seiten Text und 11 Seiten Anlagen.



Die Akkreditierung gilt für
den in der Urkundenanlage
D-PL-20140-01-00
festgelegten Umfang der
Module 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

Carmerstraße 5
10623 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
Dipl.-Ing. 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
Paris, F
Lyon, F
Leuven, B

www.peutz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung.....	3
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....	4
3	Örtliche Gegebenheiten und Betriebsprogramm.....	6
4	Beurteilungsgrundlagen für Erschütterungen.....	7
4.1	Allgemeines.....	7
4.2	Beurteilungsgrößen für Schienenverkehr.....	9
4.3	Sekundärluftschall.....	10
5	Erschütterungsmessungen.....	12
5.1	Ort und Zeit der Messungen.....	12
5.2	Messgeräte.....	12
6	Prognoseverfahren.....	13
6.1	Einflussgrößen für Erschütterungen.....	13
6.2	Beschreibung der Methodik.....	13
6.3	Prognoseunsicherheit.....	14
7	Auswertung und Prognose der Erschütterungsimmissionen.....	15
7.1	Prognose der Erschütterungsimmissionen.....	15
7.2	Prognose und Beurteilung des sekundären Luftschallpegels.....	15
7.3	Schienenverkehr auf den Rangiergleisen.....	16
8	Zusammenfassung.....	17

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Deutsche Reihenhäuser AG plant zwischen der Horsthauser Straße und den Bahnstrecken 2208 und 2650 in Herne-Horsthausen die Errichtung von Wohnbebauung.

Geplant ist die Errichtung von 3 unterschiedlich großen Reihenhaustypen. Für das Vorhaben wird der vorhabenbezogene Bebauungsplan Nr. 16 „Horsthauser Straße“ aufgestellt. Das Plangebiet wird dabei im Norden durch die genannten Bahnstrecken und im Süden durch die Horsthauser Straße begrenzt.

Am 11.07.2019 wurden die Erschütterungen aus dem Zugverkehr in der Umgebung des Plangrundstücks messtechnisch erfasst. Darauf basierend werden die zu erwartenden Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen für die geplante Bebauung prognostiziert.

Die Ergebnisse der empirischen Prognose auf Grundlage eines Terzspektren-Modells sowie die Beurteilung der Prognoseergebnisse sind im nachfolgenden Bericht dargestellt.

Die Ergebnisse der Untersuchung werden gemäß DIN 4150 Teil 2 [5] und der aktuellen Rechtslage [17] für Erschütterungen sowie in Anlehnung an die Anforderungen der 24. BImSchV [2] für sekundäre Luftschallimmissionen beurteilt.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung			Kat.	Datum
[1]	BImSchG Bundes- Immissionsschutzgesetz	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge	G	Aktuelle Fassung
[2]	24. BImSchV 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes- Immissionsschutzgesetzes / Verkehrswege- Schallschutzmaßnahmenveror- dnung	Geändert am 23.09.1997 und Begründung in Bundesratsdrucksache 363/96 vom 02.07.1996	V	04.02.1997
[3]	Erschütterungserlass Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen	Gemeinsamer RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen u.a., IV A6 –46-63- vom 31.7.2000 und Änderung durch gem. RdErl. V-5-882) (VNr. 6/03) vom -4.11.2003	RdErl.	31.07.2000 und 04.11.2003
[4]	DIN 4150, Teil 1	Erschütterungen im Bauwesen, Vorermittlungen von Schwingungsgrößen	N	Juni 2001
[5]	DIN 4150, Teil 2	Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	N	Juni 1999
[6]	DIN 4150, Teil 3	Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen	N	2016-12-01
[7]	DIN 45 669, Teil 1	Messung von Schwingungsimmissionen - Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung	N	September 2010
[8]	DIN 45 669, Teil 2	Messung von Schwingungsimmissionen - Messverfahren	N	Juni 2005
[9]	DIN 45 669, Teil 3	Messung von Schwingungsimmissionen - Prüfung (Kalibrierung und Beurteilung) der Schwingungsmesseinrichtung; Erstprüfung, Nachprüfung, Zwischenprüfung, Prüfung für den Messeinsatz	N	Juni 2006
[10]	DIN 45 672, Teil 1	Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Messverfahren	N	Dezember 2009
[11]	DIN 45 672, Teil 2	Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Auswerteverfahren	N	Juli 1995

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[12]	Materialien Nr. 22, Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs, Prognose und Schutzmaßnahmen	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Juli 1995, ISSN:0947-5206	Lit. Juli 1995
[13]	Taschenbuch der Technischen Akustik	G. Müller, M. Möser (Hrsg.), 3. Auflage	Lit. 2003
[14]	Körperschall und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer, Beweissicherung, Prognose, Beurteilung und Schutzmaßnahmen	Landesumweltamt NRW	Lit. 1999
[15]	A.Said, D. Fleischer, H. Fastl, H.-P. Grütz, G. Hölzl „Laborversuche zur Ermittlung von Unterschiedsschwellen bei der Wahrnehmung von Erschütterungen aus dem Schienenverkehr,“	DAGA 2000, Seite 496-497	Lit. 2000
[16]	DB Richtlinie 800.2502 „Erschütterung und sekundärer Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik, Luftschall, Messung und Prognose“	DB AG, Abt. Bautechnik, TZF 12	Lit. 2016-11-01
[17]	Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes (BVerwG) zum Ausbau einer Eisenbahnstrecke; Schutz gegen Erschütterungen und sekundären Luftschall	Aktenzeichen 7 A 14/09	Lit. 21.12.2010

Kategorien:

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

3 Örtliche Gegebenheiten und Betriebsprogramm

Das Plangebiet liegt im Stadtteil Herne-Horsthausen. Geplant ist die Errichtung von insgesamt 65 Reihenhäusern verteilt auf 3 verschiedene Haustypen. Die Häuser haben jeweils zwei Vollgeschosse. Für einen Teil der Häuser ist zusätzlich ein ausgebautes Dachgeschoss vorgesehen.

Auf Grundlage der geplanten Bebauung wird für die Beurteilung der Immissionen gemäß DIN 4150-2 die Schutzbedürftigkeit eines allgemeinen bzw. reinen Wohngebiets zugrunde gelegt.

Ein Übersichtslageplan des städtebaulichen Entwurfs ist in Anlage 1 dargestellt.

Die Streckenbelastung (vgl. Tabelle 1 und 2) für die Prognose der Erschütterungsmissionen wurde dem Betriebsprogramm Prognose 2030 der Deutschen Bahn AG entnommen.

Tabelle 1: Zugprogramm Prognose 2030 der Strecke 2208.

Zugart	Anzahl	
	Tag (6 – 22 Uhr)	Nacht (22 – 6 Uhr)
Güterzug GZ	6	4
Regionalzug RV	32	4
gesamt	38	8

Tabelle 2: Zugprogramm Prognose 2030 der Strecke 2650.

Zugart	Anzahl	
	Tag (6 – 22 Uhr)	Nacht (22 – 6 Uhr)
Güterzug GZ	31	10
Regionalzug RV	58	14
S-Bahn S	70	24
gesamt	159	48

4 Beurteilungsgrundlagen für Erschütterungen

4.1 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 [6] ohne jegliche Zeit- und Frequenzbewertung zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude heranzuziehen.

Entsprechend der DIN 4150, Teil 2 [5] 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 4150, Teil 2 in Form der so genannten "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.

Da es sich bei Erschütterungsimmissionen nicht um gleichförmige Schwingungen, sondern um stochastische Einzelvorgänge handelt, kann gemäß DIN 4150, Teil 2, der Beginn eines jeden Ereignisses (Zugvorbeifahrt) an den Anfang eines Taktes gelegt werden. Durch dieses Verfahren wird die Anwendung des Takt-Maximal-Bewertungsverfahrens auf Erschütterungen aus oberirdischem Bahnverkehr deutlich vereinfacht. Dies bedeutet nämlich, dass jedem Maximalwert KB_F einer Zugvorbeifahrt bei üblicher Zuggeschwindigkeit und -länge jeweils ein Takt zugeordnet wird. Aus diesen ermittelten Taktmaximalwerten KB_{FTi} wird der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} nach nachfolgender Gleichung berechnet:

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

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_{FTr} . Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit. Diese Beurteilungs-Schwingstärke wird nach DIN 4150, Teil 2 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

In die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} geht also Art und Anzahl der Erschütterungsereignisse innerhalb der Beurteilungszeiten Tag und Nacht mit dem jeweiligen von der entsprechenden Erschütterungsquelle abhängigen Takt-Maximal-Effektivwert KB_{FTm} ein.

Die so ermittelten Beurteilungsgrößen KB_{Fmax} und KB_{FTr} werden mit den in der DIN 4150, Teil 2, angegebenen Anhaltswerten, unter Zugrundelegung verschiedener Gebietsnutzungen für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen, verglichen (siehe Tabelle 4.2).

Hierbei sind drei unterschiedliche Anhaltswerte A_u , A_0 und A_r angegeben.

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_0 , sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Für Werte von $A_0 \geq KB_{Fmax} \geq A_u$ 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 ein Erschütterungsereignis gespürt wird von vielen individuellen Faktoren und dem subjektiven Empfinden abhängt (siehe auch Tabelle 3).

Tabelle 3: Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung.

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

4.2 Beurteilungsgrößen für Schienenverkehr

Die Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr sind nach Kapitel 4.1 zu beurteilen und mit den Anhaltswerten der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 (siehe hier Tabelle 4) zu vergleichen. Hierbei sind die Besonderheiten nach Punkt 6.5.3.1, 6.5.3.2, 6.5.3.4 und 6.5.3.5. der DIN 4150, Teil 2 zu beachten, welche u.a. dem oberen Anhaltswert A_o eine neue Bedeutung verleihen (siehe Anmerkung * Tabelle 4).

Zuschläge für Einwirkungen innerhalb der Ruhezeiten sind hierbei nicht anzuwenden (DIN 4150, Teil 2, Abschnitt 6.5.3.1).

Tabelle 4: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1, Abschnitt 6.5.3.5**.

Einwirkungsgrad		A_u		A_o		A_r	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1, mit Abschnitt 6.5.3.3 und 6.5.3.5**.	Zeile 2 Δ GE	0,3	0,2	6	0,6*	0,15	0,1
	Zeile 3 Δ MI/MK	0,2	0,15	5	0,6*	0,1	0,07
	Zeile 4 Δ WR/WA	0,15	0,1	3	0,6*	0,07	0,05

* Für Schienenverkehr hat der obere Anhaltswert A_o nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen zum Nachtzeitraum einzelne Ereignisse über dem oberen Anhaltswert, so ist nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen (z.B. Flachstelle an den Rädern) und diese möglichst rasch zu beheben. Diese hohen Werte sind jedoch bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} zu berücksichtigen.

**Für Neuplanungen werden die in Abschnitt 6.5.3.3 der DIN 4150, Teil 2 für Schienenwege, welche ausschließlich von Schienenfahrzeugen des Nahverkehrs befahren werden, (z.B. U-Bahnen, Stadtbahn) um den Faktor 1,5 angehobenen Werte für A_u und A_r nicht berücksichtigt.

Bezüglich des Erschütterungsschutzes von Verkehrswegen existieren im Gegensatz zum Verkehrslärm keine rechtsverbindlich festgelegten Grenzwerte und Beurteilungskriterien. Auch die für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen hier hilfsweise herangezogene DIN 4150, Teil 2, kann ausweislich der Anmerkungen unter Abschnitt 6.5.3.4 dieser Norm auf bestehende Bahnstrecken nicht unmittelbar angewendet werden.

Bei städtebaulichen Planungen wird in Abschnitt 6.5.3.4. der DIN 4150-2 empfohlen, zusätzlich zu den genannten Beurteilungskriterien auch die Einhaltung des unteren Anhaltswertes A_u aus Tabelle 4.2 anzustreben. Dies bedeutet, dass bereits der Taktmaximalwert KB_{FTI} für die *einzelne* Zugvorbeifahrt nach Möglichkeit den unteren Anhaltswert A_u unterschreiten sollte. Im Gegensatz zu der Anforderung an die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTI} , welche einen über den gesamten Beurteilungszeitraum gemittelten Wert darstellt, ist diese Forderung an den Taktmaximalwert KB_{FTI} damit unabhängig von der Anzahl der Zugvorbeifahrten.

Bezogen auf allgemeine oder reine Wohngebiete (WA / WR) bedeutet die empfohlene Unterschreitung des unteren Anhaltswertes beispielsweise, dass kein einziger im Nachtzeitraum verkehrender Zug Erschütterungsimmissionen oberhalb der sogenannten Fühlschwelle von $KB = 0,1$ verursachen sollte.

Erfahrungsgemäß können bereits in großen Abständen zu Zugstrecken Erschütterungsimmissionen oberhalb der sog. Fühlschwelle auftreten. In innerstädtischen Situationen ist eine Einhaltung der o.a. Forderung nach Unterschreitung der Fühlschwelle von $KB = 0,1$ meist nur durch sehr aufwendige Maßnahmen, wie der Lagerung der Gebäude auf Stahlschraubenfedern, möglich, was je nach vorliegender Zugfrequentierung unverhältnismäßig erscheint.

Akzeptable Wohn- und Arbeitsverhältnisse sind weitestgehend bereits bei Einhaltung der Anforderungen der DIN 4150-2 an die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTI} erreicht.

Für die vorliegende Planung wird daher geprüft, ob und ggf. unter welchen Maßnahmen eine Einhaltung des mittleren Anhaltswertes A_r der o.a. Norm erreicht werden kann. Zusätzlich werden Hinweise gegeben, ob und unter welchen Maßnahmen auch eine Einhaltung des unteren Anhaltswertes A_u möglich ist.

4.3 Sekundärluftschall

Durch die durch den Schienenverkehr hervorgerufenen Erschütterungen innerhalb der Gebäude können durch die Anregung der Raumbegrenzungsflächen und der dadurch bedingten Schallabstrahlung Schallimmissionen in Form von Sekundärluftschall auftreten.

Bei oberirdisch geführten Strecken, wie es in der vorliegenden Situation der Fall ist, liegen die Anteile des Sekundärluftschalls in der Regel deutlich unterhalb der Immissionen durch direkt einfallenden Luftschall.

Innerhalb einer umfangreichen Studie [12] zum Sekundärluftschall wurde aus einer Vielzahl von Messungen ein empirischer Zusammenhang zwischen dem Schwingungsschnellepegel sowie dem Sekundärluftschallpegel ermittelt.

Dieser Zusammenhang ist im Wesentlichen abhängig von der jeweiligen Bauweise der Häuser. So ergaben sich z.B. für Häuser mit Betondecken andere Abhängigkeiten zwischen Sekundärluftschall und Erschütterungen als für den Fall von Häusern mit Holzbalkendecken.

Eine messtechnische Erfassung des sekundären Luftschallanteils bei oberirdisch verlaufenden Strecken ist, da gleichzeitig direkt einfallender Luftschall auftritt, in der Regel nicht möglich. Ein solch messtechnischer Nachweis wäre nur bei einem entsprechend großen Abstand von Sekundärluftschallpegel zum direkten Luftschall möglich. Dies ist z.B. möglich, wenn eine ausreichende Schalldämmung der Fassade (Massivbauweise ohne Fenster) eines Messraums vorliegt. In solchen Fällen ist in der Regel der Sekundärluftschall bei Zugdurchfahrten auch deutlich wahrzunehmen.

Für die Beurteilung der Sekundärluftschallpegel aus Bahnbetrieb existieren keine verbindlichen Normen und Regelwerke. Eine aktuelle Rechtsverordnung, die sich mit zulässigen Innenraumpegeln im Zusammenhang mit der Dimensionierung von passiven Lärmschutzmaßnahmen beschäftigt, ist die 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes.

Aus den Regularien der 24. BImSchV lassen sich als Zumutbarkeitsschwelle mittlere Innenraumpegel von 40 dB(A) (tags) für Wohnräume und 30 dB(A) (nachts) für Schlafräume ableiten. Hierbei erfolgt keine Unterscheidung hinsichtlich der Gebietsnutzung. Das Bundesverwaltungsgericht legt in seinem Urteil vom 21.12.2010 [17] diese Vorgehensweise ebenfalls nahe: "Ein spezielles Regelwerk zur Bestimmung der Zumutbarkeit beim sekundären Luftschall gibt es bislang nicht. Zur Schließung dieser Lücke ist auf Regelwerke zurückzugreifen, die auf von der Immissionscharakteristik vergleichbare Sachlagen zugeschnitten sind. Dabei ist in erster Linie dem Umstand Rechnung zu tragen, dass es sich bei dem hier auftretenden sekundären Luftschall um einen verkehrsinduzierten Lärm handelt. Das legt eine Orientierung an den Vorgaben der auf öffentliche Verkehrsanlagen bezogenen 24. BImSchV nahe... ."

5 Erschütterungsmessungen

5.1 Ort und Zeit der Messungen

Die Erschütterungsmessung wurde am 11.07.2019 im Umfeld des Planungsgrundstücks an der Baumstraße durchgeführt.

Eine Beschreibung der Messumgebung und des Messaufbaus ist in Anlage 1 dargestellt.

Ein Bodenmesspunkt wurde in einem Abstand von ca. 30 m zur Strecke 2208 installiert.

Für die geplante Bebauung an der Horsthauser Straße wird der sich für die Bebauung ergebende Abstand zu den Gleisen rechnerisch berücksichtigt.

5.2 Messgeräte

Die Erschütterungsmessungen wurden entsprechend der DIN 4150, Teil 2, in Verbindung mit DIN 45669, Teil 1 [7] und Teil 2 [8] sowie dem DB-Leitfaden zum Erschütterungs- und Körperschallschutz [16] durchgeführt.

Die Ankopplung der Messaufnehmer erfolgte über Dreipunktlager gemäß DIN 45669. Die Erschütterungsimmissionen wurden mittels Geophonen (Schwingungsmesser nach DIN 45669 A3HV 315/1) der Firma M. Beitzer Messtechnik (System 9800) aufgezeichnet. Die eingesetzte Messkette ist im Anhang dargestellt.

Die Frequenzanalysen erfolgten mittels Auswertesoftware für das System 9800 der Firma M. Beitzer Messtechnik.

6 Prognoseverfahren

6.1 Einflussgrößen für Erschütterungen

Maßgeblich für die Höhe der Erschütterungsimmissionen ist die Höhe der Emission und der Abstand der zu betrachtenden Gebäude zu den Bahngleisen. Weitere Einflussgrößen sind:

- die Bodenbeschaffenheit auf dem Übertragungsweg,
- die Bauweise der Gebäude,
- die gefahrene Geschwindigkeit,
- der Zustand der Gleise,
- das eingesetzte Wagenmaterial.

Die Bodenbeschaffenheit auf dem Übertragungsweg sowie die Bauweise des jeweiligen Gebäudes haben bei einer Prognose von Erschütterungen meist einen schwer abschätzbaren Einfluss.

Zur Bestimmung der Übertragung der Erschütterungen auf das geplante Bauwerk werden statistische Ansätze aus der Literatur [16] herangezogen.

6.2 Beschreibung der Methodik

Die Prognosen der Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen erfolgen auf Basis der vorliegenden Planung.

Mittels der messtechnisch erfassten Emissionen bzw. Immissionen sowie Übertragungsfunktionen aus der Literatur [16] erfolgte die Prognose der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen für die geplanten Gebäude.

In einem ersten Schritt wurden für die Vorbeifahrten der Züge Frequenzanalysen (Terz-F-max / Max-Hold Spektren) durchgeführt und diese anschließend für jeden Zugtyp und jedes Gleis getrennt energetisch gemittelt. Diese gemittelten Terz-F-max Frequenzspektren gehen als Eingangsdaten für die Prognose ein.

Durch die Verwendung von Terz-F-Max Spektren liegen die berechneten Prognosen auf der sicheren Seite, da für diese Spektren zu jeder Terz der während einer Vorbeifahrt maximal aufgetretene Messwert zugeordnet wird. Dies tritt so in der Realität allgemein nicht auf und führt daher bei der Prognose in der Regel zu höheren Werten.

Für die Prognose der Erschütterungen in dem zu untersuchenden Gebäude werden statistische Ansätze aus der Literatur [16] herangezogen.

Es können sich in den detailliert dargestellten Berechnungen in den Anlagen scheinbare Rechenfehler um 0,1 dB in den spektralen Darstellungen ergeben. Diese rühren aus der Tatsache, dass intern mit genaueren Zahlen gerechnet wurde, als in den auf eine Nachkommastelle gerundeten Werten, welche in den Anlagen dargestellt werden.

Weiterhin können sich durch das eingesetzte spektrale Prognoseverfahren Unterschiede in den berechneten Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} für die rechnerische Nachbildung der Messsituation gegenüber der aus den Messwerten direkt berechneten Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} ergeben. Ursächlich hierfür ist der Einsatz von Terz-F-Max Spektren welche in der Regel eine Prognose auf der sicheren Seite ergeben (siehe oben).

Im nachfolgenden Kapitel 7 sind die zusammengefassten Ergebnisse der Erschütterungsmessung und der Prognose für das Plangebäude für allgemeine Übertragungsfunktionen aus der Literatur angegeben.

6.3 Prognoseunsicherheit

Die generelle messtechnische Unsicherheit bei der Ermittlung von KB_F -Werten kann gemäß DIN 4150 Teil 2 mit 15 % beziffert werden. Die zur Prognose herangezogenen Übertragungsfunktionen für die Transmission im Erdboden, den Übergang vom Fundament auf die Decken im Gebäude sowie die Geschwindigkeitskorrektur sind ebenfalls mit Unsicherheiten behaftet.

Als Eingangsdaten für die Prognose werden jedoch Emissionsspektren herangezogen, welche die Zugvorbeifahrten mit den höchsten Erschütterungsimmissionen verursacht haben. Im Mittel aller Zugvorbeifahrten wird eine niedrigere Erschütterungsimmission auftreten. Weiterhin wurden für die Prognose sogenannte Terz-F-Max-Spektren verwendet, welche in der Regel bis zu 10 dB über dem gemittelten Emissionsspektrum liegen. Eine Prognoseunsicherheit von 20 % bewirkt eine Pegelunsicherheit, die deutlich geringer (< 2 dB) ist. Erfahrungsgemäß werden daher die zukünftig zu erwartenden Erschütterungen tendenziell konservativ überschätzt.

7 Auswertung und Prognose der Erschütterungsimmissionen

7.1 Prognose der Erschütterungsimmissionen

Ermittelt man als Prognose aus den Messdaten am Messpunkt in 30 m Abstand zur Strecke die Immissionen, so ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle 5 aufgeführten Beurteilungs-Schwingstärken (KB_{FTr}).

Für die Ermittlung der Immissionen wird mithilfe einer Bodendämpfungsfunktion der Ausbreitungsweg vom Messpunkt in ca. 30 m Abstand auf einen Abstand von ca. 90 m zur Strecke 2208 für die geplante Bebauung berücksichtigt.

Tabelle 5: Prog. Erschütterungsimmissionen für die Horsthauser Straße in Herne.

Deckenaufbau, Eigenfrequenz	KB_{FTr}		A_r		$KB_{FTr} \leq A_r$	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Betondecke, 12,5 Hz	0,027	0,023	0,07	0,05	Ja	Ja
Betondecke, 16 Hz	0,051	0,042	0,07	0,05	Ja	Ja
Betondecke, 20 Hz	0,031	0,027	0,07	0,05	Ja	Ja
Betondecke, 25 Hz	0,030	0,025	0,07	0,05	Ja	Ja
Betondecke, 31,5 Hz	0,017	0,014	0,07	0,05	Ja	Ja
Betondecke, 40 Hz	0,013	0,011	0,07	0,05	Ja	Ja

Für das Plangebiet wird eine Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 prognostiziert.

7.2 Prognose und Beurteilung des sekundären Luftschallpegels

Durch Anwendung des in Kapitel 4.3 erwähnten empirischen Zusammenhangs zwischen auftretendem Schwingschnellepegel und dem Sekundärluftschallpegel können die zu erwartenden sekundären Luftschallimmissionen analog zur Prognose der auftretenden Erschütterungsimmissionen ermittelt werden. Relevante sekundäre Luftschallimmissionen ergeben sich aus Schwingungsanteilen im Frequenzbereich zwischen 30 Hz bis 160 Hz.

Aus den Regularien der 24. BImSchV lassen sich mittlere Innenraumpegel von 40 dB(A) (tags) für Wohnräume und 30 dB(A) (nachts) für Schlafräume als Zumutbarkeitsschwelle ableiten. Hierbei erfolgt keine Unterscheidung hinsichtlich der Gebietsnutzung. In der nachfolgenden Tabelle 6 sind die prognostizierten Sekundärluftschallimmissionen aufgeführt.

Tabelle 6: Prognostizierte Sekundärluftschallimmissionen für die Horsthauser Straße.

Deckenaufbau, Eigenfrequenz	L _r in dB(A)		A _r in dB(A)		Einhaltung		L _{max} in dB(A)
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	
Betondecke, 31,5 Hz	19,0	17,0	40	30	Ja	Ja	32,7
Betondecke, 40 Hz	18,2	16,1	40	30	Ja	Ja	32,1
Betondecke, 50 Hz	18,2	16,1	40	30	Ja	Ja	32,2
Betondecke, 80 Hz	17,2	15,2	40	30	Ja	Ja	30,6

Für das Plangebiet wird eine Einhaltung der Anforderungen der 24. BImSchV an die sekundären Luftschallimmissionen prognostiziert.

7.3 Schienenverkehr auf den Rangiergleisen

Für die Belastung der Rangiergleise wurden Daten bei der Deutschen Bahn abgefragt. Gemäß den Aussagen der Deutschen Bahn können keine detaillierten Angaben zum Verkehrsaufkommen zur Verfügung gestellt werden, da diese Daten nicht erfasst werden. Auch nach umfangreichen Recherchen waren keine Eingangsdaten zu ermitteln.

Im Vergleich zur Prognose auf Grundlage des Regelverkehrs auf den Hauptstrecken (Betriebsprogramm 2030) lassen sich hierdurch für die Rangiergleise nur grobe Aussagen zu Erschütterungsmissionen aus dem Schienenverkehr auf den Rangiergleisen treffen.

Auf Grundlage der Messdaten durch Güterzugvorbeifahrten am Messpunkt in einem Abstand von ca. 30 m zur Strecke, ergibt sich für Betondecken mit einer Eigenfrequenz von 16 Hz ein Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} von 0,29. Aufgrund eines ähnlichen Abstandsverhältnisses der geplanten Bebauung zum nächstliegenden Rangiergleis ergäbe sich somit eine Anzahl von ca. 25 Güterzugvorbeifahrten am Tag und 5 in der Nacht unterhalb derer der Anhaltswert der DIN 4150-2 für die geplante Bebauung eingehalten wird. Der Regelverkehr auf den Hauptstrecken ist hierbei berücksichtigt. Diese Annahme stellt eine „worst-case“ Betrachtung dar.

Es ist davon auszugehen, dass die Rangiergeschwindigkeiten im Vergleich zu den gefahrenen Geschwindigkeiten auf den Hauptstrecken deutlich geringer sind. Bedingt hierdurch werden die Erschütterungsmissionen geringer ausfallen. Die ermittelte Anzahl der genannten Güterzugvorbeifahrten auf dem Rangiergleisen liegt in der Größenordnung der Güterzugvorbeifahrten auf den Hauptstrecken. Es ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Rangierbewegungen deutlich geringer ist, als die Güterzugvorbeifahrten auf den Hauptstrecken. Das Risiko, dass die Anhaltswerte der DIN 4150-2 durch den zusätzlichen Verkehr auf den Rangiergleisen überschritten wird, ist somit eher als gering einzustufen.

8 Zusammenfassung

An der Horsthauser Straße in Herne ist südlich der bestehenden Bahngleise die Errichtung von Wohnhäusern geplant.

Aus Basis einer Erschütterungsmessung an der Baumstraße in Herne, welche für ein anderes Bauvorhaben am 11.07.2019 durchgeführt wurde, wurden die auf die geplante Bebauung an der Horsthauser Straße einwirkenden Erschütterungs und sekundären Luftschallimmissionen prognostiziert.

Die Prognose zeigt, dass die Anforderungen an die Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen für die geplante Bebauung eingehalten werden.

Peutz Consult GmbH

ppa. Dipl.-Ing. Mark Bless
(Messstellenleitung)

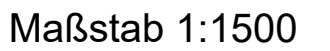
i.A. Dipl.-Phys. Dr. Felix Mertens
(Projektbearbeitung)

Anlagenverzeichnis

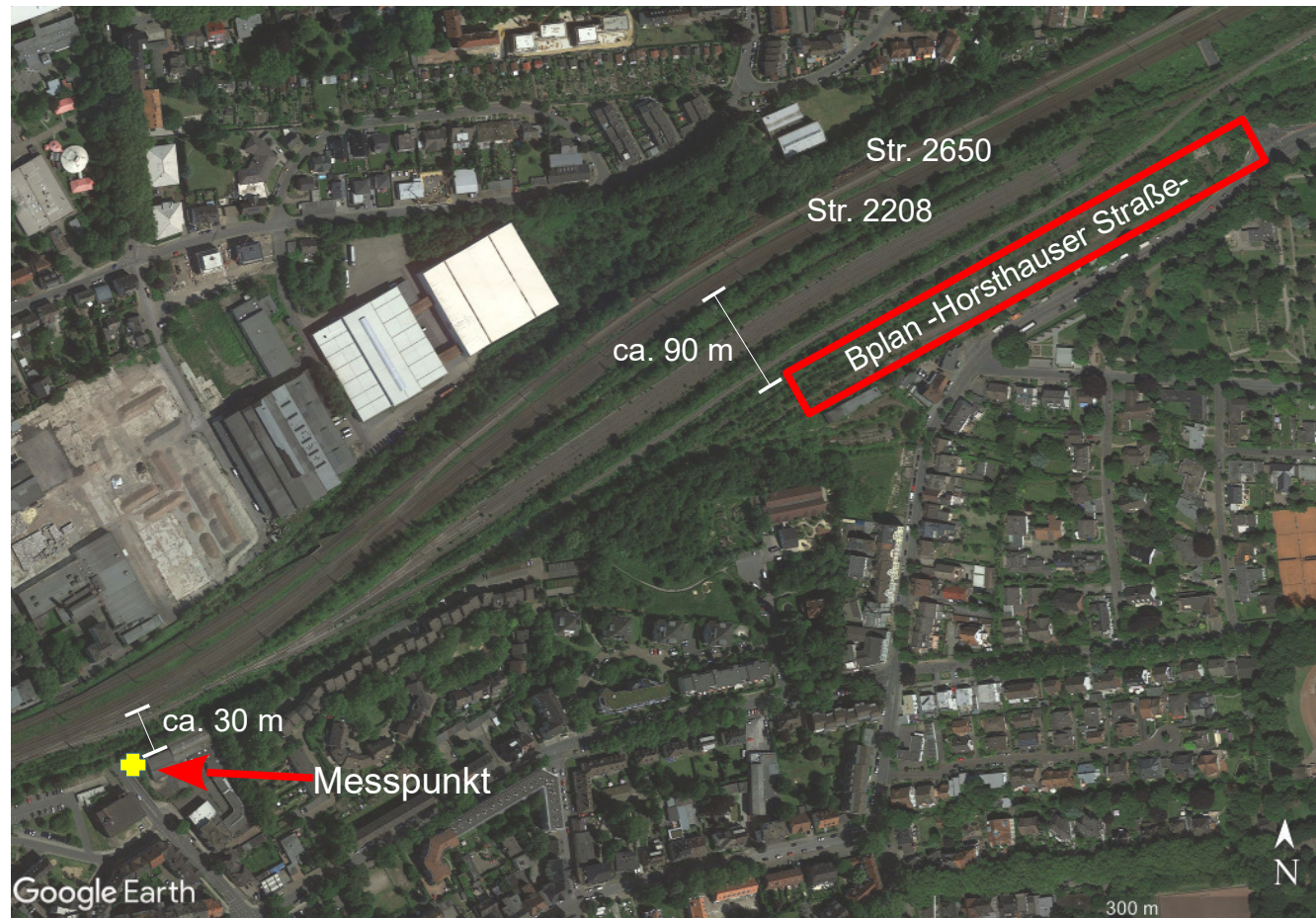
Anlage 1 Übersichtslageplan und Dokumentation der Messung

Anlage 2 vertikale Erschütterungsprognose Messpunkt 1 für Deckenaufbauten mit einer
Eigenfrequenz von 12,5 Hz bis 25 Hz

Anlage 3 vertikale Erschütterungsprognose Messpunkt 1 für Deckenaufbauten mit einer
Eigenfrequenz von 31,5 Hz bis 80 Hz

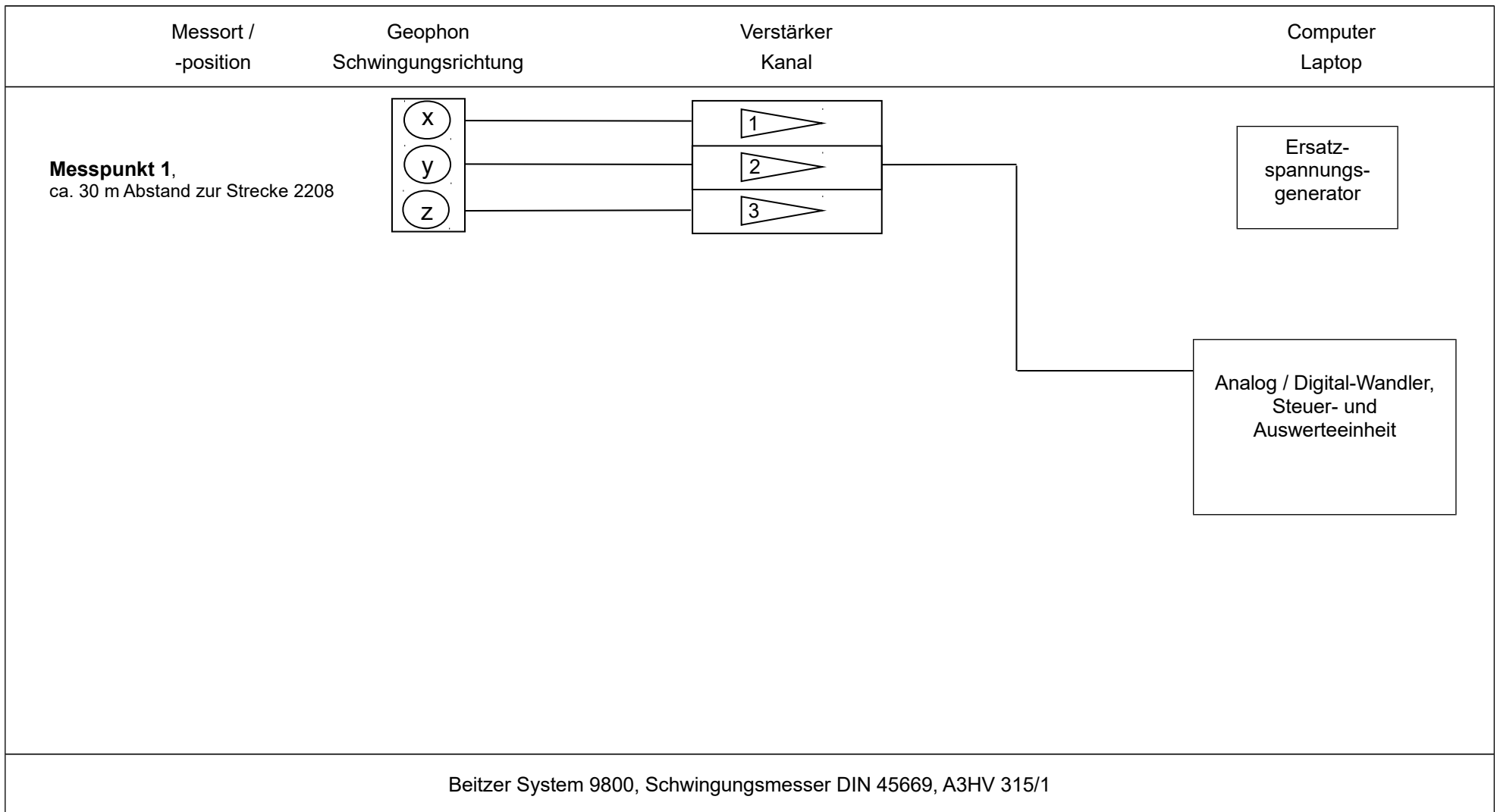


Erschütterungsprognose Horsthauser Straße in Herne





*Abbildung 1: Messpunkt an der
Baumstraße in ca. 30 m Abstand
zur Strecke 2208*

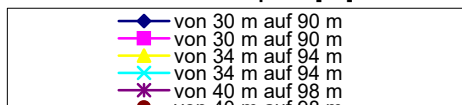
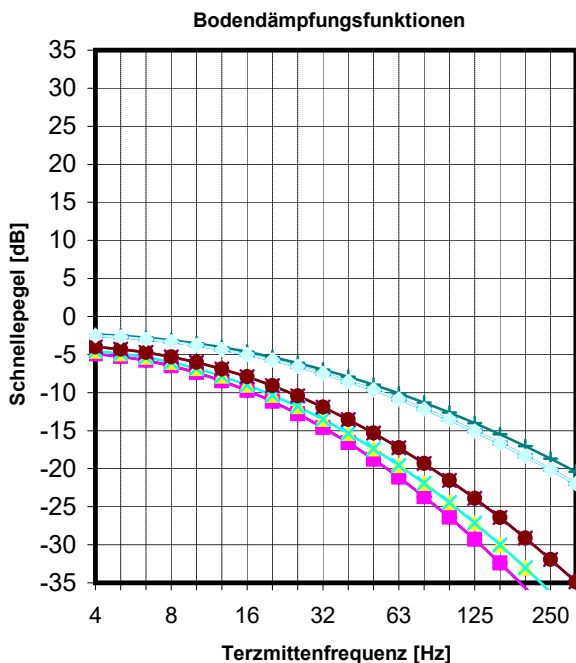
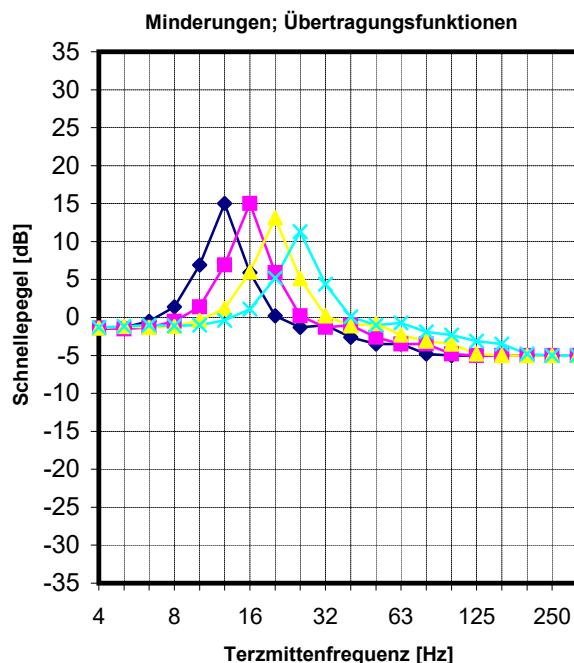
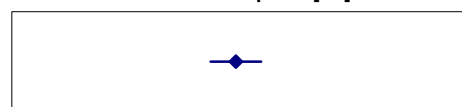
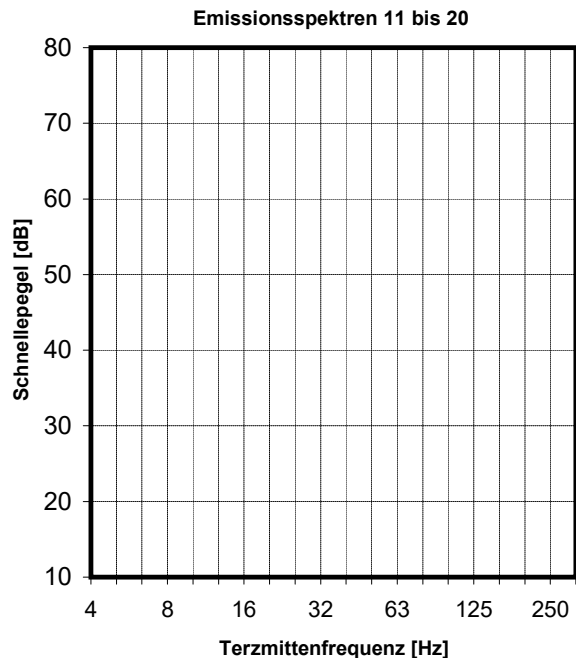
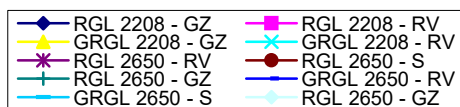
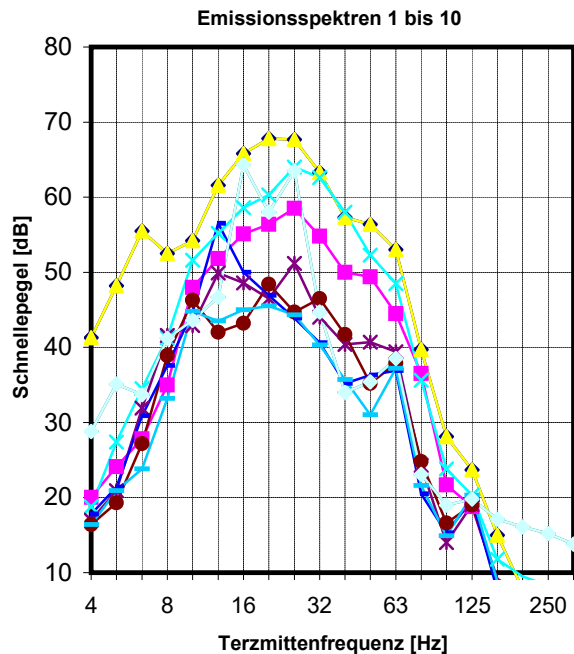


Zugliste Messung

Datum	Uhrzeit	Typ	Gleis	Strecke
11.07.2019	10:54	S	2	2650
	12:59	GZ	2	2650
	11:06	RB	1	2208
	11:08	S	1	2650
	11:14	S	1	2208
	11:19	RB	2	2650
	11:30	S	1	2650
	11:32	S	2	2650
	11:38	RB	1	2650
	11:44	S	1	2208
	11:47	RB	1	2208
	11:50	GZ	1	2208
	11:54	S	2	2650
	12:06	RB	1	2208
	-	S	1	2650
	12:13	S	1	2208
	12:17	RB	1	2650
	12:31	S	1	2208
	12:33	S	2	2650
	12:46	RB	1	2650
	12:48	RB	2	2208
	12:57	S	1	2208
	12:57	S	2	2650
	13:05	RB	1	2208

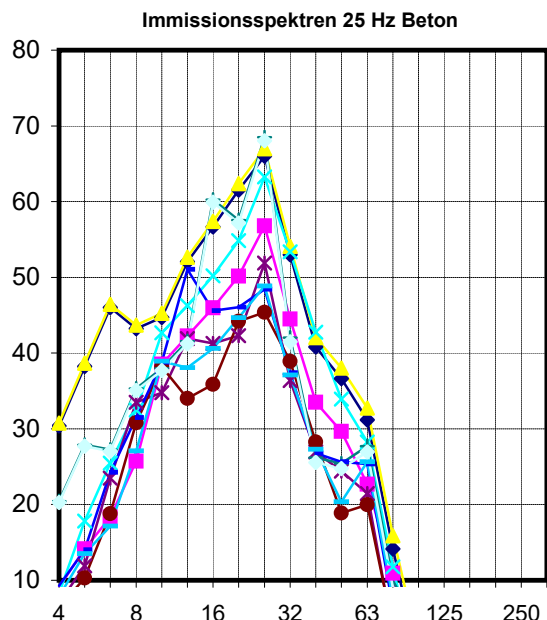
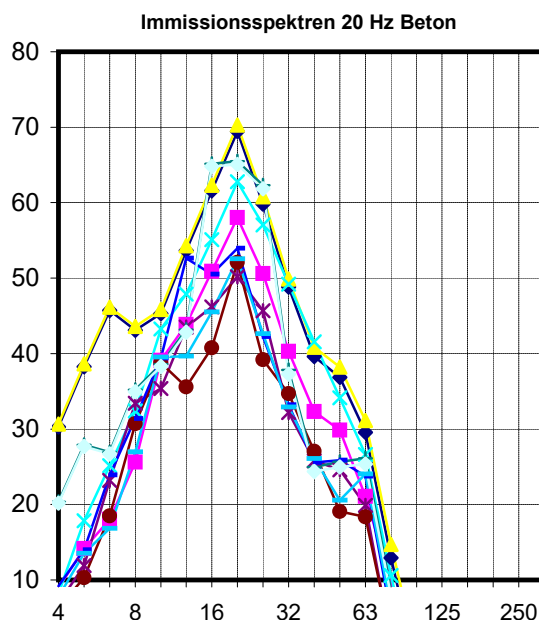
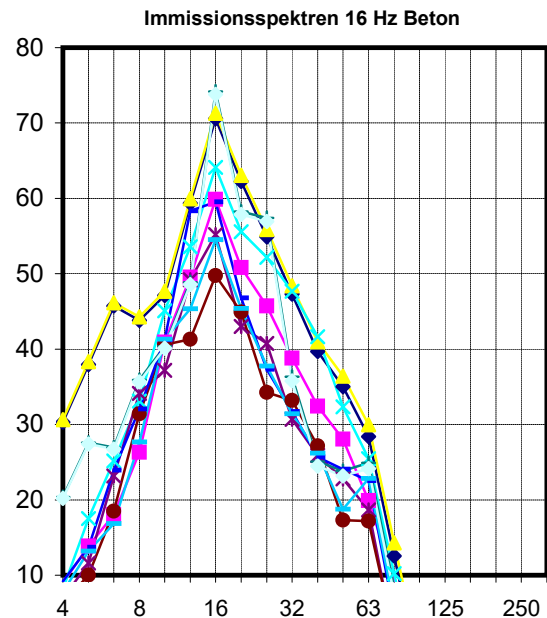
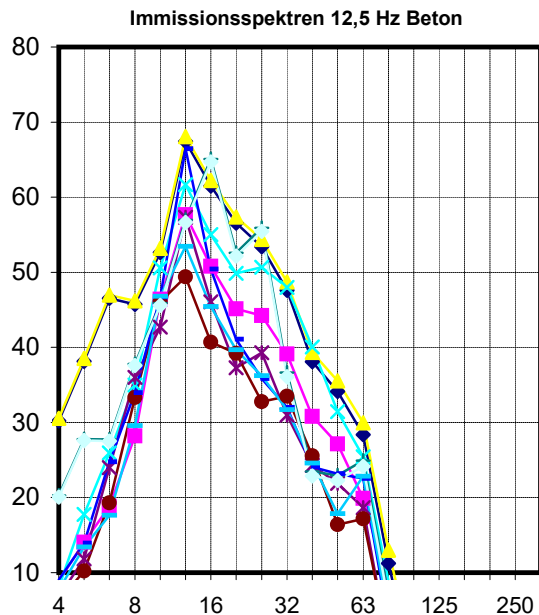
Uhrzeit	Typ	Gleis	Gesch.
-	S	1	2650
13:14	S	1	2208

Eingangsdaten zur Prognose; Horsthauser Straße in Herne



alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

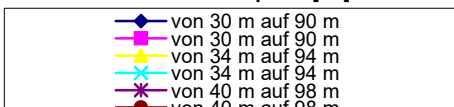
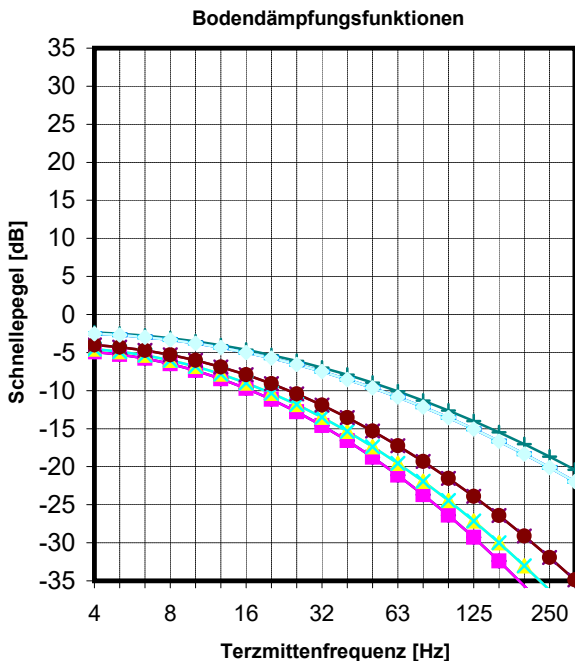
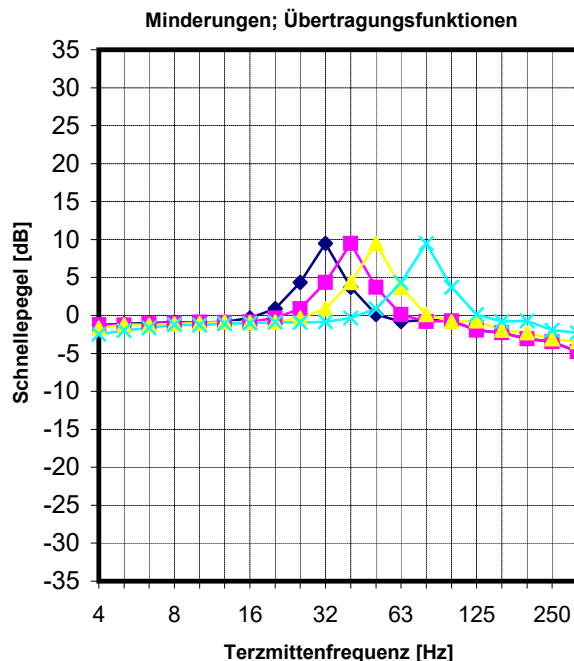
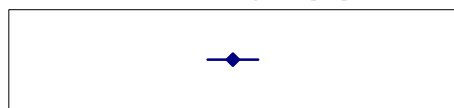
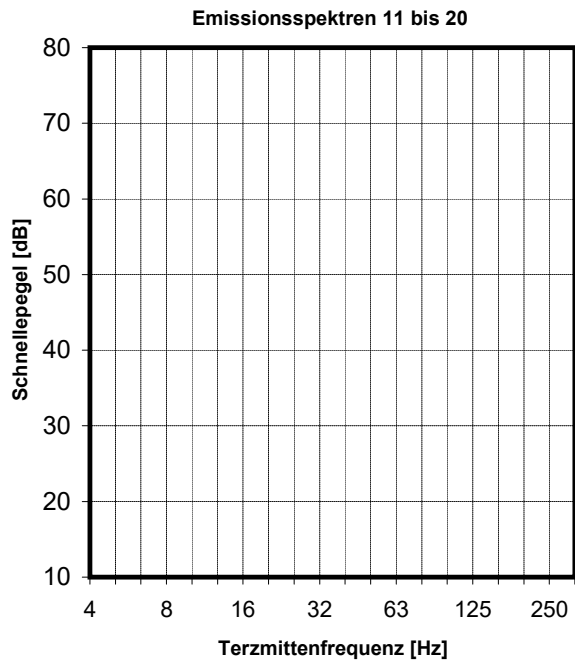
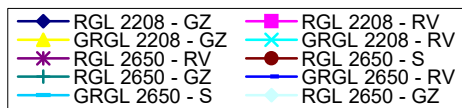
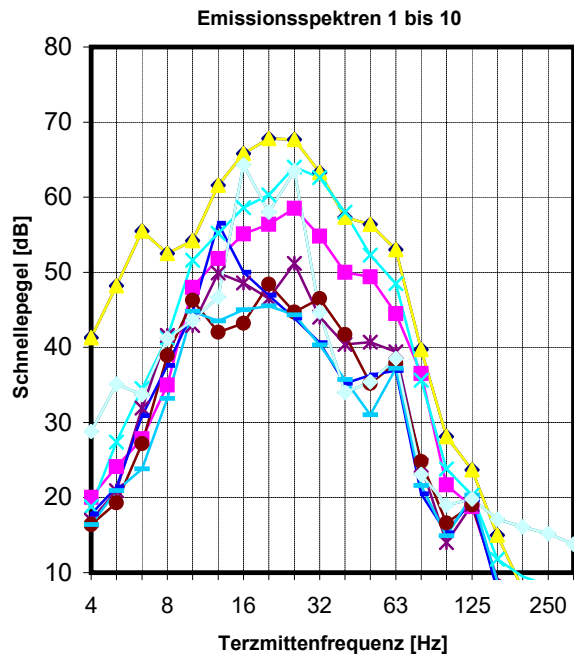
Eingangsdaten zur Prognose; Horsthauser Straße in Herne



alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

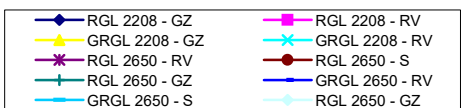
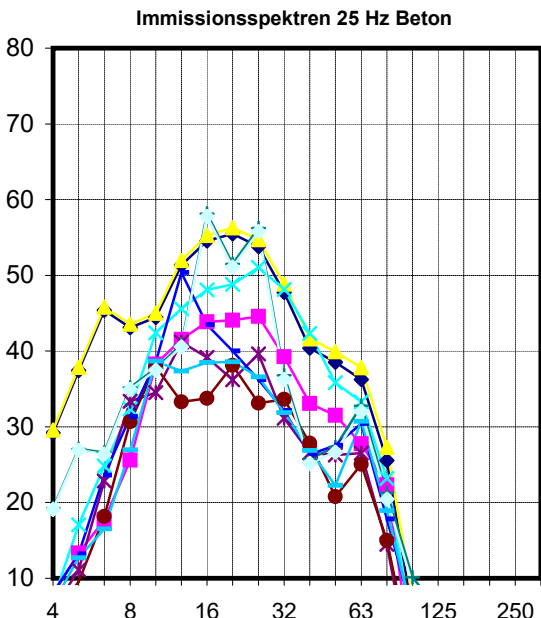
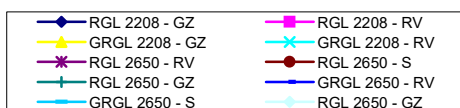
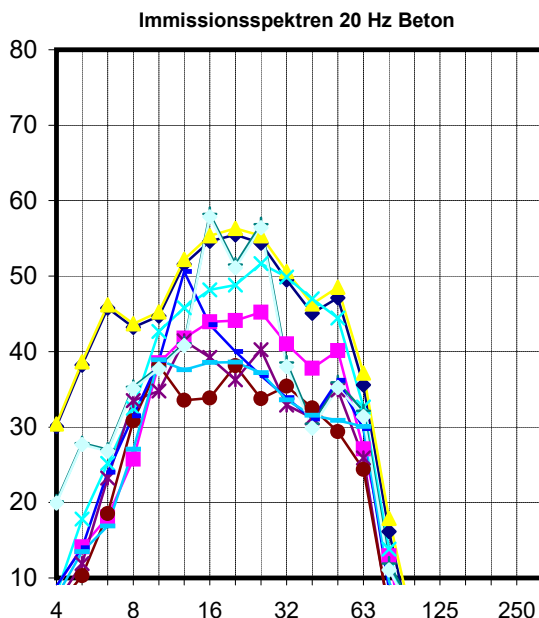
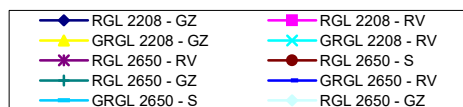
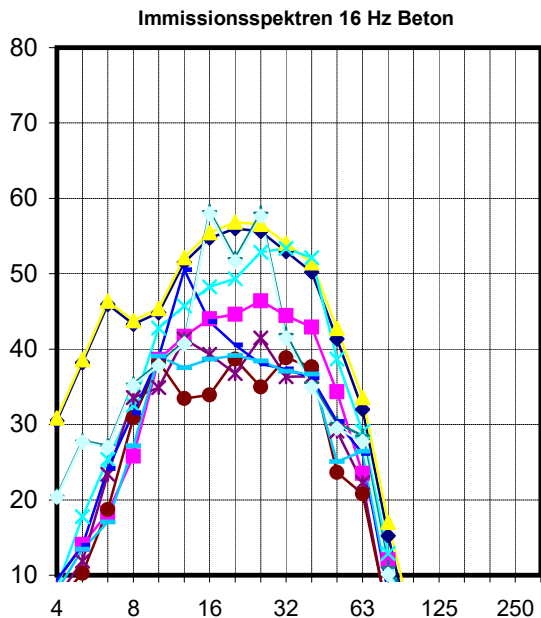
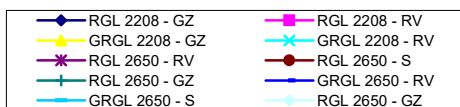
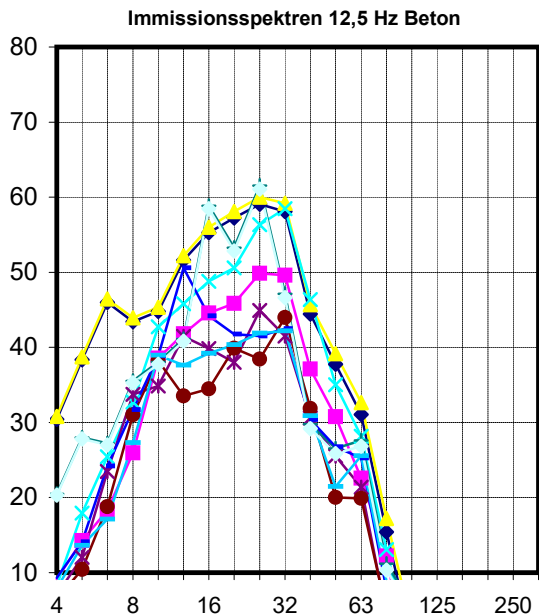
Berechnung der Immissionen; Horsthauser Straße in Herne																									
Frequenz [Hz]		4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse									
Emissionsspektren																Tag		Nacht							
RGL 2208 - GZ		39,9	41,3	48,2	55,5	52,5	54,2	61,6	65,8	67,8	67,7	63,3	57,3	56,4	53,0	39,7	28,1	23,7	15,0	7,8	5,8	4,4	3	2	
RGL 2208 - RV		16,7	20,0	24,1	27,8	35,0	48,0	51,8	55,1	56,4	58,5	54,8	50,0	49,4	44,5	36,5	21,7	18,8	8,6	8,6	7,5	5,9	16	2	
GRGL 2208 - GZ		39,9	41,3	48,2	55,5	52,5	54,2	61,6	65,8	67,8	67,7	63,3	57,3	56,4	53,0	39,7	28,1	23,7	15,0	7,8	5,8	4,4	3	2	
GRGL 2208 - RV		19,6	18,8	27,4	34,5	41,3	51,6	55,2	58,6	60,3	64,0	62,6	58,0	52,3	48,5	35,6	23,8	20,3	11,8	9,5	8,3	7,2	16	2	
RGL 2650 - RV		17,8	17,0	20,9	31,9	41,6	42,9	49,9	48,6	46,5	51,2	44,0	40,4	40,7	39,4	24,3	14,0	19,1	9,2	7,0	5,5	5,1	29	7	
RGL 2650 - S		15,9	16,4	19,3	27,2	38,9	46,3	42,0	43,2	48,4	44,7	46,5	41,7	35,2	37,9	24,8	16,6	19,0	8,6	6,6	6,8	5,6	35	12	
RGL 2650 - GZ		20,6	28,8	35,1	33,7	41,2	43,6	46,7	64,3	58,0	63,5	44,7	34,0	35,4	38,5	23,1	19,0	19,8	17,1	16,1	15,2	13,8	16	5	
GRGL 2650 - RV		13,8	17,8	21,4	30,9	37,6	44,7	56,5	50,0	46,9	43,9	40,6	35,2	36,3	36,9	20,5	15,3	19,7	7,6	4,9	3,6	2,4	29	7	
GRGL 2650 - S		16,8	16,4	20,9	23,8	33,2	44,8	43,5	45,0	45,5	44,3	40,3	35,7	31,0	37,2	21,6	14,9	20,3	8,8	6,2	4,6	2,8	35	12	
RGL 2650 - GZ		20,6	28,8	35,1	33,7	41,2	43,6	46,7	64,3	58,0	63,5	44,7	34,0	35,4	38,5	23,1	19,0	19,8	17,1	16,1	15,2	13,8	15	5	
Übertragungsfunktionen																									
12,5 Hz Beton		-1,4	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0			
16 Hz Beton		-1,5	-1,4	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0			
20 Hz Beton		-1,4	-1,4	-1,2	-1,3	-1,2	-0,4	1,2	6,0	13,1	5,1	0,2	-1,1	-0,8	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0			
25 Hz Beton		-1,5	-1,3	-1,2	-1,0	-1,1	-1,0	-0,4	1,1	5,2	11,3	4,4	0,1	-1,0	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0			
Angesetzte Bodendämpfungen																									
von 30 m auf 90 m		-4,7	-4,9	-5,3	-5,8	-6,5	-7,4	-8,5	-9,7	-11,2	-12,8	-14,6	-16,6	-18,8	-21,1	-23,7	-26,4	-29,3	-32,4	-35,7	-39,1	-42,8			
von 30 m auf 90 m		-4,7	-4,9	-5,3	-5,8	-6,5	-7,4	-8,5	-9,7	-11,2	-12,8	-14,6	-16,6	-18,8	-21,1	-23,7	-26,4	-29,3	-32,4	-35,7	-39,1	-42,8			
von 34 m auf 94 m		-4,4	-4,5	-4,9	-5,3	-6,0	-6,8	-7,8	-9,0	-10,3	-11,8	-13,5	-15,4	-17,4	-19,6	-21,9	-24,4	-27,1	-30,0	-33,0	-36,2	-39,6			
von 34 m auf 94 m		-4,4	-4,5	-4,9	-5,3	-6,0	-6,8	-7,8	-9,0	-10,3	-11,8	-13,5	-15,4	-17,4	-19,6	-21,9	-24,4	-27,1	-30,0	-33,0	-36,2	-39,6			
von 40 m auf 98 m		-3,9	-4,0	-4,3	-4,7	-5,3	-6,0	-6,9	-7,9	-9,1	-10,4	-11,9	-13,5	-15,3	-17,2	-19,3	-21,5	-23,9	-26,4	-29,1	-31,9	-34,9			
von 40 m auf 98 m		-3,9	-4,0	-4,3	-4,7	-5,3	-6,0	-6,9	-7,9	-9,1	-10,4	-11,9	-13,5	-15,3	-17,2	-19,3	-21,5	-23,9	-26,4	-29,1	-31,9	-34,9			
von 58 m auf 98 m		-2,3	-2,3	-2,5	-2,8	-3,1	-3,5	-4,0	-4,6	-5,3	-6,1	-7,0	-7,9	-9,0	-10,1	-11,3	-12,6	-14,0	-15,5	-17,0	-18,7	-20,4			
von 58 m auf 102 m		-2,4	-2,5	-2,7	-3,0	-3,3	-3,8	-4,3	-5,0	-5,7	-6,6	-7,5	-8,5	-9,6	-10,9	-12,2	-13,6	-15,1	-16,6	-18,3	-20,1	-22,0			
von 58 m auf 102 m		-2,4	-2,5	-2,7	-3,0	-3,3	-3,8	-4,3	-5,0	-5,7	-6,6	-7,5	-8,5	-9,6	-10,9	-12,2	-13,6	-15,1	-16,6	-18,3	-20,1	-22,0			
von 58 m auf 102 m		-2,4	-2,5	-2,7	-3,0	-3,3	-3,8	-4,3	-5,0	-5,7	-6,6	-7,5	-8,5	-9,6	-10,9	-12,2	-13,6	-15,1	-16,6	-18,3	-20,1	-22,0			
Immissionsspektren																									
																								KB _{FTm} :	Lmax (dB(A))
RGL 2208 - GZ																									
12,5 Hz Beton		33,8	34,9	41,6	49,2	47,4	53,7	68,1	62,0	56,8	53,6	47,7	38,1	34,1	28,4	11,2	-3,3	-10,6	-22,4	-32,9	-38,3	-43,4	0,14	29,4	
16 Hz Beton		33,7	35,0	41,4	48,4	45,5	48,2	60,0	71,1	62,5	55,1	47,4	39,7	35,0	28,4	12,5	-3,1	-10,6	-22,4	-32,9	-38,3	-43,4	0,19	31,0	
20 Hz Beton		33,8	35,0	41,7	48,4	44,8	46,4	54,3	62,1	69,7	60,0	48,9	39,6	36,8	29,6	12,9	-1,8	-10,4	-22,4	-32,9	-38,3	-43,4	0,17	32,4	
25 Hz Beton		33,7	35,1	41,7	48,7	44,9	45,8	52,7	57,2	61,8	66,2	53,1	40,8	36,6	31,2	14,1	-0,6	-8,7	-20,9	-32,7	-38,3	-43,4	0,13	33,0	
RGL 2208 - RV																									
12,5 Hz Beton		10,6	13,6	17,5	21,5	29,9	47,5	58,3	51,3	45,4	44,4	39,2	30,8	27,1	19,9	8,0	-9,7	-15,5	-28,8	-32,1	-36,6	-41,9	0,05	25,3	
16 Hz Beton		10,5	13,7	17,3	20,7	28,0	42,0	50,2	60,4	51,1	45,9	38,9	32,4	28,0	19,9	9,3	-9,5	-15,5	-28,8	-32,1	-36,6	-41,9	0,06	26,5	
20 Hz Beton		10,6	13,7	17,6	20,7	27,3	40,2	44,5	51,4	58,3	50,8	40,4	32,3	29,8	21,1	9,7	-8,2	-15,3	-28,8	-32,1	-36,6	-41,9	0,05	27,7	
25 Hz Beton		10,5	13,8	17,6	21,0	27,4	39,6	42,9	46,5	50,4	57,0	44,6	33,5	29,6	22,7	10,9	-7,0	-13,6	-27,3	-31,9	-36,6	-41,9	0,04	28,8	
GRGL 2208 - GZ																									
12,5 Hz Beton		34,1	35,3	42,0	49,7	47,9	54,3	68,8	62,7	57,7	54,6	48,8	39,3	35,5	29,9	13,0	-1,3	-8,4	-20,0	-30,2	-35,4	-40,2	0,15	29,9	
16 Hz Beton		34,0	35,4	41,8	48,9	46,0	48,8	60,7	71,8	63,4	56,1	48,5	40,9	36,4	29,9	14,3	-1,1	-8,4	-20,0	-30,2	-35,4	-40,2	0,21	31,4	
20 Hz Beton		34,1	35,4	42,1	48,9	45,3	47,0	55,0	62,8	70,6	61,0	50,0	40,8	38,2	31,1	14,7	0,2	-8,2	-20,0	-30,2	-35,4	-40,2	0,19	32,8	
25 Hz Beton		34,0	35,5	42,1	49,2	45,4	46,4	53,4	57,9	62,7	67,2	54,2	42,0	38,0	32,7	15,9	1,4	-6,5	-18,5	-30,0	-35,4	-40,2	0,14	33,5	
GRGL 2208 - RV																									
12,5 Hz Beton		13,8	12,8	21,2	28,7	36,7	51,7	62,4	55,5	50,2	50,9	48,1	40,0	31,4	25,4	8,9	-5,6	-11,8	-23,2	-28,5	-32,9	-37,4	0,07	28,5	
16 Hz Beton		13,7	12,9	21,0	27,9	34,8	46,2	54,3	64,6	55,9	52,4	47,8	41,6	32,3	25,4	10,2	-5,4	-11,8	-23,2	-28,5	-32,9	-37,4	0,09	29,3	
20 Hz Beton		13,8	12,9	21,3	27,9	34,1	44,4	48,6	55,6	63,1	57,3	49,3	41,5	34,1	26,6	10,6	-4,1	-11,6	-23,2	-28,5	-32,9	-37,4	0,09	30,5	
25 Hz Beton		13,7	13,0	21,3	28,2	34,2	43,8	47,0	50,7	55,2	63,5	53,5	42,7	33,9	28,2	11,8	-2,9	-9,9	-21,7	-28,3	-32,9	-37,4	0,08	32,0	
RGL 2650 - RV																									
12,5 Hz Beton		12,5	11,5	15,3	26,7	37,7	43,8	58,0	46,6	37,6	39,5	31,1	24,3	21,9	18,7	0,2	-12,5	-9,8	-22,2	-27,1	-31,4	-34,8	0,04	23,1	
16 Hz Beton		12,4	11,6	15,1	25,9	35,8	38,3	49,9	55,7	43,3	41,0	30,8	25,9	22,8	18,7	1,5	-12,3	-9,8	-22,2	-27,1	-31,4	-34,8	0,03	24,0	
20 Hz Beton		12,5	11,6	15,4	25,9	35,1	36,5	44,2	46,7	50,5	45,9	32,3	25,8	24,6	19,9	1,9	-11,0	-9,6	-22,2	-27,1	-31,4	-34,8	0,02	24,9	
25 Hz Beton		12,4	11,7	15,4	26,2	35,2	35,9	42,6	41,8	42,6	52,1	36,5	27,0	24,4	21,5	3,1	-9,8	-7,9	-20,7	-26,9	-31,4	-34,8	0,02	26,4	
RGL 2650 - S																									
12,5 Hz Beton		10,6	10,9	13,7	22,0	35,0	47,2	50,1	41,2	39,5	33,0	33,6	25,6	16,4	17,2	0,7	-9,9	-9,9	-22,8	-27,5	-30,1	-34,3	0,02	12,0	
16 Hz Beton		10,5	11,0	13,5	21,2	33,1	41,7	42,0	50,3	45,2	34,5	33,3	27,2	17,3	17,2	2,0	-9,7	-9,9	-22,8	-27,5	-30,1	-34,3	0,02	13,2	
20 Hz Beton		10,6	11,0	13,8	21,2	32,4	39,9	36,3	41,3	52,4	39,4	34,8	27,1	19,1	18,4	2,4	-8,4	-9,7	-22,8	-27,5	-30,1	-34,3	0,02	15,3	
25 Hz Beton		10,5	11,1	13,8	21,5	32,5	39,3	34,7	36,4	44,5	45,6	39,0	28,3	18,9	20,0	3,6	-7,2	-8,0	-21,3	-27,3	-30,1	-34,3	0,01	15,6	
RGL 2650 - GZ																									
12,5 Hz Beton		16,9	25,0	31,3	30,4	39,5	47,0	57,7	65,6	52,9	56,1	36,7	23,5	22,9	24,9	7,0	1,4	0,8	-3,4	-5,9	-8,5	-11,6	0,10	29,0	
16 Hz Beton		16,8	25,1	31,1	29,6	37,6	41,5	49,6	74,7	58,6	57,6	36,4	25,1	23,8	24,9	8,3	1,6	0,8	-3,4	-5,9	-8,5	-11,6	0,26	31,5	
20 Hz Beton		16,9	25,1	31,4	29,6	36,9	39,7	43,9	65,7	65,8	62,5	37,9	25,0	25,6	26,1	8,7	2,9	1,0	-3,4	-5,9	-8,5	-11,6	0,15	31,8	
25 Hz Beton		16,8	25,2	31,4	29,9	37,0	39,1	42,3	60,8	57,9	68,7	42,1	26,2	25,4	27,7	9,9	4,1	2,7	-1,9	-5,7	-8,5	-11,6	0,15	33,6	
GRGL 2650 - RV																									
12,5 Hz Beton		10,0	13,8	17,4	27,4	35,7	47,8	67,2	50,9	41,4	36,0	32,1	24,1	23,2	22,5	3,5	-3,3	-0,4	-14,0	-18,4	-21,5	-24,6	0,11	25,2	
16 Hz Beton		9,9	13,9	17,2	26,6	33,8	42,3	59,1	60,0	47,1	37,5	31,8	25,7	24,1	22,5	4,8	-3,1	-0,4	-14,0	-18,4	-21,5	-24,6	0,06	25,4	
20 Hz Beton		10,0	13,9	17,5	26,6	33,1	40,5	53,4	5																

Eingangsdaten zur Prognose; Horsthauser Straße in Herne



alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose; Horsthauser Straße in Herne



alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Berechnung der Immissionen; Horsthauser Straße in Herne																								
Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse Tag Nacht									
Emissionsspektren																								
RGL 2208 - GZ	39,9	41,3	48,2	55,5	52,5	54,2	61,6	65,8	67,8	67,7	63,3	57,3	56,4	53,0	39,7	28,1	23,7	15,0	7,8	5,8	4,4	3	2	
RGL 2208 - RV	16,7	20,0	24,1	27,8	35,0	48,0	51,8	55,1	56,4	58,5	54,8	50,0	49,4	44,5	36,5	21,7	18,8	8,6	8,6	7,5	5,9	16	2	
GRGL 2208 - GZ	39,9	41,3	48,2	55,5	52,5	54,2	61,6	65,8	67,8	67,7	63,3	57,3	56,4	53,0	39,7	28,1	23,7	15,0	7,8	5,8	4,4	3	2	
GRGL 2208 - RV	19,6	18,8	27,4	34,5	41,3	51,6	55,2	58,6	60,3	64,0	62,6	58,0	52,3	48,5	35,6	23,8	20,3	11,8	9,5	8,3	7,2	16	2	
RGL 2650 - RV	17,8	17,0	20,9	31,9	41,6	42,9	49,9	48,6	46,5	51,2	44,0	40,4	40,7	39,4	24,3	14,0	19,1	9,2	7,0	5,5	5,1	29	7	
RGL 2650 - S	15,9	16,4	19,3	27,2	38,9	46,3	42,0	43,2	48,4	44,7	46,5	41,7	35,2	37,9	24,8	16,6	19,0	8,6	6,6	6,8	5,6	35	12	
RGL 2650 - GZ	20,6	28,8	35,1	33,7	41,2	43,6	46,7	64,3	58,0	63,5	44,7	34,0	35,4	38,5	23,1	19,0	19,8	17,1	16,1	15,2	13,8	16	5	
GRGL 2650 - RV	13,8	17,8	21,4	30,9	37,6	44,7	56,5	50,0	46,9	43,9	40,6	35,2	36,3	36,9	20,5	15,3	19,7	7,6	4,9	3,6	2,4	29	7	
GRGL 2650 - S	16,8	16,4	20,9	23,8	33,2	44,8	43,5	45,0	45,5	44,3	40,3	35,7	31,0	37,2	21,6	14,9	20,3	8,8	6,2	4,6	2,8	35	12	
RGL 2650 - GZ	20,6	28,8	35,1	33,7	41,2	43,6	46,7	64,3	58,0	63,5	44,7	34,0	35,4	38,5	23,1	19,0	19,8	17,1	16,1	15,2	13,8	15	5	
Übertragungsfunktionen																								
31,5 Hz Beton	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,6	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8			
40 Hz Beton	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8			
50 Hz Beton	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5			
80 Hz Beton	-3,1	-2,5	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3			
Angesetzte Bodendämpfungen																								
von 30 m auf 90 m	-4,7	-4,9	-5,3	-5,8	-6,5	-7,4	-8,5	-9,7	-11,2	-12,8	-14,6	-16,6	-18,8	-21,1	-23,7	-26,4	-29,3	-32,4	-35,7	-39,1	-42,8			
von 30 m auf 90 m	-4,7	-4,9	-5,3	-5,8	-6,5	-7,4	-8,5	-9,7	-11,2	-12,8	-14,6	-16,6	-18,8	-21,1	-23,7	-26,4	-29,3	-32,4	-35,7	-39,1	-42,8			
von 34 m auf 94 m	-4,4	-4,5	-4,9	-5,3	-6,0	-6,8	-7,8	-9,0	-10,3	-11,8	-13,5	-15,4	-17,4	-19,6	-21,9	-24,4	-27,1	-30,0	-33,0	-36,2	-39,6			
von 34 m auf 94 m	-4,4	-4,5	-4,9	-5,3	-6,0	-6,8	-7,8	-9,0	-10,3	-11,8	-13,5	-15,4	-17,4	-19,6	-21,9	-24,4	-27,1	-30,0	-33,0	-36,2	-39,6			
von 40 m auf 98 m	-3,9	-4,0	-4,3	-4,7	-5,3	-6,0	-6,9	-7,9	-9,1	-10,4	-11,9	-13,5	-15,3	-17,2	-19,3	-21,5	-23,9	-26,4	-29,1	-31,9	-34,9			
von 40 m auf 98 m	-3,9	-4,0	-4,3	-4,7	-5,3	-6,0	-6,9	-7,9	-9,1	-10,4	-11,9	-13,5	-15,3	-17,2	-19,3	-21,5	-23,9	-26,4	-29,1	-31,9	-34,9			
von 58 m auf 98 m	-2,3	-2,3	-2,5	-2,8	-3,1	-3,5	-4,0	-4,6	-5,3	-6,1	-7,0	-7,9	-9,0	-10,1	-11,3	-12,6	-14,0	-15,5	-17,0	-18,7	-20,4			
von 58 m auf 102 m	-2,4	-2,5	-2,7	-3,0	-3,3	-3,8	-4,3	-5,0	-5,7	-6,6	-7,5	-8,5	-9,6	-10,9	-12,2	-13,6	-15,1	-16,6	-18,3	-20,1	-22,0			
von 58 m auf 102 m	-2,4	-2,5	-2,7	-3,0	-3,3	-3,8	-4,3	-5,0	-5,7	-6,6	-7,5	-8,5	-9,6	-10,9	-12,2	-13,6	-15,1	-16,6	-18,3	-20,1	-22,0			
Immissionsspektren																								
																							KB _{FTm} :	Lmax (dB(A))
RGL 2208 - GZ																								
31,5 Hz Beton	33,9	35,1	41,9	48,7	45,1	45,9	52,3	55,8	57,5	59,3	58,2	44,4	37,7	31,1	15,4	1,0	-7,5	-19,7	-30,9	-36,8	-43,1	0,08	32,2	
40 Hz Beton	33,5	35,2	41,7	48,6	45,0	45,9	52,2	55,2	56,3	55,8	53,1	50,2	41,4	32,0	15,2	1,0	-7,5	-19,7	-30,9	-36,8	-43,1	0,06	31,6	
50 Hz Beton	33,2	34,8	41,7	48,5	44,9	45,8	52,3	55,1	55,8	54,6	49,6	45,1	47,1	35,6	16,1	0,9	-6,3	-19,3	-30,1	-36,4	-41,8	0,06	31,6	
80 Hz Beton	32,1	33,9	40,9	48,1	44,8	45,6	52,1	55,1	55,8	54,0	47,9	40,4	38,5	36,2	25,5	5,4	-5,5	-18,2	-28,6	-35,3	-40,6	0,05	30,0	
RGL 2208 - RV																								
31,5 Hz Beton	10,7	13,8	17,8	21,0	27,6	39,7	42,5	45,1	46,1	50,1	49,7	37,1	30,7	22,6	12,2	-5,4	-12,4	-26,1	-30,1	-35,1	-41,6	0,03	28,3	
40 Hz Beton	10,3	13,9	17,6	20,9	27,5	39,7	42,4	44,5	44,9	46,6	44,6	42,9	34,4	23,5	12,0	-5,4	-12,4	-26,1	-30,1	-35,1	-41,6	0,02	27,9	
50 Hz Beton	10,0	13,5	17,6	20,8	27,4	39,6	42,5	44,4	44,4	45,4	41,1	37,8	40,1	27,1	12,9	-5,5	-11,2	-25,7	-29,3	-34,7	-40,3	0,02	28,1	
80 Hz Beton	8,9	12,6	16,8	20,4	27,3	39,4	42,3	44,4	44,4	44,8	39,4	33,1	31,5	27,7	22,3	-1,0	-10,4	-24,6	-27,8	-33,6	-39,1	0,02	26,3	
GRGL 2208 - GZ																								
31,5 Hz Beton	34,3	35,5	42,2	49,1	45,6	46,4	52,9	56,5	58,4	60,2	59,3	45,7	39,1	32,6	17,2	3,0	-5,4	-17,2	-28,3	-33,9	-40,0	0,09	32,7	
40 Hz Beton	33,9	35,5	42,1	49,1	45,5	46,5	52,8	56,0	57,1	56,8	54,1	51,4	42,8	33,6	17,0	3,0	-5,4	-17,2	-28,3	-33,9	-40,0	0,07	32,1	
50 Hz Beton	33,5	35,1	42,1	48,9	45,4	46,3	52,9	55,9	56,6	55,5	50,7	46,3	48,5	37,2	17,9	2,9	-4,1	-16,9	-27,5	-33,5	-38,7	0,06	32,2	
80 Hz Beton	32,4	34,3	41,3	48,5	45,3	46,1	52,7	55,8	56,6	54,9	48,9	41,6	39,9	37,8	27,3	7,4	-3,3	-15,8	-25,9	-32,4	-37,4	0,06	30,6	
GRGL 2208 - RV																								
31,5 Hz Beton	14,0	13,0	21,4	28,1	34,4	43,8	46,5	49,3	50,9	56,5	58,6	46,4	35,0	28,1	13,1	-1,3	-8,8	-20,4	-26,6	-31,4	-37,2	0,06	32,1	
40 Hz Beton	13,6	13,0	21,3	28,1	34,3	43,9	46,4	48,8	49,6	53,1	53,4	52,1	38,7	29,1	12,9	-1,3	-8,8	-20,4	-26,6	-31,4	-37,2	0,04	31,7	
50 Hz Beton	13,2	12,6	21,3	27,9	34,2	43,7	46,5	48,7	49,1	51,8	50,0	47,0	44,4	32,7	13,8	-1,4	-7,5	-20,1	-25,8	-31,0	-35,9	0,04	30,9	
80 Hz Beton	12,1	11,8	20,5	27,5	34,1	43,5	46,3	48,6	49,1	51,2	48,2	42,3	35,8	33,3	23,2	3,1	-6,7	-19,0	-24,2	-29,9	-34,6	0,03	29,2	
RGL 2650 - RV																								
31,5 Hz Beton	12,7	11,7	15,5	26,2	35,4	35,9	42,2	40,4	38,3	45,1	41,6	30,6	25,5	21,4	4,4	-8,2	-6,7	-19,5	-25,2	-29,9	-34,6	0,01	25,2	
40 Hz Beton	12,3	11,8	15,4	26,1	35,3	36,0	42,1	39,8	37,1	41,7	36,5	36,4	29,1	22,3	4,2	-8,2	-6,7	-19,5	-25,2	-29,9	-34,6	0,01	25,2	
50 Hz Beton	11,9	11,4	15,4	25,9	35,2	35,9	42,1	39,7	36,5	40,5	33,0	31,2	34,9	25,9	5,1	-8,3	-5,5	-19,2	-24,4	-29,5	-33,3	0,01	25,7	
80 Hz Beton	10,8	10,5	14,6	25,6	35,1	35,6	41,9	39,7	36,5	39,8	31,2	26,5	26,3	26,5	14,5	-3,8	-4,7	-18,0	-22,8	-28,4	-32,0	0,01	24,2	
RGL 2650 - S																								
31,5 Hz Beton	10,8	11,1	13,9	21,5	32,7	39,3	34,3	35,0	40,2	38,6	44,1	31,9	20,0	19,9	4,9	-5,6	-6,8	-20,1	-25,6	-28,6	-34,1	0,01	16,5	
40 Hz Beton	10,4	11,2	13,8	21,4	32,6	39,4	34,2	34,4	39,0	35,2	39,0	37,7	23,6	20,8	4,7	-5,6	-6,8	-20,1	-25,6	-28,6	-34,1	0,01	16,1	
50 Hz Beton	10,0	10,8	13,8	21,2	32,5	39,3	34,2	34,3	38,4	34,0	35,5	3												