

Erschütterungstechnische Untersuchung zum Bebauungsplan Nr. 192 „Im Westfelde“ in Schwerte-Geisecke

Bericht VL 8046-2 vom 21.08.2019

Auftraggeber: Beta Eigenheim- und Grundstücksverwertungsgesellschaft mbH
Hafenweg 4
59192 Bergkamen-Rünthe

Bericht-Nr.: VL 8046-2

Datum: 21.08.2019

Ansprechpartner/in: Herr Streuber

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 44 Seiten,
davon 21 Seiten Text und 23 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 / Gebietsnutzungen / Betriebsprogramm.....	6
4	Beurteilungsgrundlagen für Erschütterungen.....	7
4.1	Allgemeines.....	7
4.2	Beurteilungsgrößen für Schienenverkehr.....	9
4.3	Sekundärluftschall.....	10
5	Erschütterungsmessungen.....	11
5.1	Ort und Zeit der Messungen.....	11
5.2	Messgeräte.....	11
5.3	Messdurchführung.....	11
5.4	Auswertung der Messungen.....	11
5.5	Ergebnisse der Erschütterungsmessung.....	12
6	Auswerte- und Prognoseverfahren.....	13
6.1	Einflussgrößen für Erschütterungen.....	13
6.2	Beschreibung der Methodik.....	14
6.3	Prognoseunsicherheit.....	14
7	Prognose der Erschütterungsimmissionen.....	15
7.1	Allgemeines.....	15
7.2	Ergebnisse der Prognosen auf Basis der Messung am Messpunkt 1 für das WA3	16
7.3	Ergebnisse der Prognosen auf Basis der Messungen an den Messpunkten 1 und 4	16
7.4	Beurteilung der Prognoseergebnisse.....	17
8	Berechnung und Beurteilung des sekundären Luftschallpegels.....	18
9	Zusammenfassung.....	20

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Stadt Schwerte plant die Aufstellung des Bebauungsplans Nr. 192 „Im Westfelde“ in Schwerte-Geisecke.

Ein Übersichtslageplan mit Darstellung des Bebauungsentwurfs ist in Anlage 1 dargestellt.

Um die Erschütterungseinwirkungen auf die geplante Wohnbebauung durch Fahrten auf den Bahnstrecken prognostizieren zu können, erfolgten am 17.07.2019 Erschütterungsmessungen auf dem Plangebiet, welches zur Zeit noch landwirtschaftlich genutzt wird. Hiervon ausgehend werden die in dem geplanten Gebäude zu erwartenden Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen prognostiziert.

Die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen sowie der hierauf aufbauenden Prognosen und deren Beurteilung sind im nachfolgenden Bericht dargestellt.

Die Ergebnisse der Untersuchung werden gemäß DIN 4150 Teil 2 [4] und der aktuellen Rechtslage [16] für die Erschütterungen und in Anlehnung an die Anforderungen nach 24. BImSchV [2] für die sekundären Luftschallimmissionen beurteilt. Bei Überschreitungen der Anforderungen an die Erschütterungs- oder sekundären Luftschallimmissionen werden Minderungsmaßnahmen vorgeschlagen.

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]	DIN 4150, Teil 1	N	Juni 2001
[4]	DIN 4150, Teil 2	N	Juni 1999
[5]	DIN 4150, Teil 3	N	Dezember 2016
[6]	DIN 45 669, Teil 1	N	September 2010
[7]	DIN 45 669, Teil 2	N	Juni 2005
[8]	DIN 45 669, Teil 3	N	Juni 2006
[9]	DIN 45 672, Teil 1	N	Dezember 2009
[10]	DIN 45 672, Teil 2	N	Juli 1995
[11]	Materialien Nr. 22, Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs, Prognose und Schutzmaßnahmen	Lit	Juli 1995

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[12]	Taschenbuch der Technischen Akustik	G. Müller, M. Möser (Hrsg.), 3. Auflage	Lit. 2003
[13]	Körperschall und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer, Beweissicherung, Prognose, Beurteilung und Schutzmaßnahmen	Landesumweltamt NRW	Lit. 1999
[14]	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
[15]	DB Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“ mit Anhängen A01, A02, A03, A04 und A06	DB Netz AG, Technik- und Anlagenmanagement Fahrbahn Oberbautechnik – I.NPF 111	Lit. 06.09.2017
[16]	Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes (BVerwG) zum Ausbau einer Eisenbahnstrecke; Schutz gegen Erschütterungen und sekundären Luftschall	Aktenzeichen 7 A 14/09	Lit. 21.12.2010
[17]	Bebauungsplan Nr. 151 der Stadt Schwerte	Internetangebot der Stadt Schwerte	Lit Stand: Mai 2019
[18]	Prognoseverkehrsbelastung Schienenverkehr (Prognose 2030)	Deutsche Bahn AG, Umweltzentrum	P Juli 2019
[19]	Bebauungsplanentwurf Nr. 192 „Im Westfelde“	Zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	P Stand: 20.08.2019

Kategorien:

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

3 Örtliche Gegebenheiten / Gebietsnutzungen / Betriebsprogramm

Im Rahmen des Bebauungsplans Nr. 192 in Schwerte [19] ist die Errichtung von mehreren Einzelhäusern geplant. Vorgesehen sind 60 Wohneinheiten in Häusern mit 2 Vollgeschossen und einem Dachgeschoss.

Angrenzend an das Plangebiet befindet sich im Süden die Dorfstraße. Nördlich grenzt die Bahnstrecke 2550 und anschließend ein Gewerbegebiet an. Der geringste Abstand zwischen dem nächstgelegenen Gleis und dem Baufeld WA3 beträgt ca. 17 Meter. Die übrigen Baufelder haben einen Mindestabstand von ca. 19 Metern zum nächstgelegenen Gleis.

Übersichtslagepläne mit Darstellung der Messpunkte der Erschütterungsmessungen mit unterlegtem Luftbild bzw. dem Bebauungsplanentwurf sind in Anlage 1 dargestellt. Gemäß der derzeitigen Planung [17] soll der Bereich als allgemeines Wohngebiet ausgewiesen werden.

Um die Erschütterungseinwirkungen auf die geplante Wohnbebauung durch die Bahnfahrten prognostizieren zu können, erfolgten am 17.07.2019 Erschütterungsmessungen auf dem Plangebiet. Die Messpunkte der Erschütterungsmessung sind in der Anlage 1 und der Anlage 2 dokumentiert. Die Abstände der Messpunkte zum nächstgelegenen Gleis 1 wurden gemäß der Baufelder des Bebauungsplans Nr. 192 und der örtlichen Gegebenheiten gewählt.

Die Streckenbelastung der Bahn-Strecken als Prognosezahlen für das Jahr 20230 wurden uns durch die Deutsche Bahn AG zur Verfügung gestellt [18] und sind in der nachfolgenden Tabelle 3.1 dargestellt.

Tabelle 3.1: Streckenbelastungen der Bahn Strecke 2550 [18] - Betriebsprognose 2030

Gleis / Strecke	Kategorie	Strecken höchstgeschwindigkeit	Anzahl Fahrten	
			Tag (6 – 22 Uhr)	Nacht (22 – 6 Uhr)
Gleis 1 – Strecke 2550	Regionalexpress	140	31	2
Gleis 1 – Strecke 2550	Güterzüge	100 / 120	6	4
Gleis 2 – Strecke 2550	Regionalexpress	140	31	2
Gleis 2 – Strecke 2500	Güterzüge	100 / 120	6	3
Summe aller Fahrten			74	11

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

Entsprechend der DIN 4150, Teil 2 [4] 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:

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

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 er-

forderlich, 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 [4] 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 4.1).

Tabelle 4.1: Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung [12]

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 4.2) zu vergleichen. Hierbei sind die Besonderheiten nach Punkt 6.5.3.1, 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 4.2).

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

Tabelle 4.2: 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 den oberirdischen 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_{Fr} zu berücksichtigen.

4.3 Sekundärluftschall

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

Bei oberirdisch geführten Strecken liegen die Anteile des Sekundärluftschalls in der Regel deutlich unterhalb der Immissionen durch direkt einfallenden Luftschall. Innerhalb einer umfangreichen Studie [13] zum Sekundärluftschall wurde aus einer Vielzahl von Messungen ein empirischer Zusammenhang zwischen dem Schwingschnellepegel 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 Wohn- und Büroräume 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 [16] 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

Am 17.07.2019 erfolgten Erschütterungsmessungen auf dem Bebauungsplangebiet an der Dorfstraße in Schwerte-Geiseke. Eine Übersicht der Lage der Messpunkte ist in der Anlage 1 sowie im Detail in der Anlage 2 dargestellt.

5.2 Messgeräte

Die Erschütterungsmessungen wurden entsprechend der DIN 4150, Teil 2, in Verbindung mit DIN 45669, Teil 1 [6] und Teil 2 [7] sowie dem DB-Leitfaden zum Erschütterungs- und Körperschallschutz [15] durchgeführt.

Die Messpunkte wurden auf in ca. 30 cm Tiefe eingeschlammten Gehwegplatten auf Dreipunktlagern gemäß DIN 45669 aufgestellt und mittels Hartklebewachs angebracht. Die Lage der Messpunkte sind in der Anlage 1 sowie im Detail in der Anlage 2 dargestellt.

Die Erschütterungsimmissionen wurden mittels Geophonen (Schwingungsmesser nach DIN 45669 A3HV 315/1) mit einem computergestützten Messsystem der Firma M. Beitzer Messtechnik (System 9800) aufgezeichnet. Die eingesetzte Messkette ist im Datenanhang dargestellt.

Die Geschwindigkeiten der Züge wurden mit einem Radargerät Typ Mini Quick K-GP gemessen.

Die Frequenzanalysen erfolgten mittels der Auswertesoftware (System 9800) der Firma M. Beitzer Messtechnik.

5.3 Messdurchführung

Während der gesamten Messzeiten wurden Erschütterungsanregungen durch Regionalexpresstriebzüge (Linie RE 17) und Güterzüge erfasst. Dabei wurden ggf. Besonderheiten / Auffälligkeiten festgehalten.

5.4 Auswertung der Messungen

Die Auswertung der Erschütterungsimmissionen erfolgte gemäß DIN 4150 Teil 2 [4] beziehungsweise dem DB-Leitfaden zum Erschütterungs- und Körperschallschutz [15].

5.5 Ergebnisse der Erschütterungsmessung

Auf den das Plangebiet angrenzenden Straßen verkehrten während der Erschütterungsmessung nur sehr wenige Kraftfahrzeuge. Somit konnten die Bahnfahrten störungsfrei messtechnisch erfasst werden.

Die höchste Erschütterungseinwirkung betrug $v_{\max} = 0,325$ mm/s am Messpunkt 4 in 8 Metern Abstand von Gleis 1, hervorgerufen durch einen Güterzug auf Gleis 2 (Mess-Nr. 5).

Güterzüge auf Gleis 1 verkehrten während der Messung nicht. Es ist davon auszugehen, dass bei Güterzugfahrten auf Gleis 1 noch etwas höhere Messwerte zu erwarten sind.

Alle Ergebnisse der Messung sind in der Anlage 3 dargestellt.

6 Auswerte- und 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.

Beim Einfluss des Abstandes des zu betrachtenden Gebäudes von den Bahngleisen ist in der Regel bei einer mehrgleisigen Strecke davon auszugehen, dass je näher das Gebäude an der Bahntrasse steht, desto größer werden die Unterschiede zwischen den Immissionen aus den einzelnen Gleisen.

Vergrößert sich der Abstand von der Trasse, so gleichen sich die Immissionen aus den einzelnen Gleisen an, da der Einfluss der relativen Abstandsunterschiede gegenüber dem Gesamtabstand an Relevanz verliert.

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

Für die Prognose der Erschütterungen in die geplanten Gebäude werden theoretische Übertragungsfunktionen vom Erdboden bzw. vom Fundament auf die jeweilige Geschosdecke verwendet [15].

Gemäß dem Betriebsprogramm für 2030 (siehe Tabelle 3.1) liegen höhere Höchstgeschwindigkeiten vor, als während der Erschütterungsmessung erfasst wurden. Die zukünftig höheren Geschwindigkeiten werden in den Prognoseberechnungen entsprechend berücksichtigt.

Güterzugfahrten auf Gleis 1 konnten während des Messzeitraumes nicht erfasst werden. Zur Prognose der Güterzugfahrten auf Gleis wurden daher die Emissionsspektren der Güterzugfahrten auf Gleis 2 mittels eines Differenzspektrums, welches aus den Regionalexpressfahrten gebildet wurde, auf Gleis 1 übertragen.

6.2 Beschreibung der Methodik

Die Prognosen der Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen erfolgen auf Basis der vorliegenden Planunterlagen für das Bebauungsplangebiet [17].

Mittels der messtechnisch erfassten Emissionen bzw. Immissionen sowie den theoretischen Übertragungsfunktionen aus der Literatur erfolgte die Prognose der in den geplanten Gebäuden zu erwartenden Erschütterungsmissionen.

Für die allgemeinen Erschütterungsmissionen wurden im ersten Schritt Frequenzanalysen (Terz-F-max) durchgeführt und diese anschließend energetisch gemittelt. Diese gemittelten Terz-F-max Frequenzspektren für die Messpunkte gehen als Eingangsdaten in die Prognosen 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 der Erschütterungseinwirkungen 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 im geplanten Gebäude werden theoretische Übertragungsfunktionen vom Fundament bzw. Erdboden auf die jeweilige Geschossdecke verwendet [15]. 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.

6.3 Prognoseunsicherheit

Die generelle messtechnische Unsicherheit bei der Ermittlung von KB_F -Werten kann gemäß DIN 4150 Teil 2 [4] 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 Erschütterungsmissionen verursacht haben. Im Mittel aller Zugvorbeifahrten wird eine niedrigere Erschütterungsmission auftreten. Weiterhin wurden für die Prognose sogenannte Terz-F-Max-Spektren verwendet [15], 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 Prognose der Erschütterungsimmissionen

7.1 Allgemeines

Die detaillierten Prognoseberechnungen für die Erschütterungsimmissionen für die geplante Wohnbebauung können den Anlagen 4 bis 6 entnommen werden.

Für das Wohngebäude wurden die Erschütterungsimmissionen für theoretische Übertragungsfunktionen aus der Literatur für Geschossdecken mit Betondecken für 25 Hz bis 50 Hz berechnet. Dies entspricht den Hauptanregungsfrequenzen durch die Regionalexpress- und Güterzugfahrten.

Die nachfolgende Prognose der Erschütterungsimmissionen erfolgte auf Basis der Messergebnisse an den Messpunkten 1 (K1-3) für die erste Gebäudereihe sowie den Messpunkten 1 (K1-3) und 4 (K8) für die zweite Gebäudereihe. Da im Vorgriff auf die Ergebnisse der Erschütterungsprognosen an den Messpunkten 1 und 4 eine Einhaltung der Anhaltswerte für allgemeine Wohngebiete prognostiziert wird, wird auf Prognosen auf Basis der Messpunkte 2 (K4-6) und 5 (K9) verzichtet. Prognosen für diese Messpunkte würden geringere Werte ergeben.

Der Messpunkt 3 (K7) mit einem Abstand von 8 Metern zum nächstgelegenen Gleis hat bei Erschütterungsprognosen eine besondere Bedeutung, insofern für diesen Messpunkt davon ausgegangen werden kann, dass der Boden noch keinen relevanten Einfluss auf die Erschütterungsausbreitung hat. Somit kann ein 8 Meter Messpunkt dafür verwendet werden um ggfs. gemessene Spektren von anderen Messungen an diesen Punkt zu übertragen. Dies wäre hier erforderlich geworden, falls gar keine Güterzugvorbeifahrt hätte erfasst werden können. Güterzugfahrten konnten während des Messzeitraumes nur auf Gleis 2, nicht aber auf Gleis 1 erfasst werden. Zur Prognose der Güterzugfahrten auf Gleis wurden daher die Emissionsspektren der Güterzugfahrten auf Gleis 2 mittels eines Differenzspektrums, welches aus den Regionalexpressfahrten am Messpunkt 3 gebildet wurde, auf Gleis 1 übertragen.

Die Beurteilung der prognostizierten Erschütterungseinwirkungen erfolgt für eine Gebietsausweisung als allgemeines Wohngebiet (WA).

7.2 Ergebnisse der Prognosen auf Basis der Messung am Messpunkt 1 für das WA3

Die Ergebnisse der Prognose am Messpunkt 1 in ca. 19 Metern Abstand zum nächstgelegenen Gleis gelten für das den Gleisen nächstgelegene Gebäude im WA3.

In der nachfolgenden Tabelle 7.1 sind die Ergebnisse der Erschütterungsprognose zusammengefasst und in der Anlage 4 im Detail dargestellt.

Tabelle 7.1: Prognostizierte Erschütterungsimmissionen für die geplante Wohnbebauung in 17 Metern Abstand zum nächstgelegenen Gleis auf Basis der Messergebnisse am 19 m Messpunkt (K1-3) (vgl. Anlage 4.3)

	KB_{FTT}		$A_{r(WR/WA)}$		$KB_{FTT} \leq A_{r(WR/WA)}$	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Betondecke 25 Hz	0,031	0,029	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke 31,5 Hz	0,035	0,036	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke 40 Hz	0,036	0,036	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke 50 Hz	0,047	0,046	0,07	0,05	JA	JA

Wie den in Tabelle 7.1 dargestellten Ergebnissen entnommen werden kann, werden den dargestellten Prognoseberechnungen zufolge der Anhaltswert der DIN 4150-2 für Wohngebiete (WR/WA) für Betondecken im Tages- und Nachtzeitraum für die untersuchten typischen Deckeneigenfrequenzen von 20, 31,5, 40 und 50 Hz eingehalten.

7.3 Ergebnisse der Prognosen auf Basis der Messungen an den Messpunkten 1 und 4

Die Ergebnisse der Prognosen an den Messpunkt 1 und 4 in ca. 19 Metern Abstand zum nächstgelegenen Gleis gelten für die Gebäude im WA1.

In der nachfolgenden Tabellen 7.2 und 7.3 sind die Ergebnisse der Erschütterungsprognosen zusammengefasst und in der Anlage 5 und Anlage 6 im Detail dargestellt.

Tabelle 7.2: Prognostizierte Erschütterungsimmissionen für die geplante Wohnbebauung auf Basis der Messergebnisse am 19 m Messpunkt (K1-3) (vgl. Anlage 5.3)

	KB_{FT_r}		$A_{r(WR/WA)}$		$KB_{FT_r} \leq A_{r(WR/WA)}$	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Betondecke 25 Hz	0,026	0,024	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke 31,5 Hz	0,029	0,030	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke 40 Hz	0,030	0,030	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke 50 Hz	0,038	0,037	0,07	0,05	JA	JA

Tabelle 7.3: Prognostizierte Erschütterungsimmissionen für die geplante Wohnbebauung auf Basis der Messergebnisse am 19 m Messpunkt (K8) (vgl. Anlage 6.3)

	KB_{FT_r}		$A_{r(WR/WA)}$		$KB_{FT_r} \leq A_{r(WR/WA)}$	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Betondecke 25 Hz	0,045	0,040	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke 31,5 Hz	0,049	0,047	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke 40 Hz	0,045	0,038	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke 50 Hz	0,051	0,043	0,07	0,05	JA	JA

Wie den in den Tabellen 7.2 und 7.3 dargestellten Ergebnissen entnommen werden kann, werden den dargestellten Prognoseberechnungen zufolge der Anhaltswert der DIN 4150-2 für Wohngebiete (WR/WA) für Betondecken im Tages- und Nachtzeitraum für die untersuchten typischen Deckeneigenfrequenzen von 20, 31,5, 40 und 50 Hz eingehalten.

Für die weiteren Baufelder mit größeren Abständen zu den Gleisen ist von einer deutlichen Einhaltung der Anhaltswerte auszugehen.

7.4 Beurteilung der Prognoseergebnisse

Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen zeigen für die geplanten Wohngebäude eine Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 für Wohngebiete (WR/WA) für übliche Konstruktionen von Betondecken im Tages- und Nachtzeitraum für Eigenfrequenzen der Decken von 25, 31,5, 40 und 50 Hz ab einem Abstand von 17 Metern vom nächstgelegenen Gleis.

Für die weiteren Baufelder mit größeren Abständen zu den Gleisen ist von einer deutlichen Einhaltung der Anhaltswerte auszugehen. Die höchsten hier prognostizierten Erschütterungsimmissionen erreichen KB_{FT_m} -Werte von bis zu 0,24 für Regionalexpressfahrten und KB_{FT_m} -Werte von bis zu 0,43 für Güterzugfahrten und können daher gerade bis gut gespürt werden (siehe Tabelle 4.1).

8 Berechnung und Beurteilung des sekundären Luftschallpegels

Eine messtechnische Erfassung des sekundären Luftschallanteils bei oberirdisch verlaufenden Strecken ist, da gleichzeitig direkt einfallender (primärer) Luftschall auftritt, in der Regel nicht möglich. Ein solch messtechnischer Nachweis wäre nur bei einem entsprechend großen Abstand von Sekundärluftschallpegel zum direkt über die Gebäudefassade einfallenden Luftschall zu führen. Dies ist z. B. dann möglicherweise gegeben, wenn eine ausreichende Schalldämmung der Fassade (Massivbauweise ohne Fenster) eines Messraums vorliegt.

Durch Anwendung des in Kapitel 4.3 erwähnten empirischen Zusammenhangs zwischen auftretendem Schwingungsnellepegel und dem Sekundärluftschallpegel konnten die derzeitigen und die nach dem Ausbau zu erwartenden sekundären Luftschallimmissionen analog zu der Prognose der auftretenden Erschütterungsimmissionen ermittelt werden.

Aus den Regularien der 24. BImSchV lassen sich mittlere Innenraumpegel von 40 dB(A) (tags) für Wohn- und Büroräume und 30 dB(A) (nachts) für Schlafräume als Zumutbarkeitsschwelle ableiten [2]. Hierbei erfolgt keine Unterscheidung hinsichtlich der Gebietsnutzung.

In der nachfolgenden Tabellen 8.1 bis 8.3 sind die prognostizierten Sekundärluftschallimmissionen für die Messpunkte 1 (K1-3) für das erste Gebäude im WA3 sowie die Messpunkte 1 (K1-3) und 4 (K8) für die zweite Gebäudereihe aufgeführt.

Tabelle 8.1: Prognostizierte Sekundärluftschallimmissionen (Mittelungspegel) für die geplanten Gebäude auf Basis der Messergebnisse am 19 m Messpunkt (K1-3) für das WA3 in 17 m Abstand zum nächstgelegenen Gleis

Im geplanten Gebäude	L _r [dB(A)]		A _r [dB(A)]		Einhaltung	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
17 m MP - Betondecke 25 Hz	27	25	40	30	JA	JA
17 m MP - Betondecke 31,5 Hz	28	25	40	30	JA	JA
17 m MP - Betondecke 40 Hz	28	26	40	30	JA	JA
17 m MP - Betondecke 50 Hz	29	27	40	30	JA	JA

Tabelle 8.2: Prognostizierte Sekundärluftschallimmissionen (Mittelungspegel) für die geplanten Gebäude auf Basis der Messergebnisse am 19 m Messpunkt (K1-3)

Im geplanten Gebäude	L _r [dB(A)]		A _r [dB(A)]		Einhaltung	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
19 m MP - Betondecke 25 Hz	26	23	40	30	JA	JA
19 m MP - Betondecke 31,5 Hz	27	24	40	30	JA	JA
19 m MP - Betondecke 40 Hz	27	25	40	30	JA	JA
19 m MP - Betondecke 50 Hz	28	26	40	30	JA	JA

Tabelle 8.3: Prognostizierte Sekundärluftschallimmissionen (Mittelungspegel) für die geplanten Gebäude auf Basis der Messergebnisse am 19 m Messpunkt (K8)

Im geplanten Gebäude	L _r [dB(A)]		A _r [dB(A)]		Einhaltung	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
19 m MP - Betondecke 25 Hz	28	25	40	30	JA	JA
19 m MP - Betondecke 31,5 Hz	29	25	40	30	JA	JA
19 m MP - Betondecke 40 Hz	29	25	40	30	JA	JA
19 m MP - Betondecke 50 Hz	30	27	40	30	JA	JA

Den Prognoserechnungen zufolge ist in allen geplanten Wohngebäuden von einer Einhaltung der in Anlehnung an die 24. BImSchV formulierten Anforderungen an die sekundären Luftschallimmissionen auszugehen.

Einzelne Bahn-Fahrten können aber auch dann in ruhigen Phasen hörbar sein.

9 Zusammenfassung

Die Stadt Schwerte plant die Aufstellung des Bebauungsplans Nr. 192 „Im Westfelde“ in Schwerte-Geisecke. Um die Erschütterungseinwirkungen auf die geplante Wohnbebauung durch Fahrten auf den Bahnstrecken prognostizieren zu können, erfolgten am 17.07.2019 Erschütterungsmessungen auf dem Plangebiet, welches zur Zeit noch landwirtschaftlich genutzt wird. Hiervon ausgehend werden die in dem geplanten Gebäude zu erwartenden Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen prognostiziert.

Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen zeigen für die geplanten Wohngebäude eine Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 für Wohngebiete (WR/WA) für übliche Konstruktionen von Betondecken im Tages- und Nachtzeitraum für Eigenfrequenzen der Decken von 25, 31,5, 40 und 50 Hz ab einem Abstand von 17 Metern vom nächstgelegenen Gleis.

Für die weiteren Baufelder mit größeren Abständen zu den Gleisen ist von einer deutlichen Einhaltung der Anhaltswerte auszugehen.

Den Prognoserechnungen zufolge ist in allen geplanten Wohngebäuden von einer Einhaltung der in Anlehnung an die 24. BImSchV formulierten Anforderungen an die sekundären Luftschallimmissionen auszugehen. Einzelne Bahn-Fahrten können aber auch dann in ruhigen Phasen hörbar sein.

Peutz Consult GmbH



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



i.V. Dipl.-Ing. Oliver Streuber
(Projektleitung / Projektbearbeitung)

Anlagenverzeichnis

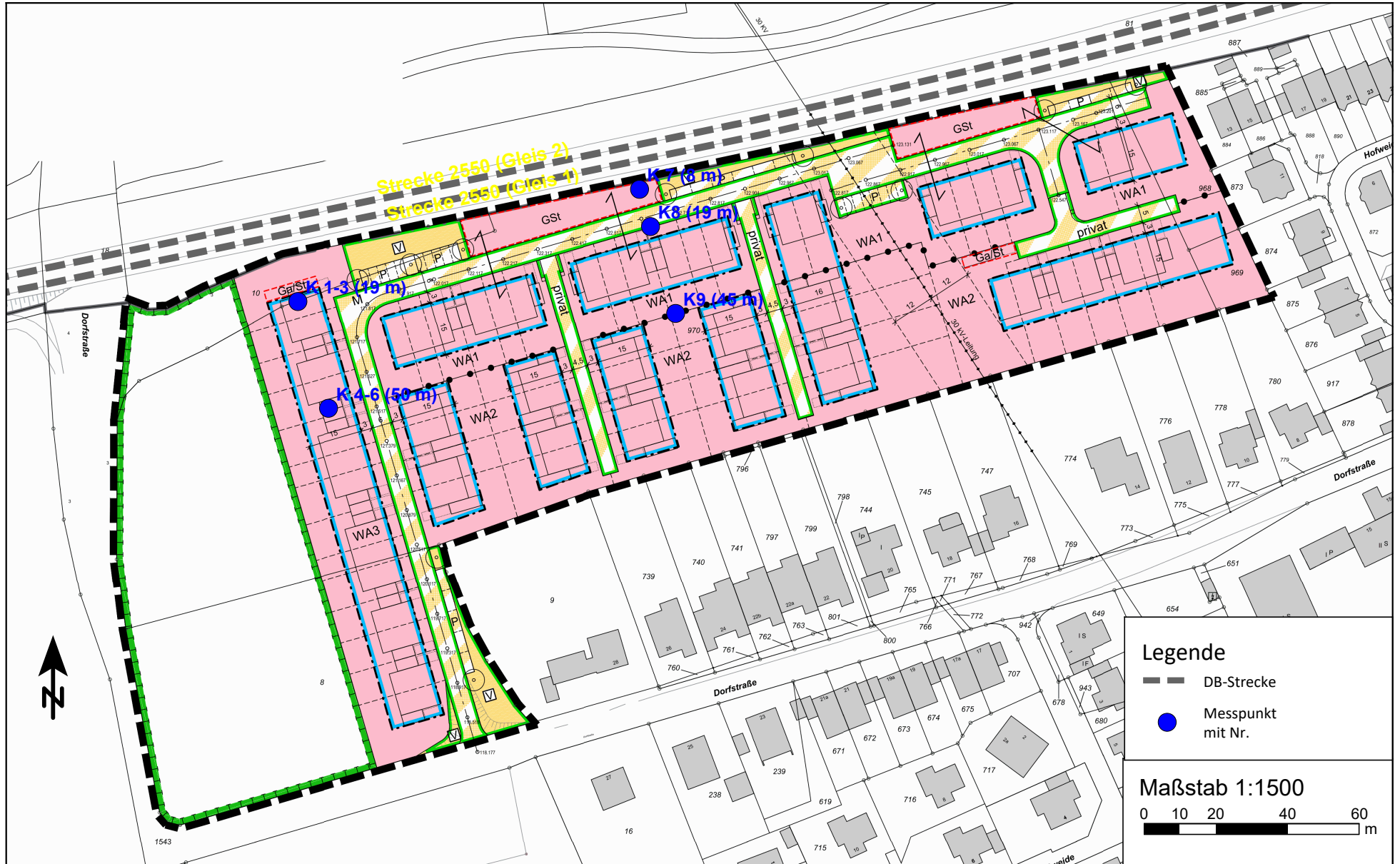
- Anlage 1 Kennzeichnung der Messpunkte der Erschütterungsmessung (Luftbild / B-Plan)
- Anlage 2 Dokumentation Erschütterungsmessung „Dorfstraße“ Schwerte
- Anlage 3 Statistische Auswertung der Messergebnisse
- Anlage 4 Erschütterungsprognose für 17 Meter auf Basis des 19-Meter-Messpunktes (Messkette 1)
- Anlage 5 Erschütterungsprognose für den 19 Meter-Messpunkt (Messkette 1)
- Anlage 6 Erschütterungsprognose für den 19 Meter-Messpunkt (Messkette 2)

Kennzeichnung der Messpunkte der Erschütterungsmessung (Luftbild)



Luftbild: Google Earth Pro

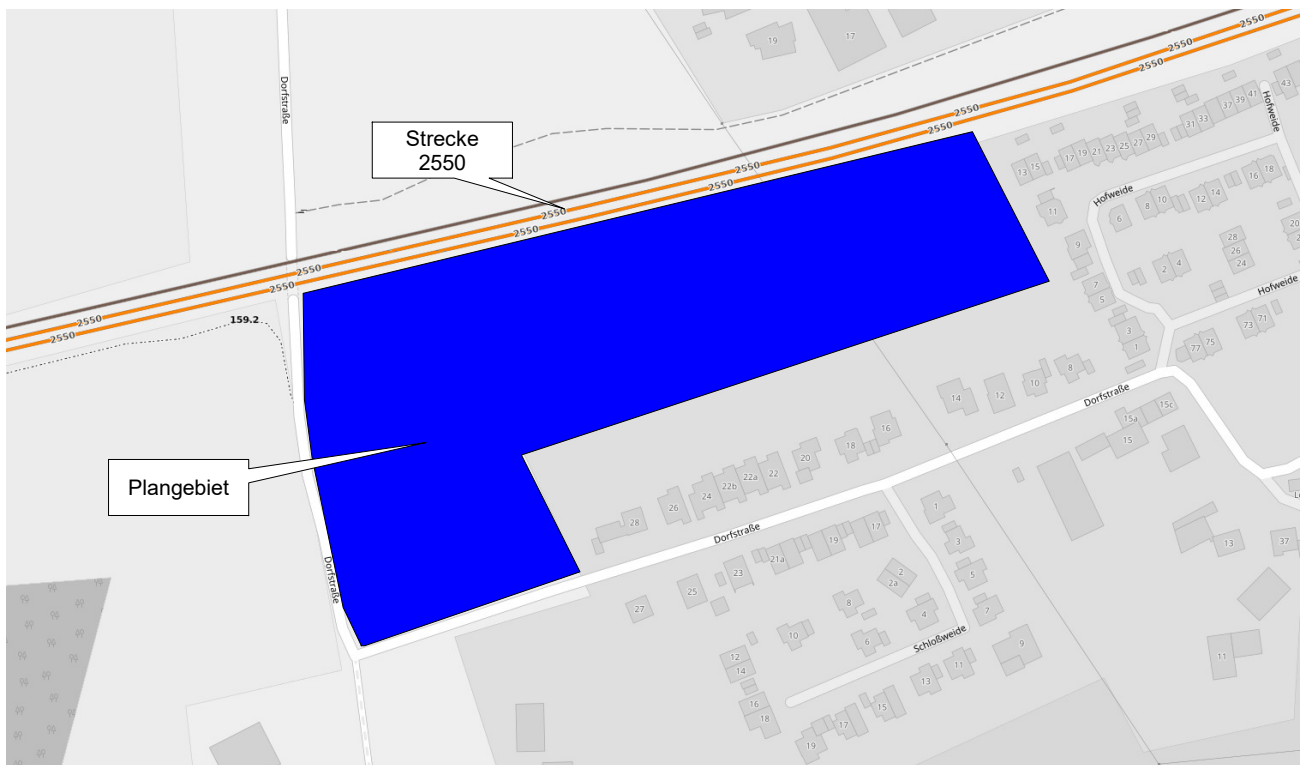
Kennzeichnung der Messpunkte der Erschütterungsmessung (B-Plan)



Erschütterungsmessung

Am 17.07.2019

„Dorfstraße“, Schwerte für den Bebauungsplan Nr. 192 „Im Westfelde“



Plangrundlage: OpenRailWayMap

Fotodokumentation



Messpunkt 1 (K1-3), 19 Meter Abstand zu Gleis 1

Straße / Nr.	Dorfstraße (B-Plan Nr. 192)
Ort	Schwerte
Gebiet (BauNVO)	WA
Messart	Messung an Bodenmesspunkten neben Bahn-Strecke
Geplante Nutzung	Wohnen
Geschosszahl	II
Bauart	Massiv
Keller	
Deckenart	Beton
Sonstiges	Am westlichen Rand des Plangebietes verläuft die Strecke 2550 auf einer Brücke über der Dorfstraße



Messpunkt 2 (K4-6), 50 Meter Abstand zu Gleis 1



Messpunkt 3 (K7), 8 Meter Abstand zu Gleis 1



Messpunkt 4 (K8), 19 Meter Abstand zu Gleis 1



Gleisaufbau entlang des Plangebietes

Übersicht über die Messpunkte

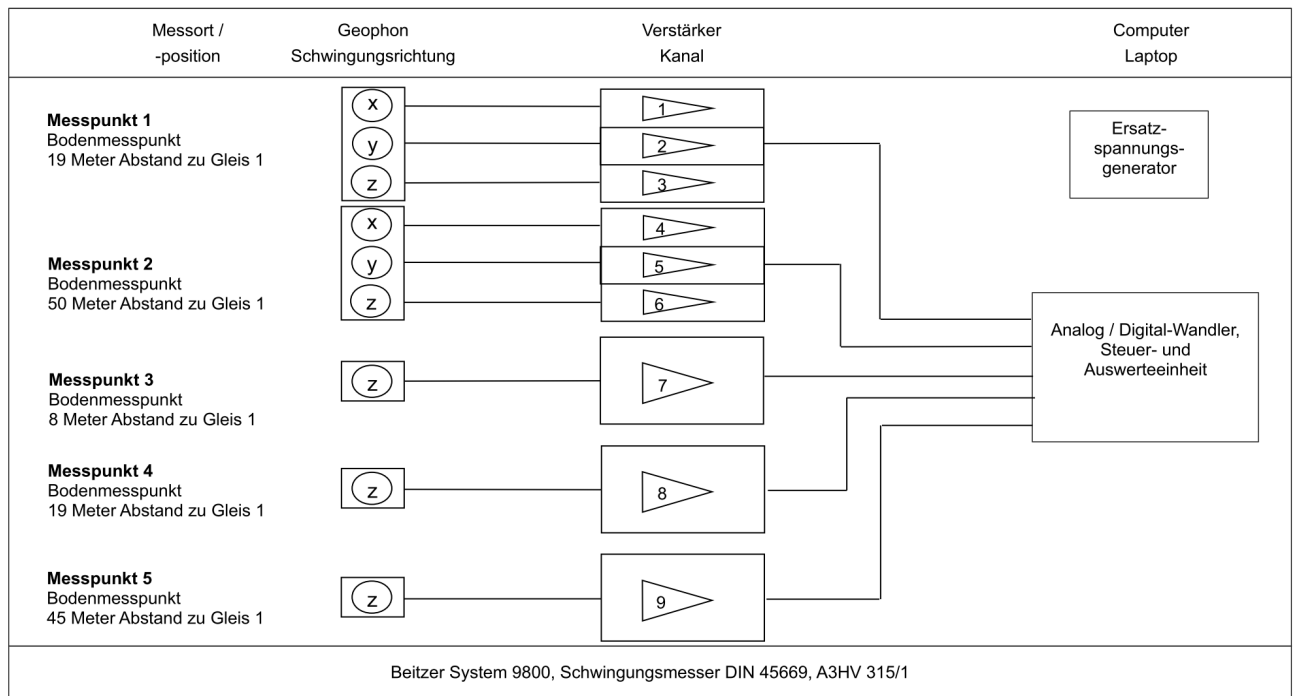
Messpunkt Nr.	Kanäle Messsystem:	Messort	Ankopplung	Raumabmessung [m x m]	Deckenresonanz [Hz]
1	1-3	19 Meter Abstand zu Gleis 1 (Messkette 1)	Dreipunktlager auf eingeschlämmter Gehwegsplatte mit Hartwachs	-	-
2	4-6	50 Meter Abstand zu Gleis 1 (Messkette 1)	Dreipunktlager auf eingeschlämmter Gehwegsplatte mit Hartwachs	-	-
3	7	8 Meter Abstand zu Gleis 1 (Messkette 2)	Dreipunktlager auf eingeschlämmter Gehwegsplatte mit Hartwachs	-	-
4	8	19 Meter Abstand zu Gleis 1 (Messkette 2)	Dreipunktlager auf eingeschlämmter Gehwegsplatte mit Hartwachs	-	-
5	9	45 Meter Abstand zu Gleis 1 (Messkette 2)	Dreipunktlager auf eingeschlämmter Gehwegsplatte mit Hartwachs	-	-

Lageplan



Luftbild: Google Earth Pro

Messkette



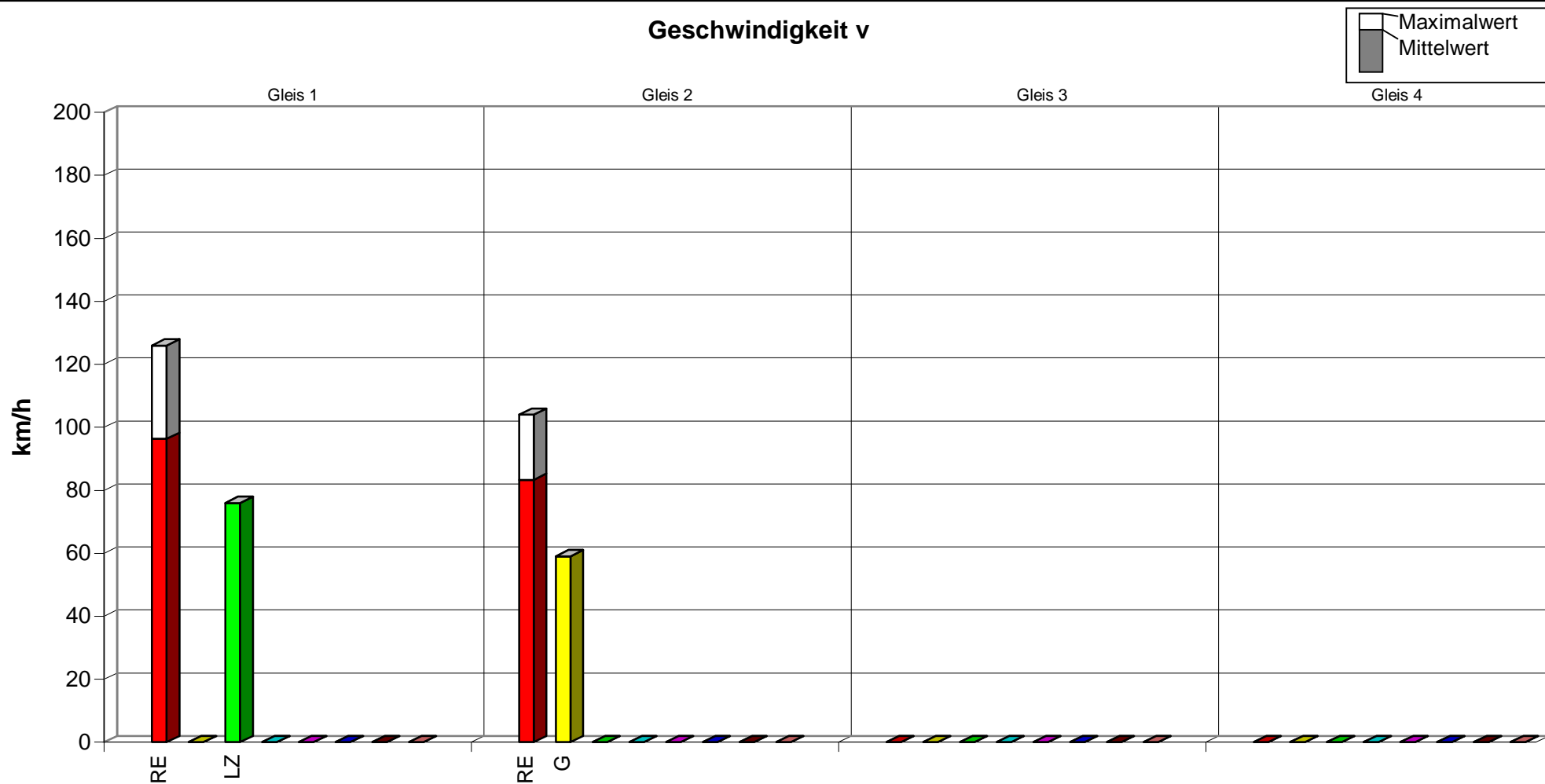
Erschütterungsmessungen in Dorfstraße, Schwerte, am 17.07.2019

Gleis / Abst. Gebäude	Gleis 1								Gleis 2								
	Strecke 2550								Strecke 2550								
Fahrtrichtung																	
Kategorie	RE	G	LZ						RE	G	LZ						
Anzahl ausgewert. Züge	10	0	1	0	0	0	0	0	11	2	0	0	0	0	0	0	0
Geschw. [km/h]																	
Maximalwert	126		76						104		59						
arithmet. Mittelwert	96		76						83		59						
Standardabweichung	23%		0%						21%		0%						
v_max [mm/s]																	
19m (1)																	
Maximalwert	0,14		0,08						0,11		0,13						
arithmet. Mittelwert	0,09		0,08						0,08		0,10						
Standardabweichung	31%		0%						23%		38%						
v_max [mm/s]																	
50m (1)																	
Maximalwert	0,04		0,03						0,04		0,06						
arithmet. Mittelwert	0,03		0,03						0,03		0,06						
Standardabweichung	21%		0%						27%		11%						
v_max [mm/s]																	
8m (2)																	
Maximalwert	0,23		0,27						0,14		0,33						
arithmet. Mittelwert	0,20		0,27						0,13		0,24						
Standardabweichung	16%		0%						8%		50%						
v_max [mm/s]																	
19m (2)																	
Maximalwert	0,15		0,15						0,07		0,13						
arithmet. Mittelwert	0,12		0,15						0,06		0,11						
Standardabweichung	18%		0%						11%		16%						
v_max [mm/s]																	
45m (2)																	
Maximalwert	0,05		0,06						0,04		0,05						
arithmet. Mittelwert	0,04		0,06						0,03		0,04						
Standardabweichung	21%		0%						29%		22%						

Z:\Projekte\VL\8046_VL_SU_BPlan_Westfelde_Schwerte\02_DOKU\01_Berichte\Ber_02_EU\8046_VL_Ber_02_Anlage_03_Statistik.xls\Daten1

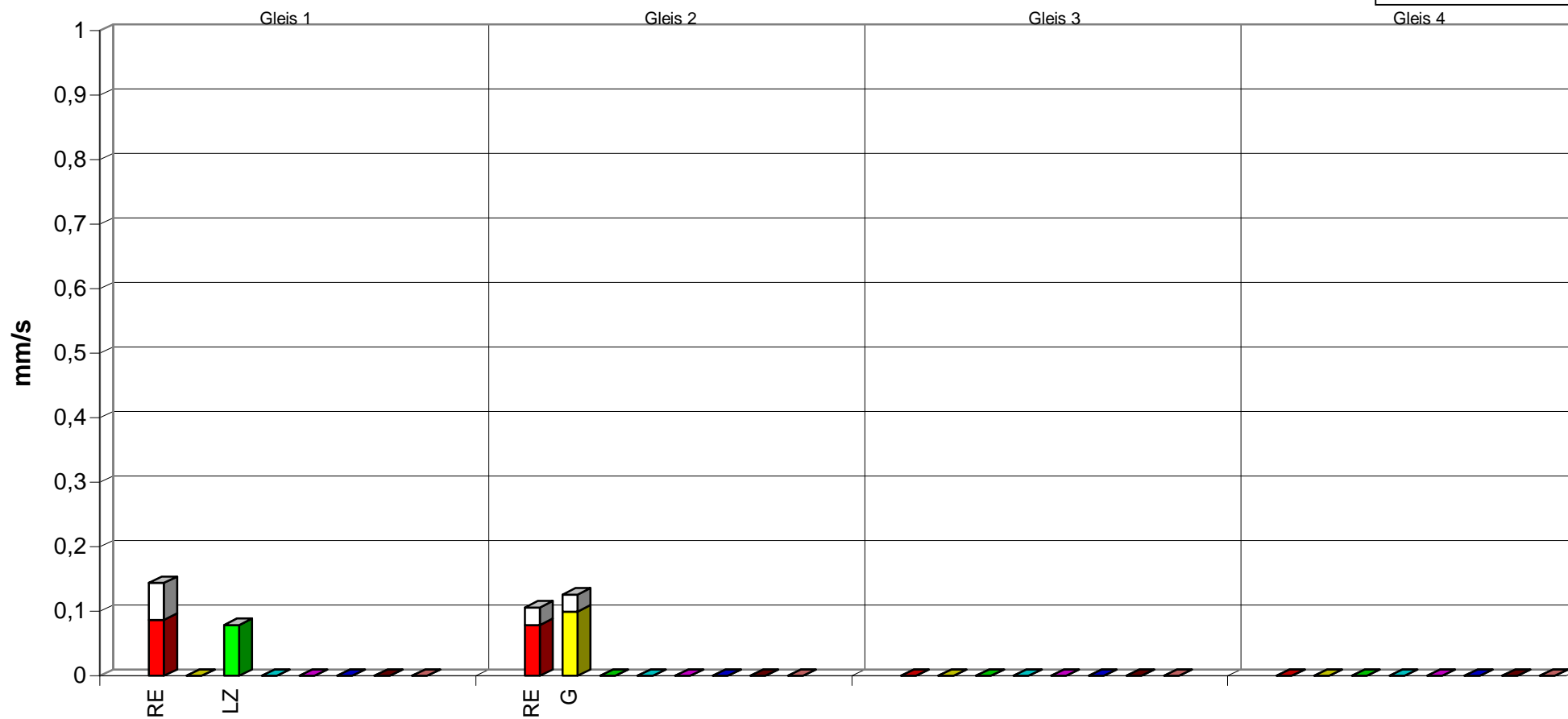
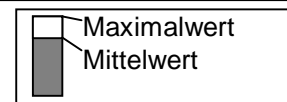
Erschütterungsmessungen in Dorfstraße, Schwerte, am 17.07.2019

Geschwindigkeit v



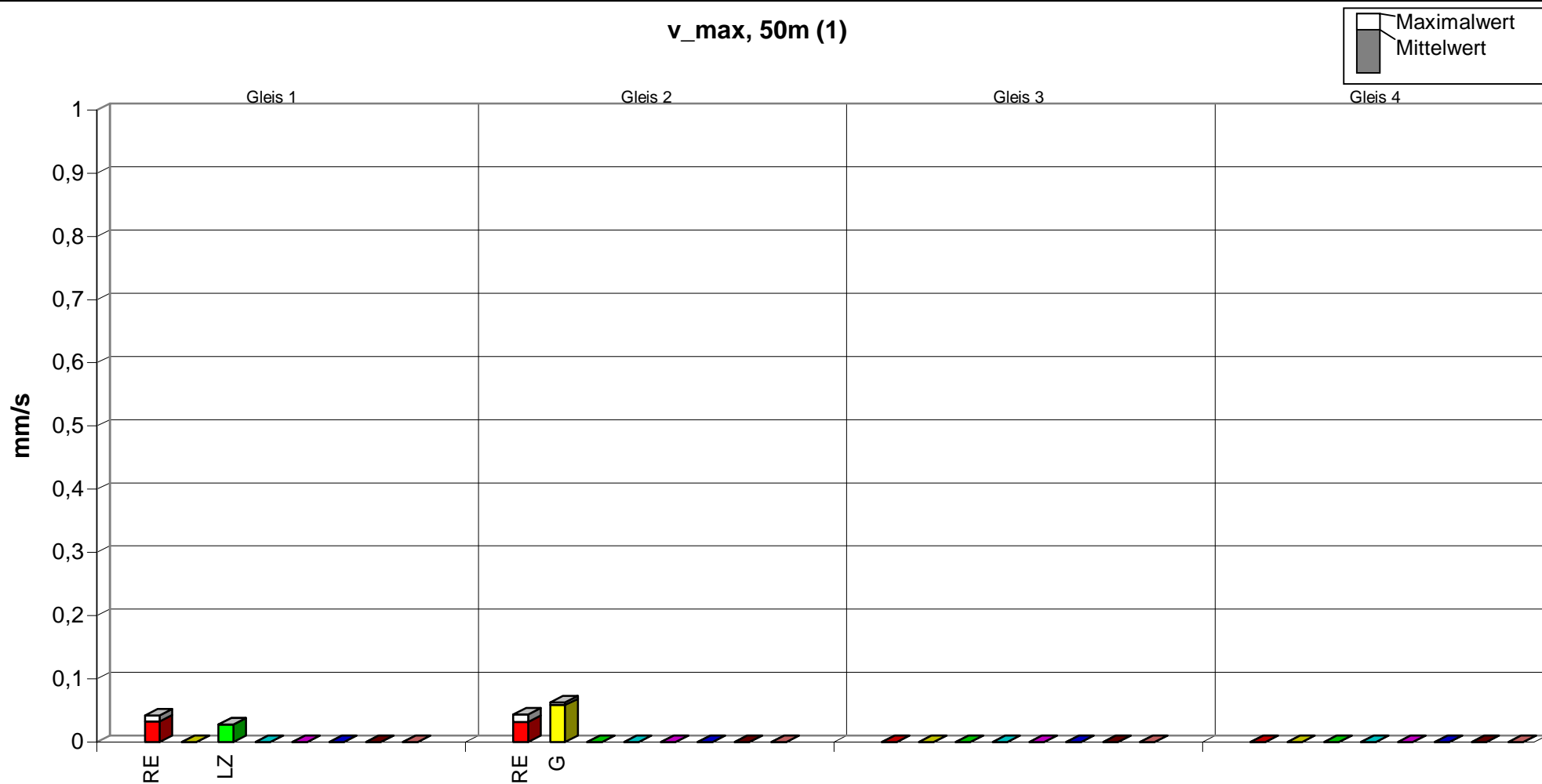
Erschütterungsmessungen in Dorfstraße, Schwerte, am 17.07.2019

v_max, 19m (1)



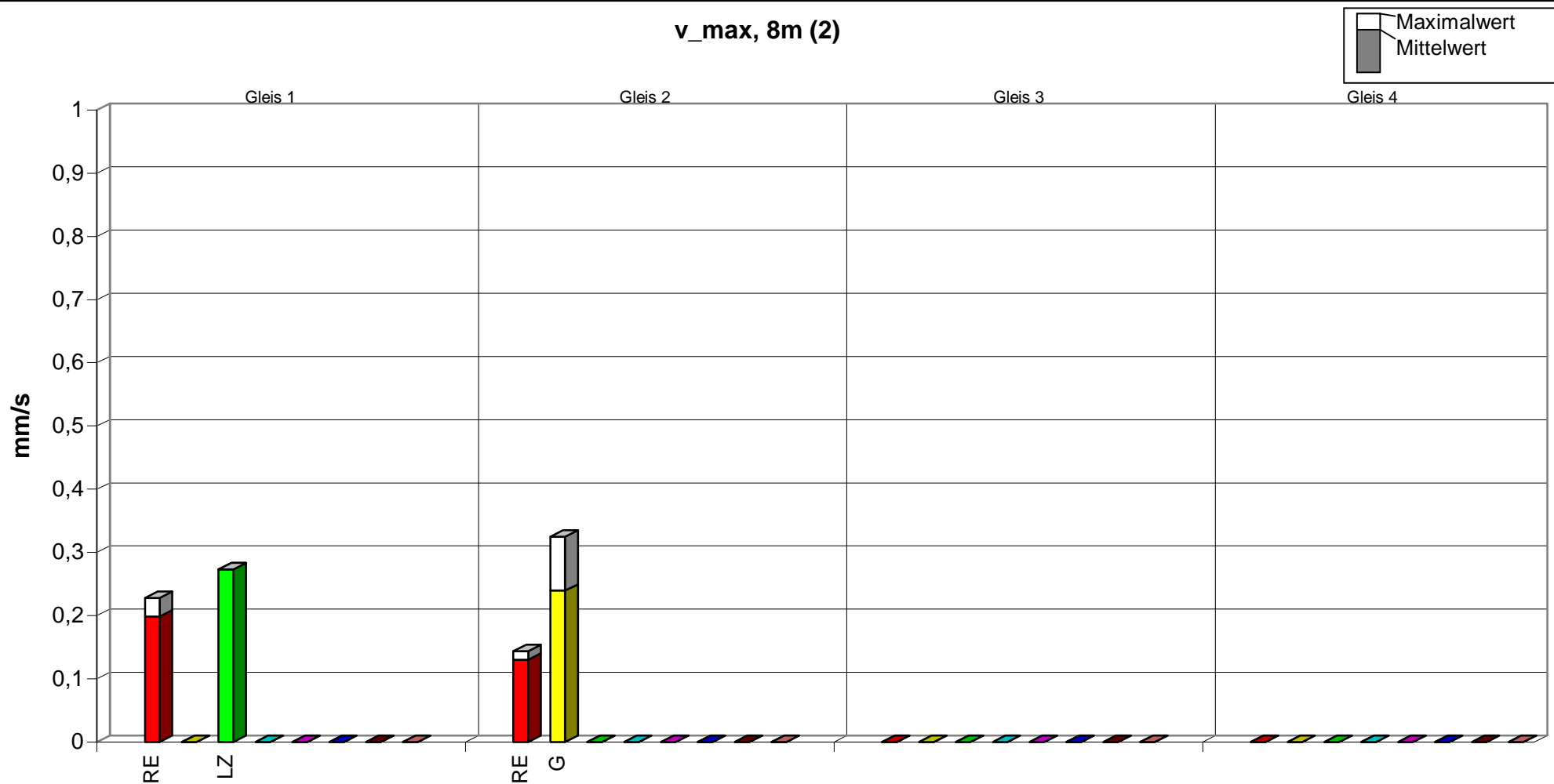
Erschütterungsmessungen in Dorfstraße, Schwerte, am 17.07.2019

v_max, 50m (1)



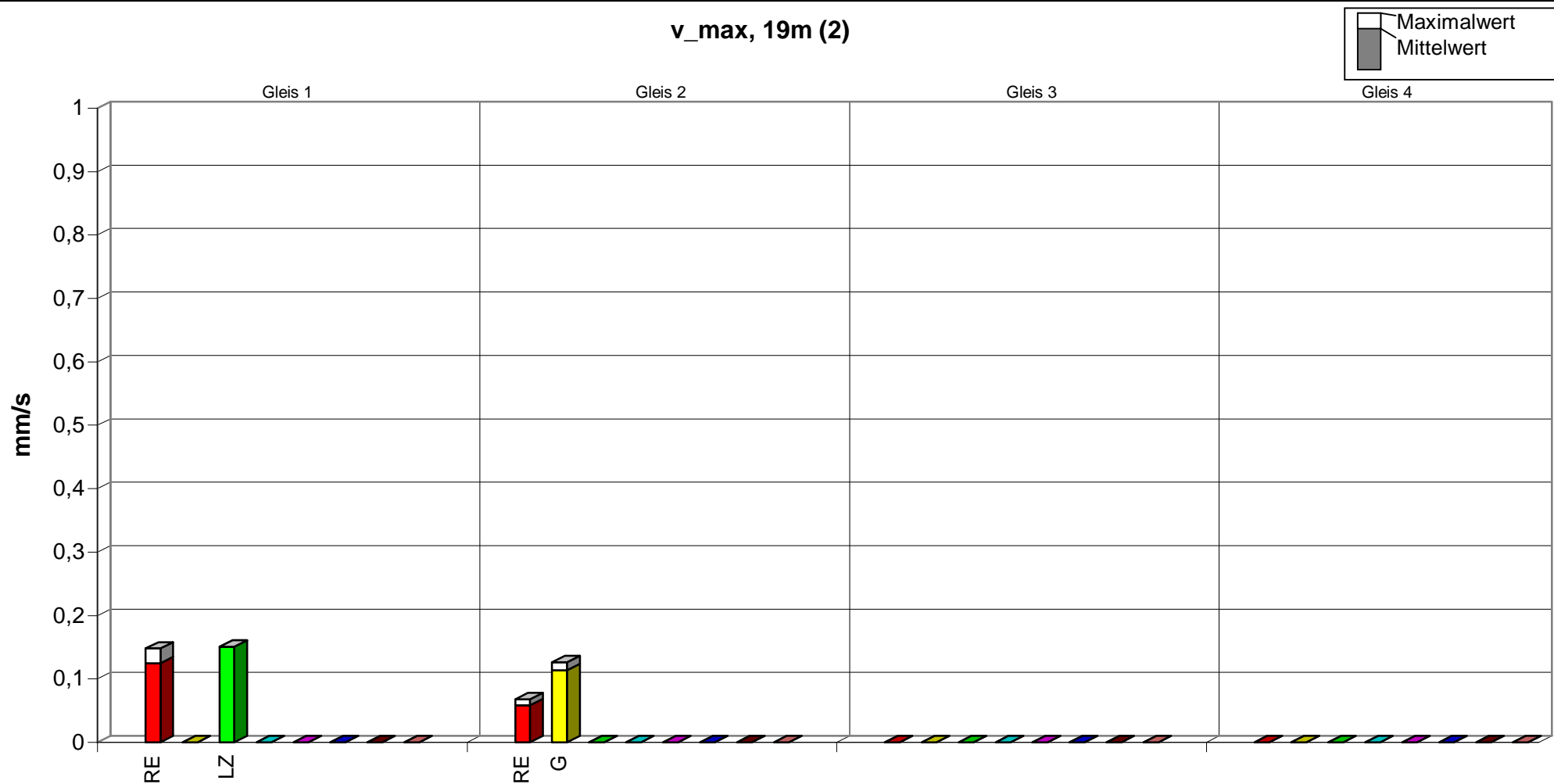
Erschütterungsmessungen in Dorfstraße, Schwerte, am 17.07.2019

v_max, 8m (2)



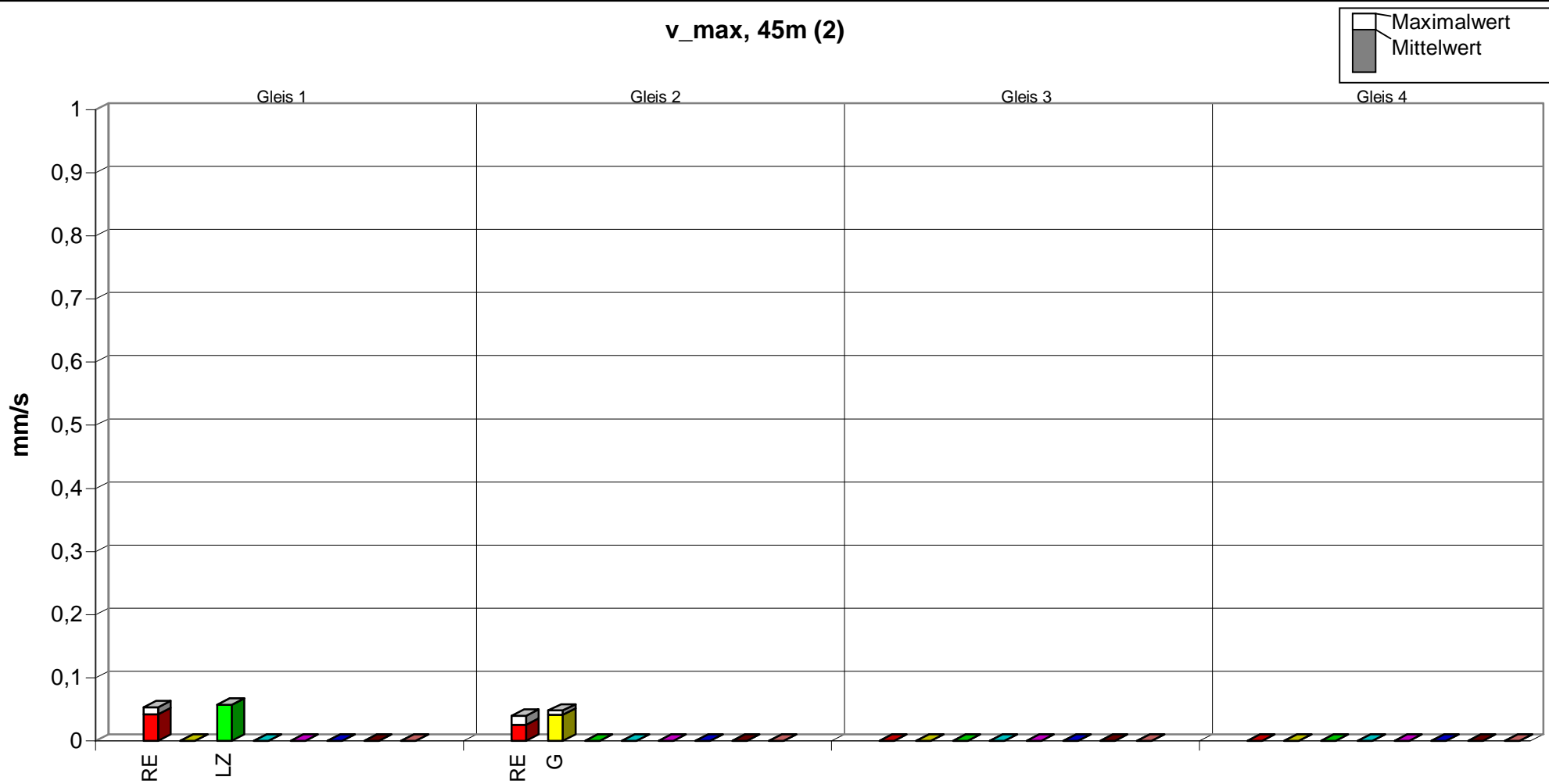
Erschütterungsmessungen in Dorfstraße, Schwerte, am 17.07.2019

v_max, 19m (2)

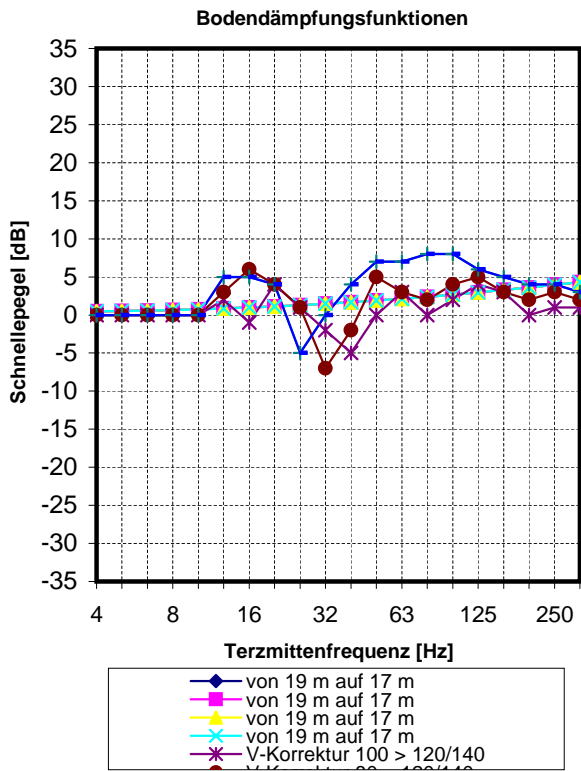
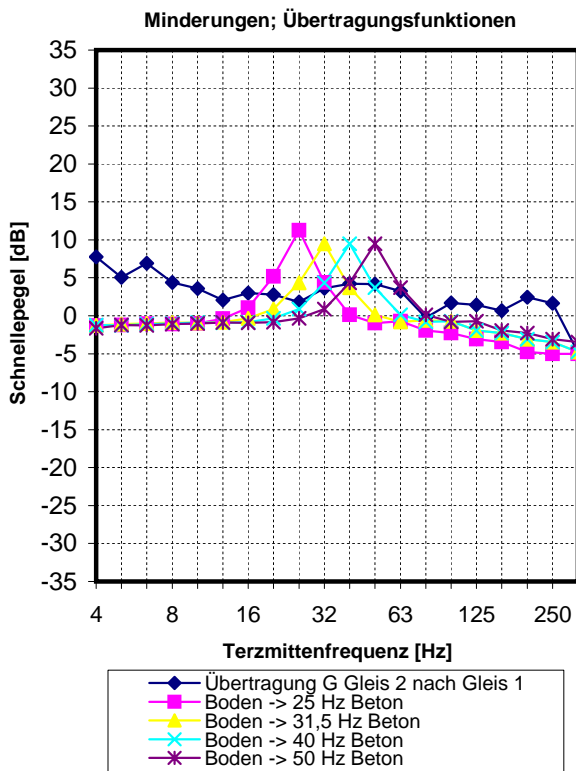
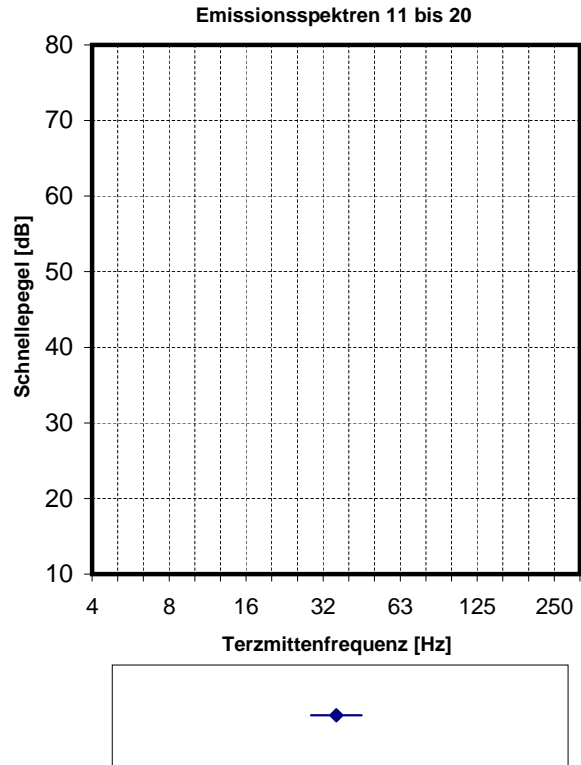
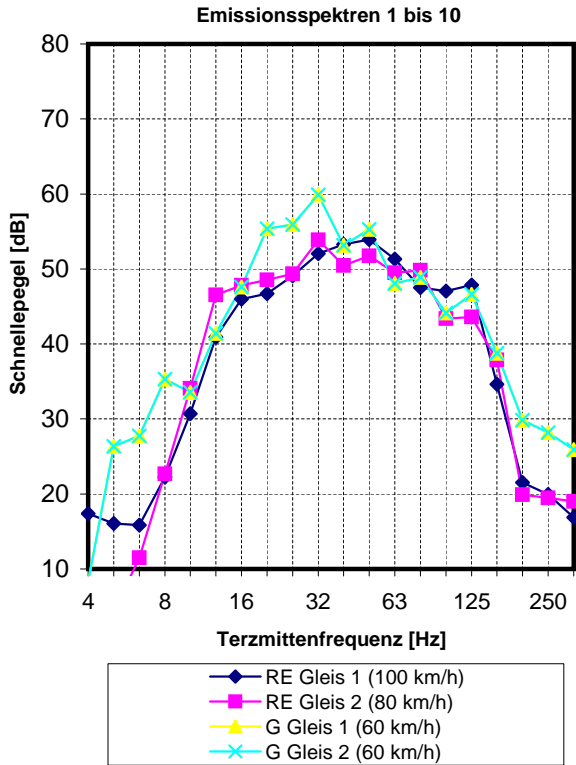


Erschütterungsmessungen in Dorfstraße, Schwerte, am 17.07.2019

v_max, 45m (2)



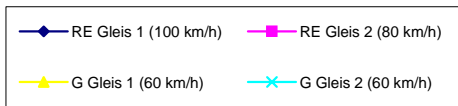
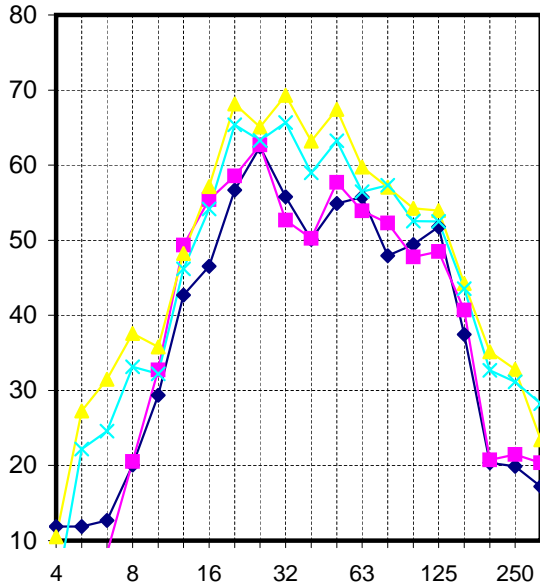
Eingangsdaten zur Prognose; Dorfstraße, Schwerte, 17 m [19m (1)]; B-Plan Nr. 192 "Im Westfelde"



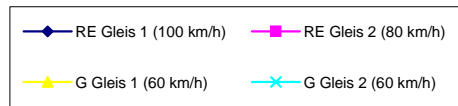
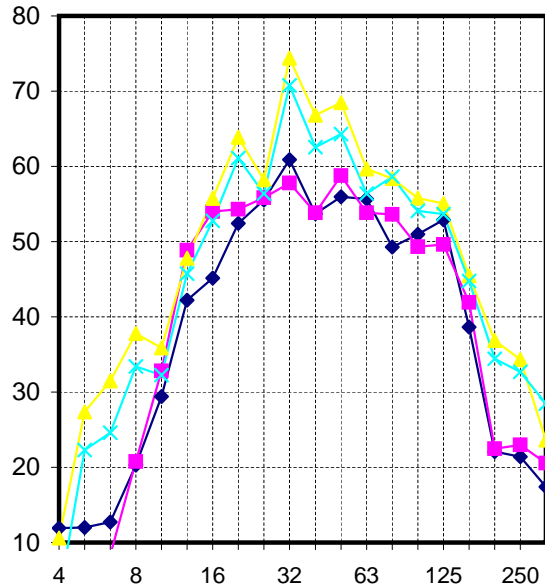
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose; Dorfstraße, Schwerte, 17 m [19m (1)]; B-Plan Nr. 192 "Im Westfelde"

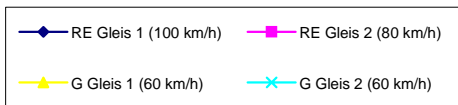
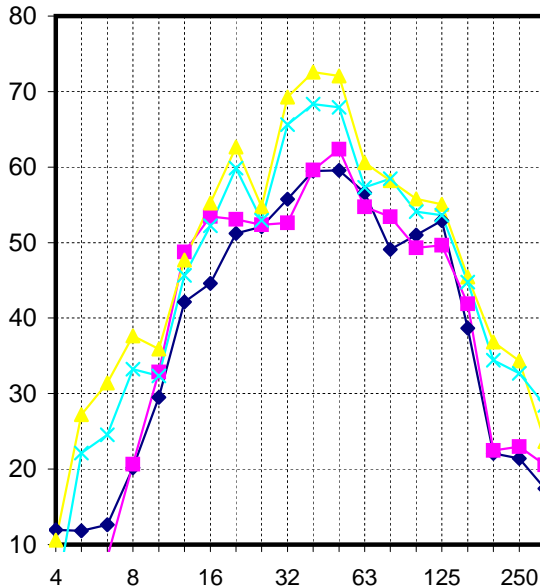
Immissionsspektren Beton 25 Hz



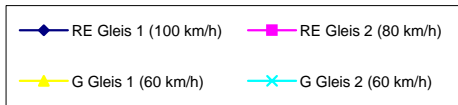
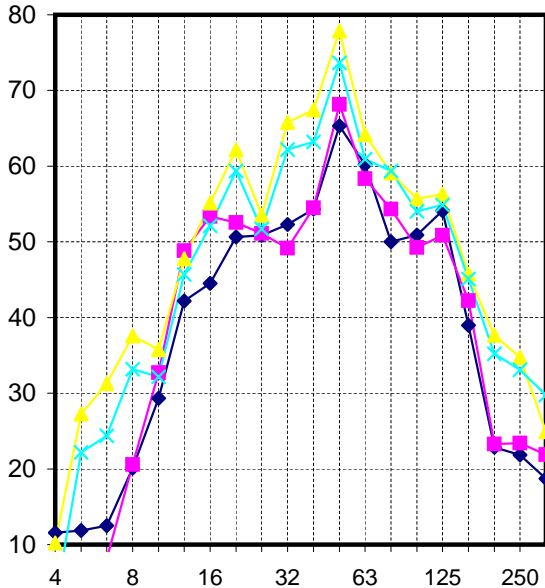
Immissionsspektren Beton 31,5 Hz



Immissionsspektren Beton 40 Hz



Immissionsspektren Beton 50 Hz



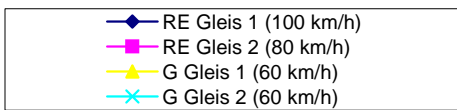
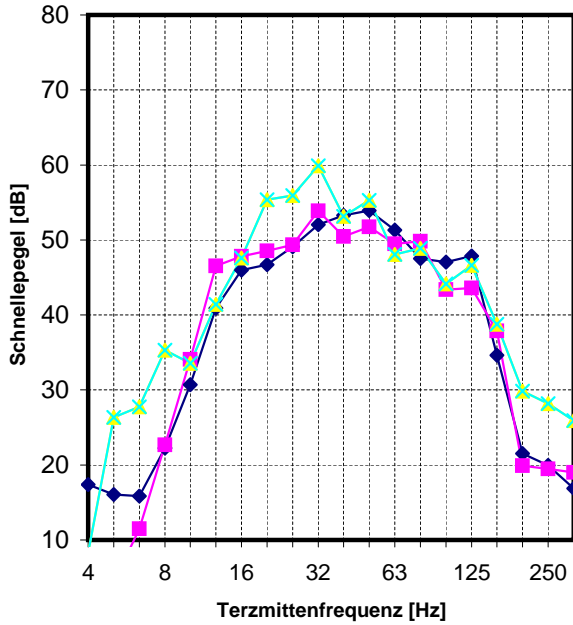
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Berechnung der Immissionen; Dorfstraße, Schwerte, 17 m [19m (1)]; B-Plan Nr. 192 "Im Westfelde"

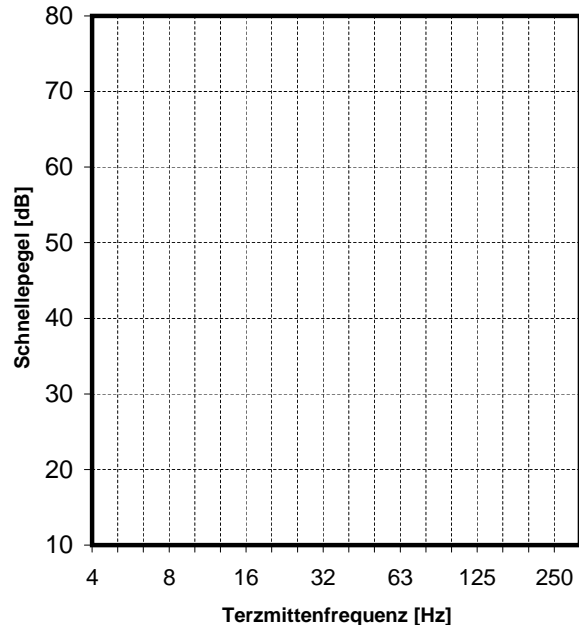
Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse Tag Nacht								
Emissionsspektren																							
RE Gleis 1 (100 km/h)	14,8	17,4	16,1	15,8	22,2	30,7	40,9	46,0	46,7	49,1	52,0	53,3	53,9	51,3	47,5	47,0	47,9	34,6	21,5	19,9	16,9	31	2
RE Gleis 2 (80 km/h)	-0,2	3,5	4,3	11,5	22,7	34,1	46,6	47,8	48,6	49,4	53,9	50,4	51,7	49,5	49,8	43,4	43,6	37,9	19,9	19,5	19,0	31	2
G Gleis 1 (60 km/h)	3,4	8,3	26,4	27,7	35,3	33,6	41,4	47,6	55,4	55,9	59,9	53,2	55,3	48,1	48,9	44,2	46,6	38,8	29,9	28,2	25,9	6	4
G Gleis 2 (60 km/h)	3,4	8,3	26,4	27,7	35,3	33,6	41,4	47,6	55,4	55,9	59,9	53,2	55,3	48,1	48,9	44,2	46,6	38,8	29,9	28,2	25,9	6	3
Berücksichtigte Geschwindigkeitskorrektur																							
V-Korrektur 100 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-1,0	4,0	1,0	-2,0	-5,0	0,0	3,0	0,0	2,0	4,0	3,0	0,0	1,0	1,0		
V-Korrektur 80 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	6,0	4,0	1,0	-7,0	-2,0	5,0	3,0	2,0	4,0	5,0	3,0	2,0	3,0	2,0		
V-Korrektur 60 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	4,0	-5,0	0,0	4,0	7,0	7,0	8,0	8,0	6,0	5,0	4,0	4,0	3,0		
V-Korrektur 60 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	4,0	-5,0	0,0	4,0	7,0	7,0	8,0	8,0	6,0	5,0	4,0	4,0	3,0		
Übertragungsfunktionen																							
Boden -> 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		
Boden -> 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		
Boden -> 40 Hz Beton	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-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			
Boden -> 50 Hz Beton	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-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			
Angesetzte Bodendämpfungen																							
von 19 m auf 17 m	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3		
von 19 m auf 17 m	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3		
von 19 m auf 17 m	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3		
von 19 m auf 17 m	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3		
Sonstiges berücksichtigtes Spektrum																							
Übertragung G Gleis 2 nach Gleis 1	8,5	7,8	5,1	6,9	4,4	3,6	2,1	3,0	2,8	1,8	3,6	4,2	4,2	3,3	-0,3	1,7	1,4	0,7	2,4	1,7	-4,8		
Immissionsspektren																							
															KB _{FTM} :	L _{max} (dB(A))							
RE Gleis 1 (100 km/h)																							
Beton 25 Hz	13,8	16,6	15,4	15,4	21,8	30,5	43,4	47,0	57,0	62,6	55,9	50,1	54,9	55,7	48,0	49,5	51,8	37,4	20,4	19,9	17,2	0,09	40,1
Beton 31,5 Hz	14,1	16,6	15,5	15,4	22,0	30,5	42,9	45,6	52,7	55,7	61,0	53,7	55,9	55,7	49,3	51,0	52,9	38,7	22,1	21,4	17,4	0,09	40,6
Beton 40 Hz	13,7	16,7	15,3	15,3	21,9	30,6	42,8	45,1	51,5	52,3	55,9	59,5	59,6	56,6	49,1	51,0	52,9	38,7	22,1	21,4	17,4	0,09	40,8
Beton 50 Hz	13,3	16,3	15,4	15,2	21,8	30,4	42,9	45,0	51,0	51,1	52,4	54,3	65,3	60,2	50,0	50,9	54,1	39,0	22,9	21,8	18,7	0,11	41,7
RE Gleis 2 (80 km/h)																							
Beton 25 Hz	-1,2	2,7	3,6	11,0	22,2	33,8	50,0	55,9	58,9	62,9	52,8	50,3	57,7	53,9	52,3	47,8	48,5	40,7	20,7	21,4	20,3	0,10	39,7
Beton 31,5 Hz	-0,9	2,7	3,8	11,1	22,5	33,9	49,6	54,5	54,6	56,0	57,9	53,8	58,8	53,8	53,6	49,3	49,6	41,9	22,5	23,0	20,6	0,09	40,2
Beton 40 Hz	-1,3	2,8	3,6	11,0	22,3	34,0	49,5	54,0	53,4	52,5	52,7	59,6	62,4	54,7	53,4	49,3	49,6	41,9	22,5	23,0	20,6	0,10	40,5
Beton 50 Hz	-1,7	2,3	3,6	10,8	22,3	33,8	49,5	53,9	52,8	51,3	49,3	54,5	68,1	58,4	54,3	49,2	50,8	42,2	23,3	23,4	21,9	0,15	41,6
G Gleis 1 (60 km/h)																							
Beton 25 Hz	11,0	15,2	30,8	34,2	39,3	36,9	49,0	57,7	68,5	65,3	69,4	63,2	67,4	59,7	57,1	54,2	54,0	44,2	35,1	32,8	23,4	0,26	42,6
Beton 31,5 Hz	11,2	15,3	30,9	34,2	39,5	37,0	48,5	56,3	64,2	58,4	74,5	66,8	68,5	59,7	58,4	55,8	55,1	45,4	36,9	34,3	23,6	0,33	43,3
Beton 40 Hz	10,8	15,3	30,7	34,1	39,4	37,0	48,4	55,7	63,0	54,9	69,4	72,6	72,1	60,6	58,2	55,8	55,1	45,4	36,9	34,3	23,6	0,34	43,9
Beton 50 Hz	10,4	14,9	30,7	34,0	39,3	36,9	48,5	55,6	62,4	53,7	65,9	67,4	77,9	64,2	59,1	55,7	56,3	45,8	37,7	34,7	24,9	0,44	45,3
G Gleis 2 (60 km/h)																							
Beton 25 Hz	2,4	7,5	25,7	27,3	34,9	33,3	46,9	54,6	65,7	63,5	65,8	59,0	63,2	56,5	57,3	52,6	52,5	43,6	32,7	31,1	28,2	0,18	41,7
Beton 31,5 Hz	2,7	7,5	25,8	27,3	35,1	33,4	46,4	53,3	61,4	56,6	70,9	62,6	64,3	56,4	58,7	54,1	53,6	44,8	34,4	32,7	28,4	0,22	42,4
Beton 40 Hz	2,3	7,6	25,6	27,2	34,9	33,4	46,3	52,7	60,2	53,1	65,7	68,3	67,9	57,3	58,5	54,1	53,6	44,8	34,4	32,7	28,4	0,22	42,7
Beton 50 Hz	1,9	7,2	25,7	27,1	34,9	33,3	46,4	52,6	59,6	51,9	62,3	63,2	73,7	60,9	59,4	54,0	54,9	45,1	35,2	33,1	29,8	0,28	43,9
(Max-Hold, Fast)																							
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s																							
KB _{FTM} :					Lr (dB(A)):																		
Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz		Beton 40 Hz		Beton 50 Hz		Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz		Beton 40 Hz		Beton 50 Hz									
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht								
0,031	0,029	0,035	0,036	0,036	0,036	0,047	0,046	27,2	24,6	27,7	25,2	28,1	25,7	29,2	26,9								
Zur Berechnung von KBFTM bzw. KBFTT werden die Spektren laut DIN 4150 bis maximal 80 Hz herangezogen.																							
Bei dem berechneten Beurteilungspegel Lr für den Sekundärluftschall handelt es sich um den physikalischen Pegel OHNE 5 dB Schienenbonus.																							

Eingangsdaten zur Prognose; Dorfstraße, Schwerte, 19m (1); B-Plan Nr. 192 "Im Westfelde"

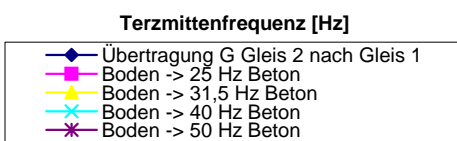
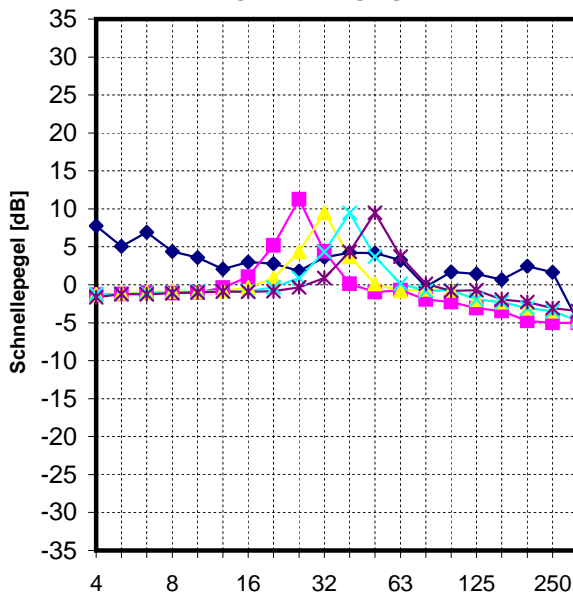
Emissionsspektren 1 bis 10



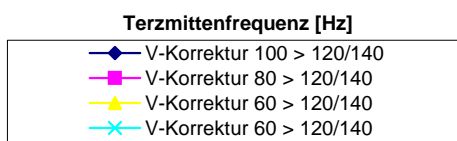
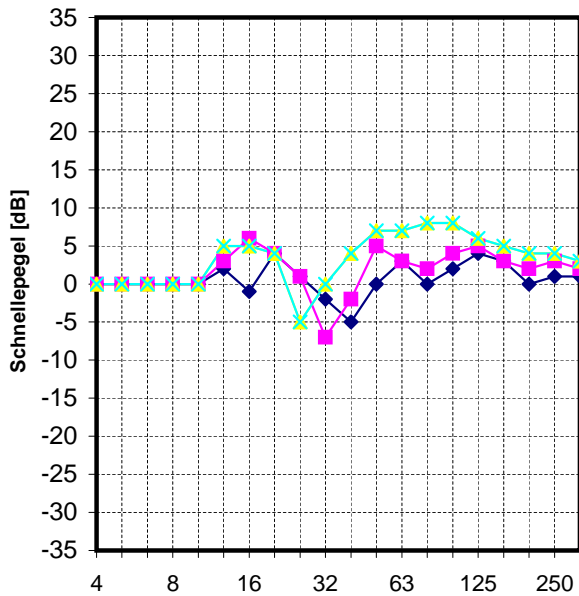
Emissionsspektren 11 bis 20



Minderungen; Übertragungsfunktionen



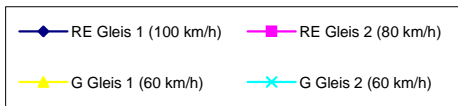
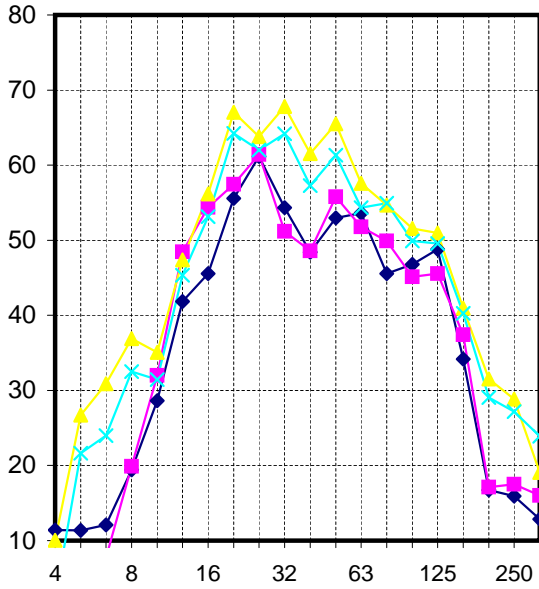
Bodendämpfungsfunktionen



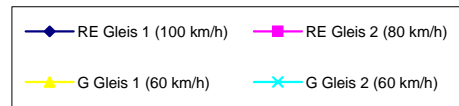
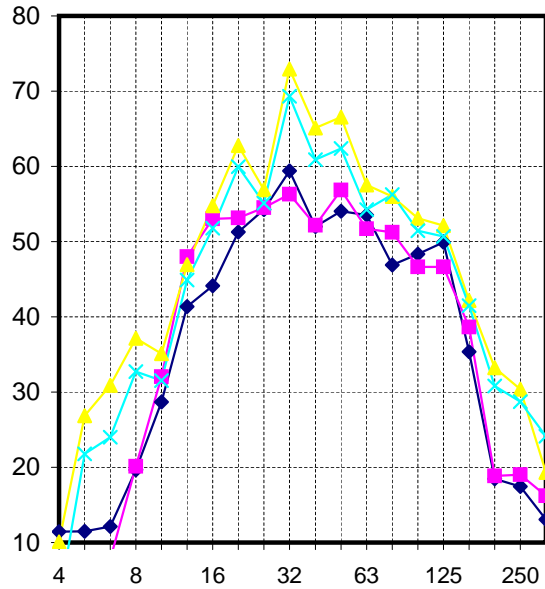
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose; Dorfstraße, Schwerte, 19m (1); B-Plan Nr. 192 "Im Westfelde"

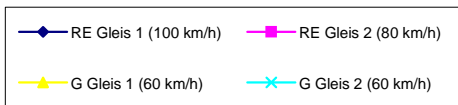
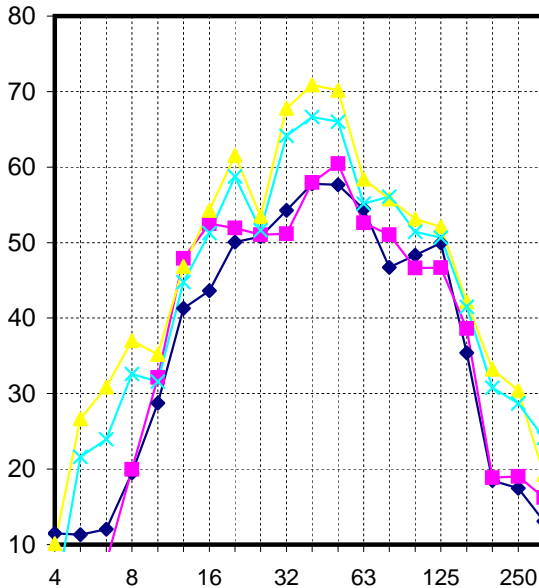
Immissionsspektren Beton 25 Hz



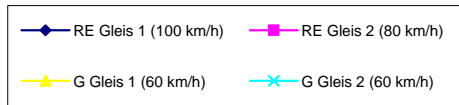
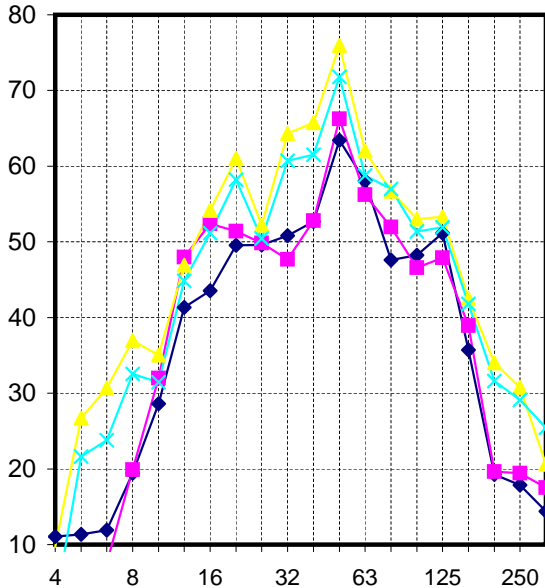
Immissionsspektren Beton 31,5 Hz



Immissionsspektren Beton 40 Hz



Immissionsspektren Beton 50 Hz



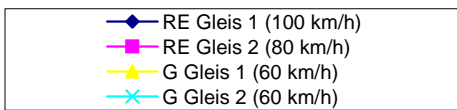
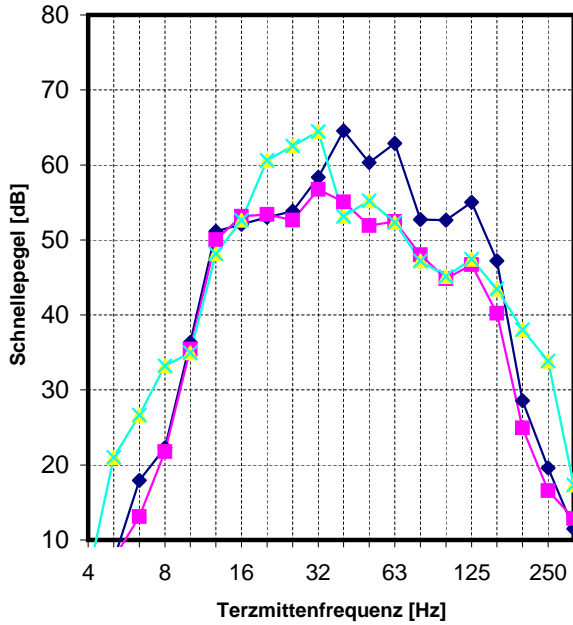
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Berechnung der Immissionen; Dorfstraße, Schwerte, 19m (1); B-Plan Nr. 192 "Im Westfelde"

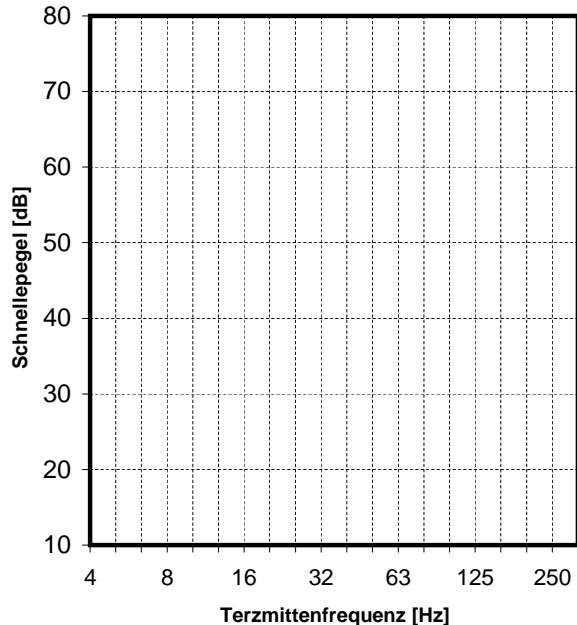
Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse Tag Nacht								
	Emissionsspektren																						
RE Gleis 1 (100 km/h)	14,8	17,4	16,1	15,8	22,2	30,7	40,9	46,0	46,7	49,1	52,0	53,3	53,9	51,3	47,5	47,0	47,9	34,6	21,5	19,9	16,9	31	2
RE Gleis 2 (80 km/h)	-0,2	3,5	4,3	11,5	22,7	34,1	46,6	47,8	48,6	49,4	53,9	50,4	51,7	49,5	49,8	43,4	43,6	37,9	19,9	19,5	19,0	31	2
G Gleis 1 (60 km/h)	3,4	8,3	26,4	27,7	35,3	33,6	41,4	47,6	55,4	55,9	59,9	53,2	55,3	48,1	48,9	44,2	46,6	38,8	29,9	28,2	25,9	6	4
G Gleis 2 (60 km/h)	3,4	8,3	26,4	27,7	35,3	33,6	41,4	47,6	55,4	55,9	59,9	53,2	55,3	48,1	48,9	44,2	46,6	38,8	29,9	28,2	25,9	6	3
Berücksichtigte Geschwindigkeitskorrektur																							
V-Korrektur 100 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-1,0	4,0	1,0	-2,0	-5,0	0,0	3,0	0,0	2,0	4,0	3,0	0,0	1,0	1,0		
V-Korrektur 80 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	6,0	4,0	1,0	-7,0	-2,0	5,0	3,0	2,0	4,0	5,0	3,0	2,0	3,0	2,0		
V-Korrektur 60 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	4,0	0,0	-5,0	0,0	4,0	7,0	7,0	8,0	8,0	6,0	5,0	4,0	3,0		
V-Korrektur 60 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	4,0	-5,0	0,0	4,0	7,0	7,0	8,0	8,0	6,0	5,0	4,0	4,0	3,0		
Übertragungsfunktionen																							
Boden -> 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		
Boden -> 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		
Boden -> 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		
Boden -> 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		
Sonstiges berücksichtigtes Spektrum																							
Übertragung G Gleis 2 nach Gleis 1	8,5	7,8	5,1	6,9	4,4	3,6	2,1	3,0	2,8	1,8	3,6	4,2	4,2	3,3	-0,3	1,7	1,4	0,7	2,4	1,7	-4,8		
Immissionsspektren																							
																	KB_{FTM}:	L_{max} (dB(A))					
RE Gleis 1 (100 km/h)																							
Beton 25 Hz	13,3	16,1	14,9	14,8	21,1	29,7	42,5	46,0	55,9	61,4	54,4	48,4	53,0	53,6	45,6	46,8	48,8	34,2	16,7	15,9	12,9	0,08	38,9
Beton 31,5 Hz	13,6	16,1	15,0	14,8	21,4	29,8	42,1	44,6	51,6	54,5	59,5	52,0	54,0	53,5	46,9	48,3	49,9	35,4	18,5	17,5	13,1	0,07	39,4
Beton 40 Hz	13,2	16,2	14,8	14,8	21,2	29,8	42,0	44,1	50,4	51,0	54,4	57,8	57,7	54,4	46,7	48,3	49,9	35,4	18,5	17,5	13,1	0,07	39,6
Beton 50 Hz	12,8	15,8	14,8	14,6	21,1	29,7	42,0	44,0	49,8	49,8	50,9	52,7	63,4	58,0	47,6	48,2	51,1	35,7	19,3	17,9	14,4	0,09	40,5
RE Gleis 2 (80 km/h)																							
Beton 25 Hz	-1,6	2,2	3,1	10,5	21,6	33,1	49,2	54,9	57,7	61,6	51,3	48,6	55,8	51,8	49,9	45,1	45,5	37,4	17,1	17,5	16,0	0,09	38,5
Beton 31,5 Hz	-1,4	2,2	3,2	10,5	21,8	33,2	48,7	53,5	53,5	54,7	56,4	52,2	56,9	51,7	51,2	46,6	46,7	38,6	18,9	19,0	16,2	0,07	39,0
Beton 40 Hz	-1,8	2,3	3,1	10,4	21,7	33,2	48,6	53,0	52,2	51,3	51,3	57,9	60,5	52,6	51,0	46,6	46,7	38,6	18,9	19,0	16,2	0,08	39,3
Beton 50 Hz	-2,2	1,8	3,1	10,2	21,6	33,1	48,7	52,9	51,7	50,0	47,8	52,8	66,2	56,2	51,9	46,6	47,9	38,9	19,7	19,4	17,5	0,12	40,6
G Gleis 1 (60 km/h)																							
Beton 25 Hz	10,5	14,7	30,2	33,6	38,6	36,1	48,1	56,7	67,3	64,0	67,9	61,5	65,5	57,6	54,7	51,6	51,0	40,9	31,5	28,8	19,1	0,22	41,5
Beton 31,5 Hz	10,7	14,8	30,3	33,6	38,8	36,2	47,6	55,3	63,1	57,1	73,0	65,1	66,6	57,5	56,0	53,1	52,1	42,2	33,2	30,4	19,3	0,28	42,2
Beton 40 Hz	10,3	14,8	30,2	33,5	38,7	36,3	47,5	54,8	61,8	53,6	67,9	70,9	70,2	58,4	55,8	53,1	52,1	42,2	33,2	30,4	19,3	0,28	42,8
Beton 50 Hz	10,0	14,4	30,2	33,4	38,6	36,1	47,6	54,7	61,3	52,4	64,4	65,8	76,0	62,0	56,7	53,0	53,3	42,5	34,0	30,8	20,6	0,35	44,3
G Gleis 2 (60 km/h)																							
Beton 25 Hz	1,9	7,0	25,1	26,7	34,2	32,6	46,0	53,7	64,5	62,2	64,3	57,3	61,3	54,3	54,9	49,9	49,6	40,3	29,1	27,2	23,9	0,15	40,6
Beton 31,5 Hz	2,2	7,0	25,3	26,7	34,4	32,6	45,6	52,3	60,3	55,3	69,4	60,9	62,4	54,3	56,3	51,4	50,7	41,5	30,8	28,7	24,1	0,18	41,2
Beton 40 Hz	1,8	7,1	25,1	26,6	34,3	32,7	45,5	51,7	59,0	51,8	64,3	66,7	66,0	55,2	56,1	51,4	50,7	41,5	30,8	28,7	24,1	0,18	41,6
Beton 50 Hz	1,4	6,7	25,1	26,5	34,2	32,5	45,6	51,7	58,5	50,6	60,8	61,5	71,8	58,8	57,0	51,4	51,9	41,8	31,6	29,1	25,4	0,22	42,8
(Max-Hold, Fast)																							
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s																							
																	KB_{FTM}:						
																	L_r (dB(A)):						
																	26,0	23,4					
																	26,6	24,1					
																	27,0	24,6					
																	28,2	25,9					
Zur Berechnung von KB _{FTM} bzw. KB _{FTT} werden die Spektren laut DIN 4150 bis maximal 80 Hz herangezogen.																	Bei dem berechneten Beurteilungspegel L _r für den Sekundärluftschall handelt es sich um den physikalischen Pegel OHNE 5 dB Schienenbonus.						

Eingangsdaten zur Prognose; Dorfstraße, Schwerte, 19m (2); B-Plan Nr. 192 "Im Westfelde"

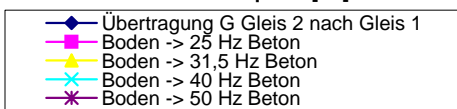
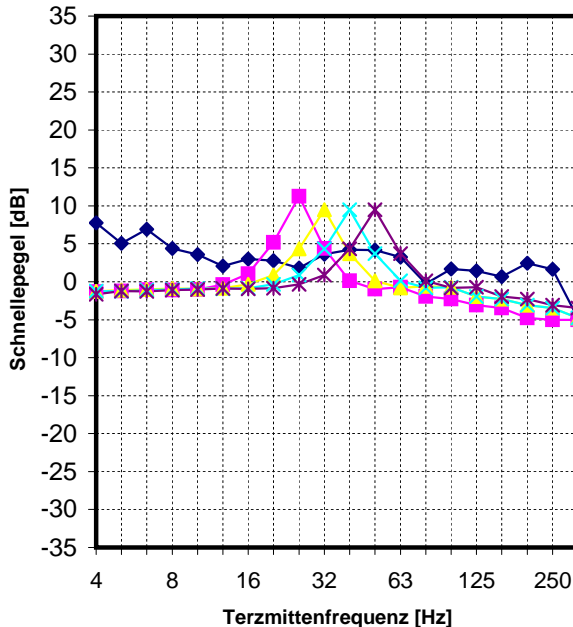
Emissionsspektren 1 bis 10



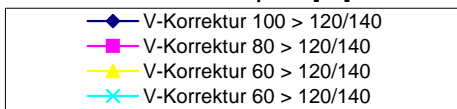
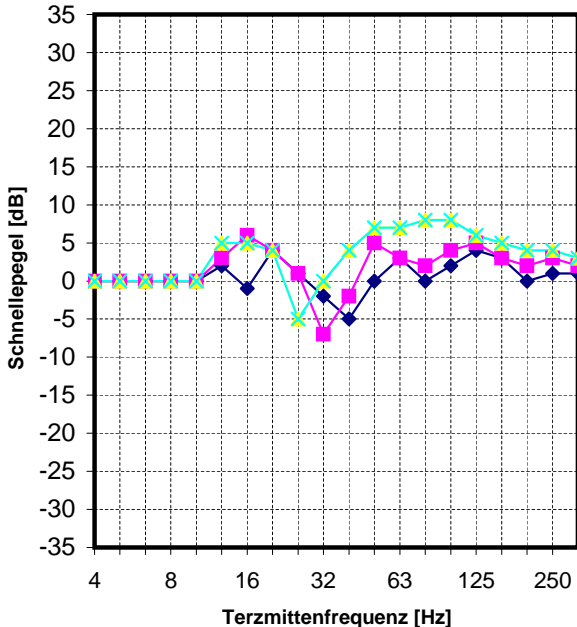
Emissionsspektren 11 bis 20



Minderungen; Übertragungsfunktionen



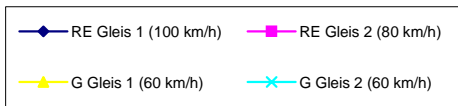
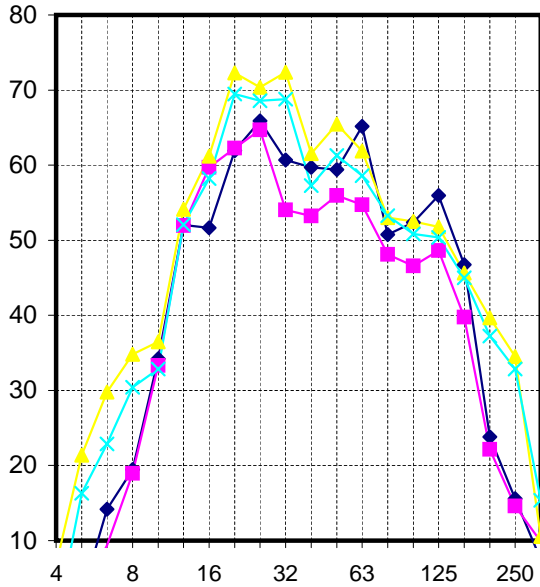
Bodendämpfungsfunktionen



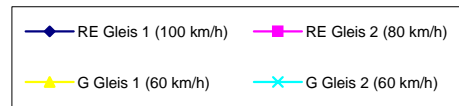
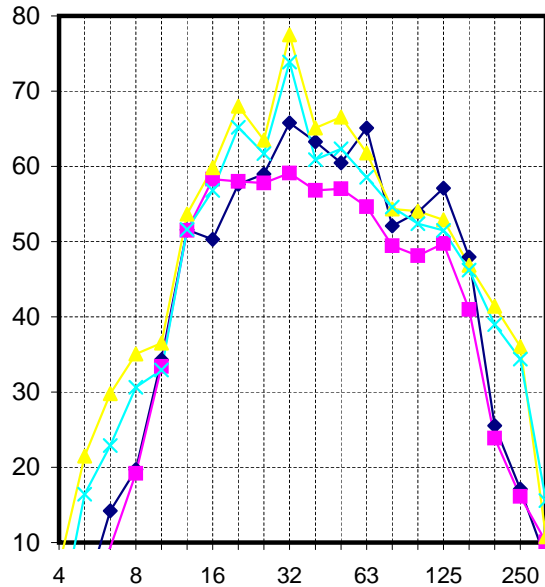
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose; Dorfstraße, Schwerte, 19m (2); B-Plan Nr. 192 "Im Westfelde"

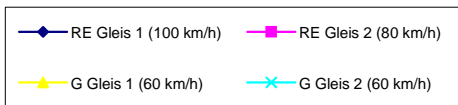
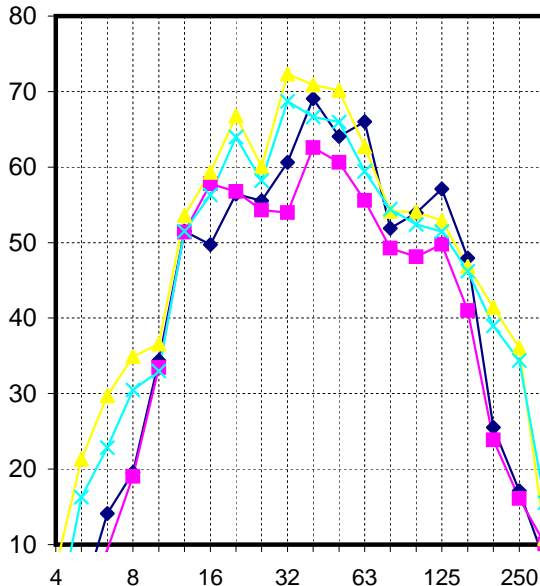
Immissionsspektren Beton 25 Hz



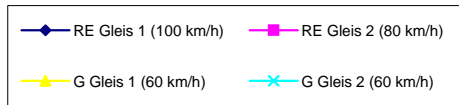
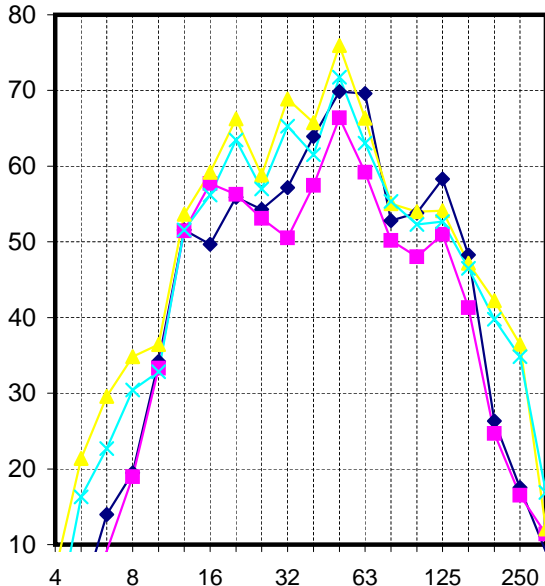
Immissionsspektren Beton 31,5 Hz



Immissionsspektren Beton 40 Hz



Immissionsspektren Beton 50 Hz



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

Berechnung der Immissionen; Dorfstraße, Schwerte, 19m (2); B-Plan Nr. 192 "Im Westfelde"

Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse								
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht							
Emissionsspektren																							
RE Gleis 1 (100 km/h)	1,0	4,5	7,4	17,9	22,3	36,3	51,1	52,1	53,0	53,8	58,4	64,6	60,3	62,9	52,7	52,6	55,0	47,2	28,6	19,6	11,5	31	2
RE Gleis 2 (80 km/h)	3,9	4,4	7,5	13,1	21,8	35,4	50,0	53,1	53,4	52,6	56,7	55,1	51,9	52,5	48,1	44,8	46,7	40,2	24,9	16,6	12,9	31	2
G Gleis 1 (60 km/h)	2,3	5,1	21,0	26,6	33,2	35,0	48,2	52,6	60,6	62,5	64,5	53,2	55,2	52,3	47,2	45,1	47,4	43,5	38,0	33,9	17,4	6	4
G Gleis 2 (60 km/h)	2,3	5,1	21,0	26,6	33,2	35,0	48,2	52,6	60,6	62,5	64,5	53,2	55,2	52,3	47,2	45,1	47,4	43,5	38,0	33,9	17,4	6	3
Berücksichtigte Geschwindigkeitskorrektur																							
V-Korrektur 100 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-1,0	4,0	1,0	-2,0	-5,0	0,0	3,0	0,0	2,0	4,0	3,0	0,0	1,0	1,0		
V-Korrektur 80 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	6,0	4,0	1,0	-7,0	-2,0	5,0	3,0	2,0	4,0	5,0	3,0	2,0	3,0	2,0		
V-Korrektur 60 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	4,0	0,0	-5,0	0,0	4,0	7,0	7,0	8,0	8,0	6,0	5,0	4,0	3,0		
V-Korrektur 60 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	4,0	-5,0	0,0	4,0	7,0	7,0	8,0	8,0	6,0	5,0	4,0	4,0	3,0		
Übertragungsfunktionen																							
Boden -> 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		
Boden -> 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		
Boden -> 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		
Boden -> 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		
Sonstiges berücksichtigtes Spektrum																							
Übertragung G Gleis 2 nach Gleis 1	8,5	7,8	5,1	6,9	4,4	3,6	2,1	3,0	2,8	1,8	3,6	4,2	4,2	3,3	-0,3	1,7	1,4	0,7	2,4	1,7	-4,8		
Immissionsspektren																							
																	KB_{FTM}:	L_{max} (dB(A))					
RE Gleis 1 (100 km/h)																							
Beton 25 Hz	-0,5	3,2	6,1	16,9	21,2	35,3	52,7	52,2	62,2	66,1	60,8	59,7	59,4	65,2	50,8	52,4	56,0	46,8	23,8	15,6	7,5	0,17	42,7
Beton 31,5 Hz	-0,2	3,2	6,3	16,9	21,4	35,4	52,3	50,8	57,9	59,2	65,9	63,3	60,5	65,1	52,1	53,9	57,1	48,0	25,5	17,1	7,7	0,17	43,1
Beton 40 Hz	-0,6	3,3	6,1	16,8	21,3	35,5	52,2	50,2	56,7	55,7	60,7	69,1	64,1	66,0	51,9	53,9	57,1	48,0	25,5	17,1	7,7	0,21	43,4
Beton 50 Hz	-1,0	2,9	6,1	16,7	21,2	35,3	52,3	50,2	56,2	54,5	57,3	63,9	69,8	69,6	52,8	53,8	58,3	48,3	26,3	17,5	9,0	0,24	44,4
RE Gleis 2 (80 km/h)																							
Beton 25 Hz	2,4	3,1	6,3	12,1	20,7	34,4	52,6	60,2	62,6	64,9	54,1	53,2	55,9	54,7	48,1	46,6	48,6	39,8	22,2	14,6	9,9	0,13	39,3
Beton 31,5 Hz	2,7	3,1	6,4	12,1	20,9	34,5	52,2	58,8	58,3	58,0	59,2	56,8	57,0	54,7	49,4	48,1	49,8	41,0	23,9	16,1	10,1	0,10	39,8
Beton 40 Hz	2,2	3,2	6,3	12,0	20,8	34,6	52,1	58,3	57,1	54,5	54,1	62,6	60,6	55,6	49,3	48,1	49,8	41,0	23,9	16,1	10,1	0,11	40,2
Beton 50 Hz	1,9	2,8	6,3	11,9	20,7	34,4	52,1	58,2	56,6	53,3	50,6	57,4	66,4	59,2	50,2	48,0	51,0	41,3	24,7	16,5	11,4	0,14	41,2
G Gleis 1 (60 km/h)																							
Beton 25 Hz	9,4	11,5	24,9	32,5	36,5	37,6	54,8	61,7	72,6	70,6	72,5	61,5	65,5	61,9	53,0	52,5	51,8	45,6	39,7	34,5	10,5	0,37	42,3
Beton 31,5 Hz	9,6	11,6	25,0	32,5	36,7	37,6	54,4	60,3	68,3	63,7	77,6	65,1	66,5	61,8	54,3	54,1	52,9	46,9	41,4	36,1	10,8	0,43	43,0
Beton 40 Hz	9,2	11,6	24,8	32,4	36,6	37,7	54,3	59,8	67,1	60,2	72,4	70,9	70,1	62,7	54,2	54,1	52,9	46,9	41,4	36,1	10,8	0,35	43,4
Beton 50 Hz	8,9	11,2	24,9	32,3	36,5	37,5	54,3	59,7	66,5	59,0	69,0	65,8	75,9	66,3	55,1	54,0	54,1	47,2	42,2	36,5	12,1	0,39	44,7
G Gleis 2 (60 km/h)																							
Beton 25 Hz	0,8	3,8	19,8	25,6	32,1	34,0	52,8	58,7	69,8	68,8	68,9	57,3	61,3	58,6	53,3	50,9	50,4	45,0	37,2	32,9	15,4	0,26	41,3
Beton 31,5 Hz	1,1	3,8	19,9	25,6	32,3	34,0	52,3	57,3	65,5	61,9	74,0	60,9	62,4	58,5	54,6	52,4	51,5	46,2	39,0	34,4	15,6	0,29	42,0
Beton 40 Hz	0,7	3,8	19,8	25,5	32,2	34,1	52,2	56,8	64,3	58,4	68,8	66,7	66,0	59,4	54,4	52,4	51,5	46,2	39,0	34,4	15,6	0,23	42,1
Beton 50 Hz	0,3	3,4	19,8	25,4	32,1	33,9	52,3	56,7	63,8	57,2	65,4	61,5	71,7	63,1	55,3	52,3	52,7	46,5	39,8	34,8	16,9	0,25	43,2
(Max-Hold, Fast)																							
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s																							
																	KB_{FTM}:						
																	L_r (dB(A)):						
																	28,0	24,5					
																	28,5	25,2					
																	28,8	25,4					
																	29,9	26,6					
Zur Berechnung von KBFTM bzw. KBFTTr werden die Spektren laut DIN 4150 bis maximal 80 Hz herangezogen.																	Bei dem berechneten Beurteilungspegel Lr für den Sekundärluftschall handelt es sich um den physikalischen Pegel OHNE 5 dB Schienenbonus.						