SCHALLSCHUTZ + BAUPHYSIK
AKUSTIK + MEDIENTECHNIK
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
UMWELTTECHNOLOGIE

PEUTZ CONSULT

Erschütterungstechnische Untersuchung zum Bebauungsplanvorhaben Georg-Fischer-Straße in Mettmann

Bericht FA 7680-1 vom 22.12.2016

Auftraggeber:	Stadt Mettmann Stadtplanung Neanderstraße 85 40822 Mettmann

Bericht-Nr.:	FA 7680-1
Datum:	22.12.2016
Ansprechpartner/in:	Herr Pelzer

DAkkS Deutsche Akkreditierungsstel D-PL-20140-01-00

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

Martener Straße 525
44379 Dortmund
Tel. +49 231 725 499 10
Fax +49 231 725 499 19
dortmund@peutz.de

Carmerstraße 5
10623 Berlin
Tel. +49 30 310 172 16
Fax +49 30 310 172 40
berlin@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: DUSSDEDDXXX

Niederlassungen:

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

www.peutz.de

Inhaltsverzeichnis

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Stadt Mettmann plant, durch Aufstellung des Bebauungsplanes Nr. 143 "Georg-Fischer-Straße" Planrecht für die Errichtung neuer Wohnbebauung zu schaffen.

Auf dem Bebauungsplangebiet befinden sich derzeit Gebäude des Mettmanner Bauvereins, die zurückgebaut und durch eine bis zu 4-geschossige Neubebauung ersetzt werden sollen.

Das Gelände befindet sich direkt neben der Schienenstrecke der S28 von Düsseldorf nach Mettmann-Stadtwald auf Höhe des Haltepunktes Mettmann-Zentrum.

Daher könnten relevante Erschütterungs- und sekundäre Luftschallimmissionen in den geplanten Wohnhäusern auftreten. Im Zuge des Bebauungsplanverfahrens soll daher eine erschütterungstechnische Untersuchung durchgeführt werden, um mögliche Restriktionen für die zulässige Bebauung zu festzustellen oder auszuschließen.

Hierzu wurde am 07.12.2016 eine Erschütterungsmessung im Freifeld des Bebauungsplanes sowie in einem Bestandsgebäude (Georg-Fischer-Str. 2) durchgeführt. Hiervon ausgehend, werden die im Bebauungsplangebiet zu erwartenden Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen prognostiziert.

Die Ergebnisse dieser Messungen sowie der Prognose und dessen Beurteilung sind im nachfolgenden Bericht dargestellt.

Die Ergebnisse der Untersuchung werden gemäß DIN 4150 Teil 2 [6] und der aktuellen Rechtslage [18] für die Erschütterungen und in Anlehnung an die Anforderungen nach 24. BImSchV [3] 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	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge	G	Aktuelle Fassung
[2]	**16. BImSchV** 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verkehrslärmschutzverordnung	Bundesgesetzblatt Nr. 27/1990, ausgegeben zu Bonn am 20. Juni 1990	V	12.06 1990 geändert am 18.12.2014
[3]	**24. BImSchV** 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung	Geändert am 23.09.1997 und Begründung in Bundesratsdrucksache 363/96 vom 02.07.1996	V	04.02.1997
[4]	**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
[5]	**DIN 4150, Teil 1**	Erschütterungen im Bauwesen, Vorermittlungen von Schwingungsgrößen	N	Juni 2001
[6]	**DIN 4150, Teil 2**	Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	N	Juni 1999
[7]	**DIN 4150, Teil 3**	Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen	N	Februar 1999
[8]	**DIN 45 669, Teil 1**	Messung von Schwingungsimmissionen - Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung	N	September 2010
[9]	**DIN 45 669, Teil 2**	Messung von Schwingungsimmissionen - Messverfahren	N	Juni 2005

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[10] **DIN 45 669, Teil 3**	Messung von Schwingungsimmissionen - Prüfung (Kalibrierung und Beurteilung) der Schwingungsmesseinrichtung; Erstprüfung, Nachprüfung, Zwischenprüfung, Prüfung für den Messeinsatz	N	Juni 2006
[11] **DIN 45 672, Teil 1**	Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Messverfahren	N	Dezember 2009
[12] **DIN 45 672, Teil 2**	Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Auswerteverfahren	N	Juli 1995
[13] Materialien Nr. 22, Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs, Prognose und Schutzmaßnahmen	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Juli 1995, ISSN:0947-5206	Lit	Juli 1995
[14] Taschenbuch der Technischen Akustik	G. Müller, M. Möser (Hrsg.), 3. Auflage	Lit.	2003
[15] Körperschall und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer, Beweissicherung, Prognose, Beurteilung und Schutzmaßnahmen	Landesumweltamt NRW	Lit.	1999
[16] 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
[17] DB Richtlinie 800.2502 „Erschütterung und sekundärer Luftschall, Messung und Prognose"	DB AG, Abt. Bautechnik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik, TZF 12	Lit.	November 2006
[18] Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes (BVerwG) zum Ausbau einer Eisenbahnstrecke; Schutz gegen Erschütterungen und sekundären Luftschall	Aktenzeichen 7 A 14/09	Lit.	21.12.2010
[19] Zugbelastungszahlen der Regiobahnstrecke S28	Zur Verfügung gestellt von der Regiobahn GmbH	P	Oktober 2015
[20] Städtebauliches Konzept zum Planvorhaben	Zur Verfügung gestellt vom Auftraggeber	P	November 2016

Kategorien:

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

3 Örtliche Gegebenheiten / Betriebsprogramm / Gebietsnutzungen

Das Bebauungsplangebiet befindet sich zentral in Mettmann an der Georg-Fischer-Straße. Nordwestlich anschließend befindet sich der Haltepunkt der Regiobahn S28 Mettmann-Zentrum in ebenerdiger Lage. Der Bahnsteig ist durch eine kleine Stützmauer vom Garten des Gebäudes Georg-Fischer-Straße Nr. 2 getrennt.

Derzeit befindet sich auf dem Bebauungsplangebiet 3-geschossige Wohnbebauung im Eigentum des Mettmanner Bauvereins (Nachkriegsbauten der 50er und 60er Jahre). Diese Gebäude sollen zurückgebaut und durch 4-geschossigen Wohnungsbau ersetzt werden (vgl. Anlage 1.2).

Es ist eine Ausweisung als Allgemeines Wohngebiet (WA) vorgesehen.

Das Gelände steigt von der Bahn aus gesehen entlang der Georg-Fischer-Straße nach Südosten hin an. Während westlich der Georg-Fischer-Straße die Bahngleise bzw. der Haltepunkt Mettmann-Zentrum direkt an die Gärten angrenzen, befindet sich östlich der Georg-Fischer-Straße noch die Straße zwischen Plangebäuden und Gleisanlage. Eine Übersicht über das Plangebiet mit der derzeitigen Bebauung kann Anlage 1.1 und eine Übersicht über die geplante Bebauung Anlage 1.2 entnommen werden.

Die in der Berechnung angenommene Streckenbelastung wurde im Rahmen eines anderen Projektes von der Regiobahn zur Verfügung gestellt. Aufbereitet ergeben sich Zugzahlen in der Tabelle 3.1.

Zusätzlich zu den in Tabelle 3.1 aufgeführten Triebwagen verkehren weitere Triebwagen der NordWestBahn vom Typ LINT und bis zu vier Güterzüge im Tages- und zwei Güterzüge im Nachtzeitraum (vgl. Tabelle 3.2 und Tabelle 3.3).

Die Güterzüge dienen den Kalksteinbruch in Wuppertal Dornap-Hahnenfurt an, sodass auf dem dem Bebauungsplangebiet nächstgelegenen Gleis 1 leere Güterzüge zum Kalksteinbruch verkehren und auf dem dem Bebauungsplangebiet abgewandten Gleis (Gleis 2) die beladenen Güterzüge fahren.

Tabelle 3.1: Streckenbelastung der Regiobahn S28

Zugtyp: Bombardier Talent	Länge [m]	Anzahl Achsen je Einheit	Geschwindigkeit [km/h]	Anzahl Vorbeifahrten Tag (6 – 22 Uhr)	Anzahl Vorbeifahrten Nacht (22 – 6 Uhr)
Richtung Kaarst	36,49	6	80	25	10
Richtung Kaarst	72,98	6	80	20	2
Richtung Wuppertal	36,49	6	80	26	9
Richtung Wuppertal	72,98	6	80	21	1

Tabelle 3.2: Zusätzliche Streckenbelastung NordWestBahn (Triebwagen, Personenverkehr)

Zugtyp: NWB-Lint 41	Länge [m]	Anzahl Achsen je Traktion	Geschwindigkeit [km/h]	Anzahl Vorbeifahrten Tag (6 – 22 Uhr)	Anzahl Vorbeifahrten Nacht (22 – 6 Uhr)
Richtung Kaarst	72,98	6	80	2	1
Richtung Wuppertal	72,98	6	80	3	0

Tabelle 3.3: Güterverkehr

Zugtyp: Güterzug (bespannt mit V-Lok)	Länge [m]	Anzahl Achsen je Wagen	Geschwindigkeit [km/h]	Anzahl Vorbeifahrten Tag (6 – 22 Uhr)	Anzahl Vorbeifahrten Nacht (22 – 6 Uhr)
Richtung Kaarst	530,3	4	80	2	1
Richtung Wuppertal	530,3	4	80	2	1

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

Entsprechend der DIN 4150, Teil 2 [6] 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 τ = 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 [6] mit folgender Gleichung berechnet:

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

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 [14]

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 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.

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 [6], kann ausweislich der Anmerkungen unter Abschnitt 6.5.3.4 dieser Norm auf bestehende Bahnstrecken nicht unmittelbar angewendet werden.

Für die vorliegende Planung wird geprüft, ob und ggf. unter welchen Maßnahmen eine Einhaltung der Anhaltswerte der o.a. Norm erreicht werden kann.

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 [15] 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 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 [18] 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 07.12.2016 im Bestandsgebäude Georg-Fischer-Straße 2 und dessen Garten sowie im Vorgarten des Hauses Nr. 5 durchgeführt.

Eine detaillierte Beschreibung der Messumgebung und des Messaufbaus ist in Anlage 2 dargestellt.

5.2 Messgeräte

Die Erschütterungsmessungen wurden entsprechend der DIN 4150, Teil 2, in Verbindung mit DIN 45669, Teil 1 [8] und Teil 2 [9] sowie dem DB-Leitfaden zum Erschütterungs- und Körperschallschutz [17] durchgeführt.

Die Ankopplung der Messaufnehmer auf den Geschossdecken erfolgte über Dreipunktlager gemäß DIN 45669. Die Bodenmesspunkte werden mittels Erdspießen an den Boden gekoppelt.

Die Lage der einzelnen Messorte ist im Anlagensatz im Detail wiedergegeben.

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 Frequenzanalysen erfolgten mittels der Auswertesoftware (System 9800) der Firma M. Beitzer Messtechnik. Die Zuggeschwindigkeiten wurden mit einem Radarmessgerät erfasst.

5.3 Messdurchführung

Während der gesamten Messzeit wurden die Erschütterungsanregungen durch den regulären Zugverkehr registriert. Dabei wurde der Zugtyp, die Loktypnummer, die Zuggeschwindigkeit, das befahrene Gleis und ggf. Besonderheiten / Auffälligkeiten festgehalten.

Die Triebwagen der Regiobahn halten im Haltepunkt Mettmann-Zentrum. Es wurden getrennt voneinander jeweils die Ein- und Ausfahrt registriert und ausgewertet.

5.4 Auswertung der Messungen

Die Auswertung der Erschütterungsimmissionen erfolgte gemäß DIN 4150 Teil 2 [6] beziehungsweise dem DB-Leitfaden zum Erschütterungs- und Körperschallschutz [17].

Die höchsten registrierten Schwingungen wurden bei der Durchfahrt eines Güterzuges auf Gleis 2 registriert und betrugen 0,16 mm/s im Vorgarten von Haus Nr. 5 bzw. 0,2 mm/s in 13 m Entfernung zum Gleis im Garten von Haus Nr. 2. Davon abgesehen wurden im Gebäude Georg-Fischer-Straße 2 am Messpunkt im Dachgeschoss für keine Zugvorbeifahrt Erschütterungen oberhalb der sogenannten Fühlschwelle von KB = 0,1 registriert.

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.

Zur Bestimmung der Übertragung auf das geplante Bauwerk werden theoretische Ansätze aus der Literatur [17] sowie die im Bestandsgebäude Nr. 2 gemessene Übertragungsfunktion herangezogen.

6.2 Beschreibung der Methodik

Die Prognosen der Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen erfolgen auf Basis des vorliegenden Bebauungsplanentwurfes [20].

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

Dafür wurden im ersten Schritt für die Zugvorbeifahrten Frequenzanalysen (Terz-F-max) durchgeführt und diese anschließend für jeden Zugtyp und jedes Gleis getrennt energetisch

gemittelt. Diese gemittelten Terz-F-max Frequenzspektren für die Messpunkte 3 und 5 der Freifeldmessung (Kanal 7 und 9) gehen als Eingangsdaten in die Prognosen ein.

Messpunkt 3 befand sich westlich der Georg-Fischer-Straße in einem Abstand von 13 m zu Gleis 1 im Garten von Bestandsgebäude Nr. 2, was dem Abstand der im Bebauungsplan hier vorgesehenen dem Gleis nächstgelegenen Bebauung entspricht. Messpunkt 5 befindet sich östlich der Georg-Fischer-Straße und repräsentiert die Situation der hier geplanten Gebäude.

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 den geplanten Gebäuden im Plangebiet wird einerseits die im Bestandsgebäude Nr. 2 gemessene Übertragungsfunktion vom Fundament auf die Geschossdecke herangezogen. Des Weiteren werden typische Übertragungsfunktionen für Betondecken aus der Literatur mit Deckeneigenfrequenzen von 16 Hz bis 25 Hz bzw. 20 Hz bis 31,5 Hz verwendet. Für die westlich der Georg-Fischer-Straße gelegenen Gebäude stellen Deckeneigenfrequenzen von 16 Hz den erschütterungstechnisch ungünstigsten Fall dar, weil hier schon in diesem niederfrequenten Bereich hohe Energien in den von den Zugvorbeifahrten angeregten Emissionsspektren auftreten. Östlich der Georg-Fischer-Straße liegen die höchsten Energien in den gemessenen Emissionsspektren in der 31,5 Hz Terz vor.

Während des Messzeitraumes wurde nur ein durchfahrender Güterzug auf Gleis 2 registriert. Da die Güterzüge auf Gleis 2 beladen, die auf Gleis 1 verkehrenden Güterzüge hingegen leer sind, kann – auch unter Berücksichtigung der nur geringen Güterzugfrequentierung auf der Strecke - in der Prognoseberechnung überschlägig davon ausgegangen werden, dass durch eine Güterzugvorbeifahrt auf Gleis 1 eine ähnliche Erschütterungsanregung verursacht wird.

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, das 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 wiedergegeben. Die detaillierten Messergebnisse sind in Anlage 3 und die detaillierte Darstellung der Prognoseberechnung für Messpunkt 3 in Anlage 4 und für Messpunkt 5 in Anlage 5 dokumentiert.

6.3 Prognoseunsicherheit

Die generelle messtechnische Unsicherheit bei der Ermittlung von KB_F-Werten kann gemäß DIN 4150 Teil 2 [6] 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 [17], 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

Nach dem vorliegenden Bebauungsplanentwurf [20] befindet sich das nächstgelegene geplante Gebäude zum Gleis in 13 m Entfernung westlich der Georg-Fischer-Straße und damit am Ort des Messpunktes 3 im Garten des Bestandsgebäudes Nr. 2.

Das nächstgelegene Gebäude östlich der Georg-Fischer-Straße befindet sich in etwa am Ort des jetzigen Hauses Nr. 5, sodass für die Prognose der hier zu erwartenden Erschütterungsimmissionen auf die Messwerte von Messpunkt 5 zurückgegriffen werden kann.

Tabelle 7.1 Und Tabelle 7.2 fassen die Ergebnisse der Prognoseberechnung zu den Erschütterungsimmissionen für diese beiden entsprechend nächstgelegenen Gebäude auf dem Plangebiet zusammen.

Tabelle 7.1: Prognostizierte Erschütterungsimmissionen für das Gebäude westlich der Georg-Fischer-Straße (13 m Gleisentfernung, Messpunkt 3, Anlage 4)

	KB_{FTr}		$A_{r(WA)}$		$KB_{FTr} <= A_{r(WA)}$	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Betondecke, 16 Hz	0,052	0,044	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke, 20 Hz	0,048	0,038	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke, 25 Hz	0,042	0,031	0,07	0,05	JA	JA
Bestandsgeb. DG	0,043	0,032	0,07	0,05	JA	JA

Tabelle 7.2: Prognostizierte Erschütterungsimmissionen für das Gebäude östlich der Georg-Fischer-Straße (20 m Gleisentfernung, Messpunkt 5, Anlage 5)

	KB_{FTr}		$A_{r(WA)}$		$KB_{FTr} <= A_{r(WA)}$	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Bestandsgeb. DG	0,058	0,046	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke, 20 Hz	0,029	0,022	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke, 25 Hz	0,043	0,033	0,07	0,05	JA	JA
Betondecke, 31,5 Hz	0,04	0,032	0,07	0,05	JA	JA

Die detaillierten Prognoseberechnungen können Anlage 4 bzw. Anlage 5 entnommen werden.

Der dargestellten Prognoseberechnung zur Folge werden die in Tabelle 4.2, Zeile für Wohngebiete ausgewiesenen Anhaltswerte für die Erschütterungsimmissionen aus DIN 4150 Teil 2 [6] in den geplanten Gebäuden eingehalten.

Insbesondere einzelne Güterzugvorbeifahrten können jedoch in den geplanten Gebäuden spürbar sein. Aufgrund der nur geringen Frequentierung (vgl. Tabelle 3.3) erscheint dies aber im Hinblick auf den Wohnkomfort hinnehmbar.

Als Grundlage der dargestellten Prognoseberechnungen werden theoretische Übertragungsfunktionen von Erdboden auf ein Gebäudefundament sowie in die verschiedenen Geschossdecken verwendet, welche von einer Dämpfung der Geschossdecken von mindestens 3 % ausgehen (als Anteil der kritischen Dämpfung). Diese Dämpfung wird bei üblicher Betonbauweise im Wohnungsbau erreicht; zur weiteren Verminderung der Erschütterungsimmissionen wird jedoch zusätzlich unbedingt der Einbau eines schwimmenden Estrichs mit mindestens 6 cm Stärke auf einer Trittschalldämmung mit einer Belastbarkeit von 20 MN/cm² empfohlen.

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 könnte nur bei einem entsprechend großen Abstand von Sekundärluftschallpegel zum direkt über die Gebäudefassade einfallenden Luftschall durchgeführt werden. Dies ist z.B. möglich, wenn eine ausreichende Schalldämmung der Fassade (Massivbauweise ohne Fenster) eines Messraums vorliegt.

Durch Anwendung des in Kapitel 4.3 erwähnten empirischen Zusammenhangs zwischen auftretendem Schwingschnellepegel 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 Wohnräume und 30 dB(A) (nachts) für Schlafräume als Zumutbarkeitsschwelle ableiten. Hierbei erfolgt keine Unterscheidung hinsichtlich der Gebietsnutzung.

In der nachfolgenden Tabelle 8.1 sind die prognostizierten Sekundärluftschallimmissionen für die dem Gleis nächstgelegenen Gebäude (entsprechend Messpunkt 3 und Messpunkt 5) aufgeführt.

Die Berechnungen zeigen, dass die Anforderungen an die sekundären Luftschallimmissionen voraussichtlich eingehalten werden.

Einzelne Güterzugvorbeifahrten sind jedoch voraussichtlich geeignet, maximale Schalldruckpegel für den sekundären Luftschall von etwas mehr als 40 dB(A) zu erzeugen.

Tabelle 8.1: Prognostizierte Sekundärluftschallimmissionen

Messposition	Deckeneigenschaft	L_r [dB(A)]		A_r [dB(A)]		Einhaltung
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	
Messposition 3, 13 m westlich	Betondecke 16 Hz	20	18	40	30	JA
	Betondecke 20 Hz	20	18	40	30	JA
	Betondecke 25 Hz	21	18	40	30	JA
	Bestandsgeb. DG	24	22	40	30	JA
Messposition 5, 20 m, östlich	Bestandsgeb. DG	23	22	40	30	JA
	Betondecke 20 Hz	17	16	40	30	JA
	Betondecke 25 Hz	19	18	40	30	JA
	Betondecke 31,5 Hz	20	19	40	30	JA

9 Zusammenfassung

Die Stadt Mettmann plant durch Aufstellung des Bebauungsplanes Nr. 143 "Georg-Fischer-Straße" Planrecht für die Errichtung neuer Wohnbebauung zu schaffen.

Da das Bebauungsplangebiet direkt an die 2-gleisige Strecke der Regiobahn S28 auf Höhe des Haltepunktes Mettmann-Zentrum grenzt, war die Durchführung einer erschütterungstechnischen Untersuchung notwendig.

Im Rahmen der erschütterungstechnischen Untersuchung wurde eine Messung der durch die Zugvorbeifahrten verursachten Erschütterungsimmissionen im Freifeld des Bebauungsplangebietes und im nächstgelegenen Bestandsgebäude Nr. 2 durchgeführt.

Auf Grundlage dieser Messung wurde eine Prognose der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen und sekundären Luftschallimmissionen vorgenommen.

Aufgrund der an die Messungen anschließenden Prognoseberechnungen kann davon ausgegangen werden, dass die Anhaltswerte für die Erschütterungsimmissionen der DIN 4150-2 für Allgemeine Wohngebiete sowie die in Anlehnung an die 24. BImSchV formulierten Anforderungen an die sekundären Luftschallimmissionen in den beiden der Schienenstrecke nächstgelegenen Gebäuden im Plangebiet in 13 m bzw. 20 m Abstand von Gleis 1 eingehalten werden, sofern übliche Massivbauweise vorausgesetzt wird.

Demzufolge ist auch in den weiter entfernt von der Zugstrecke geplanten Gebäuden auf dem Plangebiet mit einer Einhaltung der genannten Anforderungen auszugehen.

Dieser Bericht besteht aus 21 Seiten und 5 Anlagensätzen

Peutz Consult GmbH

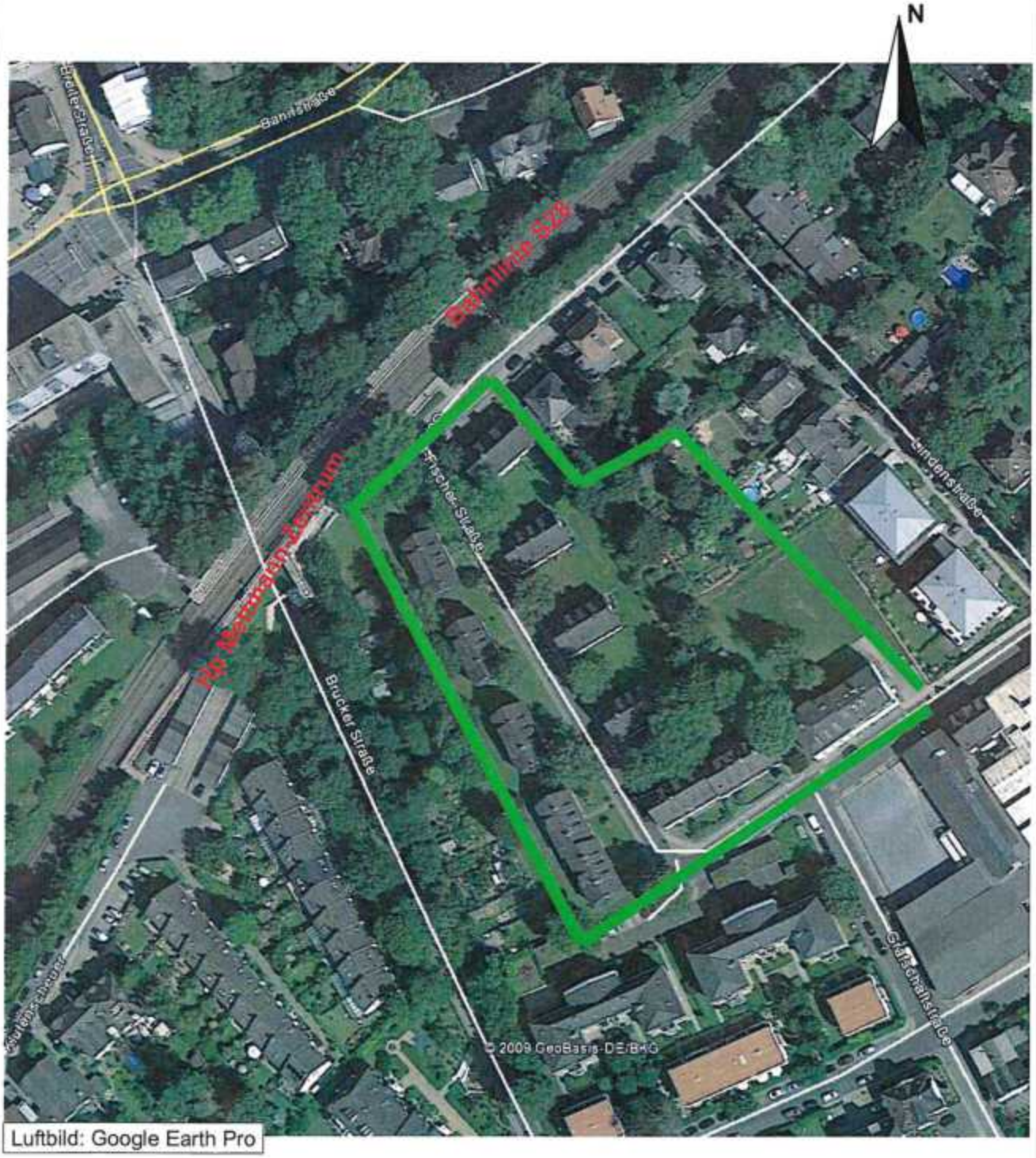
ppa. Dipl.-Phys. Axel Hübel
(Messstellenleiter)

Messstelle nach § 29b BImSchG
ist eine LANUV NRW
Peutz Consult GmbH
Emissionen und Immissionen
Geräusche und Erschütterungen

i.V. Martin Pelzer
(Projektleiter)

Übersicht über das Plangebiet

PEUTZ CONSULT



Luftbild: Google Earth Pro

Plangebiet, Gestaltungsplanentwurf (07.07.2016)

PEUTZ CONSULT

Erschütterungsmessung

Am 07.12.2016

Georg-Fischer-Straße, Mettmann

Luftbild: Google Earth Pro

Fotodokumentation

Straße / Nr.	Georg-Fischer-Straße 2
Ort	Mettmann
Gebiet (BauNVO)	WA
Gebäudeart	Mehrfamilienhaus
Nutzung	Wohnen
Geschosszahl	3
Bauart	Massiv
Keller	Ja
Deckenart	Beton, auch im DG
Sonstiges	Nachkriegsbau

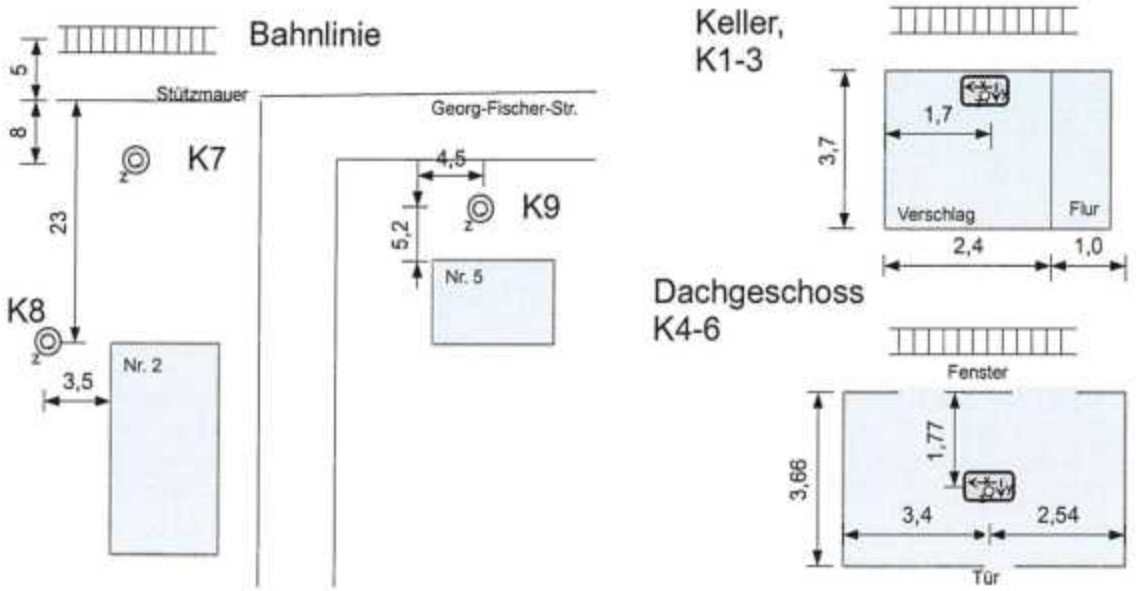
Gleislage

Gleis	Entfernung [m]	Strecke	Richtung	Lage
1	28	S28	Mettmann-Stadtwald	Ebenerdig, Haltepunkt
2	32	S28	Düsseldorf	Ebenerdig, Haltepunkt

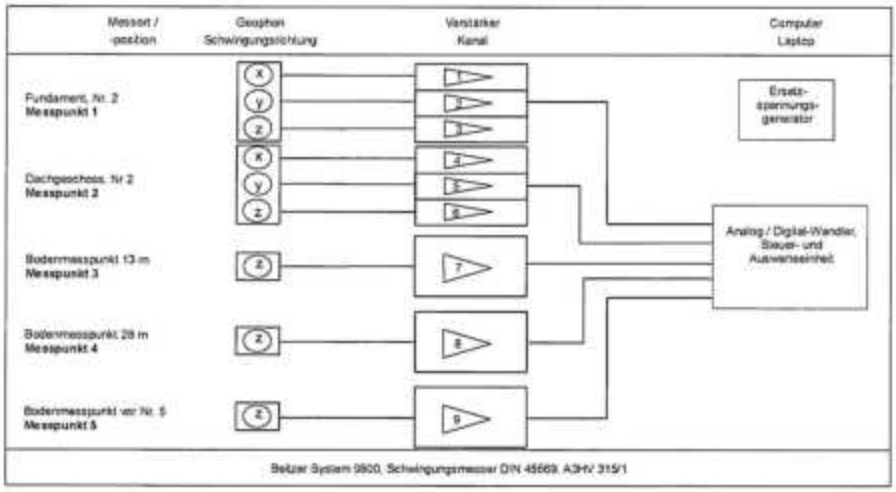
Übersicht über die Messorte

Mess-punkt Nr.	Kanäle Messsystem:	Messort	Ankopplung	Raumabmessung [m x m]	Decken-resonanz [Hz]
1	1-3	Fundament:	Dreipunktlager mit Hartklebewachs	3,4 x 3,7	
2	4-6	Dachgeschoss	Dreipunktlager mit Hartklebewachs auf Rohboden	3,66 x 5,94	
3	7	Bodenmesspunkt 13 m	Erdspieß		
4	8	Bodenmesspunkt 28 m	Erdspieß		
5	9	Boden vor Nr. 5	Erdspieß		

Lageplan



Messkette



PEUTZ CONSULT

Erschütterungsmessungen in Mettmann, Georg-Fischer-Str., am 07.12.2016

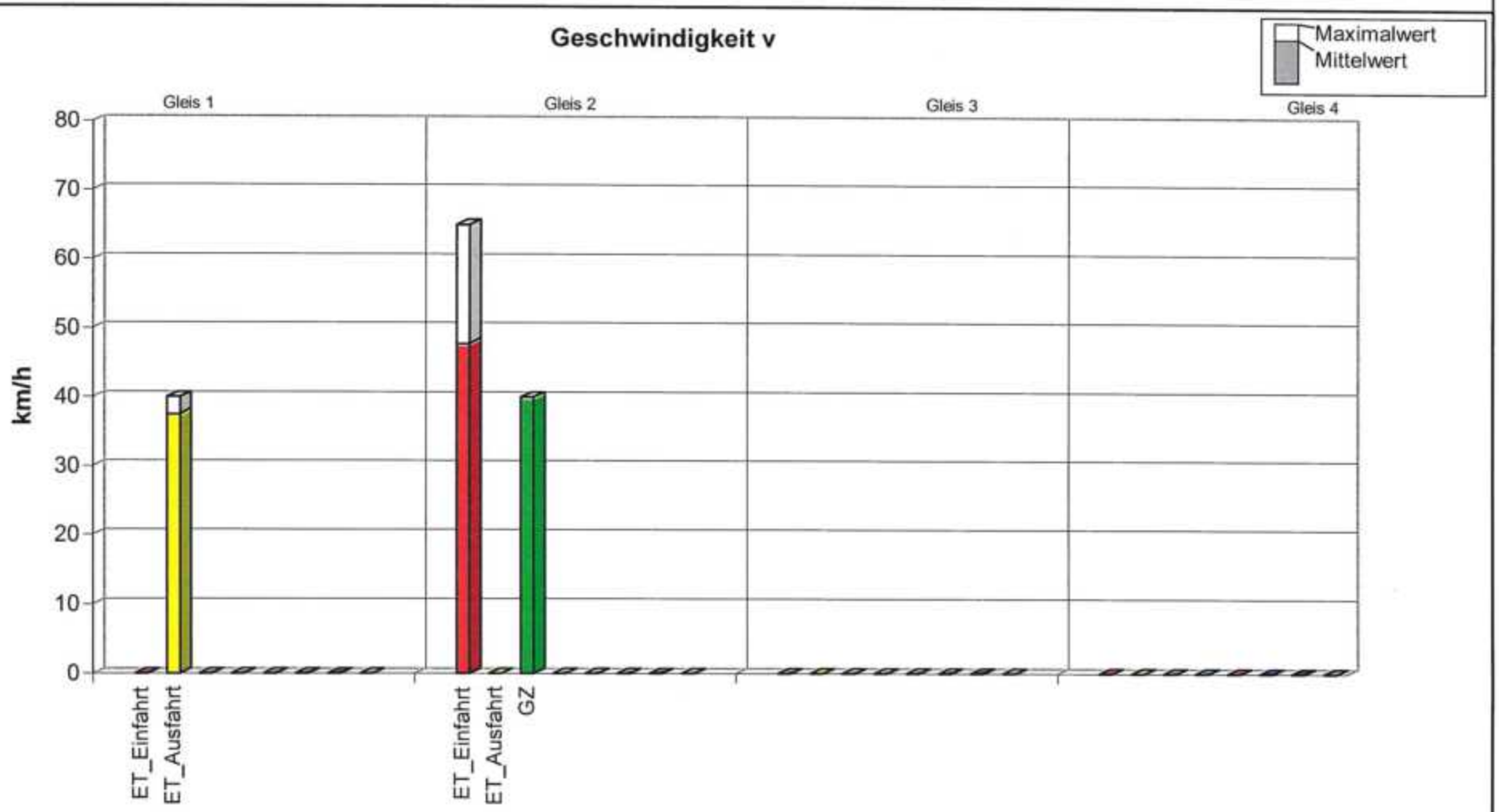
Liste der Zugvorbeifahrten

Mess-Nr.	Kate-gorie	Lok Nr.	Gleis	v_Zug [km/h]	Messwerte v_max Keller mm/s	v_max DG mm/s	v_max Boden 13 m mm/s	v_max boden 28 m mm/s	v_max Boden Nr. 5 mm/s
1	et	regio	2						
2	gz	de18	2	40	0,03	0,06	0,12	0,10	0,16
3	ET_Einfahrt	regio	1		0,01	0,02	0,05	0,03	0,02
3	ET_Ausfahrt	regio	1	36	0,01	0,07	0,07	0,04	0,07
4	ET_Einfahrt	regio	2	52	0,03	0,02	0,04	0,03	0,04
5	ET_Ausfahrt	regio	2		0,01	0,05	0,04	0,03	0,01
6	ET_Einfahrt	regio	1		0,01	0,02	0,05	0,05	0,03
7	ET_Ausfahrt	regio	1	38	0,02	0,06	0,05	0,05	0,10
8	ET_Einfahrt	regio	2	43	0,01	0,02	0,06	0,04	0,04
9	ET_Ausfahrt	regio	2		0,01	0,03	0,01	0,02	0,01
10	ET_Ausfahrt	regio	1	37	0,01	0,05	0,07	0,05	0,09
11	ET_Einfahrt	regio	2	65	0,01	0,02	0,07	0,05	0,06
12	ET_Ausfahrt	regio	2		0,01	0,03	0,04	0,02	0,01
13	ET_Einfahrt	regio	1				0,02	0,01	0,01
14	ET_Ausfahrt	regio	1	36	0,02	0,06	0,04	0,03	0,03
15	ET_Einfahrt	regio	2	40	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
16	ET_Ausfahrt	regio	2		0,01	0,04	0,01	0,01	0,00
17	ET_Einfahrt	Regio 1006-2	1		0,01	0,01	0,03	0,04	0,02
18	ET_Ausfahrt	Regio 1006-2	1	40	0,02	0,04	0,09	0,06	0,08
19	ET_Einfahrt	Regio 1006-2	2	41	0,02	0,03	0,11	0,09	0,10
20	ET_Ausfahrt	Regio 1006-2	2		0,01	0,02	0,04	0,03	0,01
21	ET_Einfahrt	Regio 1001-2	1		0,01	0,02	0,03	0,03	0,02
22	ET_Ausfahrt	Regio 1001-2	1	40	0,01	0,07	0,06	0,04	0,06
23	ET_Einfahrt	Regio 1001-2	2	44	0,01	0,02	0,05	0,04	0,05
24	ET_Ausfahrt	Regio 1001-2	2		0,01	0,03	0,06	0,03	0,02
25	ET_Einfahrt	Regio 1004-1	1		0,01	0,01	0,04	0,02	0,02
26	ET_Ausfahrt	Regio 1004-1	1	36	0,01	0,05	0,04	0,03	0,05
27	ET_Einfahrt	Regio 1004-1	2	38	0,01	0,02	0,04	0,03	0,03
28	ET_Ausfahrt	Regio 1004-1	2		0,00	0,02	0,01	0,01	0,01
29	ET_Einfahrt	Regio 1010-1	1		0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
30	ET_Ausfahrt	Regio 1010-1	1	37	0,01	0,05	0,06	0,03	0,04
31	ET_Einfahrt	Regio 1010-1	2	59	0,01	0,02	0,05	0,03	0,04
32	ET_Ausfahrt	Regio 1010-1	2		0,01	0,02	0,04	0,04	0,01

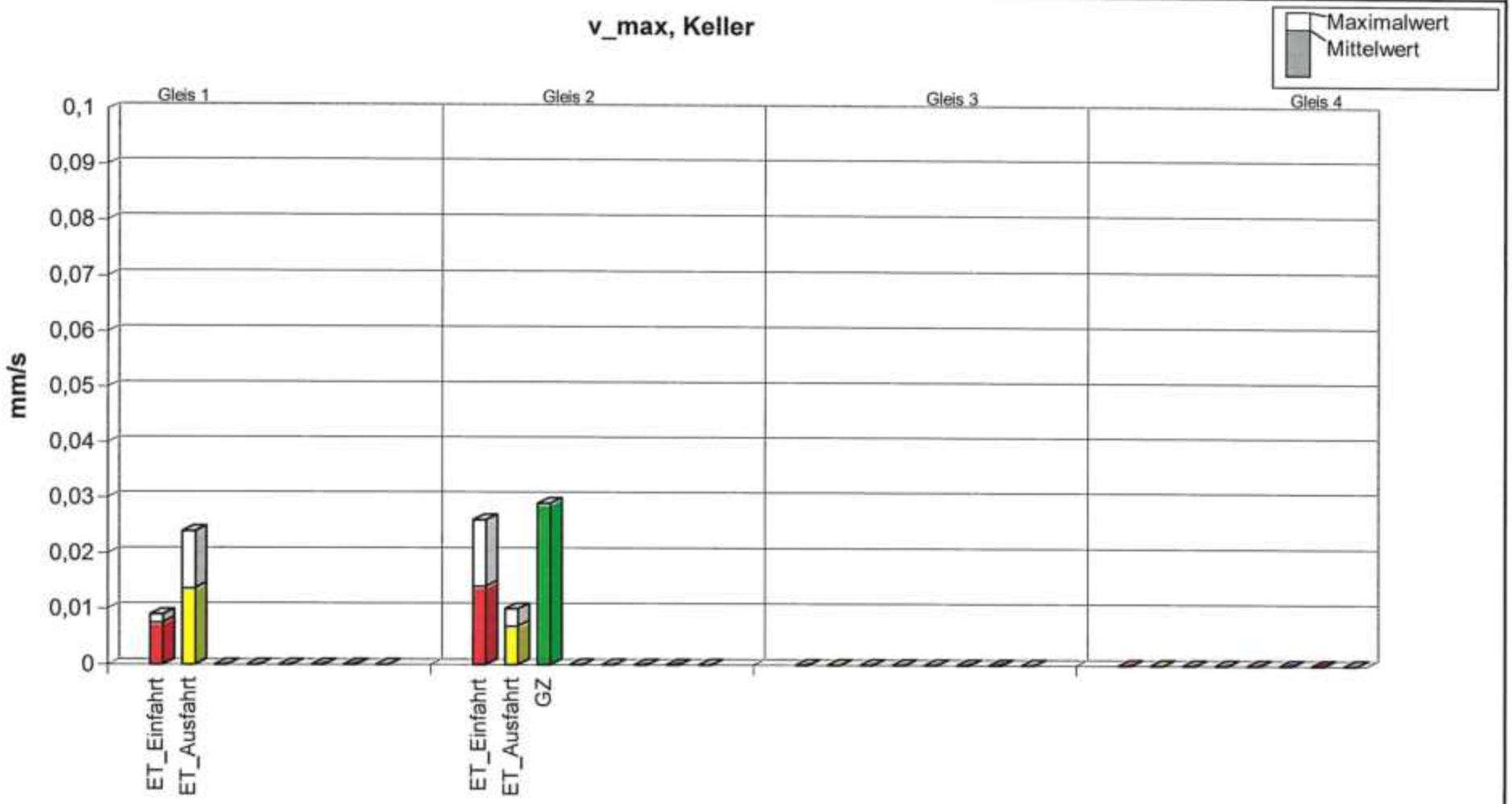
Erschütterungsmessungen in Mettmann, Georg-Fischer-Str., am 07.12.2016

Gleis / Abst. Gebäude	Gleis 1					Gleis 2					
Fahrtrichtung											
Kategorie	ET_Einfahrt	ET_Ausfahrt	GZ			ET_Einfahrt	ET_Ausfahrt	GZ			
Anzahl ausgewert. Züge	7	8	0	0	0	8	8	1	0	0	0	0
Geschw. [km/h]												
Maximalwert		40				65		40				
arithmet. Mittelwert		**38**				**48**		**40**				
Standardabweichung		5%				21%		0%				
v_max [mm/s] Keller												
Maximalwert	0,01	0,02				0,03	0,01	0,03				
arithmet. Mittelwert	**0,01**	**0,01**				**0,01**	**0,01**	**0,03**				
Standardabweichung	18%	38%				39%	32%	0%				
v_max [mm/s] DG												
Maximalwert	0,02	0,07				0,03	0,05	0,06				
arithmet. Mittelwert	**0,02**	**0,06**				**0,02**	**0,03**	**0,06**				
Standardabweichung	24%	19%				20%	32%	0%				
v_max [mm/s] Boden 13 m												
Maximalwert	0,05	0,09				0,11	0,06	0,12				
arithmet. Mittelwert	**0,04**	**0,06**				**0,05**	**0,03**	**0,12**				
Standardabweichung	32%	31%				46%	64%	0%				
v_max [mm/s] boden 28 m												
Maximalwert	0,05	0,06				0,09	0,04	0,10				
arithmet. Mittelwert	**0,03**	**0,04**				**0,04**	**0,02**	**0,10**				
Standardabweichung	48%	35%				58%	47%	0%				
v_max [mm/s] Boden Nr. 5												
Maximalwert	0,03	0,10				0,10	0,02	0,16				
arithmet. Mittelwert	**0,02**	**0,06**				**0,05**	**0,01**	**0,16**				
Standardabweichung	35%	40%				54%	52%	0%				

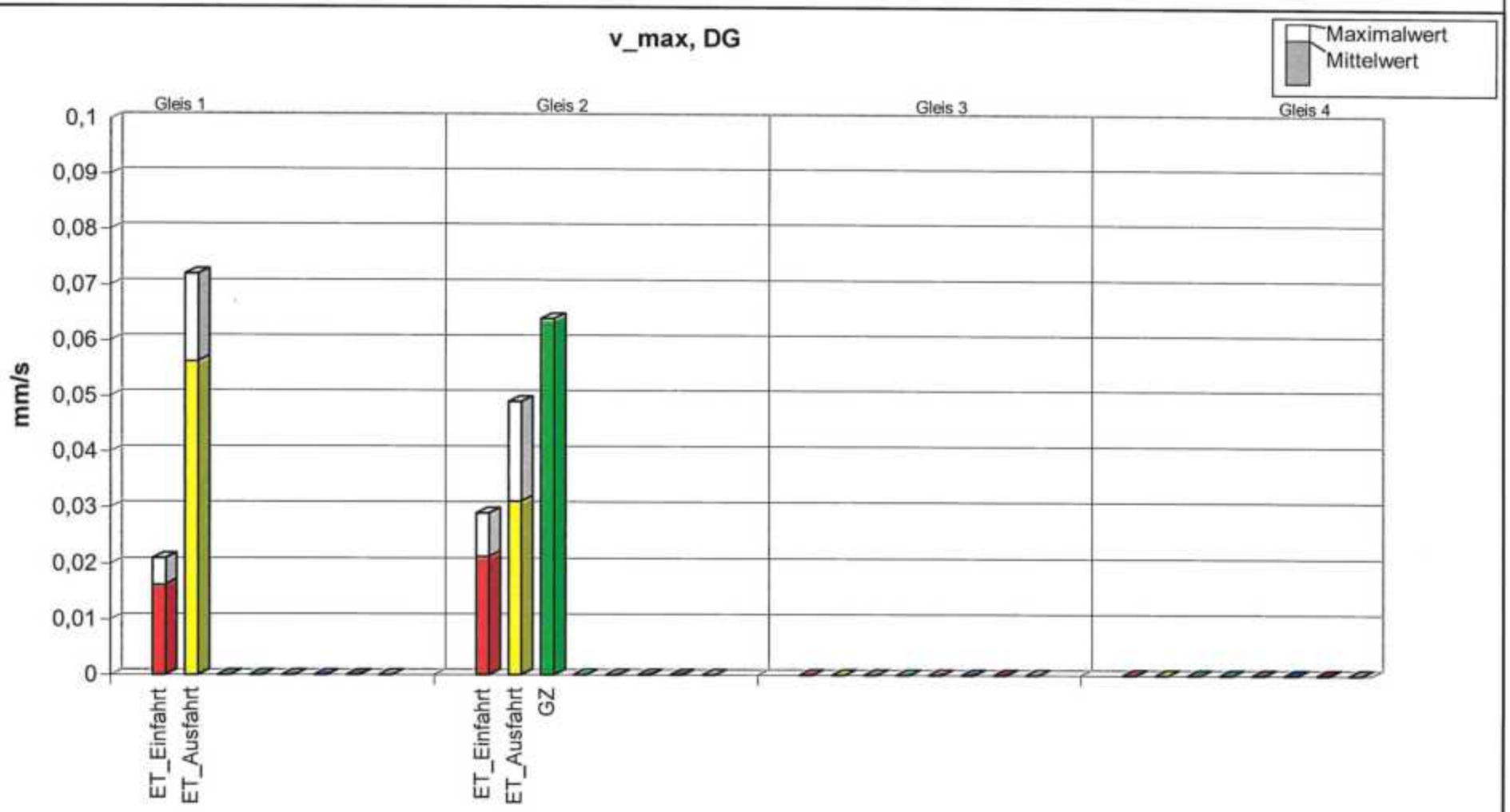
Erschütterungsmessungen in Mettmann, Georg-Fischer-Str., am 07.12.2016



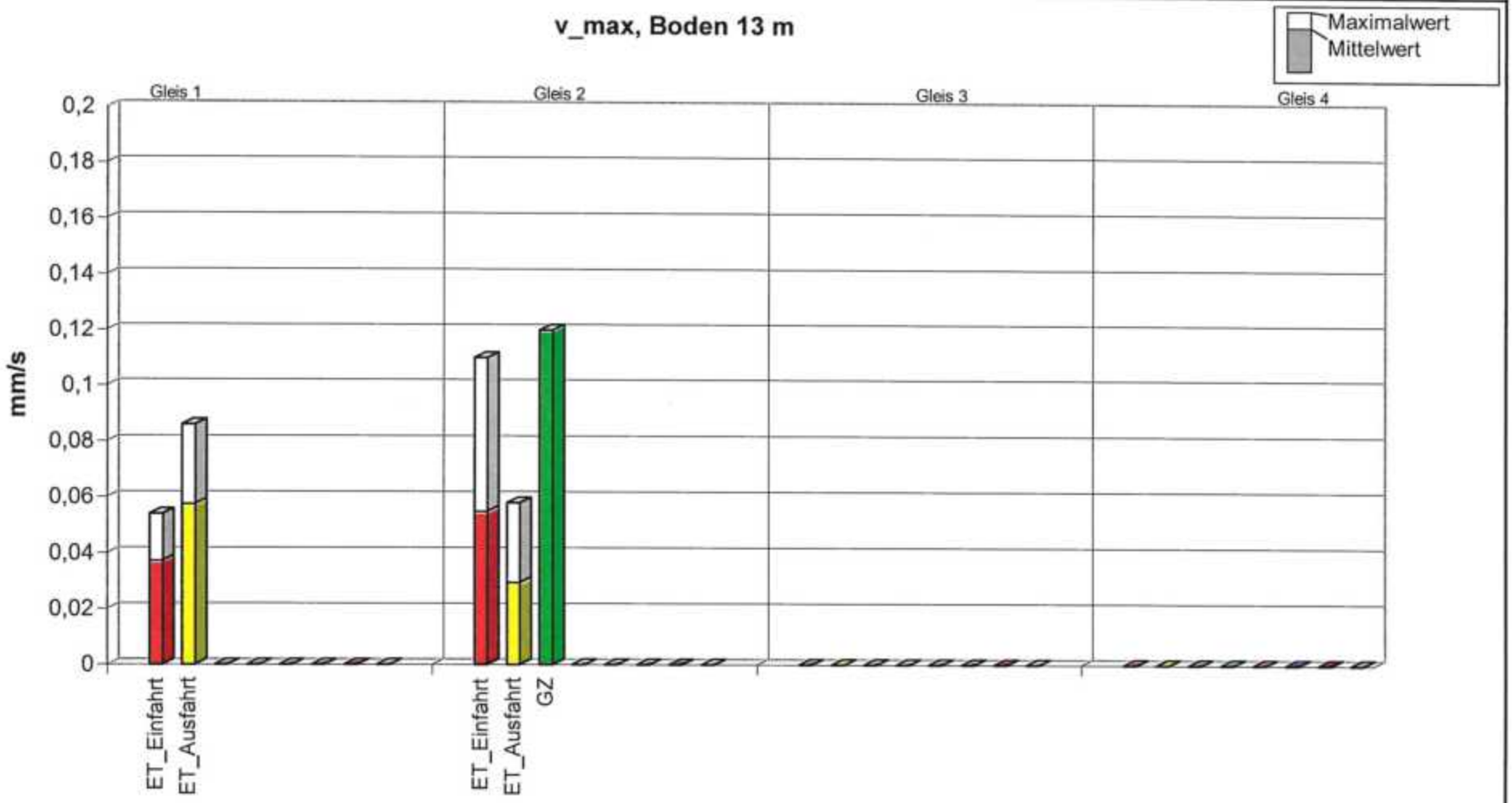
Erschütterungsmessungen in Mettmann, Georg-Fischer-Str., am 07.12.2016



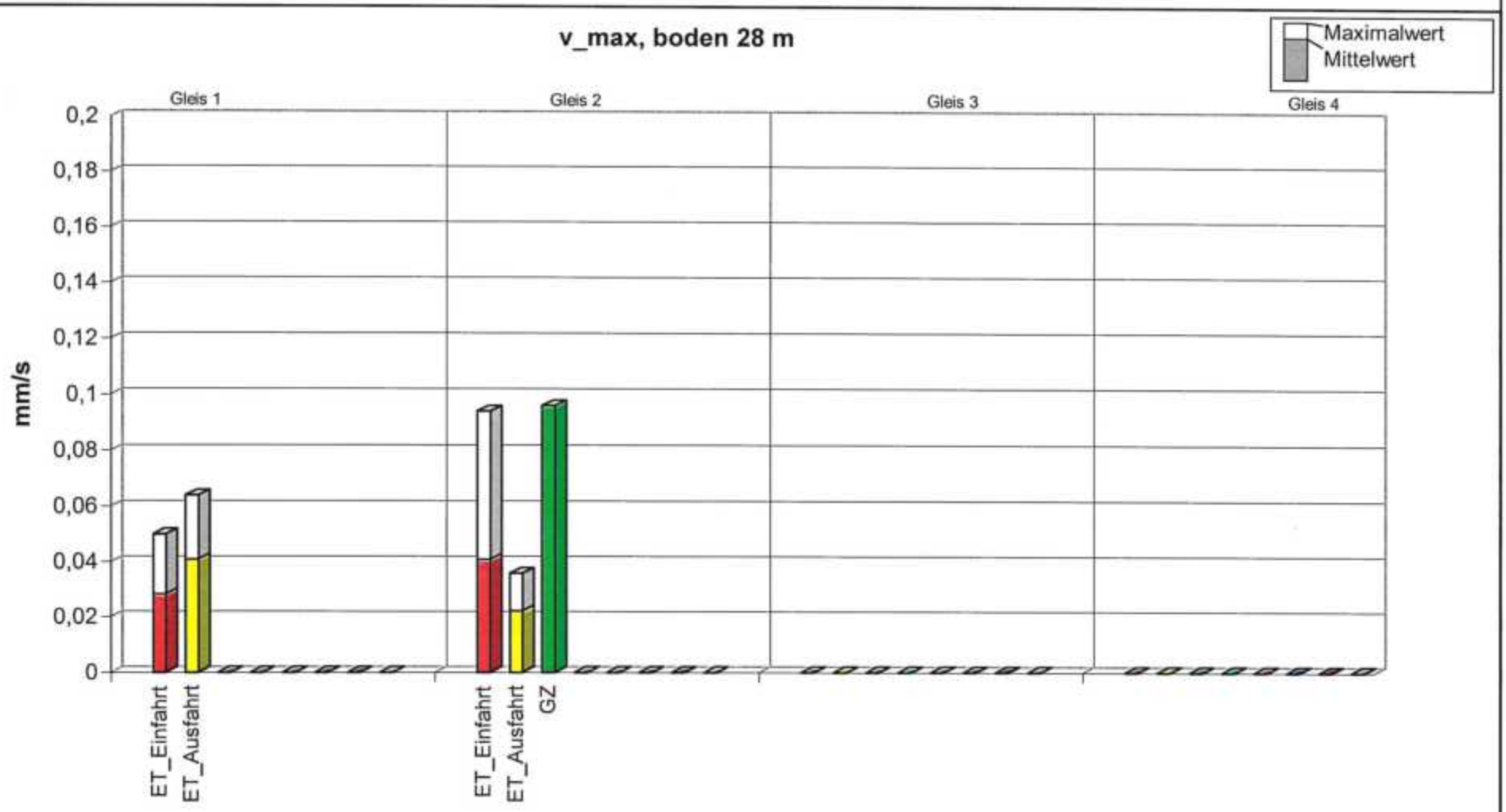
Erschütterungsmessungen in Mettmann, Georg-Fischer-Str., am 07.12.2016



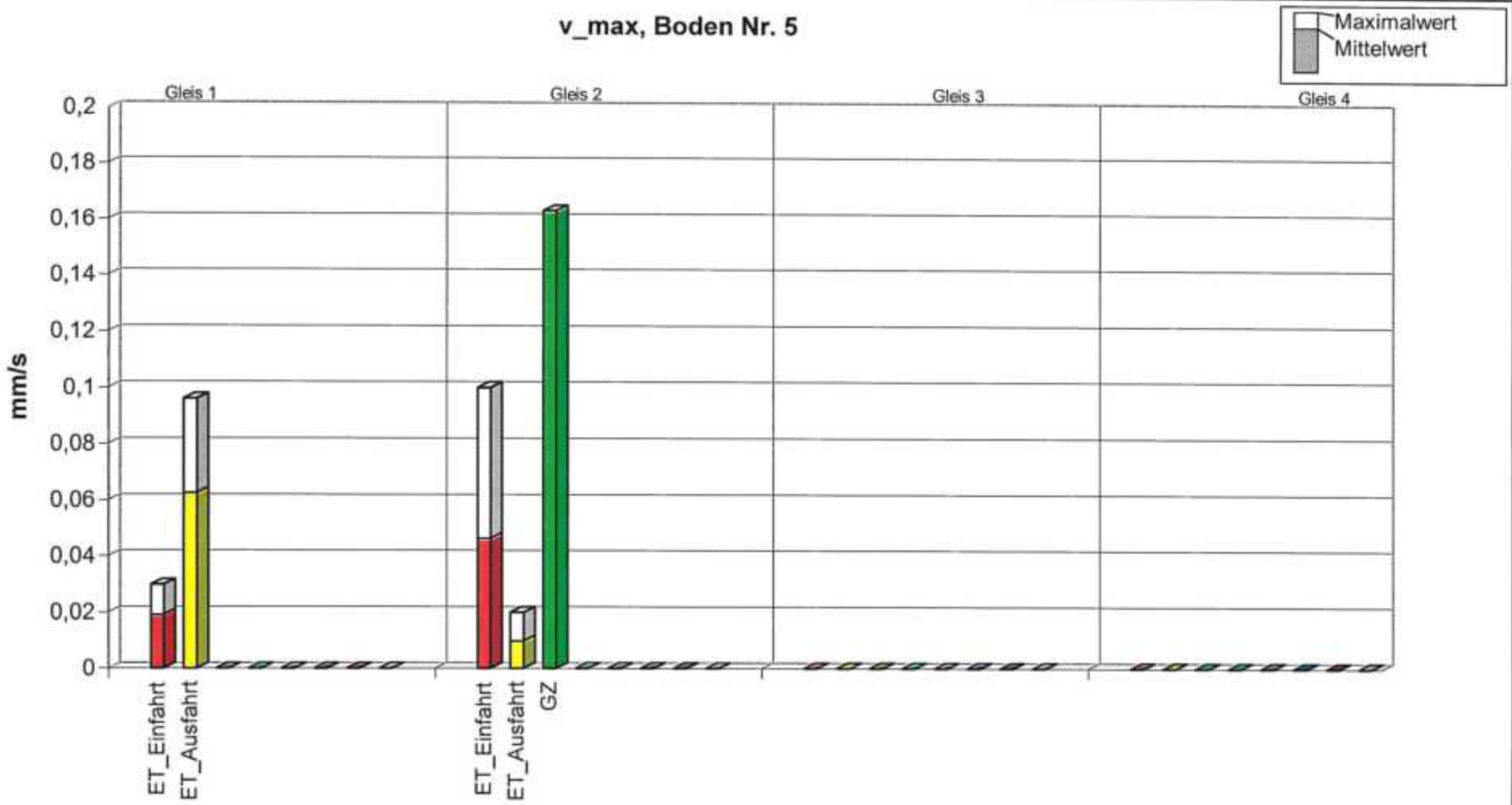
Erschütterungsmessungen in Mettmann, Georg-Fischer-Str., am 07.12.2016



Erschütterungsmessungen in Mettmann, Georg-Fischer-Str., am 07.12.2016

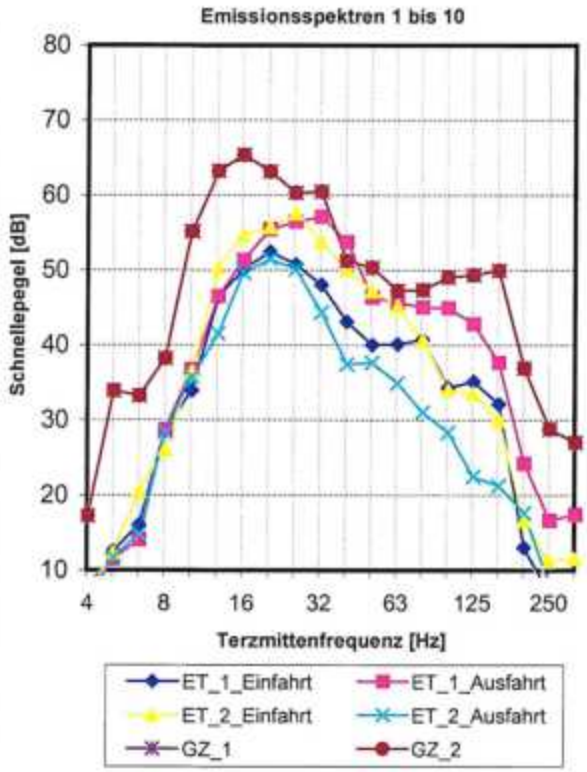


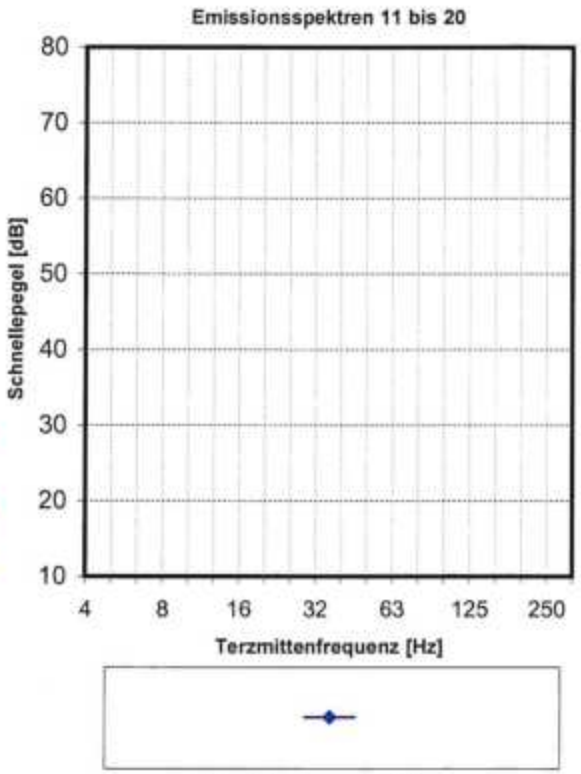
Erschütterungsmessungen in Mettmann, Georg-Fischer-Str., am 07.12.2016

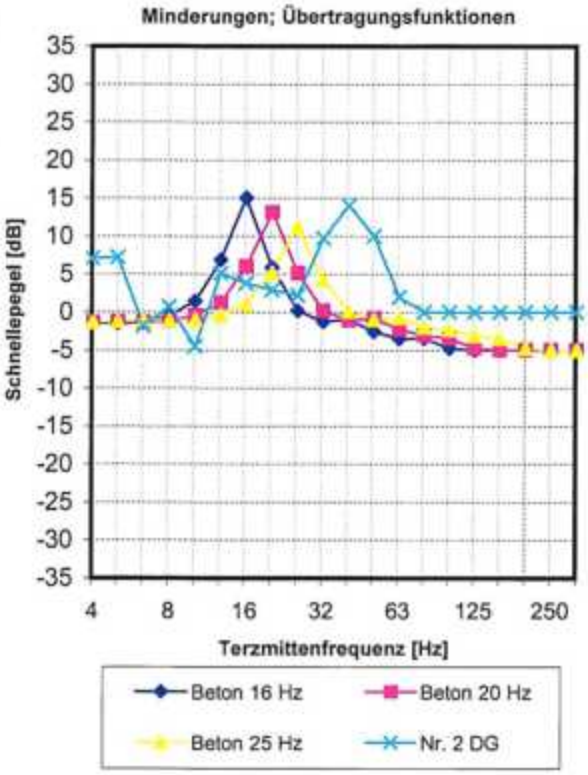


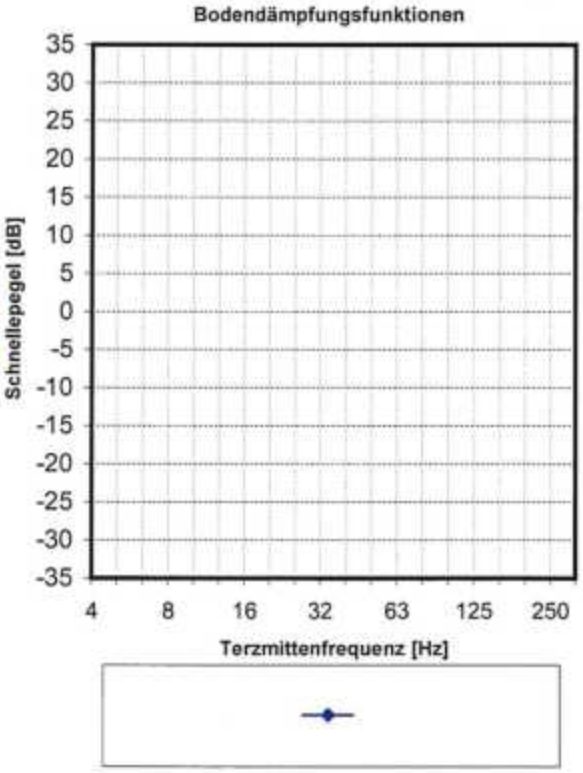
PEUTZ CONSULT

Eingangsdaten zur Prognose (13 m) Georg-Fischer-Str.





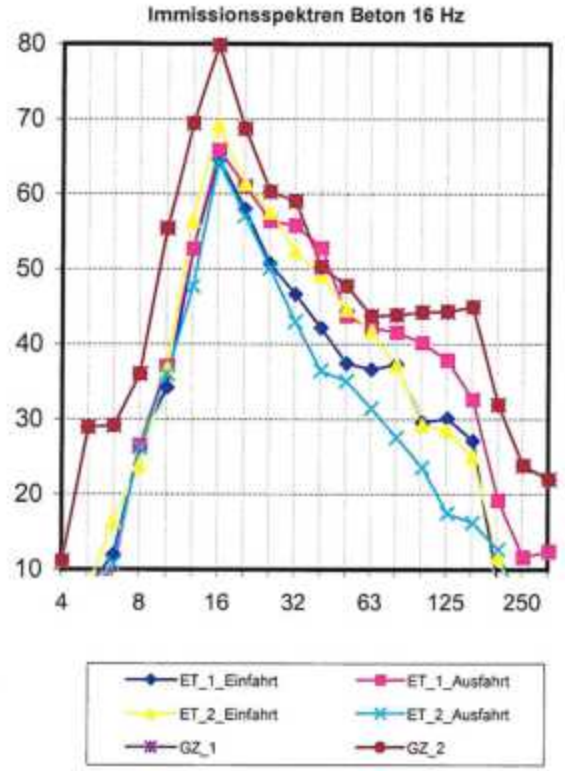


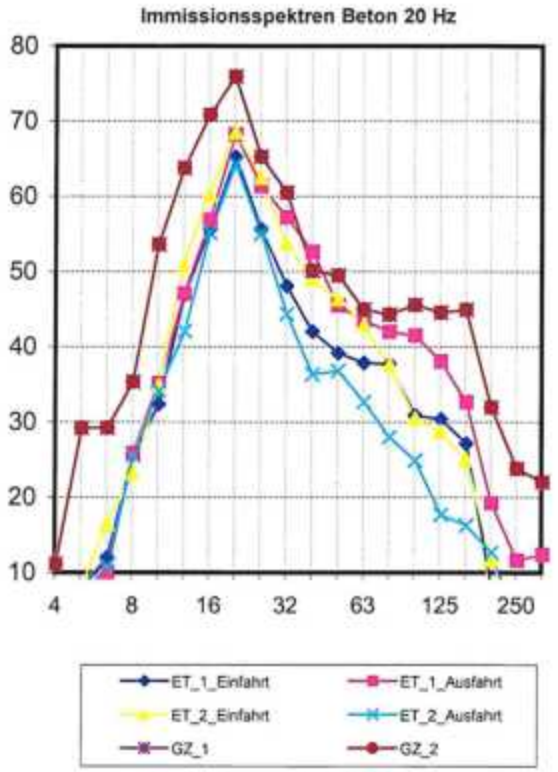


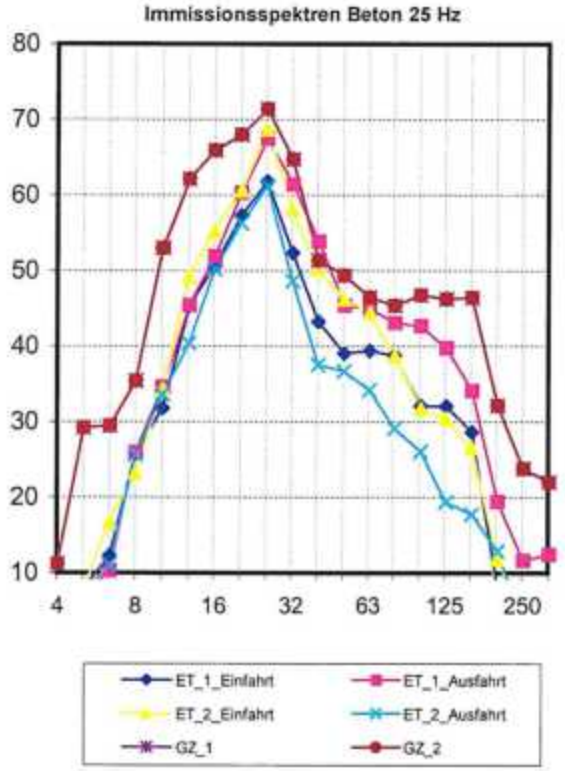
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

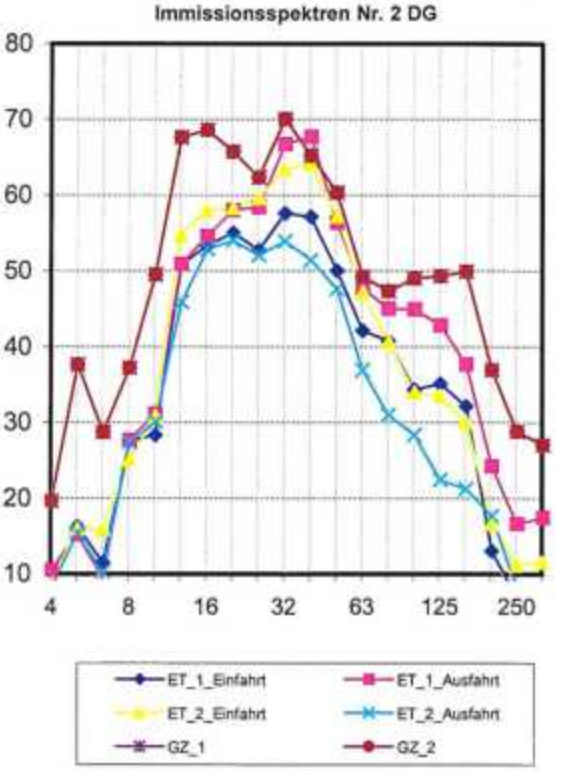
PEUTZ CONSULT

Eingangsdaten zur Prognose (13 m) Georg-Fischer-Str.









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

PEUTZ CONSULT

Berechnung der ImmissionenGeorg-Fischer-Str.

Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse Tag	Nacht
Emissionsspektren																
ET_1_Einfahrt	0,5	5,6	12,5	16,0	28,6	33,9	46,4	50,1	52,4	50,7	48,0	43,1	40,0	40,1	40,7	34,3	35,1	32,1	13,0	6,9	7,5	50	10
ET_1_Ausfahrt	5,0	8,1	11,5	14,0	28,7	36,7	46,5	51,3	55,4	56,4	57,1	53,7	48,3	45,7	45,0	44,9	42,8	37,6	24,2	16,6	17,4	50	10
ET_2_Einfahrt	2,2	6,4	12,3	20,4	26,1	36,4	50,3	54,7	55,7	57,6	53,8	50,1	47,2	45,2	40,7	34,0	33,5	30,0	16,6	11,2	11,6	47	13
ET_2_Ausfahrt	-0,1	5,8	11,7	14,8	28,4	35,7	41,5	49,6	51,4	50,1	44,3	37,4	37,6	34,9	31,0	28,3	22,4	21,2	17,6	8,2	8,4	47	13
GZ_1	5,5	17,2	33,9	33,2	38,2	55,1	63,2	65,3	63,1	60,3	60,4	51,2	50,3	47,2	47,3	49,0	49,3	49,9	36,9	28,8	27,0	2	1
GZ_2	5,5	17,2	33,9	33,2	38,2	55,1	63,2	65,3	63,1	60,3	60,4	51,2	50,3	47,2	47,3	49,0	49,3	49,9	36,9	28,8	27,0	2	1
Übertragungsfunktionen																							
Beton 16 Hz	-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		
Beton 20 Hz	-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		
Beton 25 Hz	-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		
Nr. 2 DG	11,4	7,1	7,2	-1,8	0,7	-4,5	5,1	3,8	2,9	2,2	9,7	14,0	10,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Immissionsspektren																						KB_{FTm}:	Lmax (dB(A))
ET_1_Einfahrt																							
Beton 16 Hz	-1,0	4,2	11,0	14,7	28,1	35,3	53,3	65,1	58,3	50,9	46,7	42,1	37,4	36,6	37,2	29,5	30,1	27,1	8,0	1,9	2,5	0,10	25,8
Beton 20 Hz	-0,9	4,2	11,3	14,7	27,4	33,5	47,6	56,1	65,5	55,8	48,2	42,0	39,2	37,8	37,6	30,8	30,3	27,1	8,0	1,9	2,5	0,10	26,6
Beton 25 Hz	-1,0	4,3	11,3	15,0	27,5	32,9	46,0	51,2	57,6	62,0	52,4	43,2	39,1	39,4	38,8	32,0	32,0	28,6	8,2	1,9	2,5	0,08	27,5
Nr. 2 DG	11,9	12,7	19,7	14,2	29,3	29,4	51,5	53,9	55,3	52,9	57,7	57,1	50,0	42,1	40,7	34,3	35,1	32,1	13,0	6,9	7,5	0,07	30,1
ET_1_Ausfahrt																							
Beton 16 Hz	3,5	6,7	10,0	12,7	28,2	38,1	53,4	66,3	61,3	56,6	55,8	52,7	43,7	42,2	41,5	40,1	37,8	32,6	19,2	11,6	12,4	0,13	30,1
Beton 20 Hz	3,6	6,7	10,3	12,7	27,5	36,3	47,7	57,3	66,5	61,5	57,3	52,6	45,5	43,4	41,9	41,4	38,0	32,6	19,2	11,6	12,4	0,15	30,7
Beton 25 Hz	3,5	6,8	10,3	13,0	27,6	35,7	46,1	52,4	60,6	67,7	61,5	53,8	45,4	45,0	43,1	42,6	39,7	34,1	19,4	11,6	12,4	0,15	31,9
Nr. 2 DG	16,4	15,2	18,7	12,2	29,4	32,2	51,6	55,1	58,3	58,6	66,8	67,7	58,3	47,7	45,0	44,9	42,8	37,6	24,2	16,6	17,4	0,18	35,3
ET_2_Einfahrt																							
Beton 16 Hz	0,7	5,0	10,8	19,1	25,6	37,8	57,2	69,7	61,6	57,8	52,5	49,1	44,6	41,7	37,2	29,2	28,5	25,0	11,6	6,2	6,6	0,17	27,4
Beton 20 Hz	0,8	5,0	11,1	19,1	24,9	36,0	51,5	60,7	68,8	62,7	54,0	49,0	46,4	42,9	37,6	30,5	28,7	25,0	11,6	6,2	6,6	0,16	28,5
Beton 25 Hz	0,7	5,1	11,1	19,4	25,0	35,4	49,9	55,8	60,9	68,9	58,2	50,2	46,3	44,5	38,8	31,7	30,4	26,5	11,8	6,2	6,6	0,16	29,9
Nr. 2 DG	13,6	13,5	19,5	18,6	26,8	31,9	55,4	58,5	58,6	59,8	63,5	64,1	57,2	47,2	40,7	34,0	33,5	30,0	16,6	11,2	11,6	0,14	33,1
ET_2_Ausfahrt																							
Beton 16 Hz	-1,6	4,4	10,2	13,5	27,9	37,1	48,4	64,6	57,3	50,3	43,0	36,4	35,0	31,4	27,5	23,5	17,4	16,2	12,6	3,2	3,4	0,09	22,3
Beton 20 Hz	-1,5	4,4	10,5	13,5	27,2	35,3	42,7	55,6	64,5	55,2	44,5	38,3	36,8	32,6	27,9	24,8	17,6	16,2	12,6	3,2	3,4	0,09	23,8
Beton 25 Hz	-1,6	4,5	10,5	13,8	27,3	34,7	41,1	50,7	56,6	61,4	48,7	37,5	36,7	34,2	29,1	26,0	19,3	17,7	12,8	3,2	3,4	0,07	24,7
Nr. 2 DG	11,3	12,9	18,9	13,0	29,1	31,2	46,6	53,4	54,3	52,3	54,0	51,4	47,6	36,9	31,0	28,3	22,4	21,2	17,6	8,2	8,4	0,05	26,7
GZ_1																							
Beton 16 Hz	4,0	15,8	32,4	31,9	37,7	56,5	70,1	80,3	69,0	60,5	59,1	50,2	47,7	43,7	43,8	44,2	44,3	44,9	31,9	23,8	22,0	0,53	38,7
Beton 20 Hz	4,1	15,8	32,7	31,9	37,0	54,7	64,4	71,3	76,2	65,4	60,6	50,1	49,5	44,9	44,2	45,5	44,5	44,9	31,9	23,8	22,0	0,38	39,0
Beton 25 Hz	4,0	15,9	32,7	32,2	37,1	54,1	62,8	66,4	68,3	71,6	64,8	51,3	49,4	46,5	45,4	46,7	46,2	46,4	32,1	23,8	22,0	0,27	39,6
Nr. 2 DG	16,9	24,3	41,1	31,4	38,9	50,6	68,3	69,1	66,0	62,5	70,1	65,2	60,3	49,2	47,3	49,0	49,3	49,9	36,9	28,8	27,0	0,29	41,3
GZ_2																							
Beton 16 Hz	4,0	15,8	32,4	31,9	37,7	56,5	70,1	80,3	69,0	60,5	59,1	50,2	47,7	43,7	43,8	44,2	44,3	44,9	31,9	23,8	22,0	0,53	38,7
Beton 20 Hz	4,1	15,8	32,7	31,9	37,0	54,7	64,4	71,3	76,2	65,4	60,6	50,1	49,5	44,9	44,2	45,5	44,5	44,9	31,9	23,8	22,0	0,38	39,0
Beton 25 Hz	4,0	15,9	32,7	32,2	37,1	54,1	62,8	66,4	68,3	71,6	64,8	51,3	49,4	46,5	45,4	46,7	46,2	46,4	32,1	23,8	22,0	0,27	39,6
Nr. 2 DG	16,9	24,3	41,1	31,4	38,9	50,6	68,3	69,1	66,0	62,5	70,1	65,2	60,3	49,2	47,3	49,0	49,3	49,9	36,9	28,8	27,0	0,29	41,3

(Max-Hold, Fast)
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

KB_{FTm}:	Beton 16 Hz		Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Nr. 2 DG	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	0,052	0,044	0,048	0,038	0,042	0,031	0,043	0,032

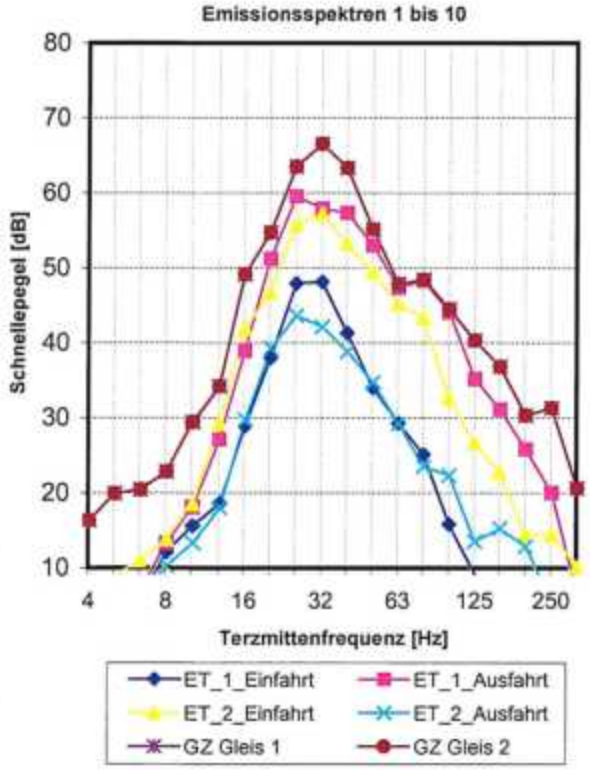
Zur Berechnung von KBFTm bzw. KBFTr werden die Spektren laut DIN 4150 bis maximal 80 Hz herangezogen.

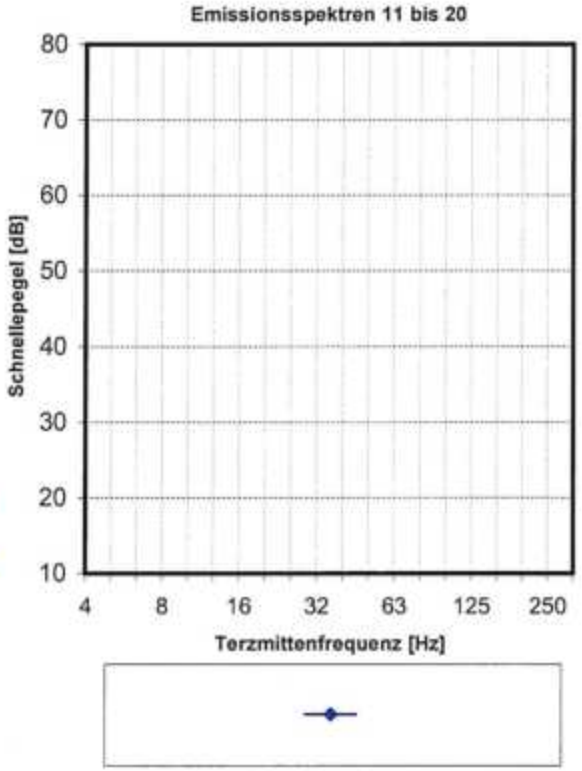
Lr (dB(A)):	Beton 16 Hz		Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Nr. 2 DG	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	19,3	17,4	20,0	18,0	20,9	18,9	23,7	21,3

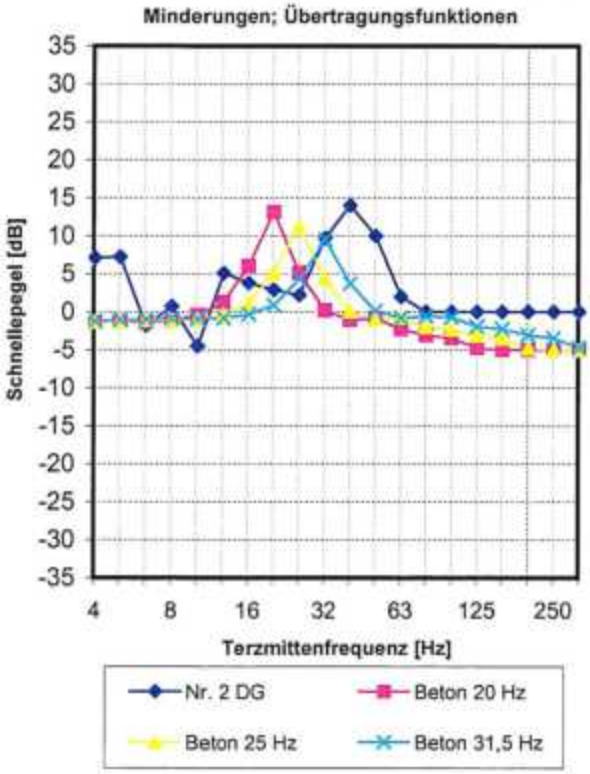
Bei dem berechneten Beurteilungspegel Lr für den Sekundarschallschall handelt es sich um den physikalischen Pegel OHNE 5 dB Schienenbonus.

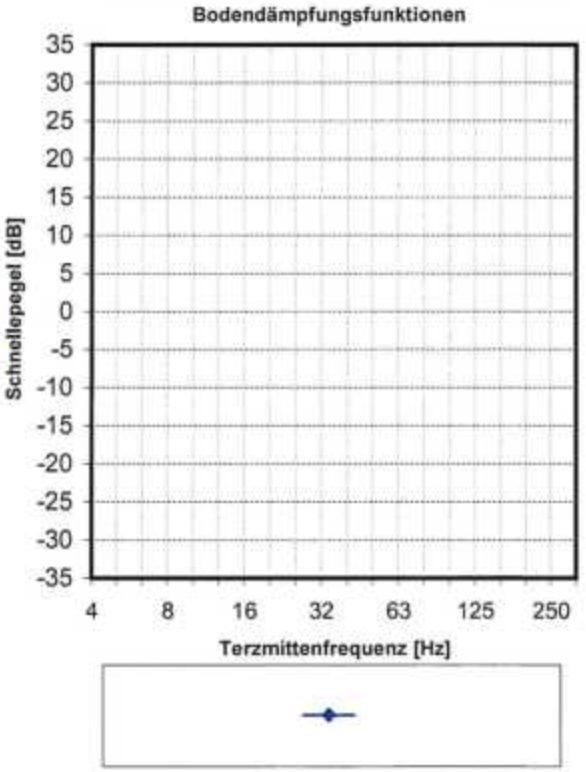
PEUTZ CONSULT

Eingangsdaten zur Prognose (Nr. 5) Georg-Fischer-Str.





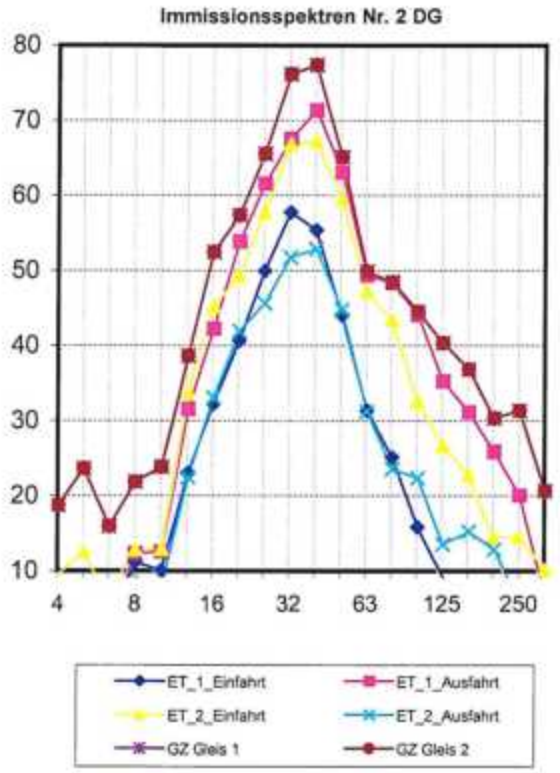


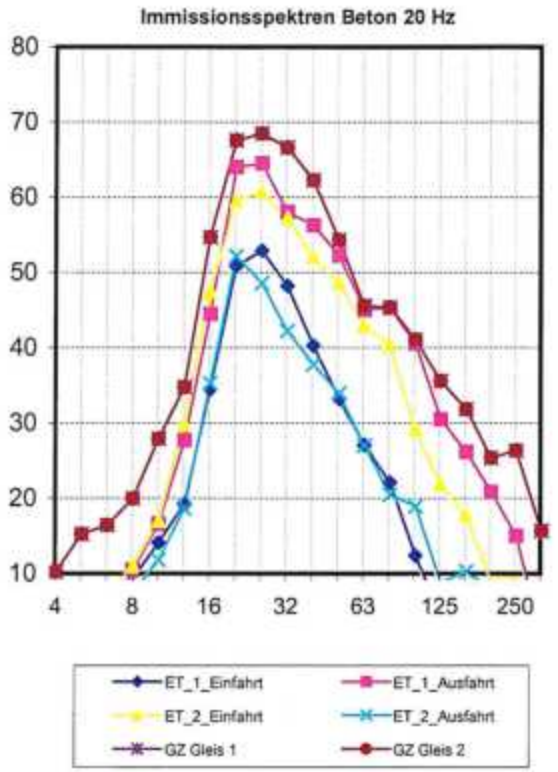


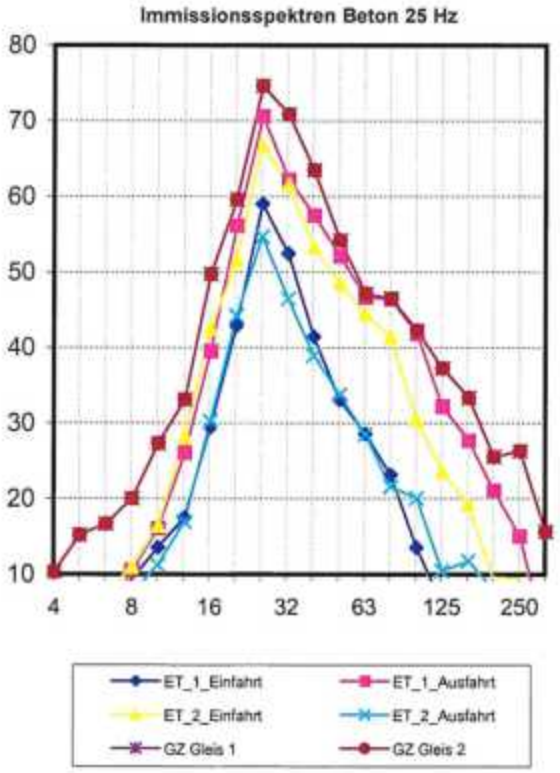
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

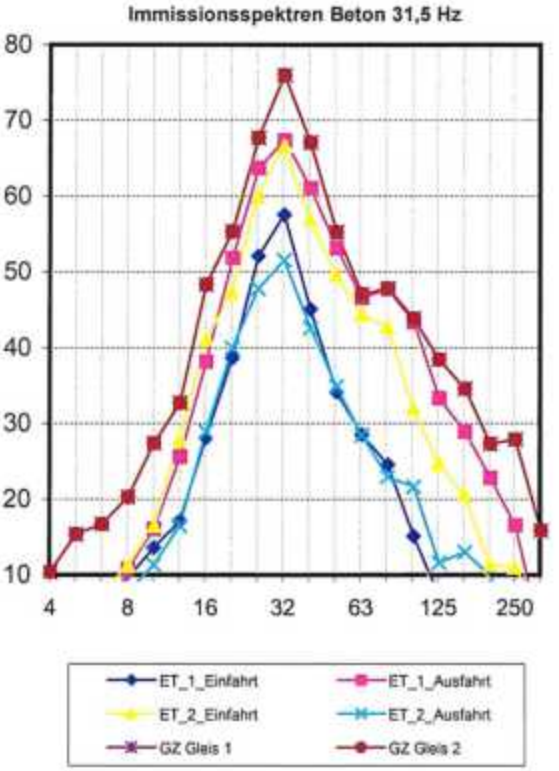
PEUTZ CONSULT

Eingangsdaten zur Prognose (Nr. 5) Georg-Fischer-Str.









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

PEUTZ CONSULT

Berechnung der ImmissionenGeorg-Fischer-Str.

Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse Tag	Nacht
Emissionsspektren																
ET_1_Einfahrt	-3,2	3,1	3,8	5,9	12,1	15,6	18,6	28,9	38,0	47,9	48,1	41,3	34,0	29,3	25,1	15,8	9,2	5,7	3,5	3,9	1,3	50	10
ET_1_Ausfahrt	0,3	4,3	5,1	7,0	13,3	18,1	27,1	38,9	51,2	59,5	57,9	57,3	53,0	47,3	48,3	44,0	35,2	31,1	25,8	20,0	6,6	50	10
ET_2_Einfahrt	5,2	7,0	8,8	11,0	13,8	18,5	29,3	41,9	46,7	55,8	57,2	53,2	49,5	45,2	43,4	32,7	26,7	22,8	14,4	14,5	10,2	47	13
ET_2_Ausfahrt	-2,6	4,0	4,2	6,1	10,2	13,3	18,0	29,7	39,3	43,6	42,1	38,8	34,7	29,2	23,5	22,3	13,5	15,2	12,8	5,7	2,0	47	13
GZ Gleis 1	14,7	16,3	19,9	20,4	22,8	29,4	34,2	49,1	54,7	63,5	66,5	63,3	55,1	47,8	48,4	44,5	40,3	36,8	30,3	31,3	20,6	2	1
GZ Gleis 2	14,7	16,3	19,9	20,4	22,8	29,4	34,2	49,1	54,7	63,5	66,5	63,3	55,1	47,8	48,4	44,5	40,3	36,8	30,3	31,3	20,6	2	1
Übertragungsfunktionen																							
Nr. 2 DG	11,4	7,1	7,2	-1,8	0,7	-4,5	5,1	3,8	2,9	2,2	9,7	14,0	10,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Beton 20 Hz	-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		
Beton 25 Hz	-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		
Beton 31,5 Hz	-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		
Immissionsspektren																						KB_{Fm}:	Lmax (dB(A))
ET_1_Einfahrt																							
Nr. 2 DG	8,2	10,2	11,0	4,1	12,8	11,1	23,7	32,7	40,9	50,1	57,8	55,3	44,0	31,3	25,1	15,8	9,2	5,7	3,5	3,9	1,3	0,05	27,2
Beton 20 Hz	-4,6	1,7	2,6	4,6	10,9	15,2	19,8	34,9	51,1	53,0	48,3	40,2	33,2	27,0	22,0	12,3	4,4	0,7	-1,5	-1,1	-3,7	0,03	21,2
Beton 25 Hz	-4,7	1,8	2,6	4,9	11,0	14,6	18,2	30,0	43,2	59,2	52,5	41,4	33,1	28,6	23,2	13,5	6,1	2,2	-1,3	-1,1	-3,7	0,05	23,6
Beton 31,5 Hz	-4,4	1,9	2,7	4,9	11,2	14,7	17,8	28,6	38,9	52,3	57,6	45,0	34,1	28,5	24,5	15,1	7,3	3,4	0,4	0,4	-3,5	0,04	24,7
ET_1_Ausfahrt																							
Nr. 2 DG	11,7	11,4	12,3	5,2	14,0	13,6	32,2	42,7	54,1	61,7	67,6	71,3	63,0	49,3	48,3	44,0	35,2	31,1	25,8	20,0	6,6	0,24	0,0
Beton 20 Hz	-1,1	2,9	3,9	5,7	12,1	17,7	28,3	44,9	64,3	64,6	58,1	56,2	52,2	45,0	45,2	40,5	30,4	26,1	20,8	15,0	1,6	0,13	0,0
Beton 25 Hz	-1,2	3,0	3,9	6,0	12,2	17,1	26,7	40,0	56,4	70,8	62,3	57,4	52,1	46,6	46,4	41,7	32,1	27,6	21,0	15,0	1,6	0,19	0,0
Beton 31,5 Hz	-0,9	3,1	4,0	6,0	12,4	17,2	26,3	38,6	52,1	63,9	67,4	61,0	53,1	46,5	47,7	43,3	33,3	28,8	22,7	16,5	1,8	0,15	0,0
ET_2_Einfahrt																							
Nr. 2 DG	16,6	14,1	16,0	9,2	14,5	14,0	34,4	45,7	49,6	58,0	66,9	67,2	59,5	47,2	43,4	32,7	26,7	22,8	14,4	14,5	10,2	0,17	34,6
Beton 20 Hz	3,8	5,6	7,6	9,7	12,6	16,1	30,5	47,9	59,8	60,9	57,4	52,1	48,7	42,9	40,3	29,2	21,9	17,8	9,4	9,5	5,2	0,09	28,5
Beton 25 Hz	3,7	5,7	7,6	10,0	12,7	17,5	28,9	43,0	51,9	67,1	61,6	53,3	48,6	44,5	41,5	30,4	23,6	19,3	9,6	9,5	5,2	0,13	30,1
Beton 31,5 Hz	4,0	5,8	7,7	10,0	12,9	17,6	28,5	41,6	47,6	60,2	66,7	56,9	49,6	44,4	42,8	32,0	24,8	20,5	11,3	11,0	5,4	0,13	31,3
ET_2_Ausfahrt																							
Nr. 2 DG	8,8	11,1	11,4	4,3	10,9	6,8	23,1	33,5	42,2	45,8	51,8	52,6	44,7	31,2	23,5	22,3	13,5	15,2	12,8	5,7	2,0	0,03	25,6
Beton 20 Hz	-4,0	2,6	3,0	4,8	9,0	12,9	19,2	35,7	52,4	48,7	42,3	37,7	33,9	26,9	20,4	18,8	8,7	10,2	7,8	0,7	-3,0	0,03	19,8
Beton 25 Hz	-4,1	2,7	3,0	5,1	9,1	12,3	17,6	30,8	44,5	54,9	46,5	38,9	33,8	28,5	21,6	20,0	10,4	11,7	8,0	0,7	-3,0	0,03	21,4
Beton 31,5 Hz	-3,8	2,8	3,1	5,1	9,3	12,4	17,2	29,4	40,2	48,0	51,6	42,5	34,8	28,4	22,9	21,6	11,6	12,9	9,7	2,2	-2,9	0,02	22,2
GZ Gleis 1																							
Nr. 2 DG	26,1	23,4	27,1	18,6	23,5	24,9	39,3	52,9	57,6	65,7	76,2	77,3	65,1	49,8	48,4	44,5	40,3	36,8	30,3	31,3	20,6	0,51	43,0
Beton 20 Hz	13,3	14,9	18,7	19,1	21,6	29,0	35,4	55,1	67,8	68,6	66,7	62,2	54,3	45,5	45,3	41,0	35,5	31,8	25,3	26,3	15,6	0,22	38,0
Beton 25 Hz	13,2	15,0	18,7	19,4	21,7	28,4	33,8	50,2	59,9	74,6	70,9	63,4	54,2	47,1	46,5	42,2	37,2	33,3	25,5	26,3	15,6	0,33	39,2
Beton 31,5 Hz	13,5	15,1	18,8	19,4	21,9	28,5	33,4	48,8	55,6	67,9	76,0	67,0	55,2	47,0	47,8	43,8	38,4	34,5	27,2	27,8	15,8	0,36	40,5
GZ Gleis 2																							
Nr. 2 DG	26,1	23,4	27,1	18,6	23,5	24,9	39,3	52,9	57,6	65,7	76,2	77,3	65,1	49,8	48,4	44,5	40,3	36,8	30,3	31,3	20,6	0,51	43,0
Beton 20 Hz	13,3	14,9	18,7	19,1	21,6	29,0	35,4	55,1	67,8	68,6	66,7	62,2	54,3	45,5	45,3	41,0	35,5	31,8	25,3	26,3	15,6	0,22	38,0
Beton 25 Hz	13,2	15,0	18,7	19,4	21,7	28,4	33,8	50,2	59,9	74,8	70,9	63,4	54,2	47,1	46,5	42,2	37,2	33,3	25,5	26,3	15,6	0,33	39,2
Beton 31,5 Hz	13,5	15,1	18,8	19,4	21,9	28,5	33,4	48,8	55,6	67,9	76,0	67,0	55,2	47,0	47,8	43,8	38,4	34,5	27,2	27,8	15,8	0,36	40,5

(Max-Hold, Fast)
s/le Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

KB_{Fm}:	Nr. 2 DG		Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	0,058	0,046	0,029	0,022	0,043	0,033	0,040	0,032

Zur Berechnung von KBFTm bzw. KBFTr werden die Spektren laut DIN 4150 bis maximal 80 Hz herangezogen.

Lr [dB(A)]:	Nr. 2 DG		Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	22,5	21,2	17,0	15,9	18,4	17,3	19,6	18,5

Bei dem berechneten Beurteilungspegel Lr für den Sekundärluftschall handelt es sich um den physikalischen Pegel OHNE 5 dB Schienenbonus.