

Erschütterungstechnische Untersuchung zur

1. Änderung des Bebauungsplans Nr. 058

„Bahnhofsumfeld Hochneukirch“ in Jüchen

Bericht VL 7613-2 vom 13.11.2017

Auftraggeber: VISTA Reihenhäuser GmbH
Karstraße 70
41068 Mönchengladbach

Bericht-Nr.: VL 7613-2

Datum: 13.11.2017

Ansprechpartner/in: Herr Pelzer

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: 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 / Betriebsprogramm / Gebietsnutzungen.....	6
4	Beurteilungsgrundlagen für Erschütterungen.....	8
4.1	Allgemeines.....	8
4.2	Beurteilungsgrößen für Schienenverkehr.....	10
4.3	Sekundärluftschall.....	11
5	Erschütterungsmessungen.....	13
5.1	Ort und Zeit der Messungen.....	13
5.2	Messgeräte.....	13
5.3	Messdurchführung.....	13
5.4	Auswertung der Messungen.....	14
6	Auswerte- und Prognoseverfahren.....	15
6.1	Einflussgrößen für Erschütterungen.....	15
6.2	Beschreibung der Methodik.....	15
6.3	Prognoseunsicherheit.....	17
7	Prognose der Erschütterungsimmissionen.....	18
8	Berechnung und Beurteilung des sekundären Luftschallpegels.....	20
9	Zusammenfassung.....	21

1 Situation und Aufgabenstellung

Die VISTA Reihenhäuser GmbH plant in Jüchen die Errichtung von Wohnbebauung auf einem Areal zwischen der Peter-Busch-Straße und der DB-Strecke 2611 in unmittelbarer Nähe des Haltepunktes Jüchen-Hochneukirch. Im Zuge dessen soll der dort vorhandene Bebauungsplan Nr. 058 „Bahnhofsumfeld Hochneukirch“ geändert werden, da auch die im Südosten gelegenen Flächen künftig als Wohngebiet (ehemals Mischgebiet) ausgewiesen werden sollen.

Da sich das Gelände neben einer Schienenstrecke befindet, könnten relevante Erschütterungs- und sekundäre Luftschallimmissionen in den geplanten Wohnhäusern auftreten. Im Rahmen des Bebauungsplanänderungsverfahrens soll daher eine erschütterungstechnische Untersuchung durchgeführt werden.

Hierzu wurden am 19.01.2017 Erschütterungsmessungen an mehreren Messpositionen im Freifeld des Planvorhabens durchgeführt. Hiervon ausgehend werden die in den späteren Gebäuden 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	01.12.16
[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 Schwingungsmissionen - 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 DB-Strecke 2611	Zur Verfügung gestellt vom Auftraggeber / DB - AG	P	Dezember 2016
[20] Bebauungsplanentwurf	Zur Verfügung gestellt vom Auftraggeber	P	09.11.2017

Kategorien:

G Gesetz
V Verordnung
VV Verwaltungsvorschrift
RdErl. Runderlass

N
RIL
Lit
P

Norm
Richtlinie
Buch, Aufsatz, Bericht
Planunterlagen / Betriebsangaben

VL 7613-2
13.11.2017

Seite 5 von 22

3 Örtliche Gegebenheiten / Betriebsprogramm / Gebietsnutzungen

Die VISTA Reihenhäuser GmbH plant in Jüchen-Hochneukirch auf dem Gelände zwischen der Peter-Busch-Straße und der zweigleisigen Strecke 2611 der Deutschen Bahn die Errichtung von vier Doppelhausgruppen sowie vier Reihenhäusergruppen mit zwei Vollgeschossen und einem Dachgeschoss.

Das Areal befindet sich direkt südlich anschließend an den Haltepunkt Jüchen-Hochneukirch. Zwischen den Bahngleisen und den Häusern ist die Errichtung einer Lärmschutzwand vorgesehen.

Das Gelände ist Bestandteil des Bebauungsplanes 58 der Stadt Jüchen und soll im Rahmen der 1. Änderung mit der Schutzbedürftigkeit als allgemeines Wohngebiet (WA) ausgewiesen werden.

Der Bebauungsplanentwurf ist Anlage 1 zu entnehmen.

Die dem Gleis nächstgelegenen Gebäude im WA 2 bzw. im nördlichen und südlichen WA 1 sollen in einem Abstand von 25 m zu Gleis 1 und die zweite Baureihe im WA 1 dahinter in einem Abstand von ca. 50 m zu Gleis 1 errichtet werden. Die VISTA Reihenhäuser GmbH errichtet grundsätzlich nicht-unterkellerte Reihenhäuser, die alle denselben Grundrisstyp aufweisen. Die Gebäude sind zweigeschossig mit zusätzlichem Dachgeschoss geplant.

Im Rahmen eines Vorgängerprojektes wurden bereits Erschütterungsmessungen in Standard-Reihen- und Doppelhäusern der VISTA Reihenhäuser GmbH in Neuss-Allerheiligen bzw. in Langenfeld in der Nähe von Bahnstrecken durchgeführt. Aus diesen Messungen ist die Bauart und die sich daraus ergebende Deckenresonanz bzw. Übertragungsfunktion für die geplanten Gebäude bekannt und kann in der vorliegenden Untersuchung zur Prognose der in den geplanten Gebäuden zu erwartenden Erschütterungsimmissionen herangezogen werden.

Die in der Erschütterungsprognose angenommene Streckenbelastung wird der DB-Prognose für das Jahr 2025 entnommen, demzufolge verkehrt auf der Strecke Regionalverkehr sowie Güterverkehr. (siehe Tabelle 3.1).

Tabelle 3.1: Streckenbelastung 2025 für die Strecke 2611

Zugart	Geschwindigkeit [km/h]	Anzahl Vorbeifahrten	
		Tag (6 – 22 Uhr)	Nacht (22 – 6 Uhr)
Güterzug	100	14	14
	120	3	4
Intercityexpress (ICE), Leerfahrt	120	3	1
Regionalexpress (RE), lokbespannt	120	16	4
Regionalexpress (RE), Elektrotriebwagen	120	50	12

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 $\tau = 0,125$ s gebildet. Zur Konkretisierung der verwendeten Zeitkonstante wird, entsprechend der Norm, die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ genannt. Die während der Beurteilungszeit erfasste höchste bewertete Schwingstärke wird als Maximalwert KB_{Fmax} bezeichnet.

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

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

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

Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen werden zwei Beurteilungsgrößen herangezogen. Dies sind zum einen die maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} sowie, falls erforderlich, die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} . Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit. Diese Beurteilungs-Schwingstärke wird nach DIN 4150, Teil 2 [6] 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 [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.

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

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

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

Gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse sind bereits bei Einhaltung der Anforderungen der DIN 4150-2 an die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTi} sichergestellt.

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

4.3 Sekundärluftschall

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

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

Innerhalb einer umfangreichen Studie [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

Am 19.01.2017 wurde eine Erschütterungsmessung auf dem Plangebiet durchgeführt.

Es wurden zwei Messpositionen im Abstand von 16 m zu Gleis 1 gewählt (entspricht dem Ort der 1. Baureihe nach inzwischen obsoletem Entwurf vom Januar 2017), von denen sich eine im Bereich der Haltestelle befand. Des Weiteren wurde ein Messpunkt am Ort der 2. Baureihe und ein Messpunkt in 8 m Abstand zum nächstgelegenen Gleis eingerichtet.

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 Bodenmesspunkte werden mittels Erdspießen an den Boden gekoppelt; die dreikanaligen Erschütterungsaufnehmer werden gemäß DIN 45669 auf eingeschlammten Gehwegplatten aufgestellt.

Die Lage der einzelnen Messorte ist in Anlage 2 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.

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 Erschütterungen wurden bei der Vorbeifahrt von zwei Loks auf Gleis 2 mit 100 km/h registriert und betrugen 0,38 mm/s am Messpunkt in 8 m Abstand bzw. 0,25 mm/s in 16 m Abstand zu Gleis 1.

Auf der Strecke 2611 verkehren derzeit Elektrotriebwagen im Nahverkehr, welche am Haltepunkt Hochneukirch halten. Die gefahrene Geschwindigkeit der Züge ist dementsprechend relativ gering (maximal 50 km/h); trotzdem werden bei der beschleunigenden Abfahrt der Triebwagen auf Gleis 1 am Bodenmesspunkt in 16 m Abstand zu Gleis 1 gerade spürbare Erschütterungen registriert (Schwinggeschwindigkeiten von etwa 0,1 mm/s).

Die von den haltenden Zügen auf Gleis 1 bzw. abfahrenden Zügen auf Gleis 2 verursachten Erschütterungsimmissionen sind auch am Messpunkt in Haltepunktnähe vergleichsweise gering und können in der weiteren Prognose vernachlässigt werden.

Vorabzug

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.

Die Ausbreitungsdämpfung im Erdboden wird im vorliegenden Fall über typische Ansätze aus der Literatur berücksichtigt [17]. Die Übertragung der Erschütterungsimmissionen vom Erdboden auf die geplanten Gebäude kann im vorliegenden Fall mit Hilfe der in Vorgängerprojekten für typische VISTA-Reihenhäuser ermittelten Übertragungsfunktionen bestimmt werden.

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 der Freifeldmessung gehen als Eingangsdaten in die Prognosen ein.

Es wurde jeweils eine Prognoseberechnung durchgeführt und zwar ausgehend von den am Messpunkt 1 (16 m Abstand zu Gleis 1 in der Nähe des Haltepunktes) und von Messpunkt 2 (ebenfalls 16 m Abstand zu Gleis 1) gemessenen Emissionsspektren.

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.

Die Prognose für die in 25 m bzw. 50 m Gleisabstand zu erwartenden Erschütterungsimmissionen wird zur Berücksichtigung der Ausbreitungsdämpfung im Erdboden eine Transmissionsfunktion aus der Literatur [17] zugrunde gelegt.

Im Laufe des Planvorhabens wird sich durch die Errichtung der im Bebauungsplan festgesetzten Lärmschutzwand direkt an den Gleisen und die Aufbereitung des Baugrundes ein Eingriff in den Erdboden auf dem Plangebiet ergeben, durch welchen mit einer weiteren Dämpfung der Weiterleitung der Erschütterungen im Erdboden aufgrund der neu hinzugefügten Impedanzsprünge zu rechnen ist. Somit stellt der gewählte Ansatz auf Basis der Literaturdaten also bereits aller Voraussicht nach eine konservative Überschätzung der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen dar.

Für die Prognose der Erschütterungen in den geplanten Gebäuden werden Übertragungsfunktionen für den Übergang der Erschütterungen vom Erdboden auf die Geschosdecken herangezogen, wie sie in einem Vorgängerprojekt für typische Reihenhäuser bzw. Doppelhaushälften der VISTA Reihenhäuser GmbH in Neuss-Allerheiligen bzw. Langenfeld an Bahnstrecken gemessen worden sind. Diese Übertragungsfunktionen weisen Deckeneigenfrequenzen von etwas über 20 Hz bis 50 Hz auf und decken damit einen breiten Bereich ab. Sie liegen im Bereich von typischen Übertragungsfunktionen für Betondecken aus der Literatur [17].

In der Prognoseberechnung wurden die in der Prognose 2025 der Deutschen Bahn angesetzten Leerfahrten für den Fernverkehr (3 Tags, 1 nachts) vernachlässigt, da sie in ihrer Anzahl und in ihrer voraussichtlichen Erschütterungsimmission den Güterzugvorbeifahrten gegenüber vernachlässigbar sind.

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 Tatsa-

che, das intern mit genaueren Zahlen gerechnet wurde, als in den auf eine Nachkommastelle gerundeten Werten, welche in den Anlagen dargestellt werden.

In den nachfolgenden Kapiteln sind die zusammengefassten Ergebnisse der Erschütterungsmessungen und der Prognose für die für Gebäude der VISTA Reihenhauses angesetzten Übertragungsfunktionen wiedergegeben. Die detaillierten Messergebnisse sind im jeweiligen Anlagensatz des Anhangs 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

Der Bebauungsplanentwurf sieht eine Errichtung von Wohngebäuden in einem Abstand von 25 m (WA 2 und nördlicher / südlicher Flügel WA 1) sowie in 50 m Abstand (Mittelteil WA1) zum nächstgelegenen Gleis 1 vor.

Tabelle 7.1 und 7.2 fassen die Ergebnisse der Prognoseberechnung zu den Erschütterungsimmissionen für Gebäude in einem Gleisabstand von 25 m und Tabelle 7.3 für Gebäude in einem Gleisabstand von 50 m zusammen.

Den Prognoseberechnungen zufolge werden die Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen der DIN 4150, Teil 2 für allgemeine Wohngebiete sowohl für den Tageszeitraum als auch für den Nachtzeitraum für alle betrachteten Deckenübertragungsfunktionen bereits in 25 m Abstand zu Gleis 1 eingehalten. In 50 m Abstand zu Gleis 1 ist der dargestellten Prognoseberechnung ebenfalls mit einer Einhaltung der Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen der DIN 4150, Teil 2 für allgemeine Wohngebiete durch die von dem Zugverkehr verursachten Erschütterungen zu rechnen.

Für die einzelne Zugvorbeifahrt ist bei prognostizierten Taktmaximaleffektivwerten von bis zu $KB_{FTm} = 0,24$ in 25 m Gleisabstand für die Güterzugvorbeifahrten bzw. $KB_{FTm} = 0,2$ für die Triebwagenvorbeifahrt auf Gleis 1 jedoch eine Spürbarkeit der Einzelvorbeifahrt in den Gebäuden in 25 m Gleisabstand nicht auszuschließen.

Der Prognoseberechnung zufolge ergeben sich auch in zweiter Baureihe für einzelne Zugvorbeifahrten Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} für die einzelne Güterzugvorbeifahrt von bis 0,12 und damit oberhalb der sogenannten Fühlschwelle von $KB = 0,1$. Da die Variationsbreite der durch verschiedene Güterzüge verursachten Erschütterungsimmissionen aufgrund der hohen Variationsbreite des eingesetzten Wagenmaterials relativ hoch ist, ist nicht auszuschließen, dass auch in zweiter Baureihe also einzelne Güterzüge zu spürbaren Erschütterungsereignissen führen können.

Tabelle 7.1: Prognostizierte Erschütterungsimmissionen für 25 m Gleisabstand, ausgehend von Messpunkt 1 (Nähe Haltepunkt) (vgl. Anlage 5)

	KB _{FTr}		A _{r(WA)}		KB _{FTr} ≤ A _{r(WA)}	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1. OG / 20 – 25 Hz	0,037	0,046	0,07	0,05	JA	JA
1. OG / 50 – 63 Hz	0,020	0,027	0,07	0,05	JA	JA
1. OG / 40 Hz	0,032	0,041	0,07	0,05	JA	JA
1. OG / 25 – 30 Hz	0,027	0,034	0,07	0,05	JA	JA

Tabelle 7.2: Prognostizierte Erschütterungsimmissionen für 25 m Gleisabstand, ausgehend von Messpunkt 2 (vgl. Anlage 4)

	KB _{FTr}		A _{r(WA)}		KB _{FTr} ≤ A _{r(WA)}	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1. OG / 20 – 25 Hz	0,042	0,049	0,07	0,05	JA	JA
1. OG / 50 – 63 Hz	0,022	0,029	0,07	0,05	JA	JA
1. OG / 40 Hz	0,030	0,036	0,07	0,05	JA	JA
1. OG / 25 – 30 Hz	0,028	0,034	0,07	0,05	JA	JA

Tabelle 7.3: Prognostizierte Erschütterungsimmissionen für 50 m Gleisabstand, ausgehend von Messpunkt 2 (vgl. Anlage 6)

	KB _{FTr}		A _{r(WA)}		KB _{FTr} ≤ A _{r(WA)}	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1. OG / 20 – 25 Hz	0,020	0,024	0,07	0,05	JA	JA
1. OG / 50 – 63 Hz	0,010	0,014	0,07	0,05	JA	JA
1. OG / 40 Hz	0,012	0,015	0,07	0,05	JA	JA
1. OG / 25 – 30 Hz	0,013	0,016	0,07	0,05	JA	JA

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 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 Gebäude in 25 m Gleisabstand aufgeführt (ausgehend von Messpunkt 2).

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

Nichtsdestotrotz liegen die prognostizierten maximalen Schalldruckpegel bei einer einzelnen Vorbeifahrt bspw. bei Güterzugvorbeifahrten zwischen 37 dB(A) und 39 dB(A).

Tabelle 8.1: Prognostizierte Sekundärluftschallimmissionen (Mittelungspegel)

Im geplanten Gebäude	L _r [dB(A)]		A _r [dB(A)]		Einhaltung	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1. OG / 20 – 25 Hz	20	22	40	30	JA	JA
1. OG / 50 – 63 Hz	22	24	40	30	JA	JA
1. OG / 40 Hz	22	25	40	30	JA	JA
1. OG / 25 – 30 Hz	20	23	40	30	JA	JA

9 Zusammenfassung

Für die 1. Änderung des Bebauungsplanes Nr. 058 „Bahnhofsumfeld Hochneukirch“ in Jüchen war eine erschütterungstechnische Untersuchung durchzuführen.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde eine Freifeldmessung der von Güterzug- und Triebwagenvorbeifahrten auf der benachbarten DB-Strecke 2611 auf dem Plangebiet verursachten Erschütterungsimmissionen durchgeführt und darauf aufbauend eine Prognose der in den geplanten Gebäuden zu erwarten Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen vorgenommen.

Zur Prognose der Erschütterungsimmissionen in den geplanten Gebäuden wurden Übertragungsfunktionen für den Übergang der Erschütterungen vom Erdboden auf die einzelnen Geschossdecken angesetzt, welche im Rahmen vorhergehender Projekte in typischen VISTA-Reihen- und Doppelhäusern an Bahnstrecken gemessen worden sind.

Die dem Gleis nächstgelegenen Gebäude im WA 2 bzw. im nördlichen und südlichen WA 1 sollen in einem Abstand von 25 m zu Gleis 1 und die zweite Baureihe im WA 1 dahinter in einem Abstand von ca. 50 m zu Gleis 1 errichtet werden.

Aufgrund der auf der Freifeldmessung aufbauenden Prognoseberechnungen kann davon ausgegangen werden, dass in den Gebäuden in den genannten Gleisabständen die mittleren Anhaltswerte A_r für Erschütterungsimmissionen der DIN 4150, Teil 2 für allgemeine Wohngebiete sowohl im Tages- als auch im Nachtzeitraum eingehalten werden.

Die für die einzelne Zugvorbeifahrt prognostizierten Taktmaximaleffektivwerte für die Erschütterungsimmissionen liegen jedoch oberhalb der sogenannten Fühlschwelle von $KB = 0,1$, sodass eine Spürbarkeit der Einzelvorbeifahrt in den Gebäuden im Plangebiet nicht ausgeschlossen werden kann. Für die Gebäude in 50 m Gleisabstand beschränkt sich diese mögliche Spürbarkeit jedoch auf die Güterzugvorbeifahrten.

Um die Spürbarkeit der Einzelvorbeifahrten zu vermeiden, wäre eine aufwändige elastische Gebäudelagerung notwendig.

Zwischen den geplanten Gebäuden und den Schienen wird im Bebauungsplan die Errichtung einer Lärmschutzwand sowie der Erschließungsstraße für die Plangebäude festgesetzt. Durch die mit diesen Baumaßnahmen einhergehenden Eingriffen in den Erdboden auf dem Plangebiet ist mit einer Reduktion der Weiterleitung der Erschütterungsimmissionen im Boden zu rechnen, die jedoch nicht genau quantifizierbar ist.

Den dargestellten Prognoseberechnungen zufolge kann ebenfalls davon ausgegangen werden, dass die in Anlehnung an die 24. BImSchV formulierten Anforderungen an die sekundären Luftschallimmissionen in den Plangebäuden eingehalten werden.

Dieser Bericht besteht aus 22 Seiten und 6 Anlagen.

Peutz Consult GmbH

Vorabzug

i.V. Dipl.-Ing. Mark Bless
(Messstellenleitung)

i.V. Martin Pelzer
(Projektleitung)

Vorabzug



Erschütterungsmessung

Am 19.01.2017

Peter-Busch-Str. , Jüchen



Luftbild: Google Earth Pro

Fotodokumentation



Messpunkt 3 (Kanal 7, 8 m Gleisabstand)

Straße / Nr.	Peter-Busch-Straße
Ort	Jüchen
Gebiet (BauNVO)	Allgemeines Wohngebiet (WA),
Messart	Freifeldmessung
Geplante Nutzung	Wohnnutzungen
Geschosszahl	3
Bauart	Massiv
Keller	nein
Deckenart	Beton
Sonstiges	



Messpunkt 2 (Kanal 4-6)

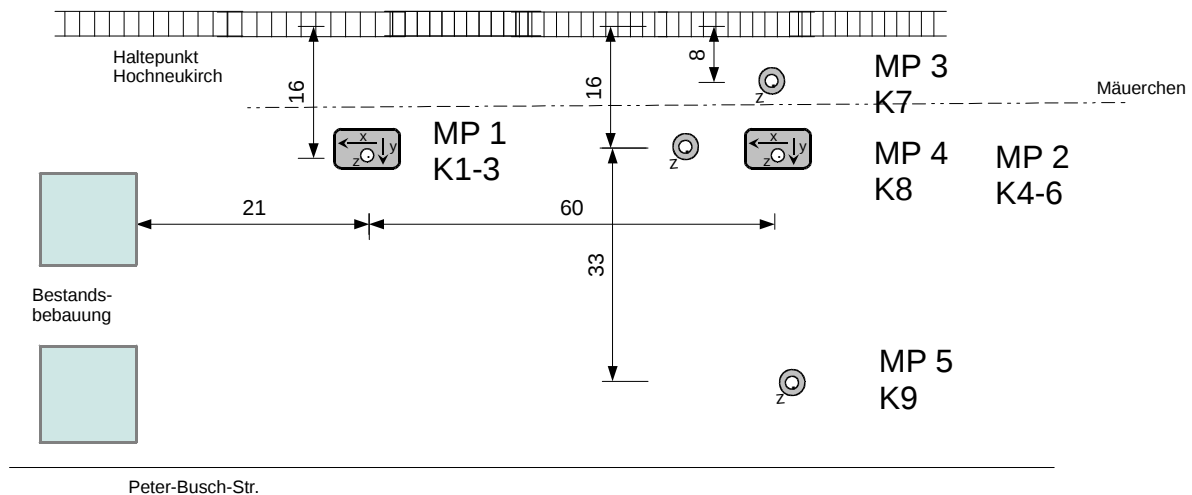


Messpunkt 5 (Kanal 9)

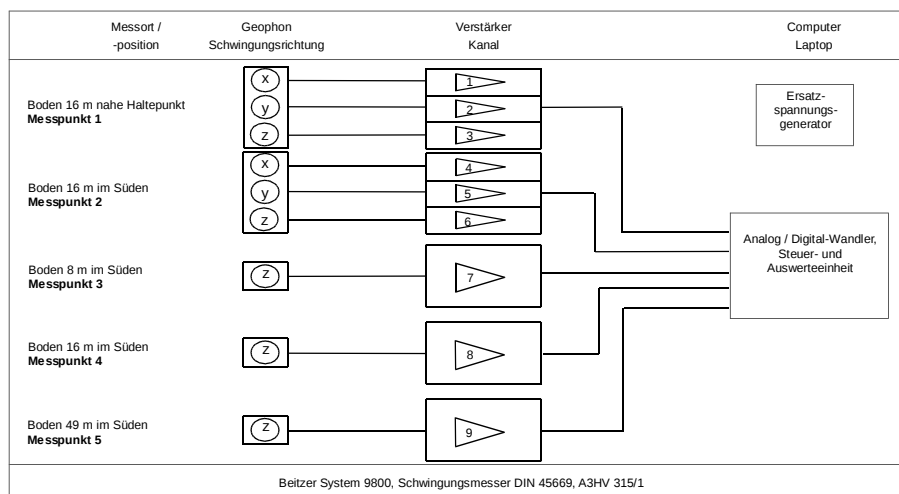
Übersicht über die Messorte

Messpunkt Nr.	Kanäle Messsystem:	Messort	Ankopplung
1	1-3	16 m Gleisabstand nahe Haltepunkt (Lage erste Baureihe)	Eingeschlammte Gehwegplatte mit Dreipunktlager
2	4 -6	16 m Gleisabstand (Lage erste Baureihe)	Eingeschlammte Gehwegplatte mit Dreipunktlager
3	7	8 m Gleisabstand	Erdspeiß
4	8	16 m Gleisabstand (Lage erste Baureihe)	Erdspeiß
5	9	49 m Gleisabstand, Lage 2. Baureihe	Erdspeiß

Lageplan



Messkette



Erschütterungsmessungen in Peter-Busch-Str., Jüchen, am 19.01.2017

Liste der Zugvorbeifahrten

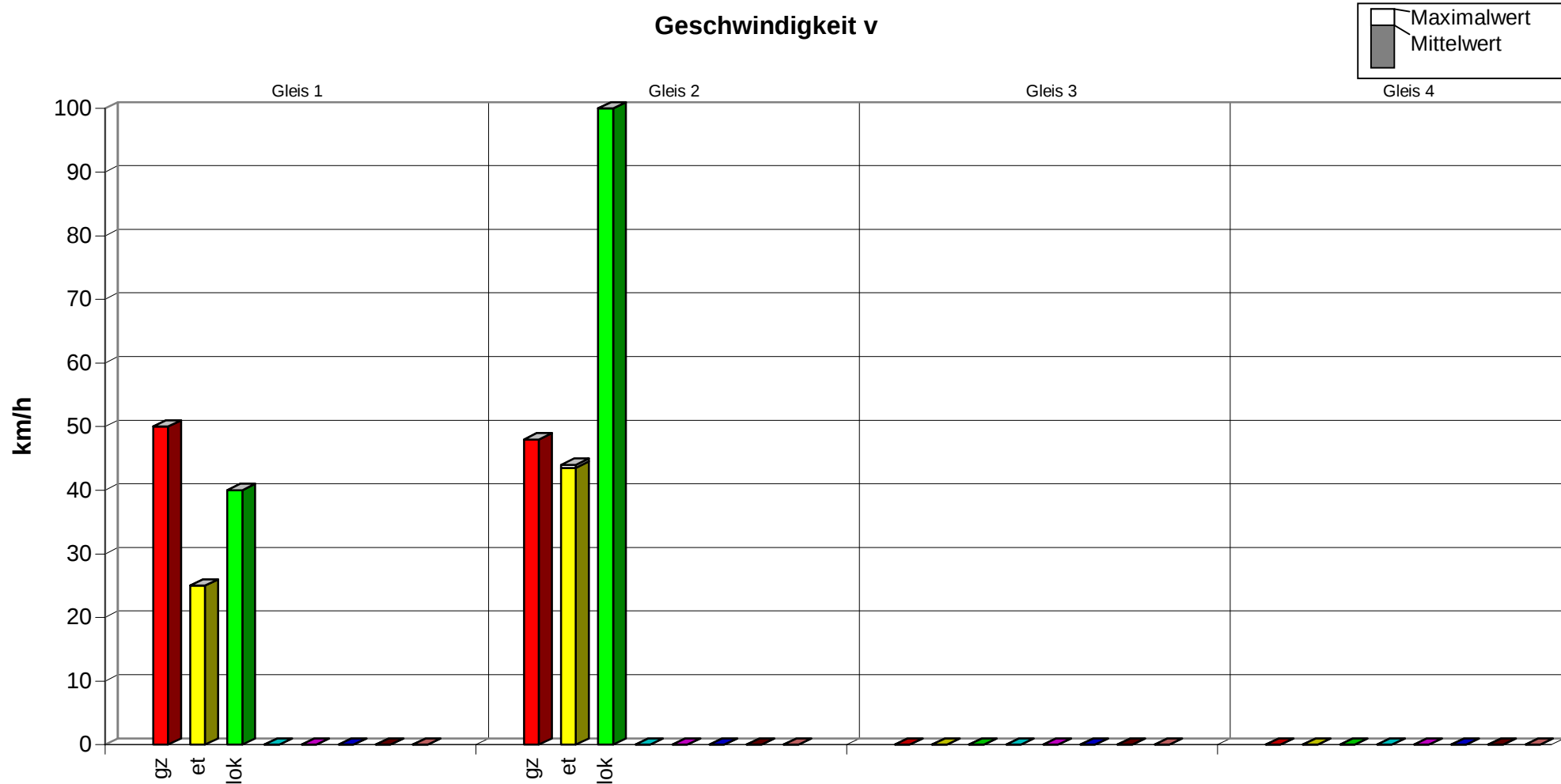
Mess-Nr.	Kategorie	Lok Nr.	Gleis	v_Zug [km/h]	Messwerte				
					v_max	v_max	v_max	v_max	v_max
					16 m Hal mm/s	16 m mm/s	8 m mm/s	16 m mm/s	49 m mm/s
1	gz		1				0,13	0,08	
2	et	425	1				0,23	0,12	
3	et	425	2				0,06	0,04	0,02
4	et	425	1	20-45	0,12		0,18		0,03
5	lok	193	1	40	0,15		0,22		0,04
6	et	425	2	40-35	0,04		0,07		0,02
7	gz	818	2	48	0,22		0,21		0,10
8	et	425	1	25	0,11	0,05	0,07		0,02
9	et	425	2	43	0,07	0,05	0,10		0,02
10	gz		1	50	0,34	0,30	0,24		0,10
11	et	425	1	40-50	0,14	0,12	0,25		0,04
12	et	425	2	50-30	0,05	0,08	0,07		0,03
13	lok		2	100		0,33	0,38		
14	et	425	1	20-50		0,09	0,12		
15	et	425	2	44		0,07	0,08		

Erschütterungsmessungen in Peter-Busch-Str., Jüchen, am 19.01.2017

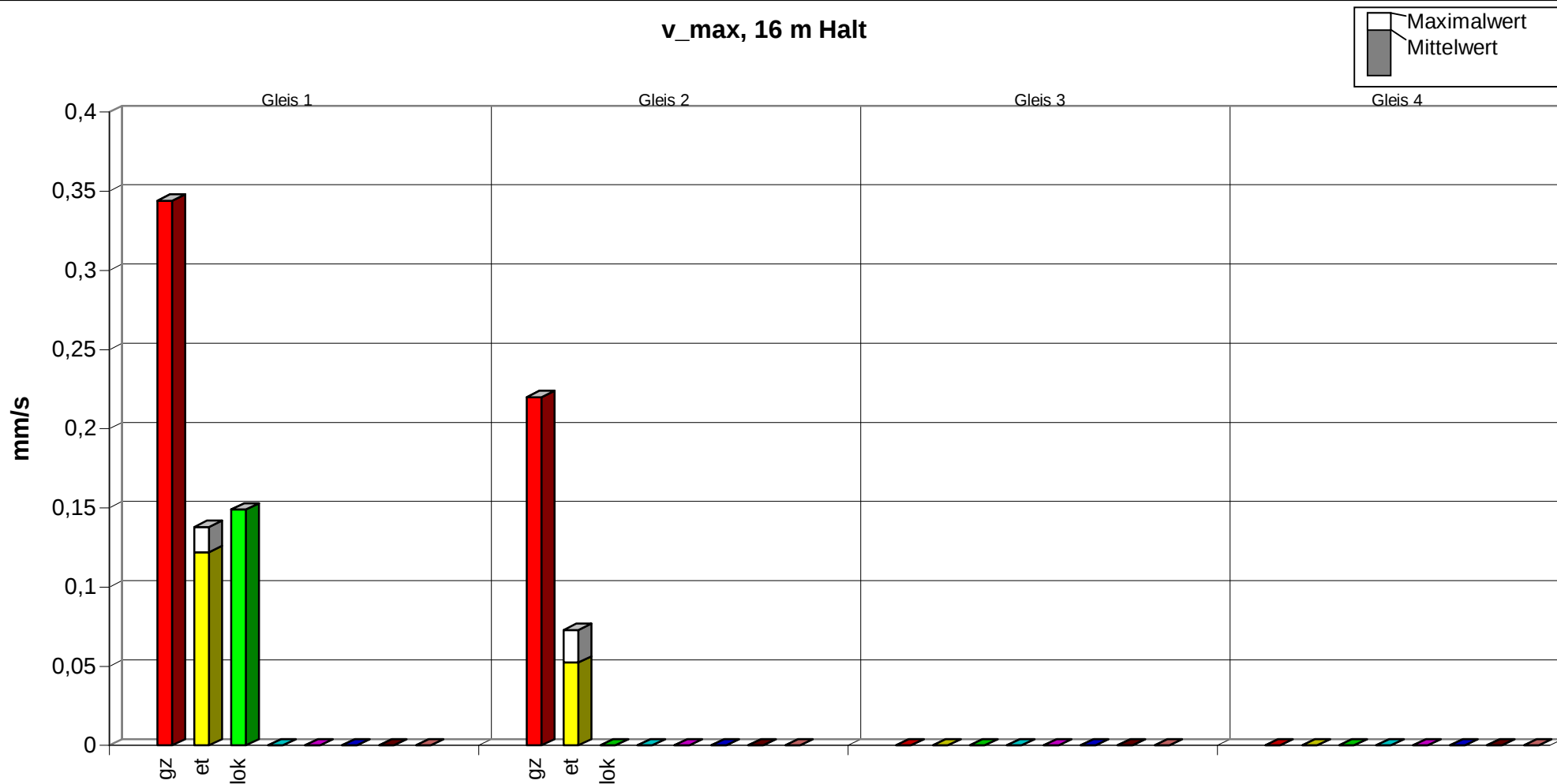
Gleis / Abst. Gebäude	Gleis 1									Gleis 2								
Fahrtrichtung																		
Kategorie	gz	et	lok							gz	et	lok						
Anzahl ausgewert. Züge	2	5	1	0	0	0	0	0	0	1	5	1	0	0	0	0	0	
Geschw. [km/h]																		
Maximalwert	50	25	40							48	44	100						
arithmet. Mittelwert	50	25	40							48	44	100						
Standardabweichung	0%	0%	0%							0%	2%	0%						
v_max [mm/s]																		
16 m Halt																		
Maximalwert	0,34	0,14	0,15							0,22	0,07							
arithmet. Mittelwert	0,34	0,12	0,15							0,22	0,05							
Standardabweichung	0%	13%	0%							0%	35%							
v_max [mm/s]																		
16 m																		
Maximalwert	0,30	0,12								0,08	0,33							
arithmet. Mittelwert	0,30	0,08								0,07	0,33							
Standardabweichung	0%	42%								19%	0%							
v_max [mm/s]																		
8 m																		
Maximalwert	0,24	0,25	0,22							0,21	0,10	0,38						
arithmet. Mittelwert	0,19	0,17	0,22							0,21	0,08	0,38						
Standardabweichung	40%	43%	0%							0%	21%	0%						
v_max [mm/s]																		
16 m																		
Maximalwert	0,08	0,12								0,04								
arithmet. Mittelwert	0,08	0,12								0,04								
Standardabweichung	0%	0%								0%								
v_max [mm/s]																		
49 m																		
Maximalwert	0,10	0,04	0,04							0,10	0,03							
arithmet. Mittelwert	0,10	0,03	0,04							0,10	0,02							
Standardabweichung	0%	37%	0%							0%	16%							

Y:\Projekte\VL7613_VL_SU_EU_BV_Peter-Busch-Straße_Jüchen\06_EU\Anlage3.xls\Daten1

Erschütterungsmessungen in Peter-Busch-Str., Jüchen, am 19.01.2017



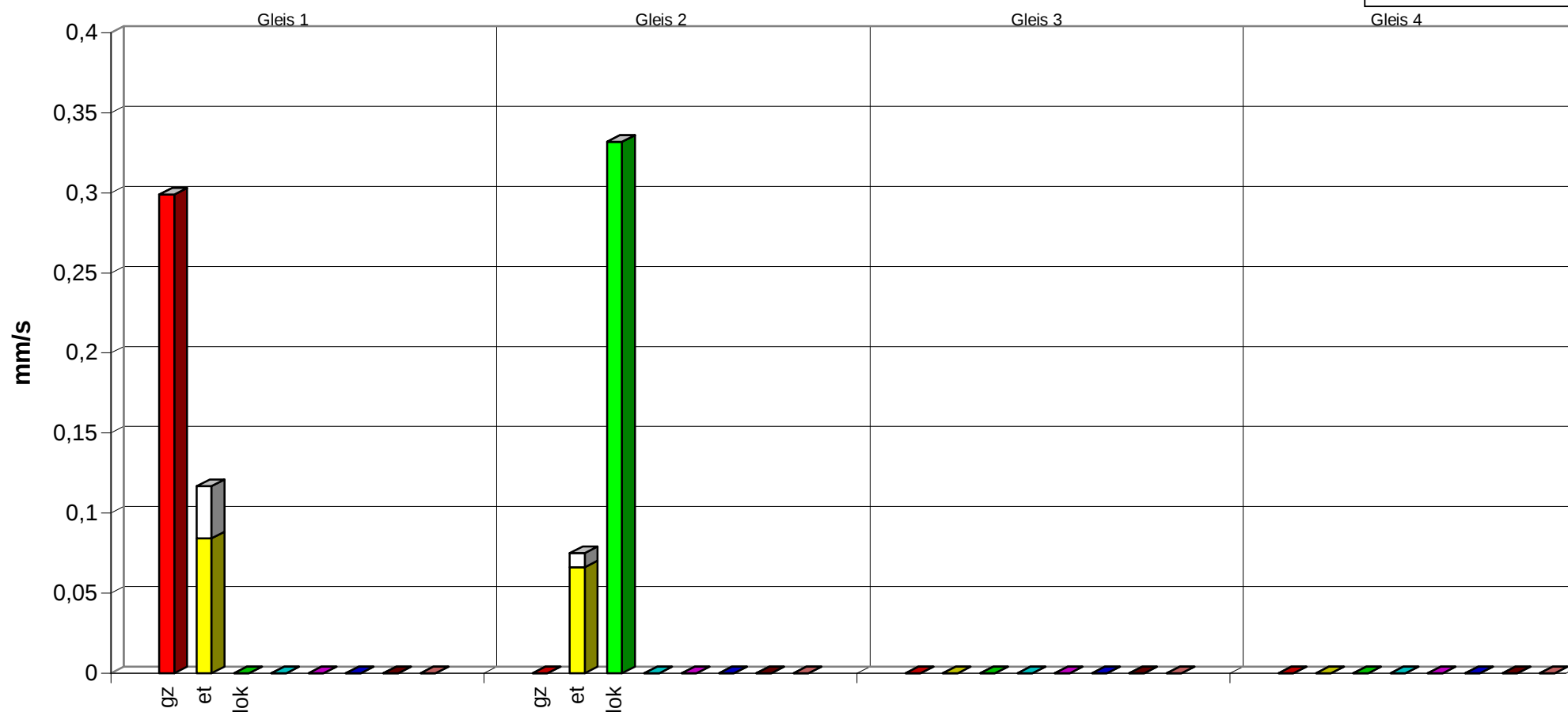
Erschütterungsmessungen in Peter-Busch-Str., Jüchen, am 19.01.2017



Erschütterungsmessungen in Peter-Busch-Str., Jüchen, am 19.01.2017

v_max, 16 m

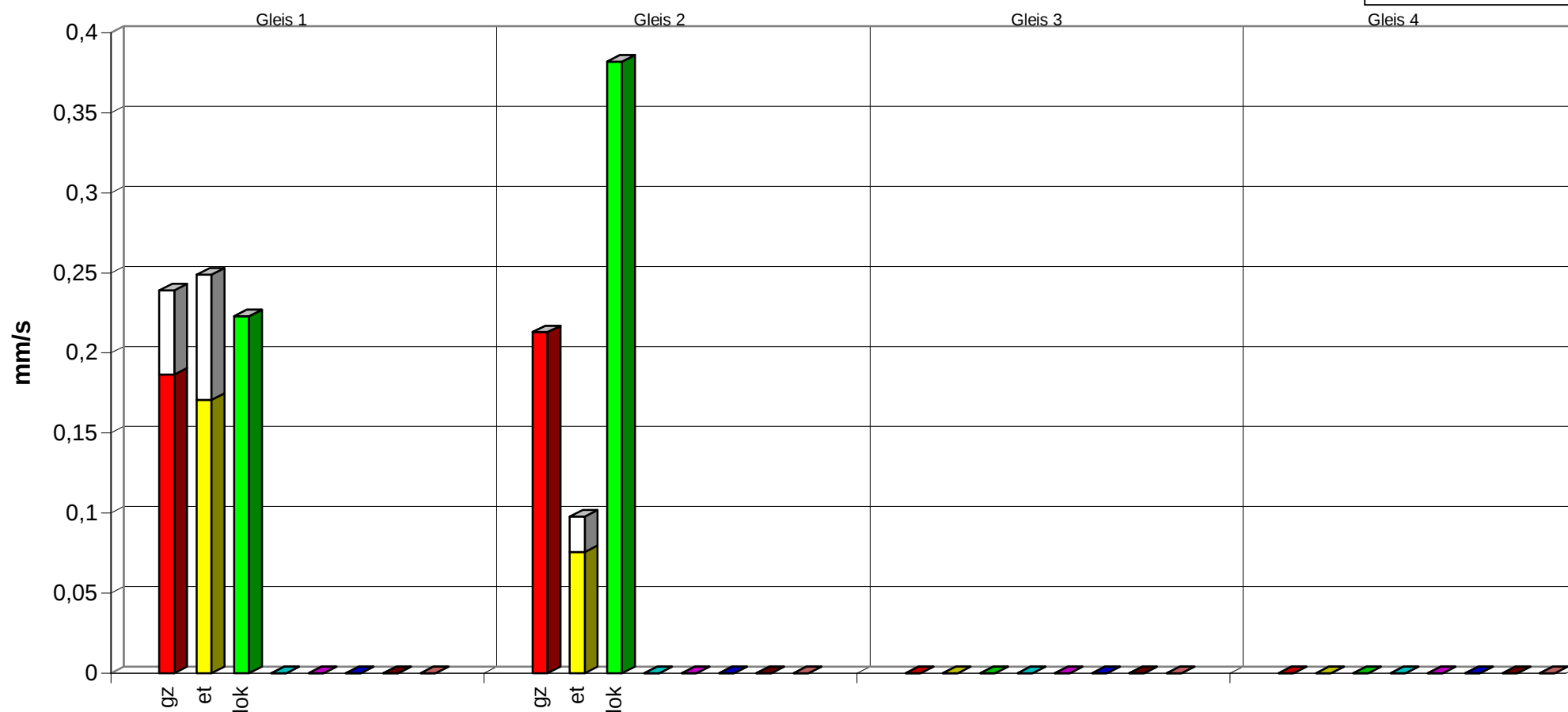
Maximalwert
Mittelwert



Erschütterungsmessungen in Peter-Busch-Str., Jüchen, am 19.01.2017

v_max, 8 m

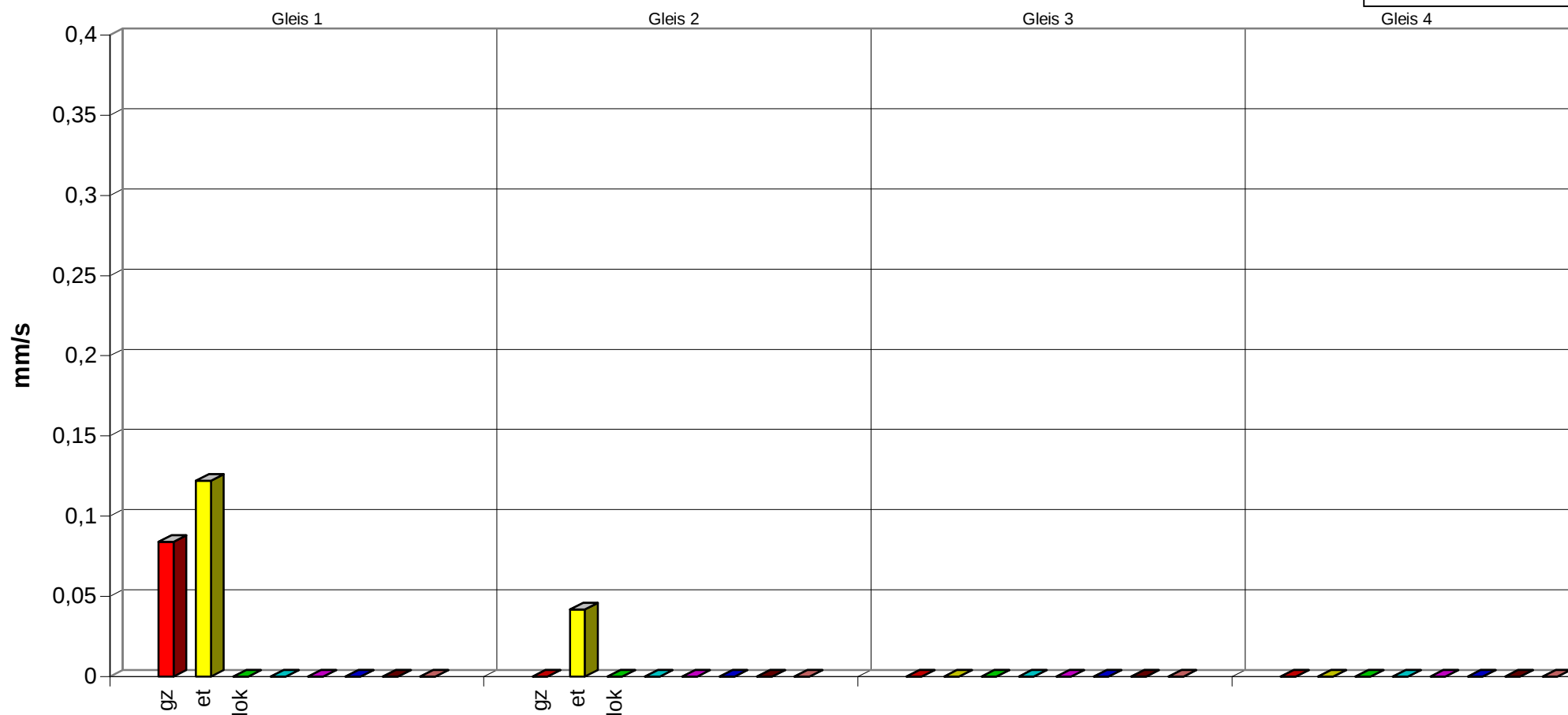
Maximalwert
Mittelwert



Erschütterungsmessungen in Peter-Busch-Str., Jüchen, am 19.01.2017

v_max, 16 m

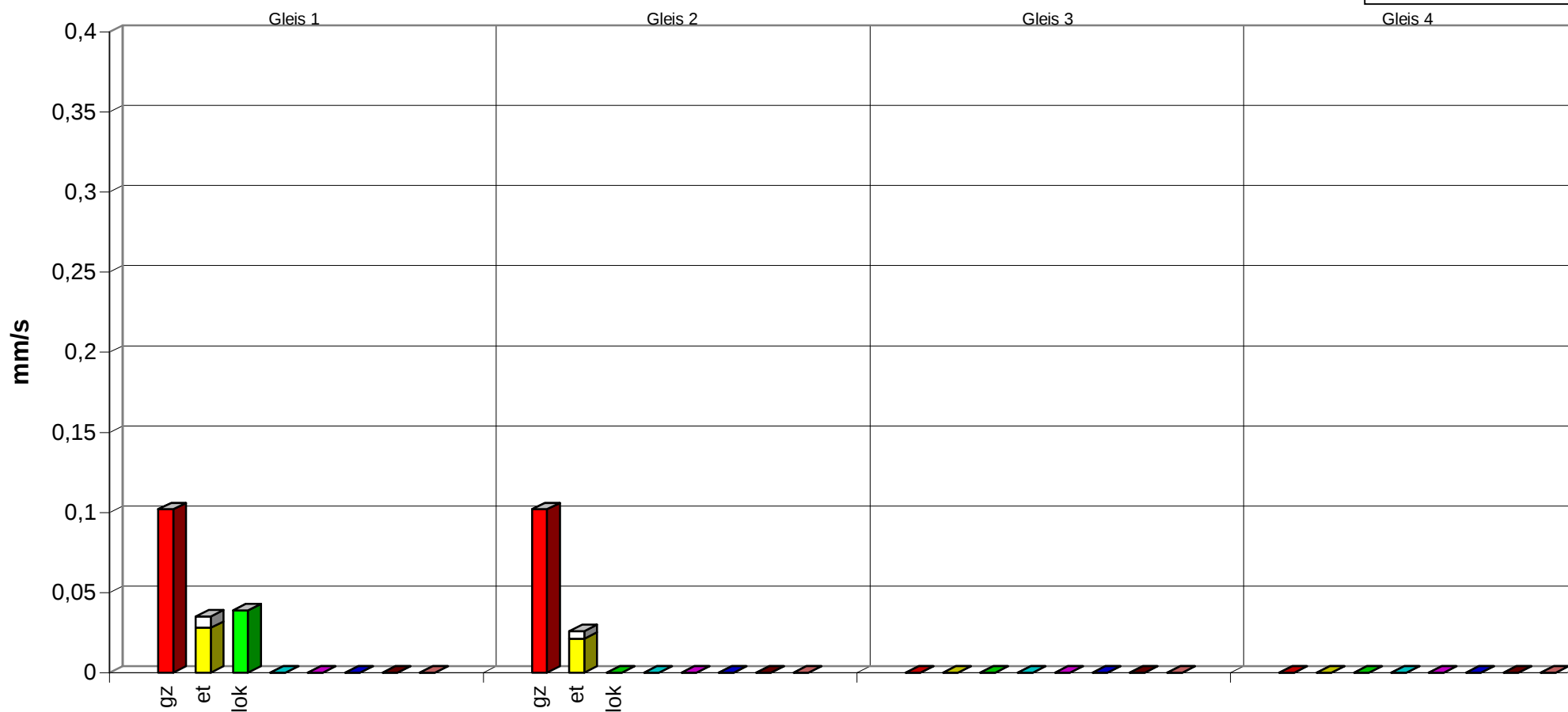
Maximalwert
Mittelwert



Erschütterungsmessungen in Peter-Busch-Str., Jüchen, am 19.01.2017

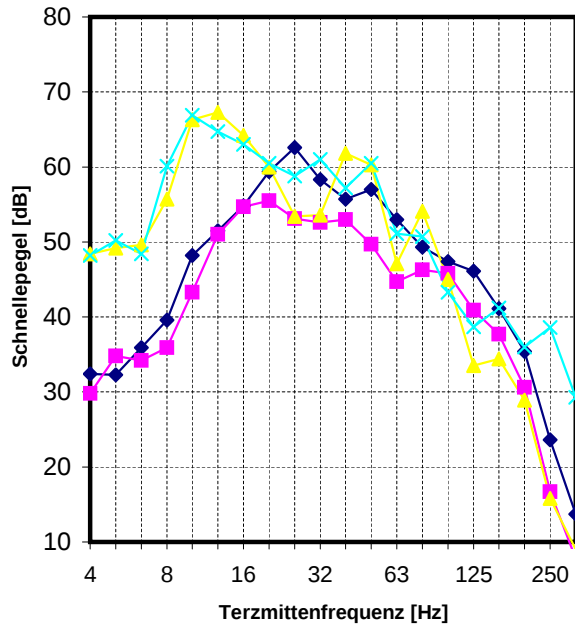
v_max, 49 m

Maximalwert
Mittelwert

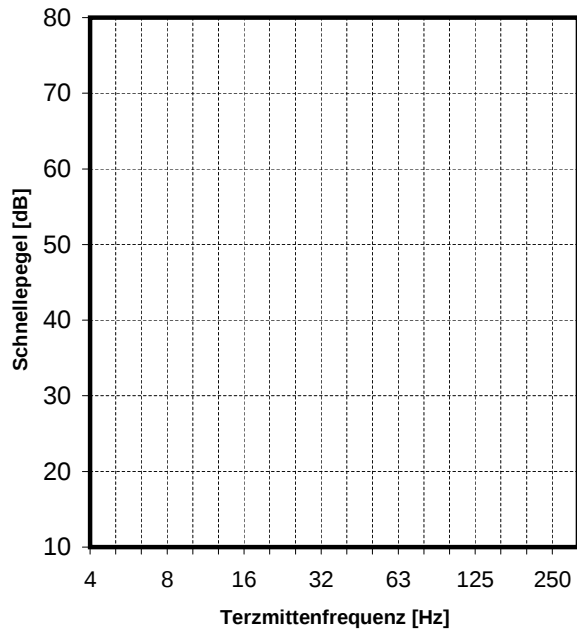


Eingangsdaten zur Prognose 25 m Süd Peter-Busch-Str., Jüchen

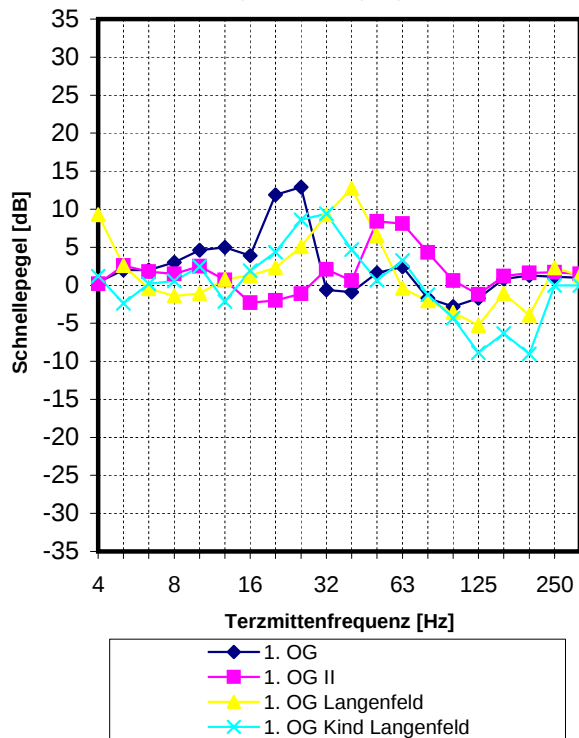
Emissionsspektren 1 bis 10



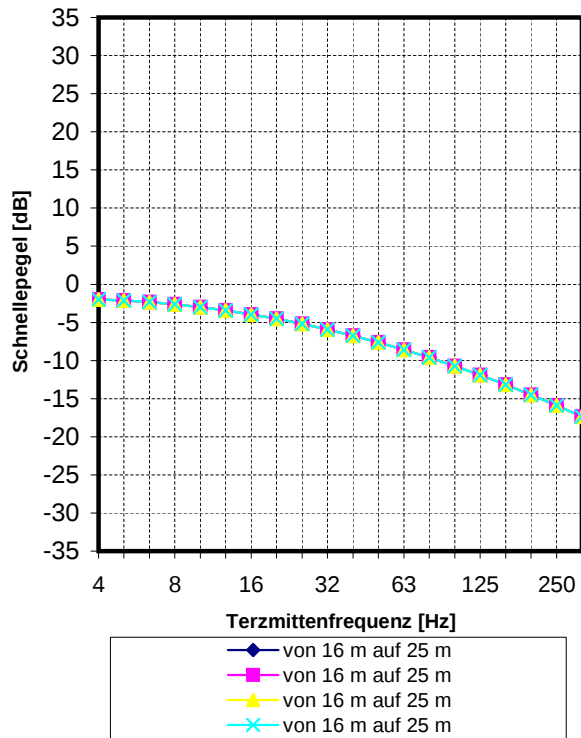
Emissionsspektren 11 bis 20



Minderungen; Übertragungsfunktionen



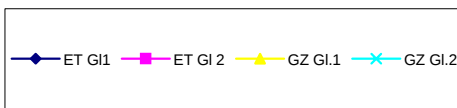
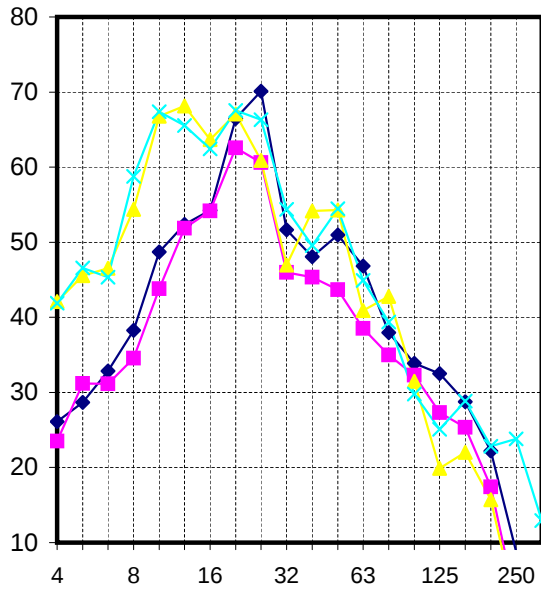
Bodendämpfungsfunktionen



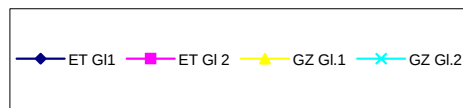
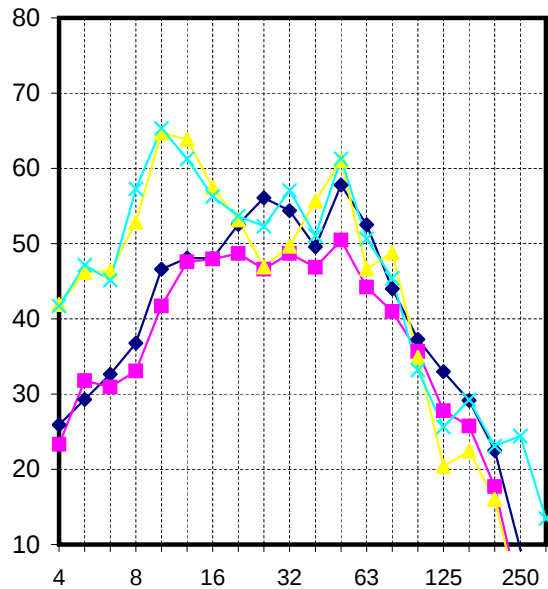
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose 25 m Süd Peter-Busch-Str., Jüchen

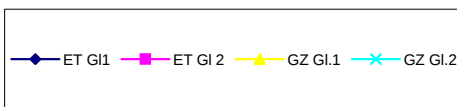
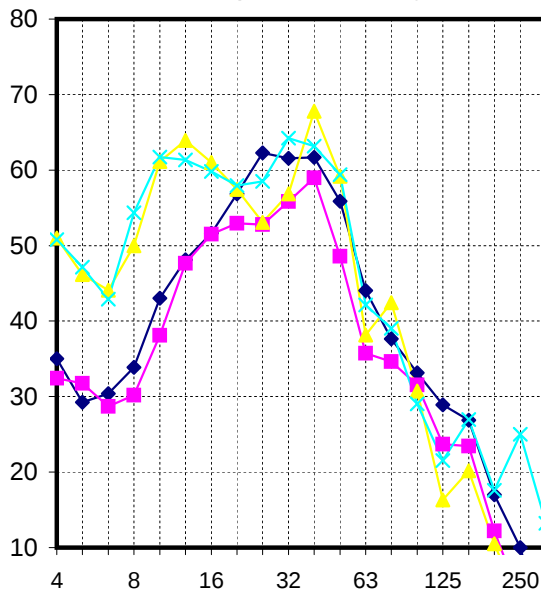
Immissionsspektren 1. OG Neuss



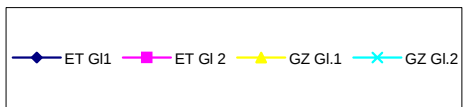
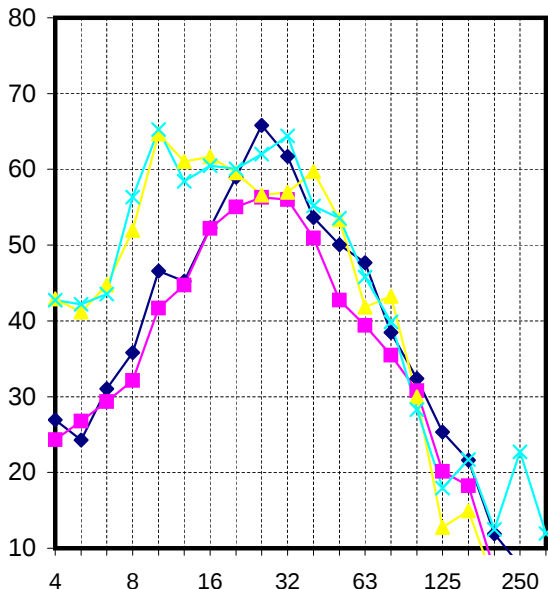
Immissionsspektren 1. OG Kind Neuss



Immissionsspektren 1. OG Langenfeld



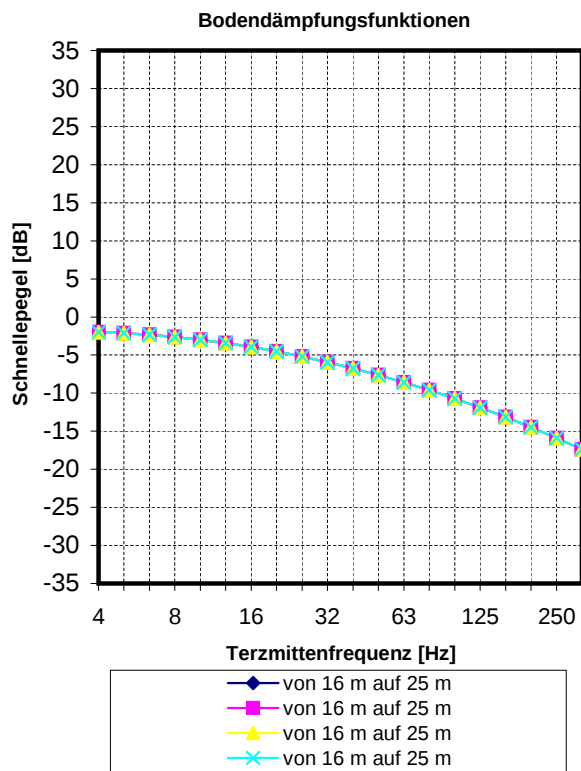
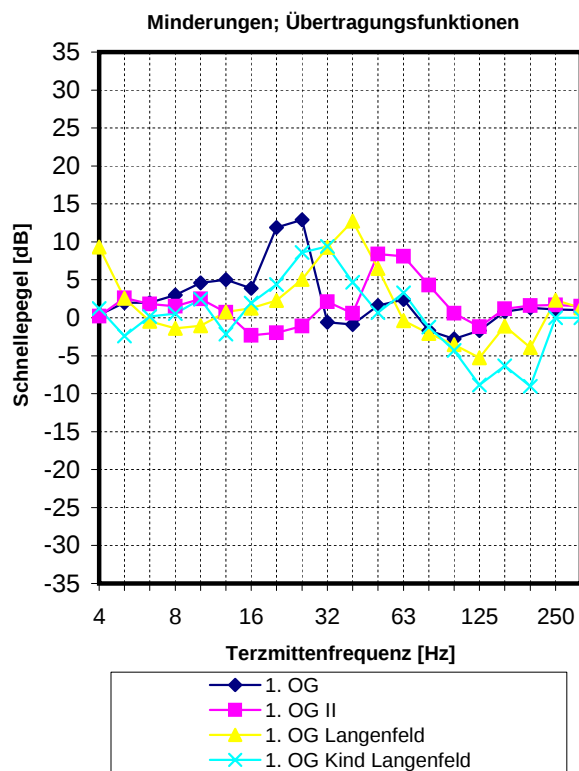
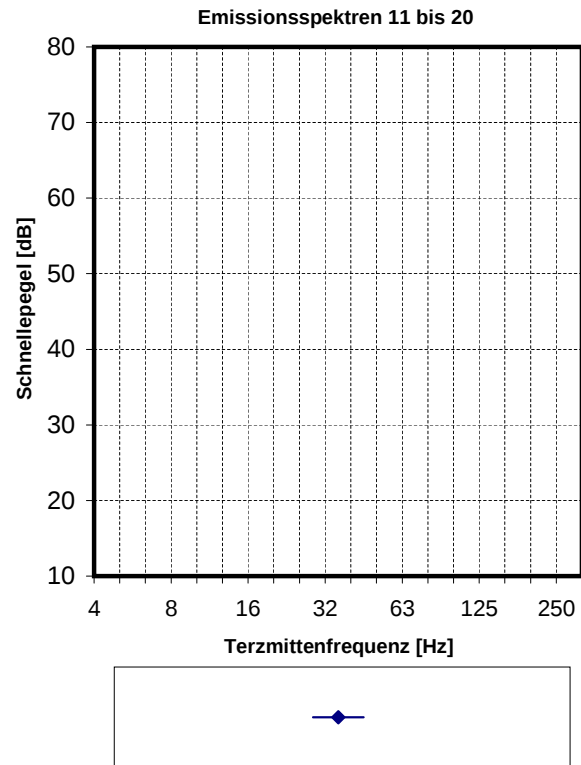
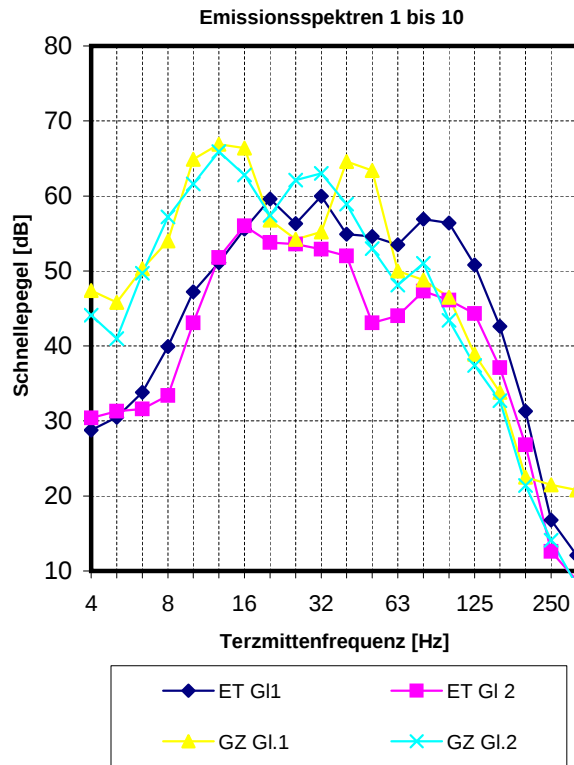
Immissionsspektren 1. OG Kind Langenfeld



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

Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Tag		Nacht						
Emissionsspektren																							
ET Gl1	33,6	32,4	32,3	35,9	39,6	48,2	51,5	54,8	59,4	62,6	58,3	55,7	57,0	53,0	49,3	47,4	46,1	41,1	35,4	23,6	13,7	33	8
ET Gl 2	29,7	29,8	34,8	34,2	35,9	43,3	51,0	54,7	55,5	53,1	52,6	53,0	49,7	44,7	46,3	45,8	40,9	37,7	30,6	16,7	7,8	33	8
GZ Gl.1	42,6	48,4	49,2	49,6	55,7	66,3	67,3	64,2	60,0	53,4	53,6	61,8	60,3	47,1	54,1	45,0	33,5	34,4	28,9	15,8	9,0	9	9
GZ Gl.2	49,0	48,2	50,2	48,4	60,1	66,9	64,7	63,0	60,5	58,8	61,0	57,2	60,5	51,1	50,7	43,3	38,7	41,2	36,0	38,6	29,3	8	9
Übertragungsfunktionen																							
1. OG	-0,2	0,4	2,0	2,0	3,0	4,6	5,0	3,9	11,9	12,9	-0,6	-0,9	1,6	2,4	-1,7	-2,8	-1,7	0,8	1,3	1,1	1,0		
1. OG II	-0,9	0,2	2,6	1,8	1,5	2,5	0,7	-2,3	-2,0	-1,1	2,1	0,6	8,4	8,1	4,3	0,6	-1,2	1,2	1,6	1,7	1,5		
1. OG Langenfeld	8,3	9,3	2,6	-0,4	-1,4	-1,1	0,8	1,3	2,3	5,1	9,3	12,7	6,5	-0,4	-2,0	-3,5	-5,3	-1,1	-3,9	2,3	1,3		
1. OG Kind Langenfeld	0,3	1,2	-2,4	0,2	0,6	2,5	-2,1	1,9	4,4	8,6	9,4	4,7	0,7	3,3	-1,2	-4,3	-8,9	-6,3	-9,0	0,0	0,0		
Angesetzte Bodendämpfungen																							
von 16 m auf 25 m	-1,9	-2,0	-2,1	-2,3	-2,6	-3,0	-3,4	-3,9	-4,5	-5,2	-5,9	-6,7	-7,6	-8,6	-9,6	-10,7	-11,9	-13,2	-14,5	-15,9	-17,4		
von 16 m auf 25 m	-1,9	-2,0	-2,1	-2,3	-2,6	-3,0	-3,4	-3,9	-4,5	-5,2	-5,9	-6,7	-7,6	-8,6	-9,6	-10,7	-11,9	-13,2	-14,5	-15,9	-17,4		
von 16 m auf 25 m	-1,9	-2,0	-2,1	-2,3	-2,6	-3,0	-3,4	-3,9	-4,5	-5,2	-5,9	-6,7	-7,6	-8,6	-9,6	-10,7	-11,9	-13,2	-14,5	-15,9	-17,4		
von 16 m auf 25 m	-1,9	-2,0	-2,1	-2,3	-2,6	-3,0	-3,4	-3,9	-4,5	-5,2	-5,9	-6,7	-7,6	-8,6	-9,6	-10,7	-11,9	-13,2	-14,5	-15,9	-17,4		
Immissionsspektren																		KB _{FTm} :	L _{max} (dB(A))				
ET Gl1																							
1. OG Neuss	31,5	30,8	32,2	35,6	40,0	49,8	53,1	54,8	66,8	70,3	51,8	48,1	51,0	46,8	38,0	33,9	32,5	28,7	22,2	8,8	-2,7		
1. OG Kind Neuss	30,8	30,6	32,8	35,4	38,5	47,7	48,8	48,6	52,9	56,3	54,5	49,6	57,8	52,5	44,0	37,3	33,0	29,1	22,5	9,4	-2,2		
1. OG Langenfeld	39,9	39,7	32,8	33,1	35,6	44,1	48,8	52,1	57,1	62,5	61,6	61,7	55,9	44,0	37,6	33,1	28,9	26,9	17,0	10,0	-2,4		
1. OG Kind Langenfeld	31,9	31,6	27,8	33,7	37,5	47,7	45,9	52,8	59,2	66,0	61,8	53,6	50,0	47,7	38,5	32,4	25,3	21,6	11,9	7,7	-3,7		
ET Gl 2																							
1. OG Neuss	27,6	28,2	34,7	33,9	36,3	44,9	52,6	54,7	62,9	60,8	46,1	45,4	43,7	38,5	35,0	32,3	27,3	25,3	17,4	1,9	-8,6		
1. OG Kind Neuss	26,9	28,0	35,3	33,7	34,8	42,8	48,3	48,5	49,0	46,8	48,8	46,9	50,5	44,2	41,0	35,7	27,8	25,7	17,7	2,5	-8,1		
1. OG Langenfeld	36,0	37,1	35,3	31,4	31,9	39,2	48,3	52,0	53,2	53,0	55,9	59,0	48,6	35,7	34,6	31,5	23,7	23,5	12,2	3,1	-8,3		
1. OG Kind Langenfeld	28,0	29,0	30,3	32,0	33,8	42,8	45,4	52,7	55,3	56,5	56,1	50,9	42,7	39,4	35,5	30,8	20,1	18,2	7,1	0,8	-9,6		
GZ Gl.1																							
1. OG Neuss	40,5	46,8	49,1	49,3	56,1	67,9	68,9	64,2	67,4	61,1	47,1	54,2	54,3	40,9	42,8	31,5	19,9	22,0	15,7	1,0	-7,4		
1. OG Kind Neuss	39,8	46,6	49,7	49,1	54,6	65,8	64,6	58,0	53,5	47,1	49,8	55,7	61,1	46,6	48,8	34,9	20,4	22,4	16,0	1,6	-6,9		
1. OG Langenfeld	48,9	55,7	49,7	46,8	51,7	62,2	64,6	61,5	57,7	53,3	56,9	67,8	59,2	38,1	42,4	30,7	16,3	20,2	10,5	2,2	-7,1		
1. OG Kind Langenfeld	40,9	47,6	44,7	47,4	53,6	65,8	61,7	62,2	59,8	56,8	57,1	59,7	53,3	41,8	43,3	30,0	12,7	14,9	5,4	-0,1	-8,4		
GZ Gl.2																							
1. OG Neuss	46,9	46,6	50,1	48,1	60,5	68,5	66,3	63,0	67,9	66,5	54,5	49,6	54,5	44,9	39,4	29,8	25,1	28,8	22,8	23,8	12,9		
1. OG Kind Neuss	46,2	46,4	50,7	47,9	59,0	66,4	62,0	56,8	54,0	52,5	57,2	51,1	61,3	50,6	45,4	33,2	25,6	29,2	23,1	24,4	13,4		
1. OG Langenfeld	55,3	55,5	50,7	45,6	56,1	62,8	62,0	60,3	58,2	58,7	64,3	63,2	59,4	42,1	39,0	29,0	21,5	27,0	17,6	25,0	13,2		
1. OG Kind Langenfeld	47,3	47,4	45,7	46,2	58,0	66,4	59,1	61,0	60,3	62,2	64,5	55,1	53,5	45,8	39,9	28,3	17,9	21,7	12,5	22,7	11,9		

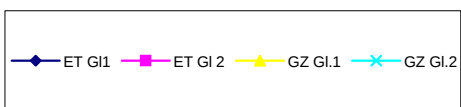
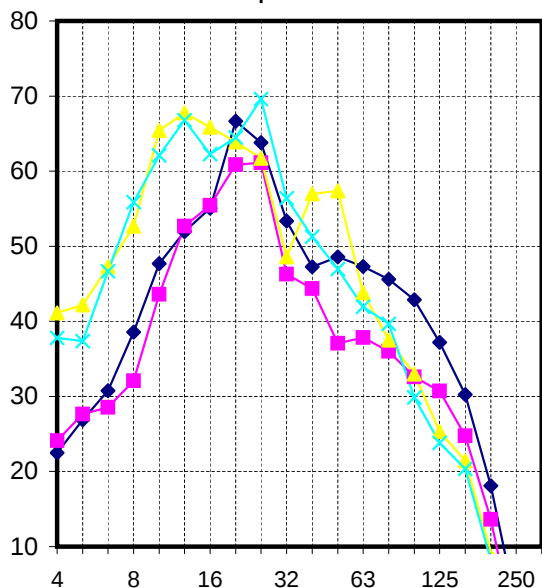
Eingangsdaten zur Prognose 25 m Halt Peter-Busch-Str., Jüchen



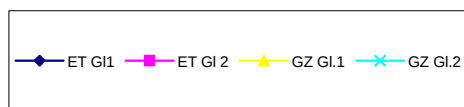
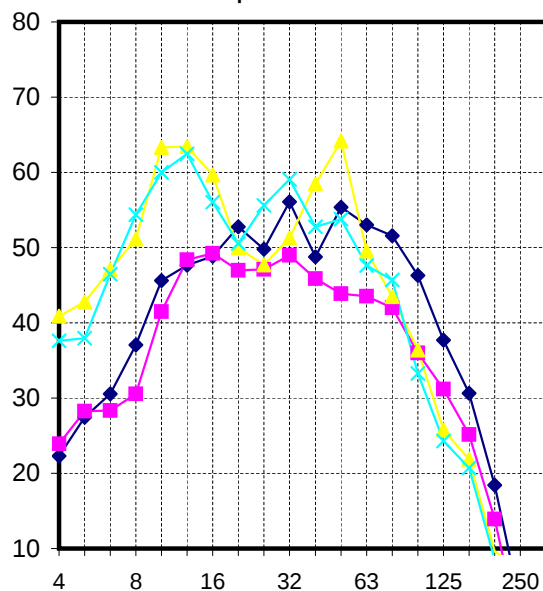
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose 25 m Halt Peter-Busch-Str., Jüchen

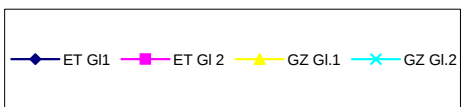
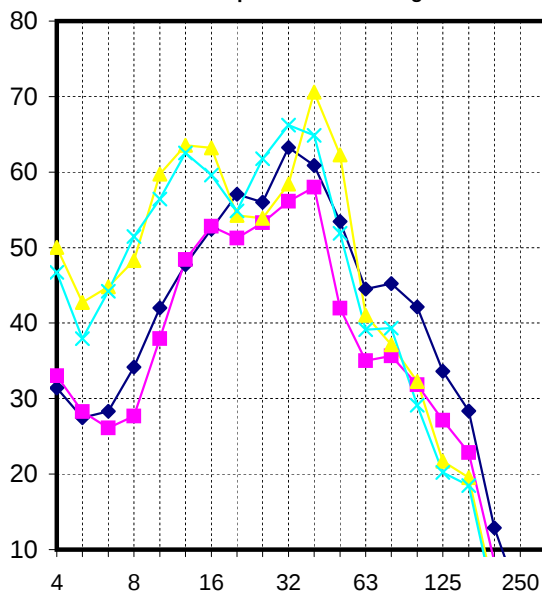
Immissionsspektren 1. OG Neuss



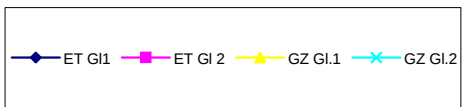
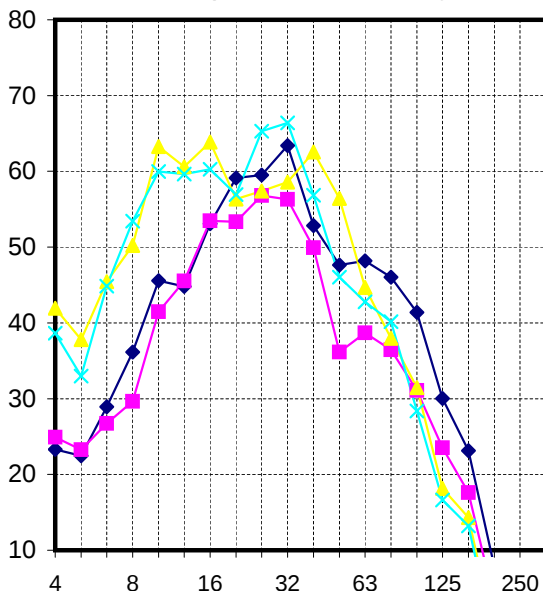
Immissionsspektren 1. OG Kind Neuss



Immissionsspektren 1. OG Langenfeld



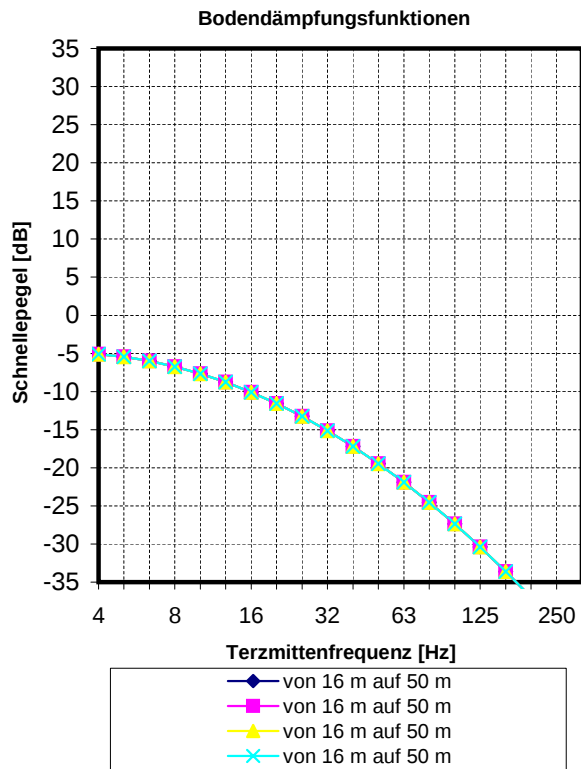
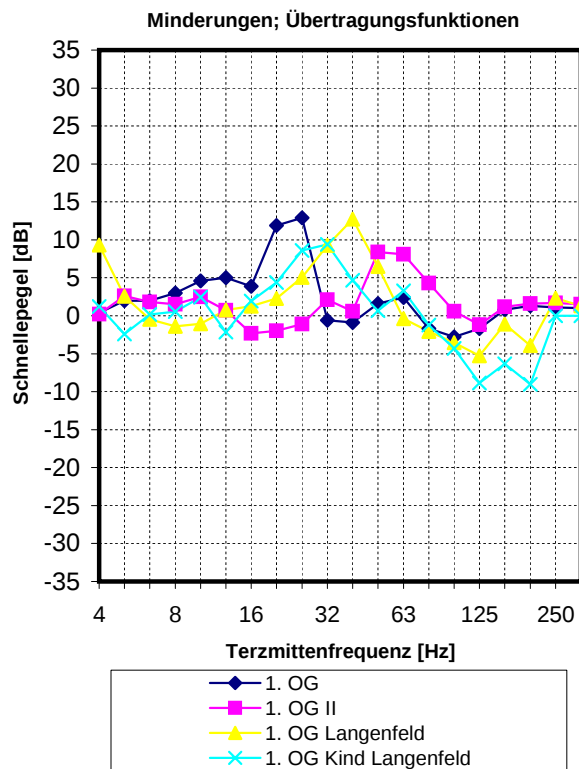
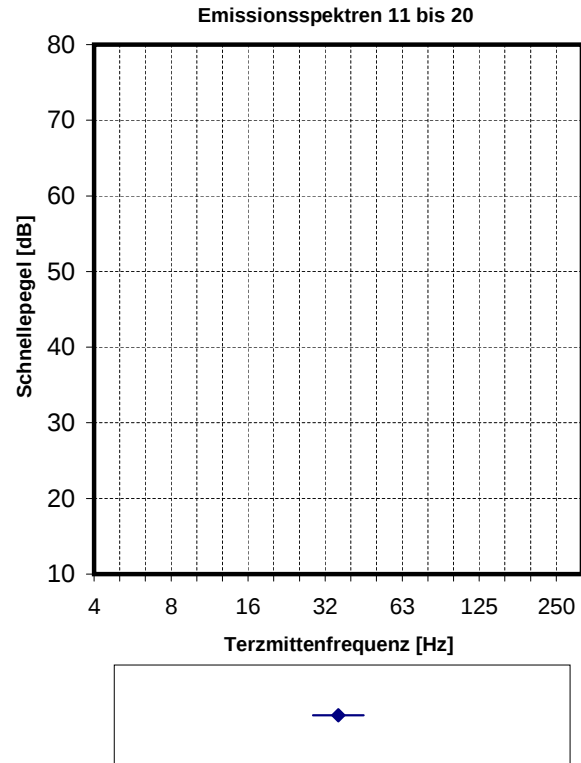
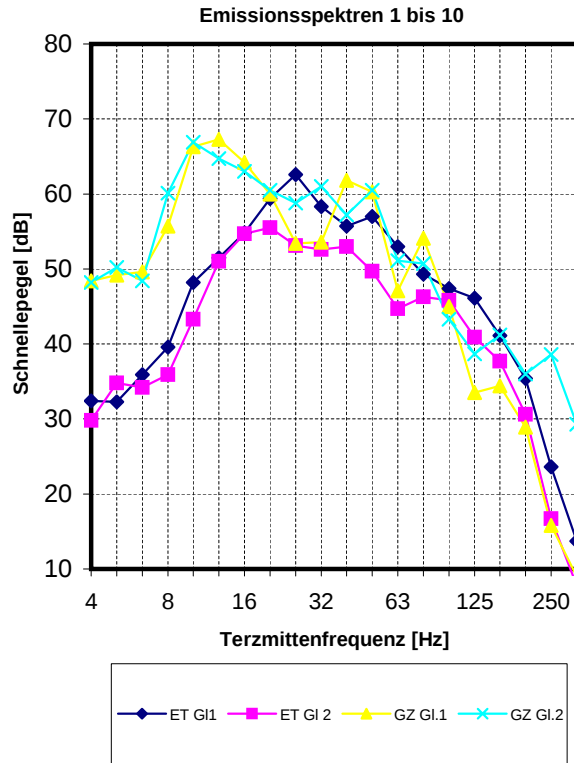
Immissionsspektren 1. OG Kind Langenfeld



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

Berechnung der Immissionen Peter-Busch-Str., Jüchen																								
Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse		Tag		Nacht					
Emissionsspektren																								
ET Gl1	31,6	28,8	30,5	33,8	39,9	47,2	51,1	55,6	59,6	56,3	60,0	54,9	54,6	53,5	56,9	56,4	50,8	42,6	31,3	16,8	12,1	33	8	
ET Gl 2	30,6	30,4	31,3	31,6	33,4	43,1	51,8	56,0	53,8	53,6	52,9	52,0	43,1	44,0	47,3	46,1	44,3	37,1	26,8	12,6	8,7	33	8	
GZ Gl.1	39,8	47,4	45,8	50,3	54,0	64,9	66,9	66,4	56,8	54,2	55,2	64,6	63,4	50,0	48,8	46,5	38,9	33,8	22,5	21,5	20,8	9	9	
GZ Gl.2	30,6	44,1	41,0	49,7	57,2	61,6	65,9	62,8	57,4	62,1	63,0	58,9	53,0	48,1	51,0	43,4	37,4	32,7	21,4	14,1	8,1	8	9	
Übertragungsfunktionen																								
1. OG	-0,2	0,4	2,0	2,0	3,0	4,6	5,0	3,9	11,9	12,9	-0,6	-0,9	1,6	2,4	-1,7	-2,8	-1,7	0,8	1,3	1,1	1,0			
1. OG II	-0,9	0,2	2,6	1,8	1,5	2,5	0,7	-2,3	-2,0	-1,1	2,1	0,6	8,4	8,1	4,3	0,6	-1,2	1,2	1,6	1,7	1,5			
1. OG Langenfeld	8,3	9,3	2,6	-0,4	-1,4	-1,1	0,8	1,3	2,3	5,1	9,3	12,7	6,5	-0,4	-2,0	-3,5	-5,3	-1,1	-3,9	2,3	1,3			
1. OG Kind Langenfeld	0,3	1,2	-2,4	0,2	0,6	2,5	-2,1	1,9	4,4	8,6	9,4	4,7	0,7	3,3	-1,2	-4,3	-8,9	-6,3	-9,0	0,0	0,0			
Angesetzte Bodendämpfungen																								
von 16 m auf 25 m	-1,9	-2,0	-2,1	-2,3	-2,6	-3,0	-3,4	-3,9	-4,5	-5,2	-5,9	-6,7	-7,6	-8,6	-9,6	-10,7	-11,9	-13,2	-14,5	-15,9	-17,4			
von 16 m auf 25 m	-1,9	-2,0	-2,1	-2,3	-2,6	-3,0	-3,4	-3,9	-4,5	-5,2	-5,9	-6,7	-7,6	-8,6	-9,6	-10,7	-11,9	-13,2	-14,5	-15,9	-17,4			
von 16 m auf 25 m	-1,9	-2,0	-2,1	-2,3	-2,6	-3,0	-3,4	-3,9	-4,5	-5,2	-5,9	-6,7	-7,6	-8,6	-9,6	-10,7	-11,9	-13,2	-14,5	-15,9	-17,4			
von 16 m auf 25 m	-1,9	-2,0	-2,1	-2,3	-2,6	-3,0	-3,4	-3,9	-4,5	-5,2	-5,9	-6,7	-7,6	-8,6	-9,6	-10,7	-11,9	-13,2	-14,5	-15,9	-17,4			
Immissionsspektren																								
																							KB _{FTm} :	L _{max} (dB(A))
ET Gl1																								
1. OG Neuss	29,5	27,2	30,4	33,5	40,3	48,8	52,7	55,6	67,0	64,0	53,5	47,3	48,6	47,3	45,6	42,9	37,2	30,2	18,1	2,0	-4,3	0,14	31,2	
1. OG Kind Neuss	28,8	27,0	31,0	33,3	38,8	46,7	48,4	49,4	53,1	50,0	56,2	48,8	55,4	53,0	51,6	46,3	37,7	30,6	18,4	2,6	-3,8	0,06	33,6	
1. OG Langenfeld	37,9	36,1	31,0	31,0	35,9	43,1	48,4	52,9	57,3	56,2	63,3	60,9	53,5	44,5	45,2	42,1	33,6	28,4	12,9	3,2	-4,0	0,11	32,2	
1. OG Kind Langenfeld	29,9	28,0	26,0	31,6	37,8	46,7	45,5	53,6	59,4	59,7	63,5	52,8	47,6	48,2	46,1	41,4	30,0	23,1	7,8	0,9	-5,3	0,11	31,2	
ET Gl 2																								
1. OG Neuss	28,5	28,8	31,2	31,3	33,8	44,7	53,4	56,0	61,2	61,3	46,4	44,4	37,1	37,8	36,0	32,6	30,7	24,7	13,6	-2,2	-7,7	0,09	26,6	
1. OG Kind Neuss	27,8	28,6	31,8	31,1	32,3	42,6	49,1	49,8	47,3	47,3	49,1	45,9	43,9	43,5	42,0	36,0	31,2	25,1	13,9	-1,6	-7,2	0,03	27,9	
1. OG Langenfeld	36,9	37,7	31,8	28,8	29,4	39,0	49,1	53,3	51,5	53,5	56,2	58,0	42,0	35,0	35,6	31,8	27,1	22,9	8,4	-1,0	-7,4	0,06	28,5	
1. OG Kind Langenfeld	28,9	29,6	26,8	29,4	31,3	42,6	46,2	54,0	53,6	57,0	56,4	49,9	36,1	38,7	36,5	31,1	23,5	17,6	3,3	-3,3	-8,7	0,06	26,5	
GZ Gl.1																								
1. OG Neuss	37,7	45,8	45,7	50,0	54,4	66,5	68,5	66,4	64,2	61,9	48,7	57,0	57,4	43,8	37,5	33,0	25,3	21,4	9,3	6,7	4,4	0,22	36,1	
1. OG Kind Neuss	37,0	45,6	46,3	49,8	52,9	64,4	64,2	60,2	50,3	47,9	51,4	58,5	64,2	49,5	43,5	36,4	25,8	21,8	9,6	7,3	4,9	0,15	38,6	
1. OG Langenfeld	46,1	54,7	46,3	47,5	50,0	60,8	64,2	63,7	54,5	54,1	58,5	70,6	62,3	41,0	37,1	32,2	21,7	19,6	4,1	7,9	4,7	0,22	39,8	
1. OG Kind Langenfeld	38,1	46,6	41,3	48,1	51,9	64,4	61,3	64,4	56,6	57,6	58,7	62,5	56,4	44,7	38,0	31,5	18,1	14,3	-1,0	5,6	3,4	0,16	36,8	
GZ Gl.2																								
1. OG Neuss	28,5	42,5	40,9	49,4	57,6	63,2	67,5	62,8	64,8	69,8	56,5	51,3	47,0	41,9	39,7	29,9	23,8	20,3	8,2	-0,7	-8,3	0,23	35,3	
1. OG Kind Neuss	27,8	42,3	41,5	49,2	56,1	61,1	63,2	56,6	50,9	55,8	59,2	52,8	53,8	47,6	45,7	33,3	24,3	20,7	8,5	-0,1	-7,8	0,12	35,8	
1. OG Langenfeld	36,9	51,4	41,5	46,9	53,2	57,5	63,2	60,1	55,1	62,0	66,3	64,9	51,9	39,1	39,3	29,1	20,2	18,5	3,0	0,5	-8,0	0,18	37,5	
1. OG Kind Langenfeld	28,9	43,3	36,5	47,5	55,1	61,1	60,3	60,8	57,2	65,5	66,5	56,8	46,0	42,8	40,2	28,4	16,6	13,2	-2,1	-1,8	-9,3	0,17	36,2	

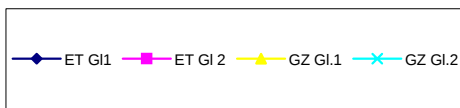
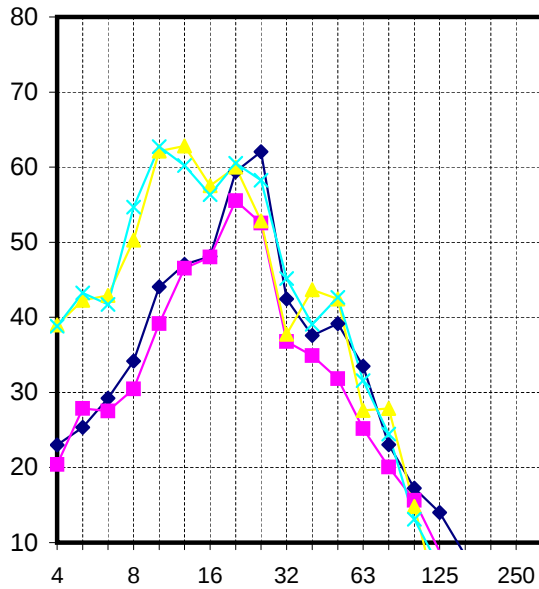
Eingangsdaten zur Prognose 50 mPeter-Busch-Str., Jüchen



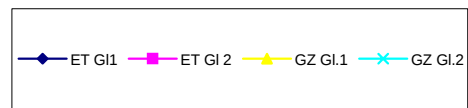
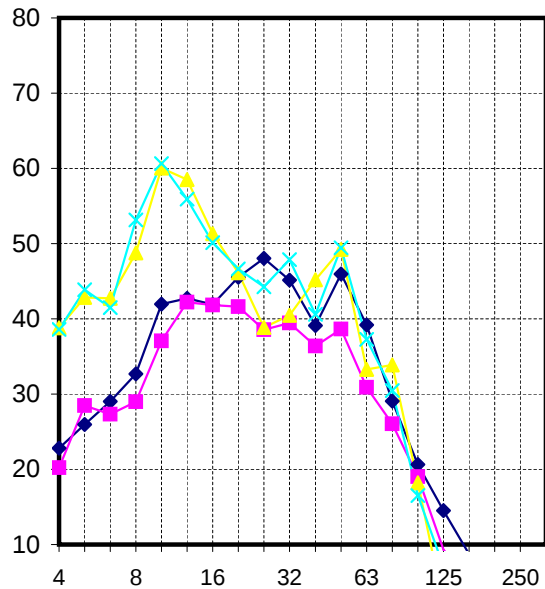
alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose 50 mPeter-Busch-Str., Jüchen

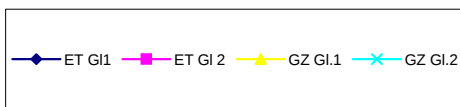
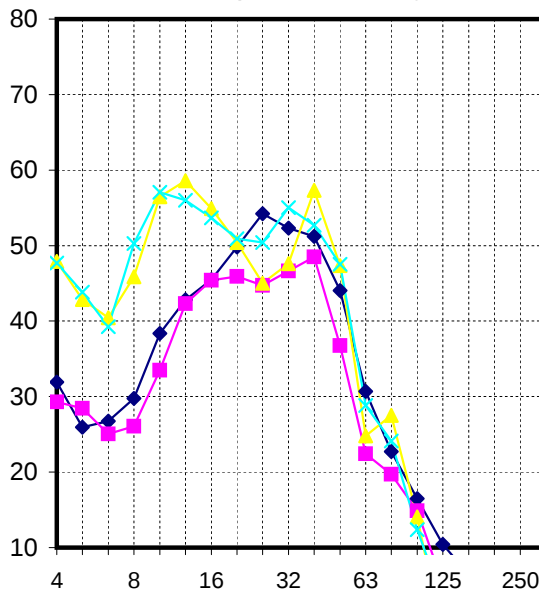
Immissionsspektren 1. OG Neuss



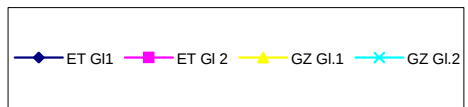
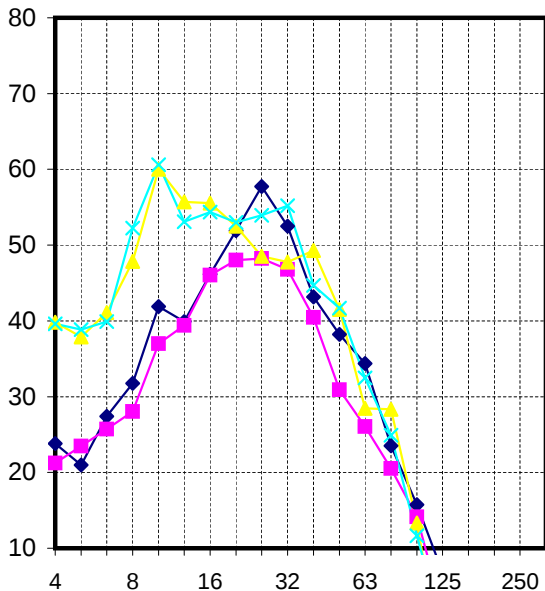
Immissionsspektren 1. OG Kind Neuss



Immissionsspektren 1. OG Langenfeld



Immissionsspektren 1. OG Kind Langenfeld



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

Berechnung der Immissionen Peter-Busch-Str., Jüchen																								
Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse		Tag		Nacht					
Emissionsspektren																								
ET Gl1	33,6	32,4	32,3	35,9	39,6	48,2	51,5	54,8	59,4	62,6	58,3	55,7	57,0	53,0	49,3	47,4	46,1	41,1	35,4	23,6	13,7	33	8	
ET Gl 2	29,7	29,8	34,8	34,2	35,9	43,3	51,0	54,7	55,5	53,1	52,6	53,0	49,7	44,7	46,3	45,8	40,9	37,7	30,6	16,7	7,8	33	8	
GZ Gl.1	42,6	48,4	49,2	49,6	55,7	66,3	67,3	64,2	60,0	53,4	53,6	61,8	60,3	47,1	54,1	45,0	33,5	34,4	28,9	15,8	9,0	9	9	
GZ Gl.2	49,0	48,2	50,2	48,4	60,1	66,9	64,7	63,0	60,5	58,8	61,0	57,2	60,5	51,1	50,7	43,3	38,7	41,2	36,0	38,6	29,3	8	9	
Übertragungsfunktionen																								
1. OG	-0,2	0,4	2,0	2,0	3,0	4,6	5,0	3,9	11,9	12,9	-0,6	-0,9	1,6	2,4	-1,7	-2,8	-1,7	0,8	1,3	1,1	1,0			
1. OG II	-0,9	0,2	2,6	1,8	1,5	2,5	0,7	-2,3	-2,0	-1,1	2,1	0,6	8,4	8,1	4,3	0,6	-1,2	1,2	1,6	1,7	1,5			
1. OG Langenfeld	8,3	9,3	2,6	-0,4	-1,4	-1,1	0,8	1,3	2,3	5,1	9,3	12,7	6,5	-0,4	-2,0	-3,5	-5,3	-1,1	-3,9	2,3	1,3			
1. OG Kind Langenfeld	0,3	1,2	-2,4	0,2	0,6	2,5	-2,1	1,9	4,4	8,6	9,4	4,7	0,7	3,3	-1,2	-4,3	-8,9	-6,3	-9,0	0,0	0,0			
Angesetzte Bodendämpfungen																								
von 16 m auf 50 m	-4,9	-5,1	-5,4	-6,0	-6,7	-7,7	-8,8	-10,1	-11,6	-13,3	-15,1	-17,2	-19,5	-21,9	-24,5	-27,4	-30,4	-33,6	-37,0	-40,6	-44,4			
von 16 m auf 50 m	-4,9	-5,1	-5,4	-6,0	-6,7	-7,7	-8,8	-10,1	-11,6	-13,3	-15,1	-17,2	-19,5	-21,9	-24,5	-27,4	-30,4	-33,6	-37,0	-40,6	-44,4			
von 16 m auf 50 m	-4,9	-5,1	-5,4	-6,0	-6,7	-7,7	-8,8	-10,1	-11,6	-13,3	-15,1	-17,2	-19,5	-21,9	-24,5	-27,4	-30,4	-33,6	-37,0	-40,6	-44,4			
von 16 m auf 50 m	-4,9	-5,1	-5,4	-6,0	-6,7	-7,7	-8,8	-10,1	-11,6	-13,3	-15,1	-17,2	-19,5	-21,9	-24,5	-27,4	-30,4	-33,6	-37,0	-40,6	-44,4			
Immissionsspektren																								
																							KB _{FTm} :	L _{max} (dB(A))
ET Gl1																								
1. OG Neuss	28,5	27,7	28,9	31,9	35,9	45,1	47,7	48,6	59,7	62,2	42,6	37,6	39,1	33,5	23,1	17,2	14,0	8,3	-0,3	-15,9	-29,7	0,08	24,6	
1. OG Kind Neuss	27,8	27,5	29,5	31,7	34,4	43,0	43,4	42,4	45,8	48,2	45,3	39,1	45,9	39,2	29,1	20,6	14,5	8,7	0,0	-15,3	-29,2	0,02	24,2	
1. OG Langenfeld	36,9	36,6	29,4	29,5	31,5	39,5	43,5	46,0	50,1	54,4	52,4	51,2	44,0	30,7	22,7	16,5	10,4	6,4	-5,5	-14,7	-29,4	0,04	25,2	
1. OG Kind Langenfeld	28,9	28,5	24,5	30,1	33,4	43,0	40,6	46,7	52,2	57,9	52,6	43,2	38,2	34,4	23,5	15,7	6,9	1,2	-10,6	-17,0	-30,7	0,05	23,9	
ET Gl 2																								
1. OG Neuss	24,6	25,1	31,4	30,2	32,2	40,2	47,2	48,5	55,8	52,7	36,9	34,9	31,8	25,2	20,1	15,6	8,8	4,9	-5,1	-22,8	-35,6	0,04	20,0	
1. OG Kind Neuss	23,9	24,9	32,0	30,0	30,7	38,1	42,9	42,3	41,9	38,7	39,6	36,4	38,6	30,9	26,1	19,0	9,3	5,3	-4,8	-22,2	-35,1	0,01	20,2	
1. OG Langenfeld	33,0	34,0	31,9	27,8	27,8	34,6	43,0	45,9	46,2	44,9	46,7	48,5	36,7	22,4	19,7	14,9	5,2	3,0	-10,3	-21,6	-35,3	0,02	22,4	
1. OG Kind Langenfeld	25,0	25,9	27,0	28,4	29,7	38,1	40,1	46,6	48,3	48,4	46,9	40,5	30,9	26,1	20,5	14,1	1,7	-2,2	-15,4	-23,9	-36,6	0,02	20,0	
GZ Gl.1																								
1. OG Neuss	37,5	43,7	45,8	45,6	52,0	63,2	63,5	58,0	60,3	53,0	37,9	43,7	42,4	27,6	27,9	14,8	1,4	1,6	-6,8	-23,7	-34,4	0,12	30,3	
1. OG Kind Neuss	36,8	43,5	46,4	45,4	50,5	61,1	59,2	51,8	46,4	39,0	40,6	45,2	49,2	33,3	33,9	18,2	1,9	2,0	-6,5	-23,1	-33,9	0,07	32,0	
1. OG Langenfeld	45,9	52,6	46,3	43,2	47,6	57,6	59,3	55,4	50,7	45,2	47,7	57,3	47,3	24,8	27,5	14,1	-2,2	-0,3	-12,0	-22,5	-34,1	0,08	33,6	
1. OG Kind Langenfeld	37,9	44,5	41,4	43,8	49,5	61,1	56,4	56,1	52,8	48,7	47,9	49,3	41,5	28,5	28,3	13,3	-5,7	-5,5	-17,1	-24,8	-35,4	0,07	30,7	
GZ Gl.2																								
1. OG Neuss	43,9	43,5	46,8	44,4	56,4	63,8	60,9	56,8	60,8	58,4	45,3	39,1	42,6	31,6	24,5	13,1	6,6	8,4	0,3	-0,9	-14,1	0,12	30,9	
1. OG Kind Neuss	43,2	43,3	47,4	44,2	54,9	61,7	56,6	50,6	46,9	44,4	48,0	40,6	49,4	37,3	30,5	16,5	7,1	8,8	0,6	-0,3	-13,6	0,07	32,0	
1. OG Langenfeld	52,3	52,4	47,3	42,0	52,0	58,2	56,7	54,2	51,2	50,6	55,1	52,7	47,5	28,8	24,1	12,4	3,0	6,5	-4,9	0,3	-13,8	0,07	32,7	
1. OG Kind Langenfeld	44,3	44,3	42,4	42,6	53,9	61,7	53,8	54,9	53,3	54,1	55,3	44,7	41,7	32,5	24,9	11,6	-0,5	1,3	-10,0	-2,0	-15,1	0,08	31,3	
(Max-Hold, Fast)																								
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s																								
KB _{FTm} :		1. OG Neuss		1. OG Kind Neuss		1. OG Langenfeld		1. OG Kind Langenfeld																
		Tag Nacht		Tag Nacht		Tag Nacht		Tag Nacht																
		0,020 0,024		0,010 0,014		0,012 0,015		0,013 0,016																
Zur Berechnung von KBFTm bzw. KBFTn werden die Spektren laut DIN 4150 bis maximal 80 Hz herangezogen.																								
Lr (dB(A)):		1. OG Neuss		1. OG Kind Neuss		1. OG Langenfeld		1. OG Kind Langenfeld																
		Tag Nacht		Tag Nacht		Tag Nacht		Tag Nacht																
		14,3 16,7		15,4 18,0		16,6 19,1		14,5 17,0																
Bei dem berechneten Beurteilungspegel Lr für den Sekundärluftschall handelt es sich um den physikalischen Pegel OHNE 5 dB Schienenbonus.																								