

Erschütterungstechnische Untersuchung zur 3. Änderung des Bebauungsplans SW263 "Felderhof II" in Ratingen

Bericht VA 6464-1 vom 19.02.2013

Auftraggeber: InDor Immobilienwelt GmbH & Co. KG
Europaring 60
40878 Ratingen

über:

ISR Stadt + Raum GmbH & Co. KG
Zur Pumpstation 1
42781 Haan

Bericht-Nr.: VA 6464-1

Datum: 19.02.2013

Niederlassung: Düsseldorf

Ref.: MP / MB

Peutz Consult GmbH Beratende Ingenieure VBI

Messstelle nach
§ 26 BImSchG zur
Ermittlung der Emissionen
und Immissionen von
Geräuschen und
Erschütterungen

VMPA Güteprüfstelle
für den Schallschutz
im Hochbau

Leitung:

Dipl.-Phys. Axel Hübel

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

Dipl.-Ing. Mark Bless

Anschriften:

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

Martener Straße 535
44379 Dortmund
Tel. +49 231 725 499 10
Fax +49 231 725 499 19
dortmund@peutz.de

Knesebeckstraße 3
10623 Berlin
Tel. +49 30 310 172 16
Fax +49 30 310 172 40
berlin@peutz.de

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Gerard Perquin
Dipl.-Ing. Jan Granneman
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: DUSSEDE33XXX

Niederlassungen:

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

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	7
4.1	Allgemeines.....	7
4.2	Beurteilungsgrößen für Schienenverkehr.....	9
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 und Zusammenfassung der Messungen im Gebäude „Meygner Busch 94“.....	14
6	Auswerte- und Prognoseverfahren.....	15
6.1	Einflussgrößen für Erschütterungen.....	15
6.2	Beschreibung der Methodik.....	16
6.3	Prognoseunsicherheit.....	17
7	Prognose der Erschütterungsimmissionen.....	18
7.1	Erste Baureihe (minimaler Abstand zum Gleis: 25 m).....	18
7.2	Zweite Baureihe (Abstand zum Gleis > 50 m).....	19
8	Berechnung und Beurteilung des sekundären Luftschallpegels.....	20
9	Zusammenfassung.....	22

1 Situation und Aufgabenstellung

Für das Gebiet des Bebauungsplanes SW 263 am Felderhof in Ratingen ist eine Überplanung vorgesehen. Mit der dritten Änderung des Bebauungsplanes soll hier anstelle der heute planungsrechtlich abgesicherten gewerblichen Nutzungen nun Wohnbebauung angesiedelt werden. Innerhalb des gesamten Plangebietes ist die Festsetzung eines allgemeinen Wohngebietes (WA) vorgesehen.

Ein Übersichtslageplan der örtlichen Gegebenheiten und der Planung ist Anlage 3 zu entnehmen.

Da sich das Gelände neben einer Schienenstrecke befindet, könnten relevante Erschütterungs- und sekundäre Luftschallimmissionen in den geplanten Wohnhäusern auftreten. Daher soll im Zuge des Bebauungsplanverfahrens eine erschütterungstechnische Untersuchung durchgeführt werden.

Es wurde am 13.02.2013 eine Ausbreitungsmessung auf dem Gelände der geplanten Wohnbebauung sowie in einem bestehenden Musterhaus des angrenzenden Neubaugebietes „Felderhof (I)“ durchgeführt.

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

Die Ergebnisse der Untersuchung werden gemäß DIN 4150 Teil 2 [4] und der aktuellen Rechtslage [16] für die Erschütterungen und gemäß den 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	G	Aktuelle Fassung
[2] Erschütterungserlass Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungs- immissionen	RdErl.	31.07.2000 und 04.11.2003
[3] 24. BImSchV 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz- gesetzes / Verkehrswege-Schall- schutzmaßnahmenverordnung	V	04.02.1997
[4] DIN 4150, Teil 2	N	Juni 1999
[5] DIN 4150, Teil 3	N	Februar 1999
[6] DIN 45 669, Teil 1	N	Juni 1995 Entwurf: September 2008
[7] DIN 45 669, Teil 2	N	Juni 2005
[8] DIN 45 669, Teil 3	N	Juni 2006
[9] DIN 45 672, Teil 1	N	Dezember 2009

Titel / Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[10] DIN 45 672, Teil 2	Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen - Auswertverfahren	N Juli 1995
[11] Taschenbuch der technischen Akustik	G. Müller, M. Möser (Hrsg.), 3. Auflage	Lit. 2003
[12] Körperschall und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer, Beweissicherung, Prognose, Beurteilung und Schutzmaßnahmen	Landesumweltamt NRW	Lit. 1999
[13] 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
[14] Materialien Nr. 22, Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs, Prognose und Schutzmaßnahmen	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Juli 1995, ISSN:0947-5206	Lit Juli 1995
[15] DB Richtlinie 800.2502 „Erschütterung und sekundärer Luftschall, Messung und Prognose“	DB AG, Abt. Bautechnik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik, TZF 12	Lit. November 2006
[16] Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes (BVerwG) zum Ausbau einer Eisenbahnstrecke; Schutz gegen Erschütterungen und sekundären Luftschall	Aktenzeichen 7 A 14/09	Lit 21.12.2010
[17] Schienenverkehr Prognose 2025 - Zugzahlen für Strecke 2324 Tiefenbroich - D-Rath	Zur Verfügung gestellt durch Deutsche Bahn AG	P 11.05.2012
[18] Planunterlagen zur 3. Änderung des Bebauungsplanes SW 263	Zur Verfügung gestellt durch ISR Stadt + Raum GmbH	P 07.03.2013

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 Gebiet des Bebauungsplanes SW 263 in Ratingen umfasst den Bereich zwischen einer Bahnstrecke Düsseldorf – Duisburg, der Volkardeyer Straße und der Straße Felderhof. Für den nördlichen Bereich besteht heute eine Gebietsfestsetzung als Gewerbegebiet, südlich angrenzend befindet sich bereits Wohnbebauung. Für den nördlichen Bereich des Plangebietes ist eine Überplanung vorgesehen. Mit der dritten Änderung des Bebauungsplanes soll hier Planungsrecht für die Errichtung weiterer Wohnbebauung geschaffen werden. Innerhalb des gesamten Plangebietes ist die Festsetzung eines allgemeinen Wohngebietes (WA) vorgesehen.

Südlich des Plangebietes befindet sich die Neubausiedlung „Felderhof (I)“, welche von derselben Firma realisiert wurde, welche nun die Bebauung des Plangebietes „Felderhof II“ plant (InDor Immobilienwelt GmbH). Insofern kann die hier im Süden vorliegende Bauweise als Muster für die geplante Bebauung genutzt werden.

Östlich angrenzend an das Plangebiet verläuft eine stark befahrene, zweigleisige Güterzugtrasse (Strecke 2324), weiter südlich zweigt eine S-Bahn-Trasse ab, sodass diese nicht mehr in unmittelbarer Nähe des Plangebietes verläuft. In der DB-Trassenprognose 2025 [17] ist für die Güterzugstrecke zudem eine Reaktivierung des Schienenpersonennahverkehrs enthalten. Westlich des Plangebietes angrenzend sowie östlich der Eisenbahntrasse besteht heute bereits Wohnnutzung mit in der Regel einer 2- bis 3-geschossiger Bauweise.

In den Baufeldern ist Wohnbebauung mit 2 bis 4 Vollgeschossen geplant. Ein Lageplan des Bereiches des Bebauungsplanes, der überplant werden soll, ist in Anlage 3 dargestellt. Darin ist auch das geplante aktuelle Baukonzept enthalten, das Grundlage der vorliegenden Untersuchung ist. In Anlage 3.2 ist der Bebauungsplanentwurf mit Darstellung der Baugrenzen dargestellt.

Die in der Erschütterungsprognose angenommene Streckenbelastung wird der DB-Prognose für das Jahr 2025 entnommen, in welcher die o.a. Reaktivierung des Schienenpersonennahverkehrs berücksichtigt ist (siehe Tabelle 3.1).

Tabelle 3.1: Streckenbelastung 2025 für die Strecke 2324 [17]

Zugart	Geschwindigkeit [km/h]	Anzahl Vorbeifahrten	
		Tag (6 – 22 Uhr)	Nacht (22 – 6 Uhr)
Güterzug	90	164	74
S-Bahn	140	64	8

4 Beurteilungsgrundlagen für Erschütterungen

4.1 Allgemeines

Die während einer Erschütterungsimmissionsmessung erfasste und registrierte Messgröße ist die Schwingschnelle $v(t)$ in mm/s (das Schnellesignal). Diese Größe ist gemäß DIN 4150, Teil 3 [5] ohne jegliche Zeit- und Frequenzbewertung zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude heranzuziehen.

Entsprechend der DIN 4150, Teil 2 [4] wird zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden als Beurteilungsgröße das frequenz- und zeitbewertete Erschütterungssignal, gemessen in Raummitte der am stärksten betroffenen Geschossdecke, herangezogen. Die Frequenzbewertung erfolgt dabei nach DIN 4150, Teil 2 [4] 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 [4] mit folgender Gleichung berechnet:

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

- T_r = Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)
 $T_{e,j}$ = Teileinwirkungszeiten
 $KB_{FTm,j}$ = Taktmaximal-Effektivwerte die für die Teileinwirkungszeiten $T_{e,j}$ repräsentativ sind

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

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

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

Ist der ermittelte KB_{Fmax} -Wert kleiner oder gleich dem "unteren" Anhaltswert A_u , ist die Anforderung der DIN 4150, Teil 2, erfüllt.

Ist der ermittelte KB_{Fmax} -Wert größer als der "obere" Anhaltswert A_0 , sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Für Werte von $A_0 \geq KB_{Fmax} \geq A_u$ ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. Ist KB_{FTr} kleiner bzw. gleich dem Anhaltswert A_r , so sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

KB -Werte $\leq 0,1$ gehen gemäß Norm nicht in die Beurteilung mit ein. Ein solcher Wert kann als Maß für die Fühlschwelle herangezogen werden, wobei die Tatsache ob ein Erschütterungsereignis gespürt wird von vielen individuellen Faktoren und dem subjektiven Empfinden abhängt (siehe auch Tabelle 4.1).

Tabelle 4.1 Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung [11]

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

Bewertungsmaßstab für die vorgesehenen Baumaßnahmen ist daher nicht stets die Einhaltung der in o.g. Norm angegebenen Anhaltswerte, sondern auch der Grundsatz, durch die Baumaßnahme keine wesentliche, d.h. im Einzelfall unzumutbare Erhöhung der vorhandenen Erschütterungssituation aus dem Schienenverkehr hervorzurufen.

Zur Ermittlung und Bewertung der vorhandenen sowie der erwarteten Erschütterungsimmissionen wird in Ermangelung rechtsverbindlich festgelegter Vorgehensweisen (s.o.) hilfsweise auf die DIN 4150, Teil 2, zurückgegriffen. Diese Vorgehensweise wird auch durch die aktuelle Rechtsprechung vom Bundesverwaltungsgericht [16] bestätigt.

Das Bundesverwaltungsgericht trifft in einem Urteil zur Zumutbarkeit von Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen vom 21.12.2010 folgende Festlegung: "Die korrelierten Anhaltswerte A_0 und A_r "der DIN 4150, Teil 2" bezeichnen ... nicht die Schwelle des ent eignungsrechtlich nicht Zumutbaren, sondern liegen, da sie auf das billigerweise nicht Zumutbare bezogen sind, deutlich darunter. Auf Ausbaumaßnahmen sind diese Anhaltswerte aber nicht unmittelbar anwendbar (Ziffer 6.5.3.4 c). Denn hier ist die immissionsschutzrechtliche Situation entscheidend durch den vorhandenen Bestand geprägt. Aus dem Gebot der gegenseitigen Rücksichtnahme folgen besondere Duldungspflichten, sodass Erschütterungen, die sich im Rahmen einer plangegebenen oder tatsächlichen Vorbelastung halten, deswegen – jedenfalls in aller Regel – zumutbar sind, auch wenn sie die Anhaltswerte übersteigen."

Demnach können Betroffene lediglich verlangen, dass durch den Ausbau einer Bahnstrecke die schon vor Baudurchführung möglichen Erschütterungsbelastungen nicht wesentlich erhöht werden. Es besteht kein Anspruch auf Verbesserung der vorhandenen Erschütterungsvorbelastung.

Für die Bewältigung des Belanges der Erschütterungsimmissionen in der Planfeststellung (Ausbaustrecken mit Erschütterungsvorbelastungen) ist die Vorbelastung der bereits vorhandenen Schienenwege möglichst genau zu ermitteln. Der Vergleich mit der Prognose muss zur Beurteilung herangezogen werden, um feststellen zu können, ob im Falle der Erhöhung eine unzumutbare Beeinträchtigung vorliegt.

Zur Bewertung einer im Einzelfall vorliegenden Erhöhung können u.a. die Ergebnisse einer Laborstudie zur Ermittlung von Unterschiedsschwellen bei der Wahrnehmung von Erschütterungen aus dem Schienenverkehr herangezogen werden [13]. Ein Ziel dieser Laborstudie war, zu ermitteln, welcher Minimalbetrag an Erschütterungsenergieänderung benötigt wird, um wahrgenommen zu werden. Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die im Leitfaden der Deutschen Bahn AG [15] getroffene Schlussfolgerung und zeigen, dass die im

Labor untersuchte Erschütterungsdifferenz von 25%-Erhöhung als Laborunterschiedsschwelle, d.h. als untere Grenze der Wahrnehmung zu verstehen ist.

Die Anwendbarkeit dieser Untersuchung wird auch durch das Bundesverwaltungsgericht wie folgt bestätigt [16]: "Die Übertragbarkeit der so gefundenen Wahrnehmbarkeitsschwelle auf den für die Frage der Zumutbarkeit von Erschütterungen entscheidenden Anhaltswert A_r ist undenklich. Die Untersuchung bezieht sich zwar auf die Bewertung der maximalen Schwingstärke $KB_{F_{max}}$, während die Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$, die mit dem genannten Anhaltswert korreliert, nicht unmittelbar Gegenstand der Versuchsreihe war. Beide Werte sind aber eng miteinander verknüpft, da die Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ aus einem gewichteten Mittelwert der in der Beurteilungszeit auftretenden Erschütterungsimmisionen gebildet wird."

4.3 Sekundärluftschall

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

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

Innerhalb einer umfangreichen Studie [12] zum Sekundärluftschall wurde aus einer Vielzahl von Messungen ein empirischer Zusammenhang zwischen dem 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 Lärmschutz-

maßnahmen 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 [16] diese Vorgehensweise ebenfalls nahe: "Ein spezielles Regelwerk zur Bestimmung der Zumutbarkeit beim sekundären Luftschall gibt es bislang nicht. Zur Schließung dieser Lücke ist auf Regelwerke zurückzugreifen, die auf von der Immissionscharakteristik vergleichbare Sachlagen zugeschnitten sind. Dabei ist in erster Linie dem Umstand Rechnung zu tragen, dass es sich bei dem hier auftretenden sekundären Luftschall um einen verkehrsinduzierten Lärm handelt. Das legt eine Orientierung an den Vorgaben der auf öffentliche Verkehrsanlagen bezogenen 24. BImSchV nahe... ."

Weiterhin heißt es in dem Urteil vom Bundesverwaltungsgericht vom 21.12.2010 zum Schienenbonus: "Auch die Anwendung eines Schienenbonus, der in Höhe von 5 dB(A) vor dem Vergleich mit dem höchstzulässigen Innenpegel von den zu ermittelnden Luftschallpegel angesetzt wird ..., ist von Rechtswegen nicht zu beanstanden "

5 Erschütterungsmessungen

5.1 Ort und Zeit der Messungen

Eine Erschütterungsmessung wurde am 13.02.2013 in im Musterhaus des bestehenden Neubaugebietes „Felderhof (I)“, Meygner Busch 94, durchgeführt. Hierbei konnte auch ein Bodenmesspunkt im Vorgarten des Hauses realisiert werden. Das Haus „Meygner Busch 94“ befindet sich 106 m von der Güterzugstrecke 2324 entfernt.

Zudem wurde auf dem Gelände des Plangebietes eine Ausbreitungsmessung (Freifeldmessung) in 10, 25 und 50 m Entfernung zum Gleis durchgeführt.

Eine detaillierte Beschreibung der Messumgebung und des Messaufbaus ist in den Anhängen 1.1-4 bzw. 2.1-3 dargestellt.

5.2 Messgeräte

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

Die 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 sowie die Ankopplungsart ist in den Anhängen 1.1-4 bzw. 2.1-3 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 9000 bzw. System 9800) aufgezeichnet.

Die Frequenzanalysen erfolgten mittels der Auswertesoftware (System 9000 bzw. System 9800) der Firma M. Beitzer Messtechnik. Die Zuggeschwindigkeiten wurden mit einem Radarmessgerät erfasst.

5.3 Messdurchführung

Während der Messungen wurden die Erschütterungsanregungen durch den regulären Zugbetrieb registriert. Es wurde das befahrene Gleis, die Loknummer, die Wagenanzahl sowie die Zuggeschwindigkeit und ggf. Besonderheiten / Auffälligkeiten erfasst.

Während des Messtages verkehrten ausschließlich Güterzüge auf der Strecke 2324, da die Reaktivierung als S-Bahnstrecke noch nicht vollzogen ist. In der späteren Prognose kann jedoch auf Emissionsspektren aus vergleichbaren Messungen zurückgegriffen werden.

5.4 Auswertung und Zusammenfassung der Messungen im Gebäude „Meygner Busch 94“

Die Auswertung der Erschütterungsimmissionen erfolgt gemäß DIN 4150 Teil 2 [7] beziehungsweise dem DB-Leitfaden zum Erschütterungs- und Körperschallschutz [15].

Für die Geschossdecken im Gebäude „Meygner Busch 94“ werden die für die ggf. erforderliche Beurteilung relevanten KB_{FTi} -Werte für jeden Takt angegeben. Für die Auswertung (Bildung der Mittelwerte) wurden hierbei verschiedene Kategorien je nach Geschwindigkeit des vorbeifahrenden Güterzuges gebildet.

Die Ergebnisse der Messung sind in Anhang 1.5-1.12 dargestellt.

Die höchsten registrierten Erschütterungen betragen $v_{max} = 0,186$ mm/s am Bodenmesspunkt (Kanal 7) bzw. $KB_{Fmax} = 0,126$ im Schlafzimmer des 1. Obergeschosses (Kanal 4-6). Diese Erschütterungen sind spürbar.

Die durchschnittlichen Taktmaximalwerte KB_{FTi} befinden sich jedoch unterhalb der sogenannten Fühlschwelle von $KB_{FTi} = 0,1$.

Als Vorbereitung der Prognoseberechnung wurden zudem Frequenzanalysen der gemessenen Erschütterungssignale durchgeführt und insbesondere die Übertragungsfunktionen für den Übergang vom Bodenmesspunkt vor dem Haus auf die verschiedenen Geschossdecken im Haus ermittelt. Hiermit können dann mit den Informationen aus der Messung auf dem Plangebiet SW 263 die zukünftigen Immissionen auf dem Plangebiet prognostiziert werden.

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. Um diese Unsicherheit zu umgehen, wurden im Rahmen von Bestandsmessungen die spezifischen Übertragungsfunktionen in einem Vergleichsgebäude (Musterhaus) messtechnisch erfasst und den weiteren Untersuchungen zugrunde gelegt. In Fällen, bei denen keine Messungen der Ausbreitungsbedingungen vor Ort möglich waren, wurden theoretische Ansätze aus der Literatur oder den Messungen der anderen Gebäude herangezogen.

Die gefahrene Geschwindigkeit beeinflusst ebenfalls die Höhe der Erschütterungsimmissionen. Hierbei verschiebt sich jedoch besonders die spektrale Zusammensetzung der Erschütterungsanregung. So kann in speziellen Fällen auch eine Minderung oder zumindest keine Verschlechterung der Erschütterungsimmissionen bei gesteigerter Geschwindigkeit auftreten, wenn zum Beispiel bei einer geringeren Streckengeschwindigkeit die Erschütterungsimmissionen durch die Anregung der Gebäudedecken, innerhalb deren Resonanzfrequenz geprägt wird. Bei veränderten Streckengeschwindigkeiten kommt es zu einer Verschiebung des Anregespektrums und somit u. U. auch zu einer Anregung außerhalb von Deckenresonanzen.

Bei einem Vergleich der Vorbelastung mit der Prognose werden jeweils die gleichen Annahmen des Wagenmaterials getroffen, um mögliche Materialverbesserungen nicht zu Ungunsten der Betroffenen auszulegen.

6.2 Beschreibung der Methodik

Mittels der messtechnisch erfassten Emissionen bzw. Immissionen sowie der daraus berechneten Übertragungsfunktionen 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 jedes Gleis getrennt energetisch gemittelt. Diese gemittelten Terz-F-max Frequenzspektren für die Messpunkte der Freifeldmessung gehen als Eingangsdaten in die Prognose ein.

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

Aus den gemessenen und spektral ausgewerteten Erschütterungssignalen an den Messpunkten 2 und 3 (in 25 m und 50 m Entfernung zum Gleis 1) der Freifeldmessung wird eine Übertragungsfunktion für die Ausbreitung im für das Plangebiet spezifischen Erdboden ermittelt. Die im vorliegenden Fall ermittelte spezifische Ausbreitungsdämpfung liegt innerhalb der Bandbreite, wie sie in vergleichbaren Projekten gemessen bzw. in der Literatur [12] angegeben wird.

Für die Prognose der Erschütterungen in den geplanten Gebäuden im Plangebiet werden einerseits die im Musterhaus des angrenzenden Neubaugebietes „Felderhof (I)“ gemessene Übertragungsfunktion vom Bodenmesspunkt auf die Geschossdecken als auch typische Übertragungsfunktionen für Betondecken mit Deckeneigenfrequenzen von 25 und 40 Hz (übliche Massivbauweise) aus der Literatur [15] herangezogen. Höhere Deckeneigenfrequenzen sind bzgl. der Erschütterungsimmissionen unkritischer, da die von Güterzugvorbeifahrten verursachten Erschütterungen meist niederfrequent sind und die hochfrequenten Anteile durch die Ausbreitung im Boden stärker gedämpft werden.

Des Weiteren wurde eine Geschwindigkeitskorrektur von der gemessenen auf die angegebene zugelassene Streckengeschwindigkeit der Güterzüge von 90 km/h durchgeführt.

Für die Prognose der durch die geplante Reaktivierung des Schienenpersonennahverkehrs verursachten Erschütterungen kann nicht auf Messungen an der Strecke 2324 zurück-

gegriffen werden, da hier derzeit keine S-Bahnen verkehren. Deshalb wurde für die Vorbeifahrten ein Erschütterungsemissionsspektrum einer typischen, an Rhein und Ruhr eingesetzten S-Bahn (Baureihe 425) zugrunde gelegt, welches in einem früheren Projekt an mehreren Orten in jeweils 8 m Entfernung zum Gleis (ebenerdige Lage) gemessen worden ist. Die betrachteten Geschwindigkeiten lagen dabei etwa 100 km/h. Eine Geschwindigkeitsanpassung auf die zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit für S-Bahnen erfolgt in der Prognose.

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

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

Im nachfolgenden Kapitel ist das zusammengefasste Ergebnis der Erschütterungsprognose wiedergegeben. Die detaillierten Rechenergebnisse sind im Anhang dokumentiert.

6.3 Prognoseunsicherheit

Die generelle messtechnische Unsicherheit bei der Ermittlung von KB_F -Werten kann gemäß DIN 4150, Teil 2 [4] mit 15 % beziffert werden. Die zur Prognose herangezogenen Übertragungsfunktionen für 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 [15], welche in der Regel bis zu 10 dB über dem gemittelten Emissionsspektrum liegen. Eine Prognoseunsicherheit von 20 % bewirkt eine Pegelunsicherheit, die deutlich geringer (< 2 dB) ist. Erfahrungsgemäß werden daher die zukünftig zu erwartenden Erschütterungen tendenziell konservativ überschätzt.**

7 Prognose der Erschütterungsimmissionen

7.1 Erste Baureihe (minimaler Abstand zum Gleis: 25 m)

Nach dem vorliegenden Bebauungsplanentwurf (Anhang 3) beträgt die minimale Entfernung zwischen der geplanten Bebauung und dem nächsten Gleis 25 m. Aus diesem Grunde wurde in der Freifeldmessung Messpunkt 2 (Kanal 8) in 25 m Entfernung zu Gleis 1 gewählt: Das hier gemessene Spektrum wird der in Anlage 2.4-6 dargestellten Prognoserechnung für die Erschütterungssituation in der ersten Baureihe zugrunde gelegt.

Tabelle 7.1 gibt die sich aus der Prognoseberechnung für die Erschütterungsimmissionen in einem Gebäude in 25 m Abstand zu Bahngleis 1 ergebenden Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} wieder. Der Prognoserechnung zufolge ist nicht mit einer Überschreitung der Anhaltswerte aus DIN 4150-2 für Wohngebiete zu rechnen, sofern dieselbe Übertragung der Erschütterung vom Erdboden ins Gebäude wie sie im Musterhaus gemessen wurde, zugrunde gelegt wird.

Bei Verwendung der Übertragungsfunktionen aus der Literatur [15] hingegen ist eine Überschreitung der Anhaltswerte aus DIN 4150-2 nicht auszuschließen.

Die Messungen im Musterhaus „Meygner Busch 94“ zeigen eine starke Schwingungsminderung beim Übergang des Erschütterungssignals vom Bodenmesspunkt ins Gebäude (Fundamentmesspunkt). Die Fundamentbauweise wird bei dem vorliegenden Erdboden einen hohen Impedanzsprung verursachen. Die im Musterhaus „Meygner Busch 94“ gemessenen Übertragungsfunktionen vom Fundamentmesspunkt in die Geschossdecken zeigen hingegen übliche Ausbildungen (qualitativ ähnlich den Übertragungsfunktionen aus der Literatur). Erschütterungstechnisch vorteilhaft wirkt sich auch das Fehlen „großer“ Räume im Obergeschoss aus, da so keine tieffrequenten Resonanzen mit wenig bedämpften Überhöhungen auftreten.

Prinzipiell ist es also nicht auszuschließen, dass in den Gebäuden der 1. Baureihe zum Gleis hin die Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen überschritten werden; durch geeignete Maßnahmen (Wahl der Bauweise) lässt sich aber eine Einhaltung der Anforderungen der DIN 4150-2 erreichen.

Die detaillierten Ergebnisse der Prognoseberechnung sind in Anlage 2.4-6 dargestellt.

Der Bodenmesspunkt vor dem Gebäude „Meygner Busch 94“ befindet sich in 103 m Entfernung zu Gleis 1. Aus der Freifeldmessung im Norden des Plangebiet „Felderhof II“ wurde eine Übertragungsfunktion für die Ausbreitung im Erdboden ermittelt. Zum Vergleich der Messung an beiden Messorten (Freifeldmessung im Plangebiet „Felderhof II“ sowie im Ge-

bäude „Meygner Busch 94“) wird nun mit Hilfe des in 10 m Entfernung vom Gleis gemessenen Emissionsspektrums (Messpunkt 1, Kanal 7 der Freifeldmessung; Terz-F-max Spektrum) und der aus der Freifeldmessung gewonnenen Übertragungsfunktion für die Ausbreitung im Erdboden das Erschütterungsspektrum in 103 m Entfernung prognostiziert und mit dem tatsächlich vor dem Gebäude „Meygner Busch 94“ gemessenen Terz-F-max Spektrum verglichen. Der Vergleich ist in Anlage 2.10 dargestellt: Die beiden Erschütterungsspektren für 103 m stimmen innerhalb der Prognoseunsicherheit gut miteinander überein.

Die Messungen an beiden Messorten sind also konsistent miteinander bzw. der Erdboden unterscheidet sich erschütterungstechnisch nicht gravierend voneinander.

Tabelle 7.1: Prognostizierte Erschütterungsimmissionen in einem Gebäude im Abstand von 25 m zum Gleis

	KB _{FT_r}		A _{r(WA)}		KB _{FT_r} ≤ A _{r(WA)}	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1. OG vorne (gemessen)	0,047	0,044	0,07	0,05	JA	JA
1. OG hinten (gemessen)	0,041	0,038	0,07	0,05	JA	JA
25 Hz Betondecke	0,065	0,061	0,07	0,05	JA	NEIN
40 Hz Betondecke	0,079	0,075	0,07	0,05	NEIN	NEIN

7.2 Zweite Baureihe (Abstand zum Gleis > 50 m)

Ausgehend von den an Messpunkt 3 (Kanal 9) der Freifeldmessung gemessenen Emissionsspektren wird eine Prognoseberechnung für die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen in Gebäuden mit 50 m Abstand vom Gleis 1 analog zu der Prognose für 25 m Abstand durchgeführt.

Die detaillierten Ergebnisse dieser Prognoseberechnung sind in Anlage 2.7-9 dargestellt. Der Prognoserechnung zufolge ist für Gebäude mit einem Abstand größer 50 m von den Gleisen nicht mit einer Überschreitung der Anhaltswerte aus DIN 4150, Teil 2 [4] für Wohngebiete zu rechnen (siehe Tabelle 7.2).

Tabelle 7.2: Prognostizierte Erschütterungsimmissionen in einem Gebäude im Abstand von 50 m zum Gleis

	KB _{FTr}		A _{r(WA)}		KB _{FTr} ≤ A _{r(WA)}	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1. OG vorne (gemessen)	0,036	0,034	0,07	0,05	JA	JA
1. OG hinten (gemessen)	0,030	0,028	0,07	0,05	JA	JA
25 Hz Betondecke	0,043	0,040	0,07	0,05	JA	JA
40 Hz Betondecke	0,044	0,042	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 möglich. 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 Gebäude in 25 m Entfernung zum Gleis 1 (erste Baureihe) aufgeführt. Es ist zu beachten, dass die in den Anlagen und in Tabelle 8.1 aufgeführten Sekundärluftschallpegel nicht den Schienenbonus von 5 dB enthalten. Dieser ist zwar zur Zeit noch zu berücksichtigen, befindet sich jedoch z. Z. Im Prozess der Abschaffung.

Bei Berücksichtigung des Schienenbonus ist den Prognoseberechnungen zufolge also davon auszugehen, dass die Anforderungen an die sekundären Luftschallimmissionen eingehalten werden. Im Hinblick auf den Wohnkomfort ist es jedoch wünschenswert, dass die Zumutbarkeitsschwellen von 40 dB(A) tags und 30 dB(A) nachts auch ohne Berücksichtigung des Schienenbonus eingehalten werden. Daher wird empfohlen, in den Gebäuden der ersten

Baureihe mindernde Maßnahmen zu ergreifen, wie z. B. der Einbau eines besonders schweren schwimmenden Estrichs, welcher eine höhere Dämmwirkung als der im berücksichtigten Gebäude „Meygner Busch 94“ verwendete Bodenaufbau aufweist (die Geschossdecken in „Meygner Busch 94“ sind mit einem 5 cm dicken Estrich auf einer Trittschalldämmung mit dynamischer Steifigkeit 20 MN/m³ versehen).

In den Gebäuden mit mehr als 50 m Abstand zu Gleis 1 ist den Berechnungen zufolge eine Einhaltung der Anforderungen an die sekundären Luftschallimmissionen auch ohne Berücksichtigung des Schienenbonus zu erwarten (siehe Tabelle 8.2).

Tabelle 8.1: Prognostizierte sekundären Luftschallimmissionen im Gebäude **im Abstand von 25 m** zum Gleis *ohne Berücksichtigung des Schienenbonus*

	L _r [dB(A)]		A _r [dB(A)]		Einhaltung	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1. OG vorne (gemessen)	33	32	40	30	JA	NEIN
1. OG hinten (gemessen)	33	32	40	30	JA	NEIN
25 Hz Betondecke	31	30	40	30	JA	NEIN
40 Hz Betondecke	32	32	40	30	JA	NEIN

Tabelle 8.2: Prognostizierte sekundären Luftschallimmissionen im Gebäude **im Abstand von 50 m** zum Gleis *ohne Berücksichtigung des Schienenbonus*

	L _r [dB(A)]		A _r [dB(A)]		Einhaltung	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1. OG vorne (gemessen)	28	28	40	30	JA	JA
1. OG hinten (gemessen)	28	28	40	30	JA	JA
25 Hz Betondecke	27	26	40	30	JA	JA
40 Hz Betondecke	28	28	40	30	JA	JA

9 Zusammenfassung

Im Rahmen der Überplanung des Bebauungsplanes SW 263 am Felderhof in Ratingen ist eine Festsetzung als allgemeines Wohngebiet (WA) vorgesehen. Da das Gebiet direkt an die Strecke 2324 der Deutschen Bahn, welche derzeit stark von Güterzügen frequentiert ist, angrenzt, war die Durchführung einer erschütterungstechnischen Untersuchung notwendig.

Im Rahmen der erschütterungstechnischen Untersuchung wurde eine Freifeldmessung auf dem Plangebiet sowie eine Messung im Gebäude „Meygner Busch 94“, dem Musterhaus des direkt südlich angrenzenden Neubaugebietes „Felderhof (I)“ durchgeführt.

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

Den Messungen und den dokumentierten Prognoseberechnungen zufolge ist es prinzipiell nicht auszuschließen, dass die Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2 für Wohngebiete sowie die Anforderungen an die sekundären Luftschallimmissionen nach der 24. BImSchV in der ersten Baureihe (Entfernung von 25 m von Gleis 1) überschritten werden.

Durch die Ergreifung geeigneter Maßnahmen, wie z. B. einer Bauweise ähnlich des Musterhauses „Meygner Busch 94“ und der Einbringung eines besonders schweren schwimmenden Estrichs ist es den Prognoserechnungen zufolge jedoch möglich, auch im Abstand von 25 m zu Gleis 1 eine Einhaltung der o.a. Anforderungen zu erreichen. Ein entsprechender Nachweis ist im Bauantragsverfahren zu erbringen.

In über 50 m Entfernung zu Gleis 1 ist den Messungen und den dokumentierten Prognoseberechnungen zufolge mit einer Einhaltung der Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-2 für Wohngebiete sowie der Anforderungen an die sekundären Luftschallimmissionen nach der 24. BImSchV zu rechnen.

Es ist somit zusammenfassend festzuhalten, dass bei der Errichtung von Gebäuden in einem Abstand < 50 m zum Gleis eine spezielle auf die zu errichtenden Gebäude angepasste Immissionsprognose, eventuell unter Berücksichtigung schwingungsmindernder Maßnahmen durchzuführen ist. Ab 50 m Gleisabstand ist diese nicht mehr erforderlich.

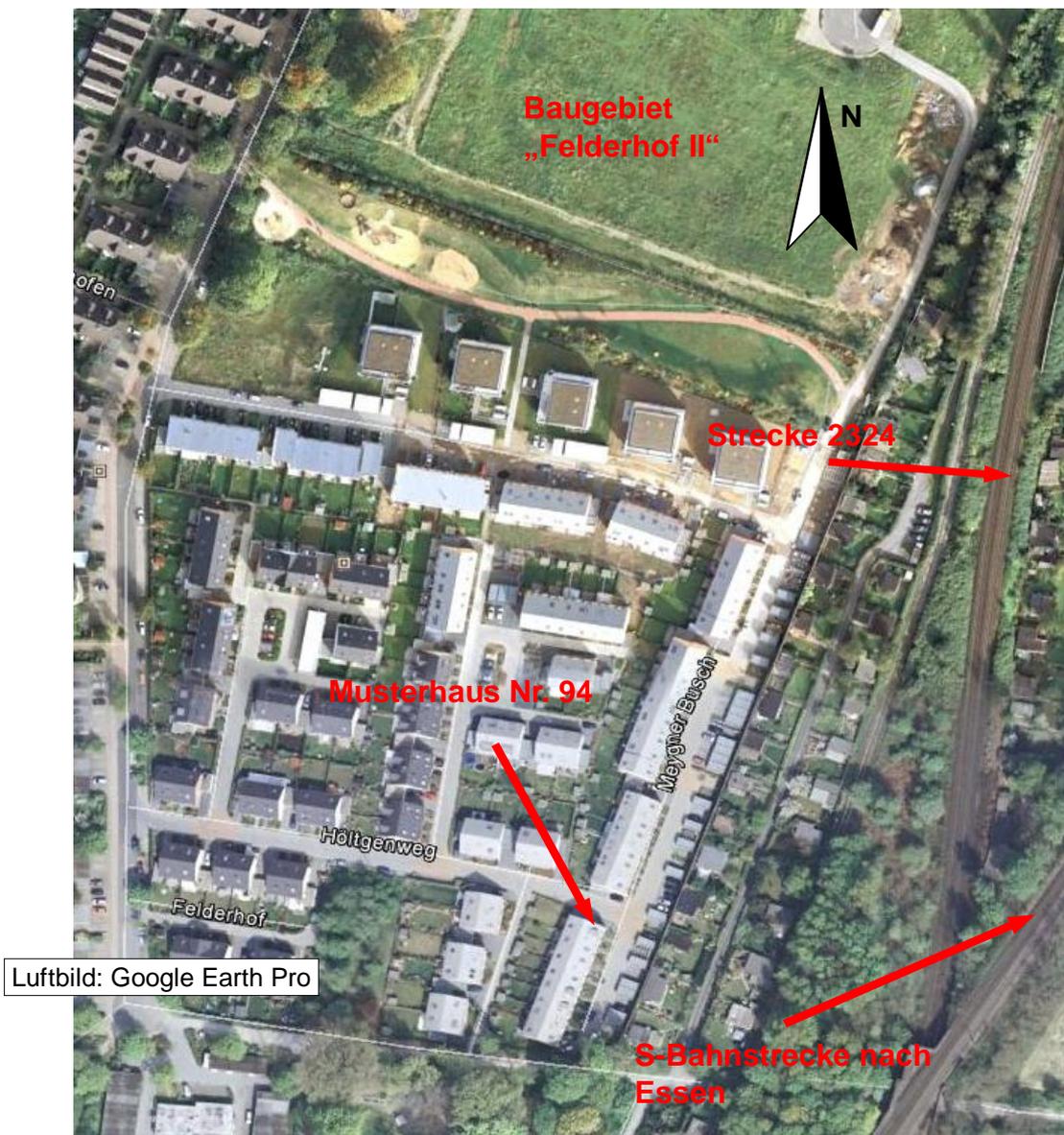
Dieser Bericht besteht aus 22 Seiten und 24 Anlagen.
Peutz Consult GmbH

i.V. Dipl.-Ing. Mark Bless

Erschütterungsmessung

Am 13.02.2013

Meygner Busch 94, Ratingen



Fotodokumentation



Straße / Nr.	Meygner Busch 94
Ort	Ratingen
Gebiet (BauNVO)	WA
Gebäudeart	Reihenendhaus (Einfamilienhaus)
Nutzung	Musterhaus des Baugebietes „Felderhof I“
Geschosszahl	3
Bauart	Massiv
Keller	Ja
Deckenart	Beton
Sonstiges	



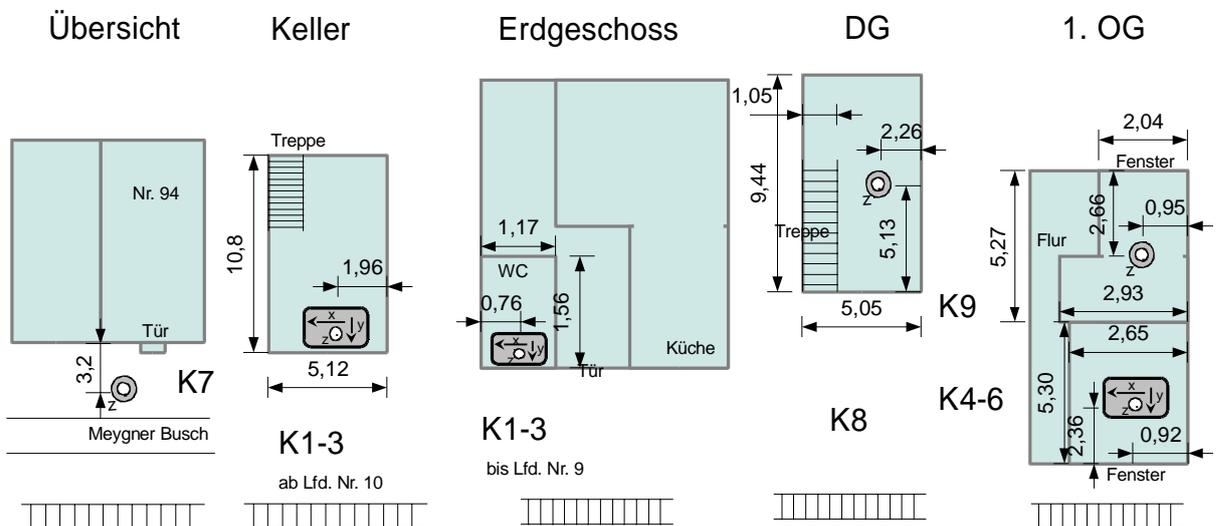
Gleislage

Gleis	Entfernung [m]		Strecke	Richtung	Lage
	IST	PLAN			
1	106	106	2324	Düsseldorf	ebenerdig
2	110	110	2324	Duisburg	ebenerdig

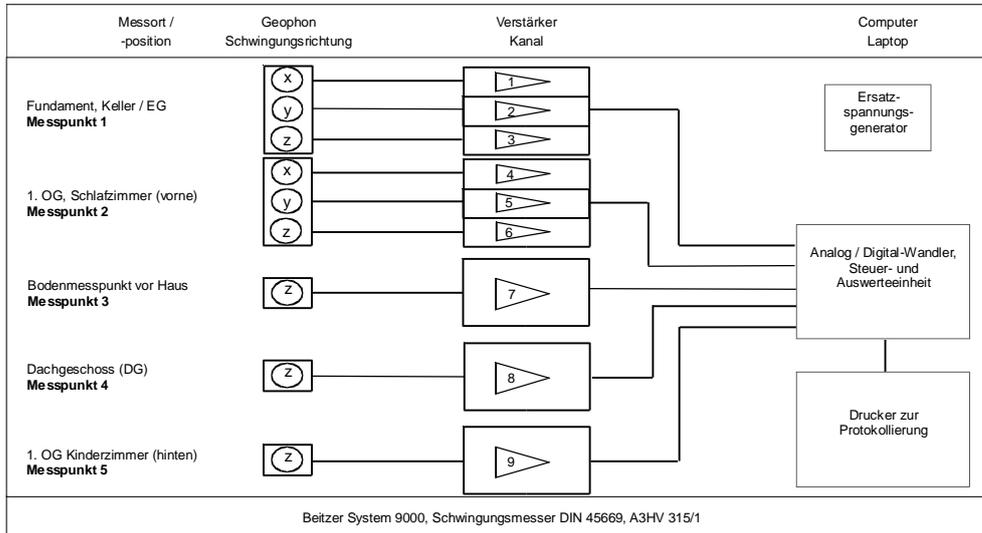
Übersicht über die Messorte

Messpunkt Nr.	Kanäle Messsystem:	Messort	Ankopplung	Raumabmessung [m x m]	Deckenresonanz [Hz]
1	1-3	Fundament: Bad EG (bis Lfd. Nr. 9) Keller (ab Lfd. Nr.10)	Dreipunktlager mit Hartklebewachs auf Fliesen bzw. Beton	1,17 x 1,56 5,12 x 10,8	
2	4-6	Schlafzimmer 1. OG vorne	Dreipunktlager mit Hartklebewachs auf Laminat	2,65 x 5,30	~30 -33
3	7	Boden vor Haus	Erdspeiß		
4	8	Dachgeschoss	Dreipunktlager mit Hartklebewachs auf Grundbodenbelag	5,05 x 9,44	~25
5	9	Kinderzimmer 1. OG hinten	Dreipunktlager mit Spitzen auf Teppich	5,27 x 2,93	~40

Lageplan



Messkette



Erschütterungsmessungen in Ratingen, Meygner Busch 94, am 13.02.2013

Liste der Zugvorbeifahrten

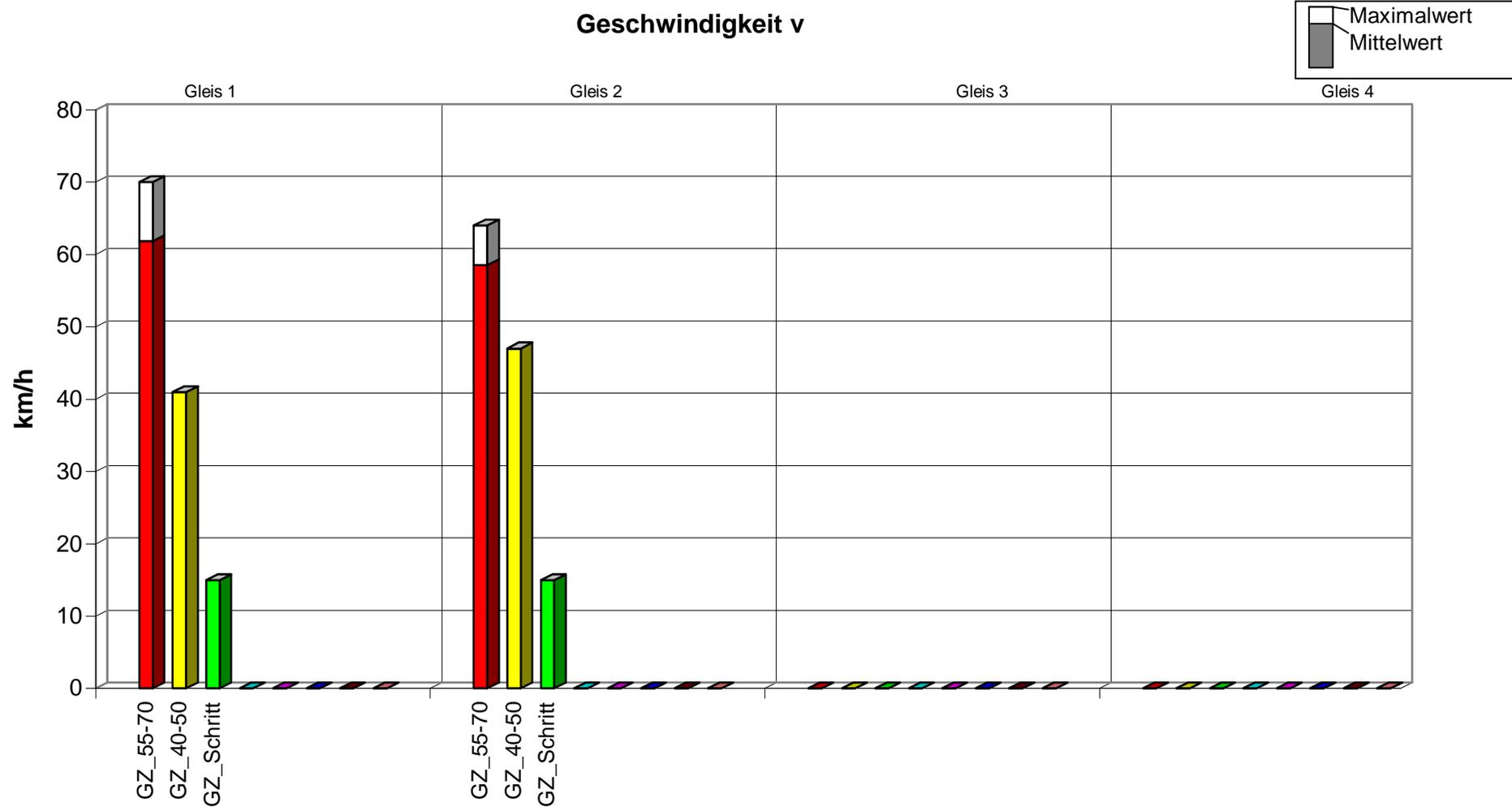
Mess-Nr.	Kategorie	Lok Nr.	Gleis	v_Zug [km/h]	Messwerte				
					v_max EG / Keller mm/s	KBFTi 1. OG vorne	v_max Boden mm/s	KBFTi DG	KBFTi 1. OG hinten
1	GZ_55-70		2	64	0,071	0,081	0,064	0,039	0,038
2	GZ_55-70	294	2		0,042	0,059	0,036	0,022	0,022
3	GZ_40-50	294	2	47	0,104	0,073	0,038	0,022	0,023
4	GZ_55-70	294	1	70	0,201	0,126	0,186	0,100	0,102
5	GZ_55-70	Eurotrans	1	61	0,110	0,119	0,118	0,073	0,079
6	GZ_55-70		2		0,083	0,064	0,075	0,056	0,059
7	GZ_55-70	185	1	67	0,043	0,038	0,040	0,023	0,024
8	GZ_55-70		2		0,049	0,045	0,051	0,031	0,029
9	GZ_55-70	151	1	57	0,082	0,071	0,072	0,040	0,042
10	GZ_55-70	151	1	57	0,088	0,085	0,065	0,036	0,039
11	GZ_55-70	189	2	64	0,060	0,055	0,067	0,033	0,039
12	GZ_55-70	145	1	61	0,106	0,083	0,095	0,046	0,044
13	GZ_55-70		2	51	0,054	0,055	0,063	0,031	0,033
14	GZ_40-50	189	2	47	0,080	0,066	0,073	0,035	0,040
15	GZ_Schritt	155	2	15	0,037	0,069	0,044	0,018	0,020
16	GZ_Schritt	247	1	15	0,061	0,048	0,039	0,030	0,029
17	GZ_55-70	155	2	55	0,096	0,118	0,085	0,060	0,062
18	GZ_40-50	151	2	47	0,065	0,074	0,064	0,044	0,048
19	GZ_55-70	185	1	60	0,060	0,060	0,071	0,038	0,041
20	GZ_40-50	Monheim	1	41	0,049	0,040	0,048	0,028	0,026

Erschütterungsmessungen in Ratingen, Meygner Busch 94, am 13.02.2013

Gleis / Abst. Gebäude	Gleis 1				Gleis 2				
	GZ_55-70	GZ_40-50	GZ_Schritt		GZ_55-70	GZ_40-50	GZ_Schritt		
Fahrtrichtung									
Kategorie									
Anzahl ausgewert. Züge	7	1	1	0	7	3	1	0	0
Geschw. [km/h]									
Maximalwert	70	41	15		64	47	15		
arithmet. Mittelwert	62	41	15		59	47	15		
Standardabweichung	8%	0%	0%		11%	0%	0%		
v_max [mm/s]									
EG / Keller									
Maximalwert	0,201	0,049	0,061		0,096	0,104	0,037		
arithmet. Mittelwert	0,099	0,049	0,061		0,065	0,083	0,037		
Standardabweichung	52%	0%	0%		30%	24%	0%		
KBFTi									
1. OG vorne									
Maximalwert	0,126	0,040	0,048		0,118	0,074	0,069		
quadrat. Mittelwert	0,066	0,000	0,000		0,045	0,000	0,000		
Standardabweichung	11%				12%				
v_max [mm/s]									
Boden									
Maximalwert	0,186	0,048	0,039		0,085	0,073	0,044		
arithmet. Mittelwert	0,092	0,048	0,039		0,063	0,058	0,044		
Standardabweichung	52%	0%	0%		25%	31%	0%		
KBFTi									
DG									
Maximalwert	0,100	0,028	0,030		0,060	0,044	0,018		
quadrat. Mittelwert	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		
Standardabweichung									
KBFTi									
1. OG hinten									
Maximalwert	0,102	0,026	0,029		0,062	0,048	0,020		
quadrat. Mittelwert	0,039	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		
Standardabweichung	10%								

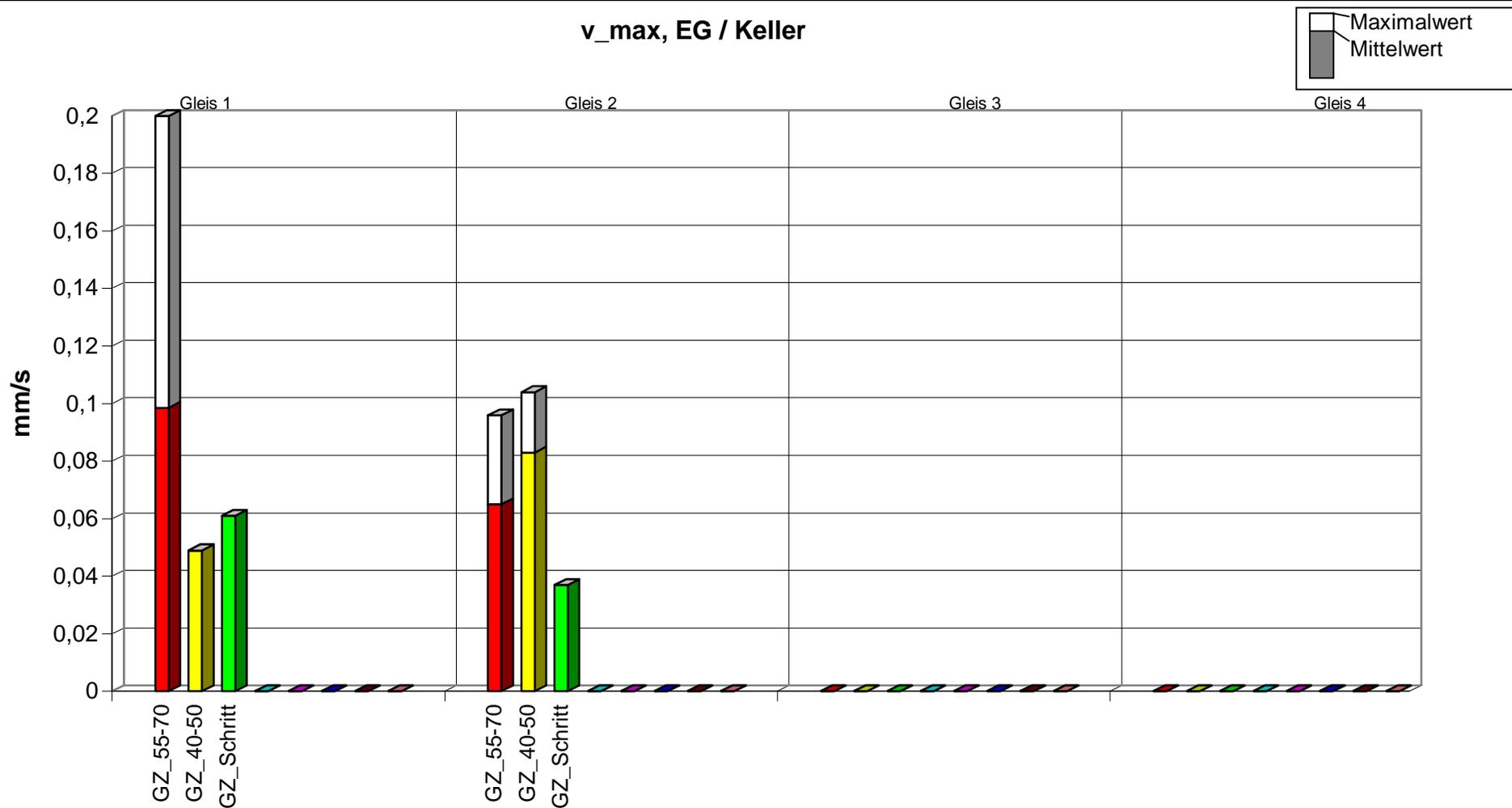
P:\VL6464_VA_EU_Felderhof_Ratingen_OS\Messung_MeygnerBusch94\Messauswertung.xls\Daten1

Erschütterungsmessungen in Ratingen, Meygner Busch 94, am 13.02.2013



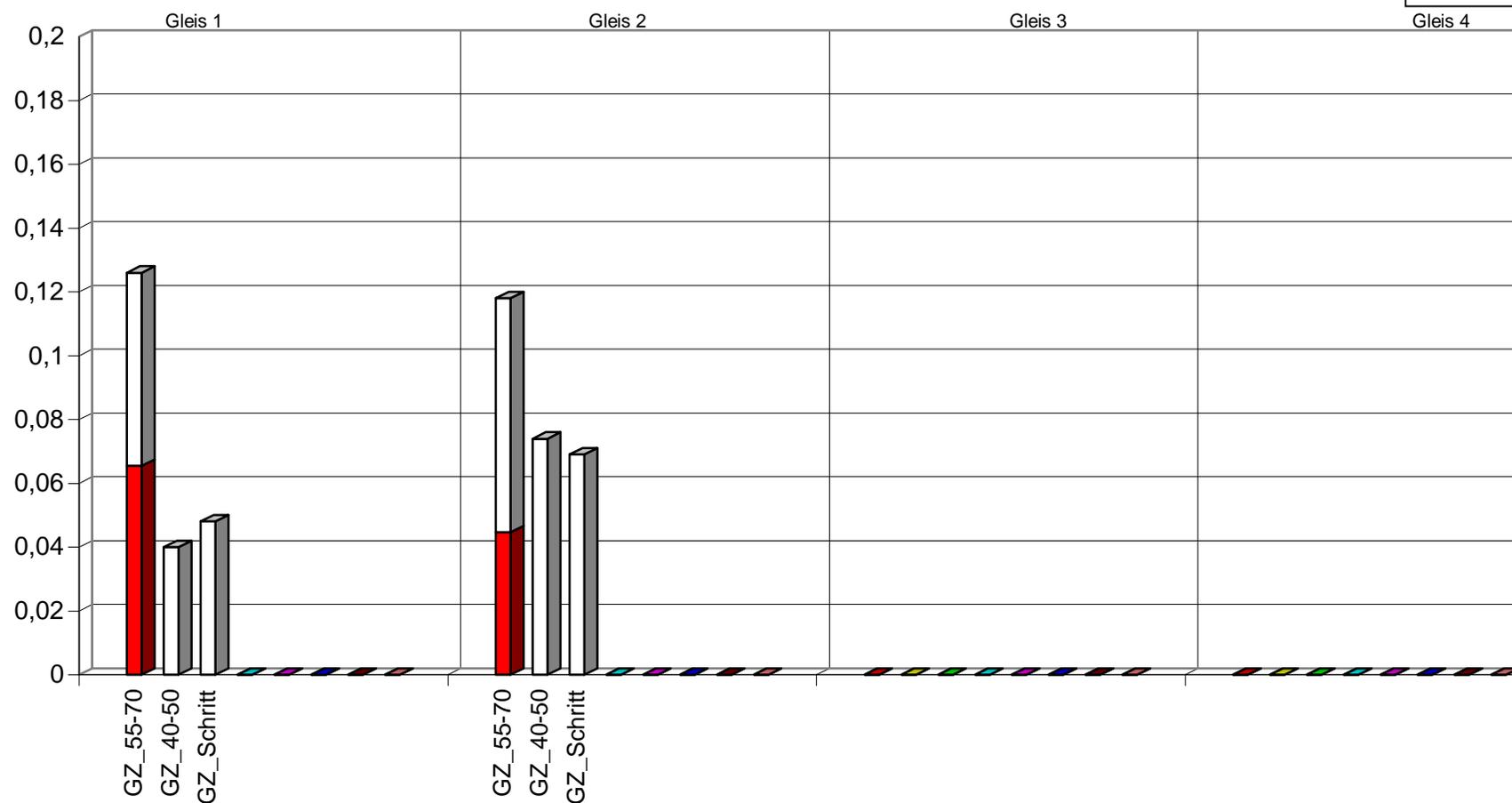
Erschütterungsmessungen in Ratingen, Meygner Busch 94, am 13.02.2013

v_max, EG / Keller



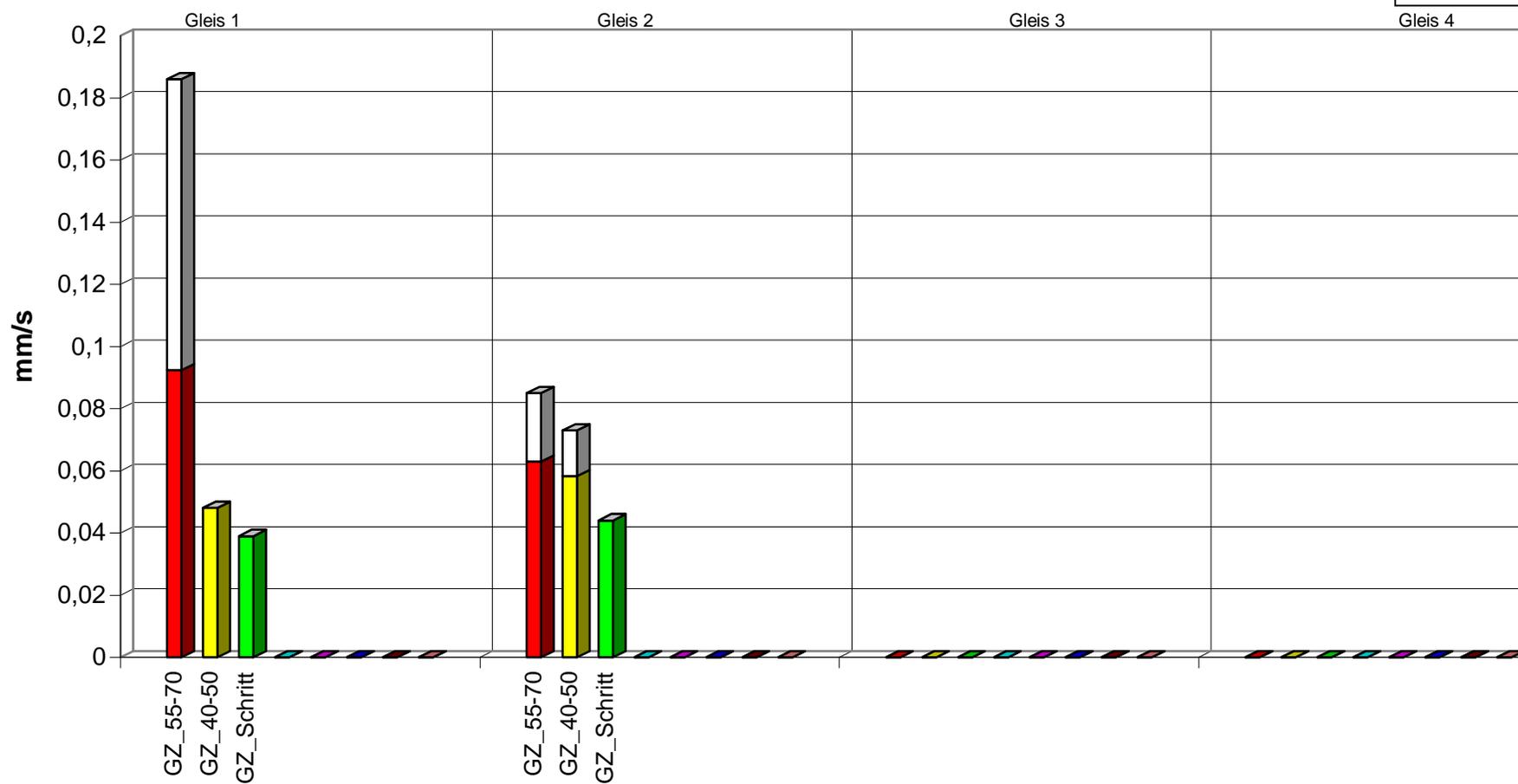
Erschütterungsmessungen in Ratingen, Meygner Busch 94, am 13.02.2013

KBFTm / KBFmax, 1. OG vorne



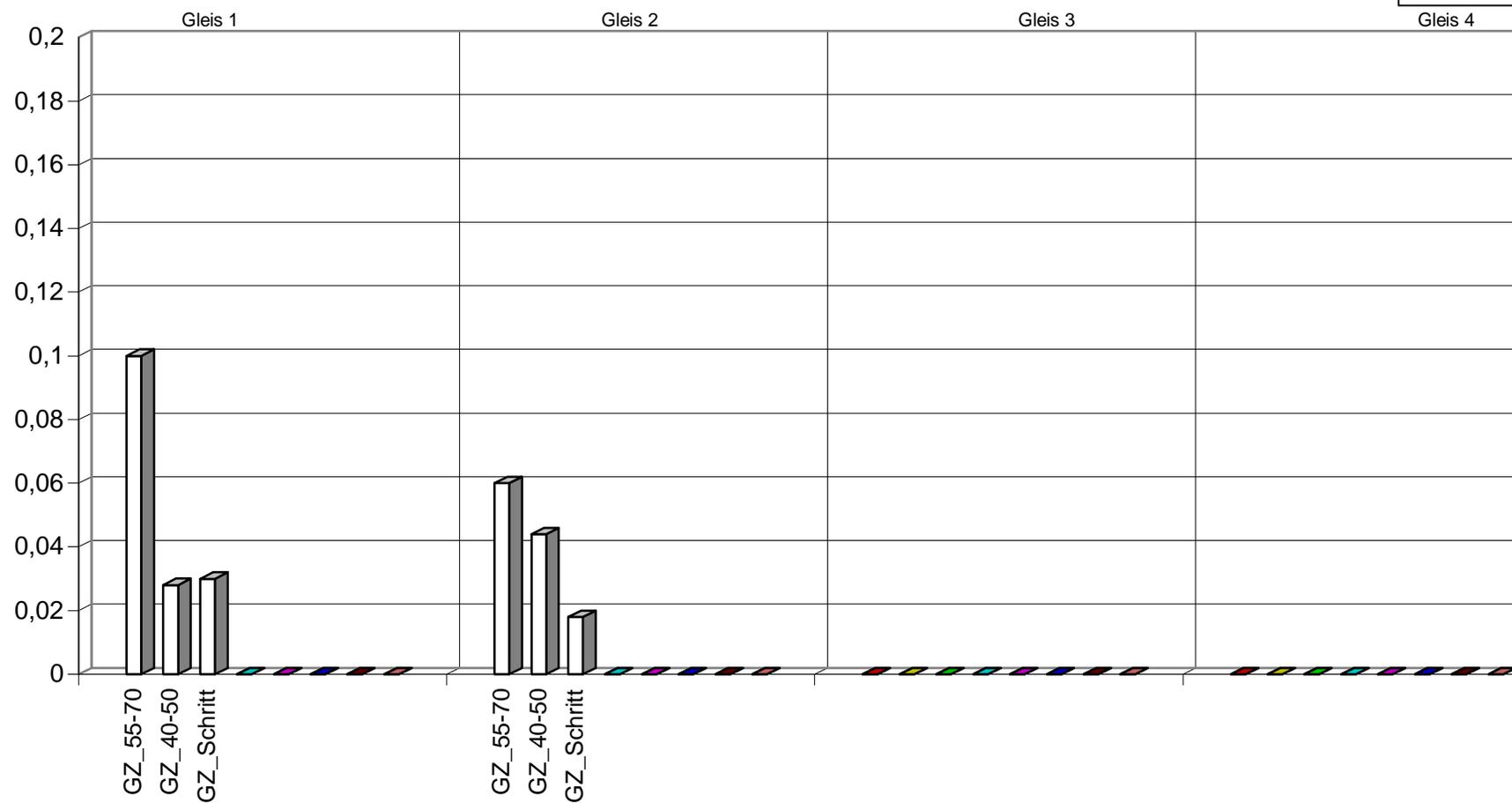
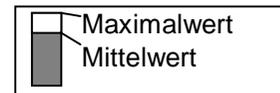
Erschütterungsmessungen in Ratingen, Meygner Busch 94, am 13.02.2013

v_max, Boden



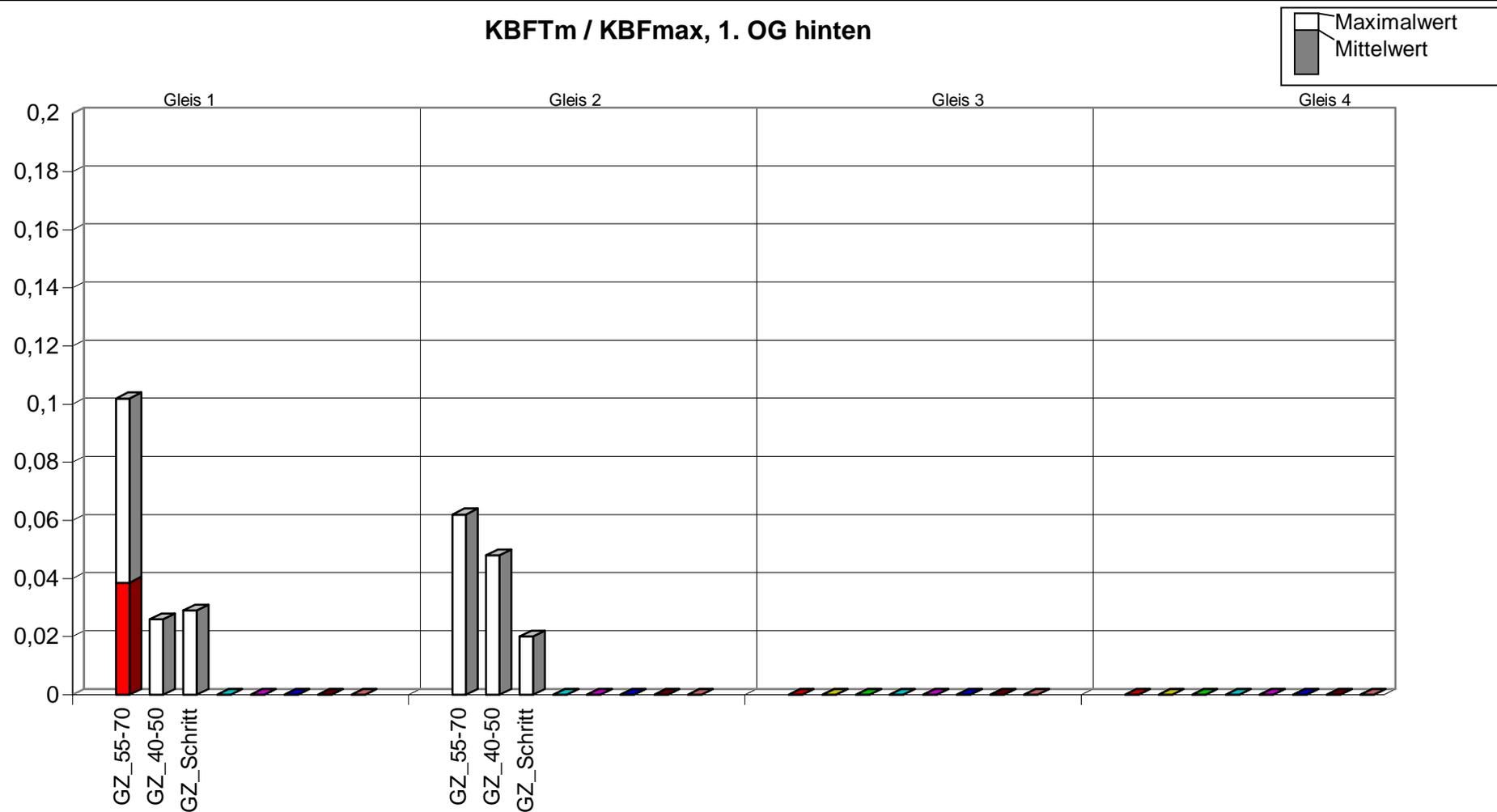
Erschütterungsmessungen in Ratingen, Meygner Busch 94, am 13.02.2013

KBFTm / KBFmax, DG



Erschütterungsmessungen in Ratingen, Meygner Busch 94, am 13.02.2013

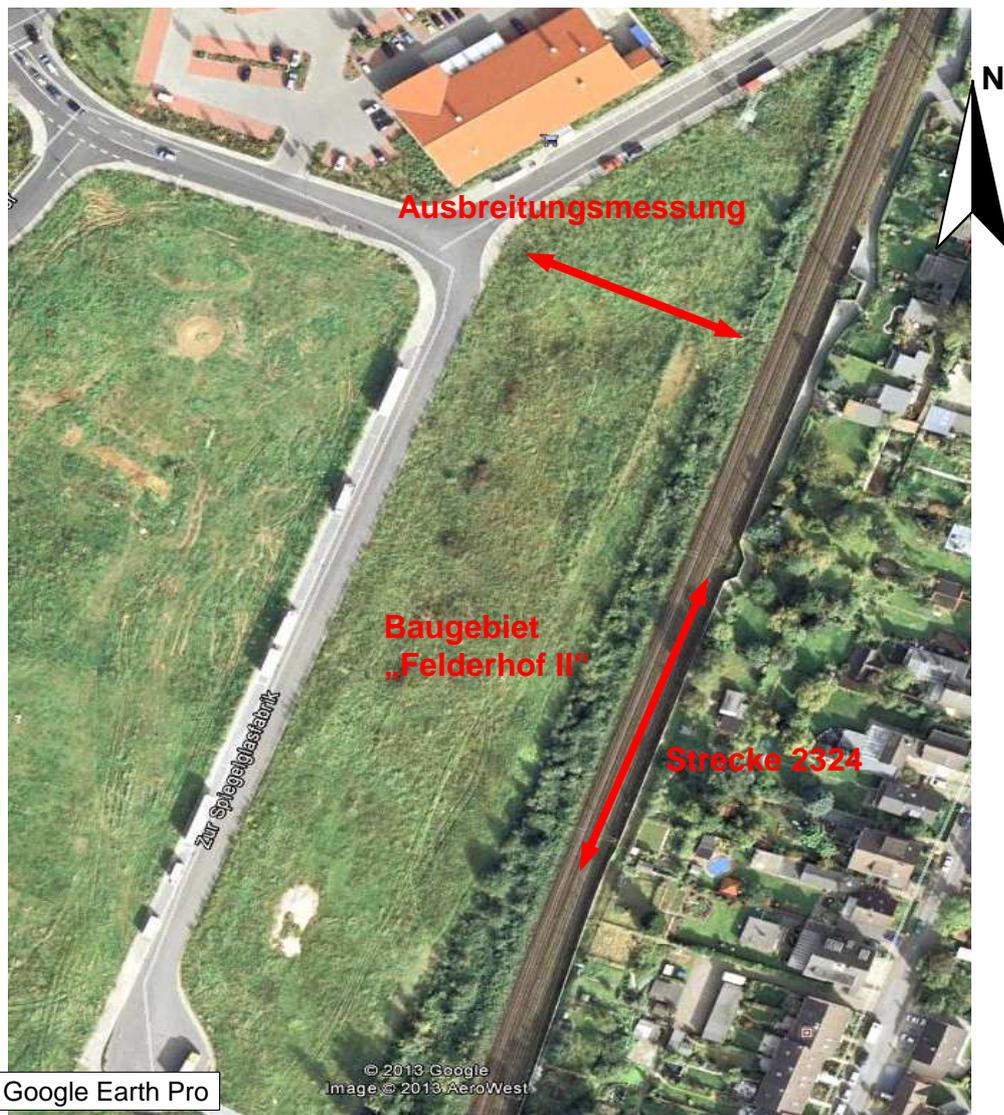
KBFTm / KBFmax, 1. OG hinten



Erschütterungsmessung

Am 13.02.2013

Baugebiet „Felderhof II“



Luftbild: Google Earth Pro

Fotodokumentation



Straße / Nr.	Zur Spiegelglasfabrik
Ort	Ratingen
Gebiet (BauNVO)	WA
Gebäudeart	Reihenhäuser
Nutzung	Wohnen
Geschosszahl	3
Bauart	Massiv
Keller	wahlweise
Deckenart	Beton
Sonstiges	Geplantes Baugebiet

Gleislage

Gleis	Entfernung [m]		Strecke	Richtung	Lage
	IST	PLAN			
1	> 25	> 25	2324	Düsseldorf	ebenerdig
2	> 29	> 29	2324	Duisburg	ebenerdig

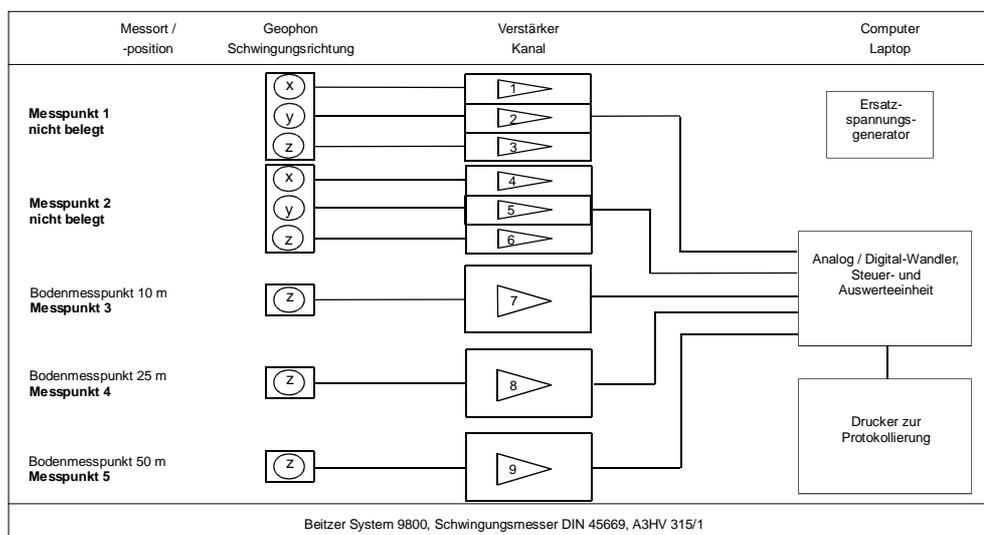
Übersicht über die Messorte

Messpunkt Nr.	Kanäle Messsystem:	Messort	Ankopplung	Raumabmessung [m x m]	Deckenresonanz [Hz]
1	7	Boden, 10 m	Erdspieß		
2	8	Boden, 25 m	Erdspieß		
3	9	Boden, 50 m	Erdspieß		

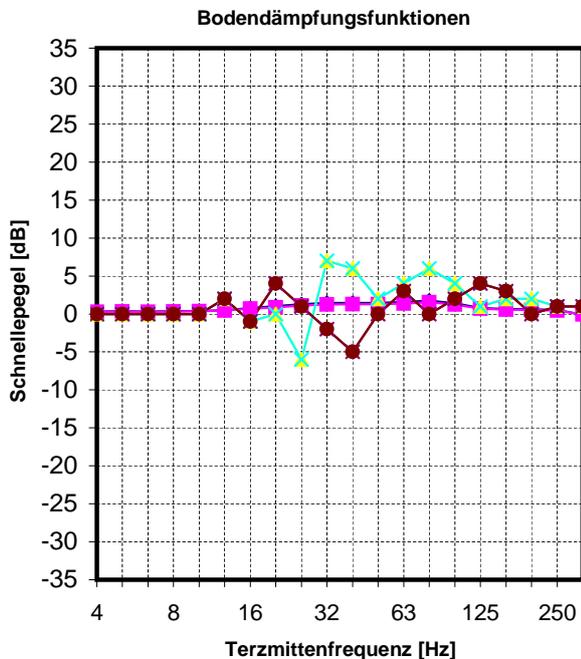
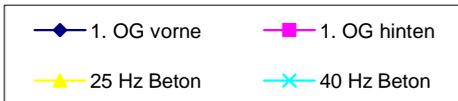
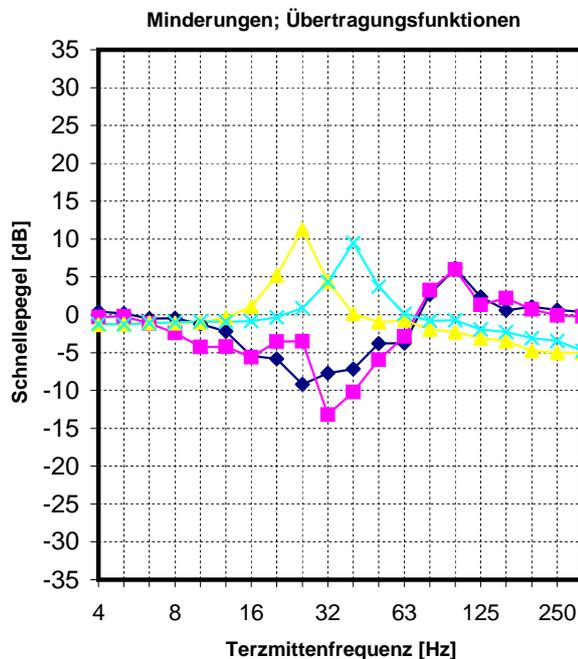
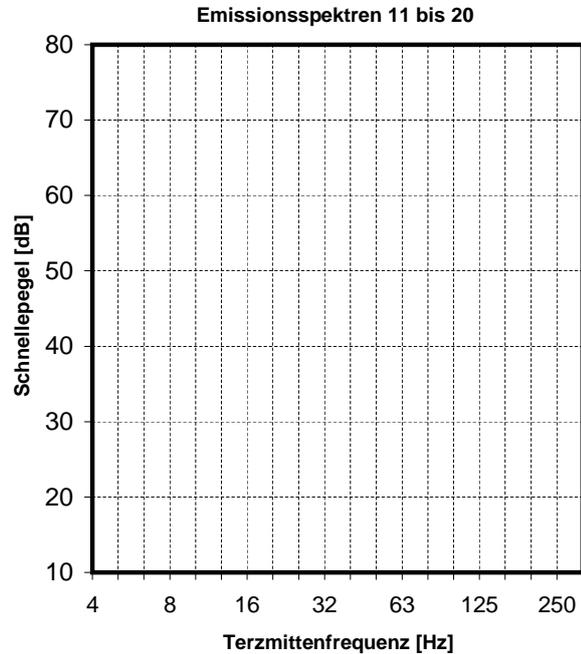
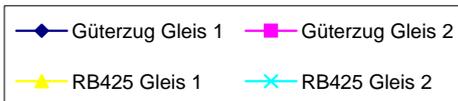
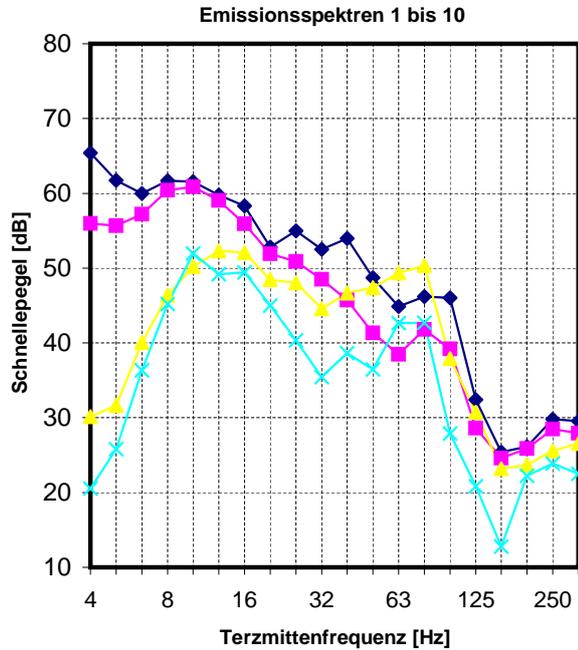
Lageplan



Messkette



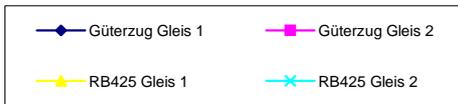
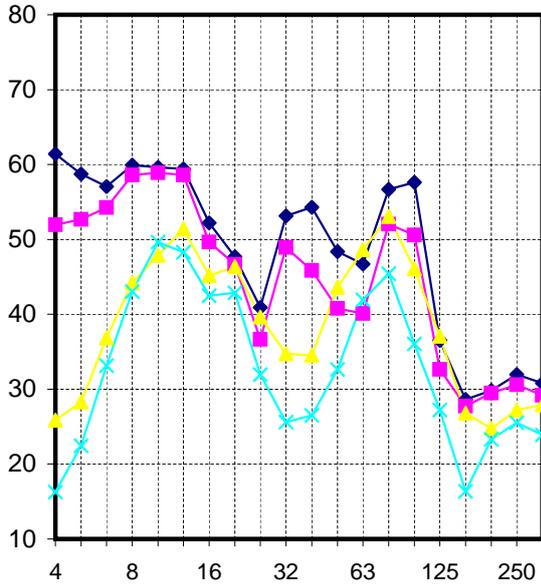
Eingangsdaten zur Prognoseberechnung Felderhof II, 25 m Entfernung zum Gleis



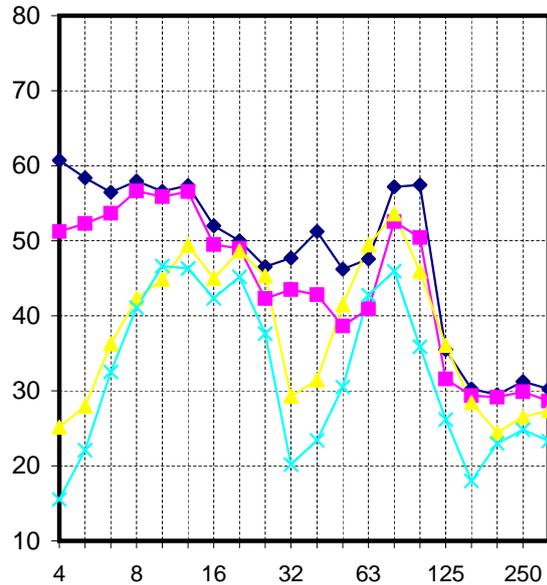
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognoseberechnung Felderhof II, 25 m Entfernung zum Gleis

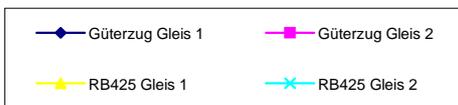
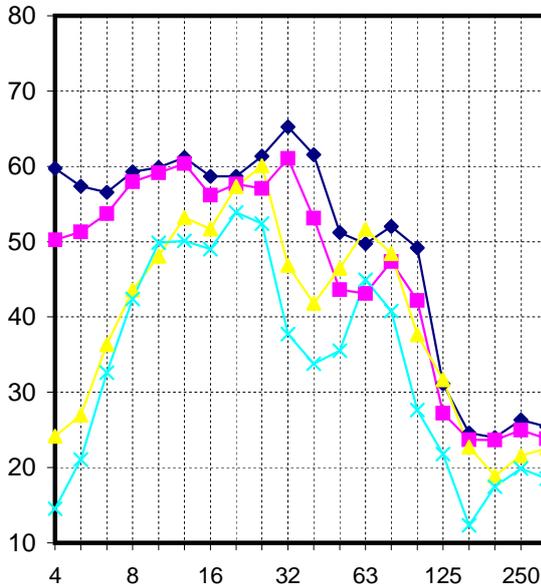
Immissionsspektren 1. OG vorne



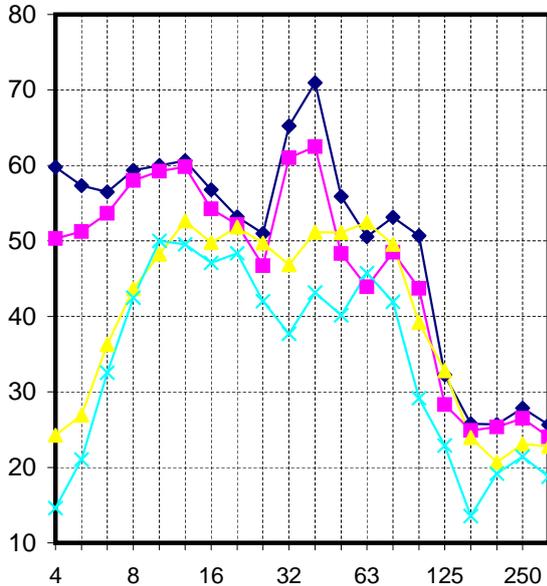
Immissionsspektren 1. OG hinten



Immissionsspektren 25 Hz Beton



Immissionsspektren 40 Hz Beton

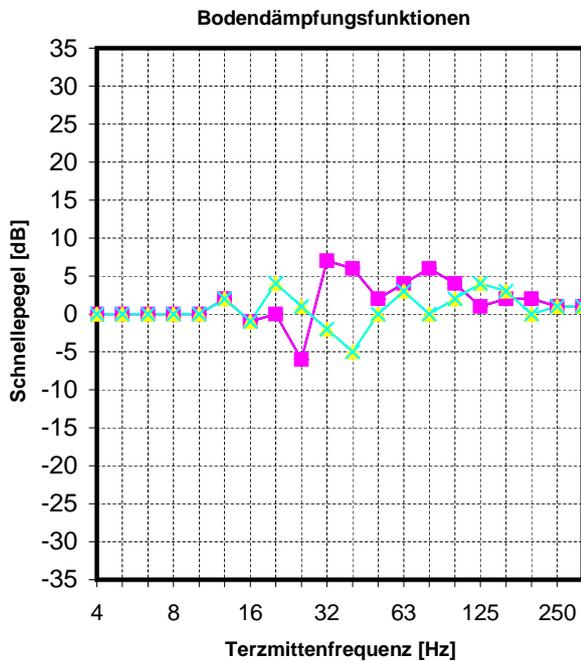
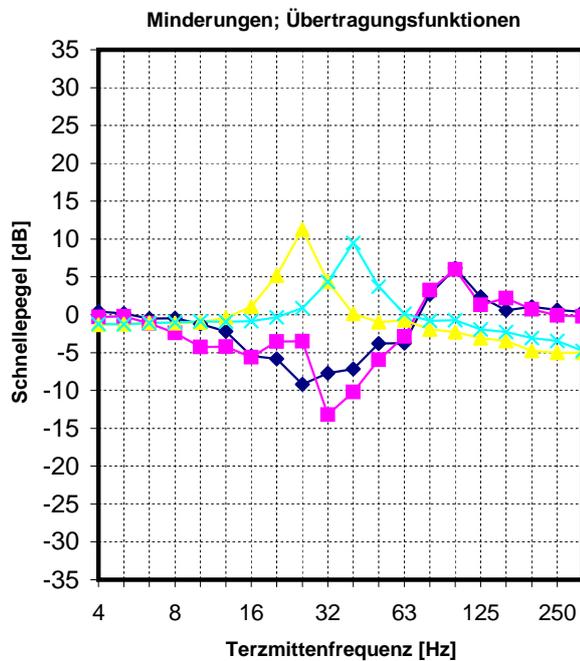
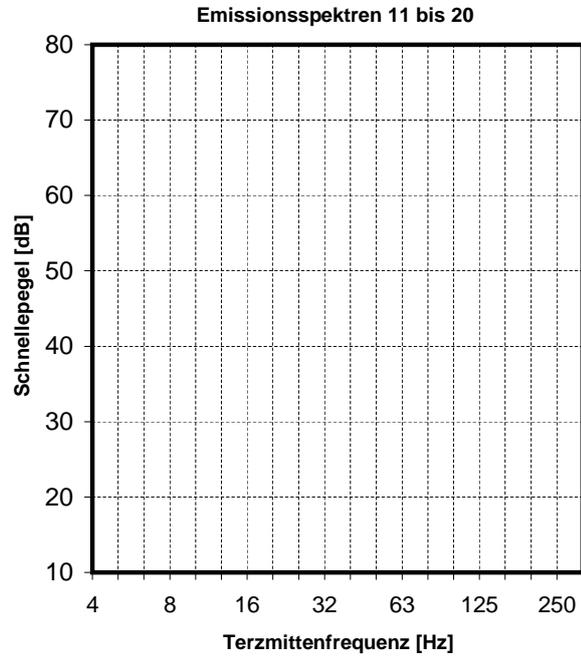
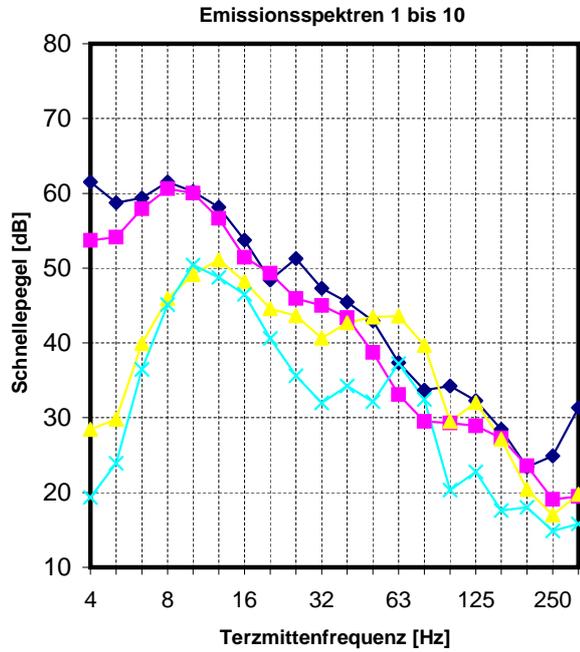


alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Prognose der Immissionen Felderhof II, 25 m Entfernung zum Gleis

Frequenz [Hz]	4																				8																				16																				32																				63																				125																				250																				Anzahl Ereignisse																				
	Tag																				Nacht																				Tag																				Nacht																				Tag																				Nacht																				Tag																				Nacht																				Tag
Emissionsspektren																																																																																																																																																																	
Güterzug Gleis 1	58,2	65,4	61,7	60,0	61,7	61,5	59,8	58,3	52,8	55,0	52,5	54,0	48,7	44,9	46,2	46,0	32,4	25,4	26,1	29,8	29,5	82	37																																																																																																																																										
Güterzug Gleis 2	53,3	56,0	55,7	57,2	60,4	60,9	59,0	55,9	51,9	50,9	48,5	45,7	41,3	38,5	41,8	39,2	28,6	24,6	25,9	28,5	27,9	82	37																																																																																																																																										
RB425 Gleis 1	30,5	30,2	31,6	40,1	46,4	50,2	52,3	52,1	48,5	48,0	44,6	46,7	47,4	49,3	50,3	37,9	30,7	23,2	23,7	25,6	26,6	32	4																																																																																																																																										
RB425 Gleis 2	27,9	20,5	25,8	36,3	45,2	52,0	49,2	49,4	45,0	40,3	35,4	38,6	36,5	42,7	42,7	27,9	20,9	12,8	22,2	23,9	22,5	32	4																																																																																																																																										
Berücksichtigte Geschwindigkeitskorrektur																																																																																																																																																																	
V-Korrektur 60 > 80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-1,0	0,0	-6,0	7,0	6,0	2,0	4,0	6,0	4,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0																																																																																																																																												
V-Korrektur 60 > 80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-1,0	0,0	-6,0	7,0	6,0	2,0	4,0	6,0	4,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0																																																																																																																																												
V-Korrektur 100 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-1,0	4,0	1,0	-2,0	-5,0	0,0	3,0	0,0	2,0	4,0	3,0	0,0	1,0	1,0																																																																																																																																												
V-Korrektur 100 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-1,0	4,0	1,0	-2,0	-5,0	0,0	3,0	0,0	2,0	4,0	3,0	0,0	1,0	1,0																																																																																																																																												
Übertragungsfunktionen																																																																																																																																																																	
1. OG vorne	0,6	0,4	0,2	-0,5	-0,5	-1,2	-2,2	-5,4	-5,8	-9,2	-7,7	-7,1	-3,8	-3,7	2,7	6,2	2,4	0,6	1,1	0,6	0,4																																																																																																																																												
1. OG hinten	0,1	-0,3	-0,2	-1,1	-2,4	-4,2	-4,2	-5,6	-3,5	-3,5	-13,2	-10,2	-6,0	-2,9	3,2	6,0	1,3	2,2	0,7	-0,1	-0,2																																																																																																																																												
25 Hz Beton	-1,5	-1,3	-1,2	-1,0	-1,1	-1,0	-0,4	1,1	5,2	11,3	4,4	0,1	-1,0	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0																																																																																																																																												
40 Hz Beton	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8																																																																																																																																												
Angesetzte Bodendämpfungen																																																																																																																																																																	
von 28 m auf 25 m	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8	1,4	0,8	0,6	0,6	0,5	-0,1																																																																																																																																												
von 32 m auf 29 m	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,2	0,7	0,6	0,5	0,5	-0,1																																																																																																																																												
Immissionsspektren																																												KB_{FTM}:	L_{max} (dB(A))																																																																																																																				
Güterzug Gleis 1																																																																																																																																																																	
1. OG vorne	59,0	66,1	62,2	59,8	61,6	60,7	60,1	52,7	48,0	41,1	53,2	54,3	48,4	46,7	56,7	57,6	36,5	28,6	29,8	32,0	30,8	0,13	41,0																																																																																																																																										
1. OG hinten	58,5	65,4	61,9	59,2	59,7	57,7	58,1	52,5	50,3	46,8	47,8	51,2	46,2	47,6	57,2	57,4	35,5	30,3	29,5	31,2	30,3	0,11	41,0																																																																																																																																										
25 Hz Beton	56,9	64,4	60,9	59,2	61,0	60,9	61,9	59,2	59,0	61,5	65,4	61,6	51,2	49,7	52,0	49,2	31,1	24,6	24,0	26,3	25,4	0,18	38,8																																																																																																																																										
40 Hz Beton	56,8	64,5	60,8	59,2	61,1	61,1	61,3	57,3	53,5	51,2	65,3	70,9	55,9	50,6	53,2	50,7	32,2	25,8	25,7	27,8	25,7	0,24	40,5																																																																																																																																										
Güterzug Gleis 2																																																																																																																																																																	
1. OG vorne	54,1	56,6	56,2	57,0	60,3	60,0	59,3	50,2	47,0	36,8	49,0	45,9	40,8	40,1	52,0	50,6	32,6	27,7	29,5	30,6	29,2	0,09	38,4																																																																																																																																										
1. OG hinten	53,6	55,9	55,8	56,3	58,3	57,0	57,3	50,0	49,3	42,5	43,6	42,8	38,6	40,9	52,6	50,4	31,6	29,4	29,2	29,9	28,6	0,08	38,4																																																																																																																																										
25 Hz Beton	52,0	54,9	54,8	56,4	59,6	60,2	61,1	56,7	58,0	57,3	61,2	53,1	43,6	43,1	47,4	42,2	27,2	23,7	23,6	25,0	23,8	0,12	36,2																																																																																																																																										
40 Hz Beton	51,9	55,0	54,7	56,4	59,7	60,4	60,5	54,7	52,5	46,9	61,1	62,5	48,3	43,9	48,5	43,7	28,3	24,9	25,4	26,5	24,1	0,13	37,4																																																																																																																																										
RB425 Gleis 1																																																																																																																																																																	
1. OG vorne	31,1	30,6	31,8	39,6	45,9	49,0	52,1	45,7	46,7	39,8	34,8	34,5	43,6	48,6	53,1	46,1	37,1	26,8	24,8	27,2	27,9	0,04	33,4																																																																																																																																										
1. OG hinten	30,6	29,9	31,4	38,9	44,0	46,0	50,1	45,5	48,9	45,5	29,4	31,4	41,4	49,5	53,6	45,9	36,0	28,4	24,4	26,5	27,4	0,04	33,5																																																																																																																																										
25 Hz Beton	29,0	28,9	30,4	39,0	45,3	49,2	53,9	52,2	57,6	60,3	47,0	41,8	46,4	51,6	48,4	37,6	31,7	22,7	18,9	21,6	22,6	0,08	31,3																																																																																																																																										
40 Hz Beton	28,9	28,9	30,4	39,0	45,4	49,3	53,3	50,2	52,1	49,9	46,9	51,2	51,1	52,4	49,5	39,2	32,8	23,9	20,6	23,1	22,8	0,05	32,0																																																																																																																																										
RB425 Gleis 2																																																																																																																																																																	
1. OG vorne	28,5	21,0	25,9	35,8	44,8	50,7	49,0	43,0	43,2	32,1	25,7	26,5	32,6	41,9	45,4	36,1	27,2	16,4	23,3	25,5	23,9	0,03	28,9																																																																																																																																										
1. OG hinten	28,0	20,3	25,6	35,2	42,8	47,7	47,0	42,8	45,5	37,8	20,3	23,4	30,5	42,8	46,0	35,9	26,2	18,0	23,0	24,8	23,3	0,02	29,0																																																																																																																																										
25 Hz Beton	26,4	19,2	24,6	35,3	44,1	51,0	50,8	49,5	54,2	52,6	37,8	33,8	35,5	44,9	40,8	27,6	21,8	12,3	17,5	19,9	18,5	0,04	26,9																																																																																																																																										
40 Hz Beton	26,3	19,3	24,5	35,2	44,2	51,1	50,2	47,6	48,7	42,2	37,8	43,1	40,2	45,8	41,9	29,2	22,9	13,5	19,2	21,4	18,7	0,03	27,6																																																																																																																																										
(Max-Hold, Fast)																																																																																																																																																																	
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s																																																																																																																																																																	
<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">KB_{FTM}:</td> <td colspan="2">1. OG vorne</td> <td colspan="2">1. OG hinten</td> <td colspan="2">25 Hz Beton</td> <td colspan="2">40 Hz Beton</td> </tr> <tr> <td>Tag</td><td>Nacht</td> <td>Tag</td><td>Nacht</td> <td>Tag</td><td>Nacht</td> <td>Tag</td><td>Nacht</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,047</td><td>0,044</td> <td>0,041</td><td>0,038</td> <td>0,065</td><td>0,061</td> <td>0,079</td><td>0,075</td> </tr> </table>																																												KB _{FTM} :	1. OG vorne		1. OG hinten		25 Hz Beton		40 Hz Beton		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		0,047	0,044	0,041	0,038	0,065	0,061	0,079	0,075																																																																																												
KB _{FTM} :	1. OG vorne		1. OG hinten		25 Hz Beton		40 Hz Beton																																																																																																																																																										
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht																																																																																																																																																									
	0,047	0,044	0,041	0,038	0,065	0,061	0,079	0,075																																																																																																																																																									
<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Lr (dB(A)):</td> <td colspan="2">1. OG vorne</td> <td colspan="2">1. OG hinten</td> <td colspan="2">25 Hz Beton</td> <td colspan="2">40 Hz Beton</td> </tr> <tr> <td>Tag</td><td>Nacht</td> <td>Tag</td><td>Nacht</td> <td>Tag</td><td>Nacht</td> <td>Tag</td><td>Nacht</td> </tr> <tr> <td></td> <td>32,4</td><td>31,8</td> <td>32,4</td><td>31,8</td> <td>30,1</td><td>29,6</td> <td>31,7</td><td>31,2</td> </tr> </table>																																												Lr (dB(A)):	1. OG vorne		1. OG hinten		25 Hz Beton		40 Hz Beton		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht		32,4	31,8	32,4	31,8	30,1	29,6	31,7	31,2																																																																																												
Lr (dB(A)):	1. OG vorne		1. OG hinten		25 Hz Beton		40 Hz Beton																																																																																																																																																										
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht																																																																																																																																																									
	32,4	31,8	32,4	31,8	30,1	29,6	31,7	31,2																																																																																																																																																									
<p>Zur Berechnung von KB_{FTM} bzw. KB_{FTT} werden die Spektren laut DIN 4150 bis maximal 80 Hz herangezogen.</p> <p>Bei dem berechneten Beurteilungspegel Lr für den Sekundärluftschall handelt es sich um den physikalischen Pegel OHNE 5 dB Schienenbonus.</p>																																																																																																																																																																	

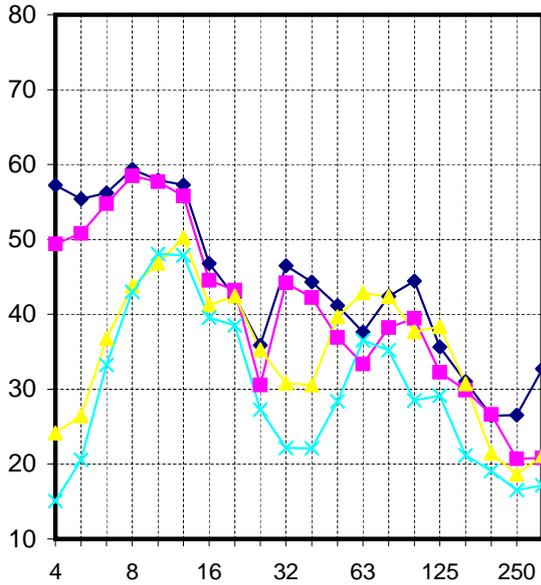
Eingangsdaten zur Prognoseberechnung Felderhof II, 50 m Entfernung zum Gleis



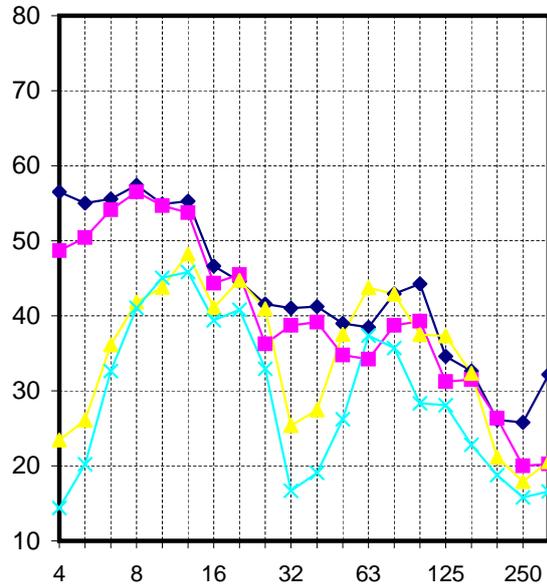
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognoseberechnung Felderhof II, 50 m Entfernung zum Gleis

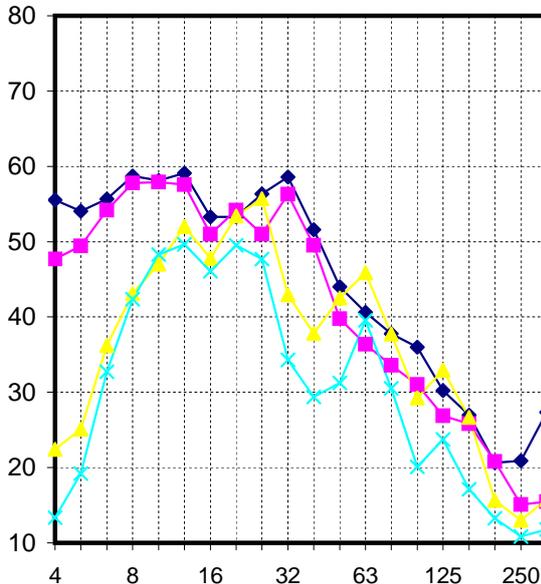
Immissionsspektren 1. OG vorne



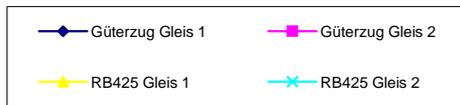
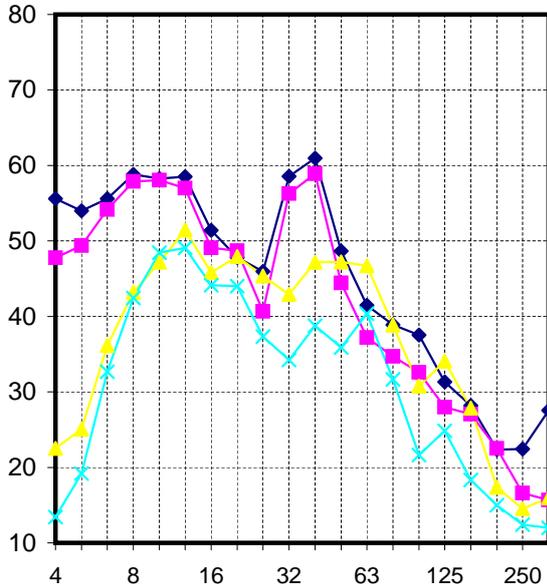
Immissionsspektren 1. OG hinten



Immissionsspektren 25 Hz Beton



Immissionsspektren 40 Hz Beton



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

Prognose der Immissionen Felderhof II, 50 m Entfernung zum Gleis

Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse								
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht							
Emissionsspektren																							
Güterzug Gleis 1	58,1	61,5	58,7	59,4	61,5	60,2	58,2	53,7	48,4	51,3	47,3	45,5	43,0	37,3	33,7	34,3	32,3	28,4	23,4	24,9	31,3	82	37
Güterzug Gleis 2	52,2	53,7	54,1	57,9	60,6	60,0	56,6	51,4	49,3	45,9	45,0	43,4	38,7	33,1	29,5	29,3	28,9	27,3	23,6	19,1	19,5	82	37
RB425 Gleis 1	29,1	28,4	29,8	39,9	45,9	49,1	51,1	48,2	44,6	43,7	40,6	42,7	43,5	43,6	39,7	29,5	32,0	27,1	20,4	17,0	19,8	32	4
RB425 Gleis 2	25,7	19,4	23,9	36,5	45,1	50,4	48,7	46,5	40,6	35,6	32,0	34,3	32,2	37,3	32,5	20,3	22,8	17,6	18,0	14,9	15,8	32	4
Berücksichtigte Geschwindigkeitskorrektur																							
V-Korrektur 60 > 80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-1,0	0,0	-6,0	7,0	6,0	2,0	4,0	6,0	4,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0		
V-Korrektur 60 > 80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-1,0	0,0	-6,0	7,0	6,0	2,0	4,0	6,0	4,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0		
V-Korrektur 100 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-1,0	4,0	1,0	-2,0	-5,0	0,0	3,0	0,0	2,0	4,0	3,0	0,0	1,0	1,0		
V-Korrektur 100 > 120/140	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	-1,0	4,0	1,0	-2,0	-5,0	0,0	3,0	0,0	2,0	4,0	3,0	0,0	1,0	1,0		
Übertragungsfunktionen																							
1. OG vorne	0,6	0,4	0,2	-0,5	-0,5	-1,2	-2,2	-5,4	-5,8	-9,2	-7,7	-7,1	-3,8	-3,7	2,7	6,2	2,4	0,6	1,1	0,6	0,4		
1. OG hinten	0,1	-0,3	-0,2	-1,1	-2,4	-4,2	-4,2	-5,6	-3,5	-3,5	-13,2	-10,2	-6,0	-2,9	3,2	6,0	1,3	2,2	0,7	-0,1	-0,2		
25 Hz Beton	-1,5	-1,3	-1,2	-1,0	-1,1	-1,0	-0,4	1,1	5,2	11,3	4,4	0,1	-1,0	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0		
40 Hz Beton	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-4,8		
Immissionsspektren																							
															KB_{FTr}:	L_{max} (dB(A))							
Güterzug Gleis 1																							
1. OG vorne	58,7	61,9	58,9	58,9	61,1	59,0	58,0	47,3	42,6	36,1	46,6	44,3	41,1	37,6	42,4	44,4	35,6	31,0	26,5	26,5	32,7	0,10	36,6
1. OG hinten	58,2	61,2	58,5	58,3	59,1	56,0	56,0	47,1	44,9	41,8	41,1	41,2	39,0	38,5	42,9	44,3	34,6	32,6	26,1	25,8	32,2	0,08	36,4
25 Hz Beton	56,7	60,2	57,5	58,3	60,4	59,2	59,8	53,8	53,6	56,5	58,7	51,6	44,0	40,6	37,8	36,0	30,2	27,0	20,6	20,9	27,3	0,11	34,8
40 Hz Beton	56,5	60,3	57,5	58,3	60,5	59,4	59,2	51,9	48,1	46,2	58,7	61,0	48,7	41,5	38,9	37,5	31,3	28,2	22,3	22,4	27,6	0,12	36,2
Güterzug Gleis 2																							
1. OG vorne	52,7	54,1	54,3	57,4	60,2	58,8	56,5	45,0	43,5	30,8	44,3	42,2	36,9	33,4	38,2	39,5	32,3	29,9	26,6	20,7	20,8	0,08	34,1
1. OG hinten	52,3	53,4	53,9	56,8	58,2	55,8	54,4	44,8	45,8	36,4	38,8	39,2	34,8	34,2	38,7	39,3	31,2	31,5	26,3	20,0	20,3	0,06	34,1
25 Hz Beton	50,7	52,4	52,9	56,9	59,5	59,0	58,3	51,5	54,5	51,2	56,4	49,5	39,8	36,4	33,6	31,0	26,9	25,8	20,8	15,1	15,5	0,09	33,0
40 Hz Beton	50,5	52,5	52,9	56,8	59,6	59,2	57,7	49,6	49,0	40,8	56,4	58,9	44,4	37,2	34,7	32,6	28,0	27,0	22,5	16,6	15,7	0,09	34,8
RB425 Gleis 1																							
1. OG vorne	29,7	28,9	30,0	39,4	45,5	47,9	50,9	41,8	42,8	35,5	30,9	30,5	39,7	42,9	42,4	37,7	38,4	30,7	21,5	18,6	21,1	0,03	29,4
1. OG hinten	29,3	28,1	29,6	38,8	43,5	44,9	48,9	41,6	45,0	41,2	25,4	27,5	37,5	43,7	42,9	37,5	37,3	32,3	21,1	17,9	20,6	0,02	29,4
25 Hz Beton	27,7	27,1	28,6	38,9	44,8	48,1	52,7	48,3	53,7	55,9	43,0	37,8	42,5	45,9	37,7	29,2	33,0	26,7	15,6	13,0	15,8	0,05	27,6
40 Hz Beton	27,5	27,2	28,6	38,8	44,9	48,3	52,2	46,3	48,2	45,6	43,0	47,2	47,2	46,7	38,9	30,8	34,1	27,9	17,3	14,5	16,0	0,04	28,4
RB425 Gleis 2																							
1. OG vorne	26,2	19,8	24,1	36,0	44,7	49,2	48,6	40,1	38,8	27,4	22,2	22,1	28,4	36,5	35,2	28,5	29,1	21,2	19,1	16,5	17,2	0,02	24,7
1. OG hinten	25,8	19,1	23,7	35,3	42,7	46,2	46,5	39,9	41,1	33,1	16,8	19,0	26,2	37,4	35,7	28,3	28,1	22,8	18,8	15,8	16,6	0,02	24,7
25 Hz Beton	24,2	18,1	22,7	35,4	44,0	49,4	50,4	46,6	49,8	47,9	34,4	29,4	31,2	39,5	30,5	20,1	23,7	17,1	13,3	10,9	11,8	0,03	23,1
40 Hz Beton	24,0	18,1	22,7	35,4	44,1	49,5	49,8	44,6	44,3	37,5	34,3	38,8	35,9	40,4	31,7	21,6	24,8	18,3	15,0	12,4	12,0	0,03	23,8
Zusammenfassung																							
(Max-Hold, Fast)																							
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s																							
KB_{FTr}:	1. OG vorne		1. OG hinten		25 Hz Beton		40 Hz Beton																
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht							
	0,036	0,034	0,030	0,028	0,043	0,040	0,044	0,042															
L_r (dB(A)):	1. OG vorne		1. OG hinten		25 Hz Beton		40 Hz Beton																
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht							
	28,0	27,4	27,9	27,3	26,5	25,9	28,0	27,5															

Zur Berechnung von KB_{FTr} bzw. KB_{FTr} werden die Spektren laut DIN 4150 bis maximal 80 Hz herangezogen.

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

Vergleich: Emissionsspektrum bei 10m mit Bodendämpfung zu gemessenem Spektrum an Meygner Busch

