



Unterlage 16.3.1

Ermittlung Untersuchungs- korridor PFA 6

Schwingungstechnik und
Erschütterungen im
Bauwesen

baudyn.de

Messung
Berechnung
Beratung
Gutachten

Projekt 2015302
Inhalt Ausbaustrecke (ABS) / Neubaustrecke (NBS) Hamburg – Lübeck – Putt-
garden (Hinterlandanbindung FBQ)
PFA 6 Fehmarn inklusive Brückenbereich
Untersuchung zu betriebsbedingten Erschütterungsimmissionen
Prognose Untersuchungskorridor PFA 6
Messtermin 12.-14.12.2016 und 30.01.2017
Dokument 2018-01-31-2015302-N6-3-PK

Auftraggeber Arbeitsgemeinschaft FBQ
c/o Trüper Gondesen Partner (TGP)
An der Untertrave 17, 23552 Lübeck

Vorhabenträger DB Netz AG
Hammerbrookstraße 44, 20097 Hamburg

Anmerkung Eine auszugsweise Zitierung ist mit uns abzustimmen
Seitenanzahl 34
Datum 22.01.2018
baudyn GmbH



Dipl.-Ing. Marc Oliver Rosenquist
- Geschäftsführer baudyn GmbH -

baudyn GmbH
Baudynamik &
Strukturmonitoring

**Alsterdorfer Straße 245
D-22297 Hamburg
Germany**
Fon +49 40 54 80 291 -00
Fax +49 40 54 80 291 -29

www.baudyn.de

Geschäftsführer
Dipl.-Ing. M.O. Rosenquist
Dr.-Ing. K. Holtzendorff

Sitz der Gesellschaft
Hamburg HRB 110933

USt-IdNr.: DE266720694

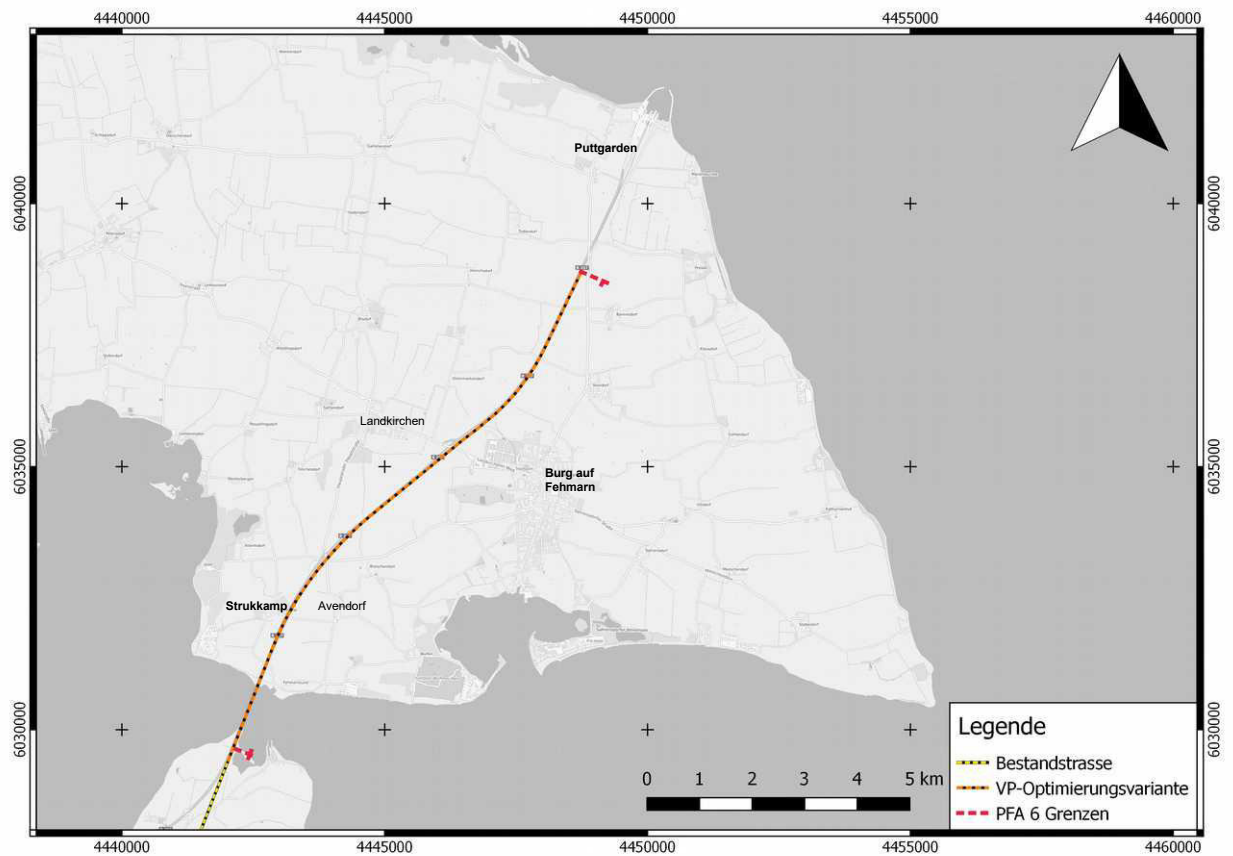
Inhaltsverzeichnis

1 Überblick Strecke 1100 PFA 6.....	4
1.1 Übersichtsplan PFA 6.....	4
1.2 km 74,0 bis km 76,7.....	5
1.3 km 76,5 bis km 80,1.....	5
1.4 km 79,8 bis km 83,8.....	6
1.5 km 83,7 bis km 85,4.....	6
2 Randbedingungen.....	7
2.1 Betriebsprogramm und für die Prognose verwendete Emissionen.....	7
2.1.1 Prognose-Nullfall 2030.....	7
2.1.1.1 Strecke 1100 km 74.0+49 - 85.4+50 Hg 160 km/h.....	7
2.1.2 Prognose-Planfall 2030.....	7
2.1.2.1 Bau-km 172,71 - 175,92 Hg 160 km/h.....	7
2.1.2.2 Bau-km 175,92 - 184,16 Hg 200 km/h.....	7
2.2 Zuglängen.....	8
3 Emissionen.....	9
3.1 Vergleichsmessung Müssen: Emissionen 8 m.....	9
3.1.1 LvFmax: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC.....	9
3.1.2 LvFeq: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC.....	10
3.2 Vergleichsmessung Müssen: Erschütterungsausbreitung.....	11
3.2.1 Verwendete Terzschnellepegel: Güterzug Richtung Hamburg 100 km/h.....	11
3.2.2 Ausbreitungsparameter n: ermittelt durch terzweise Regression.....	12
3.2.3 Beispielhafte Anwendung des Ausbreitungsparameters n auf 10 m Messpunkt.....	13
3.3 Vergleichsmessung Müssen: Emissionen von 8 m auf 80 m gerechnet.....	14
3.3.1 LvFmax: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC.....	14
3.3.2 LvFeq: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC.....	15
3.4 Messungen MO 6.1 Struckamp 66: Emissionen in 80 m gemessen.....	16
3.4.1 LvFmax: LINT 41, IC3 (DSB).....	16
3.4.2 LvFeq: LINT 41, IC3 (DSB).....	17
3.4.3 Vergleich zu Gelände Schulgarten 5 LINT 41 in 80 m.....	18
3.5 Differenzpegel zwischen Vergleichsmessung Müssen und MO 6.1 Struckamp 66.....	19
3.5.1 LINT 41 100 km/h in 80 m.....	19
3.5.2 Differenzpegel - Deltaspektrum.....	20
3.6 Emissionen 80 m: Delta-Spektrum angewendet auf Vergleichsmessung Müssen.....	21
3.6.1 LvFmax: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC.....	21
3.6.2 LvFeq: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC.....	22
4 Statistische Übertragungsfunktionen mit Variation der Deckeneigenfrequenz.....	23
4.1 Betondecken.....	23
4.2 Holzbalkendecken.....	24
5 Prognose Ermittlung Untersuchungskorridor.....	25
5.1 Erschütterungsausbreitung MO 4.2 Schulgarten 5.....	25
5.1.1 Verwendete Terzschnellepegel: LINT 41 100 km/h.....	25
5.1.2 Ausbreitungsparameter n: ermittelt durch terzweise Regression.....	26
5.1.3 Beispielhafte Anwendung des Ausbreitungsparameters n auf 17 m Messpunkt.....	27
5.2 Nullfall Strecke 1100 km 74.0+49 bis km 85.4+50 Hg 160 km/h.....	28

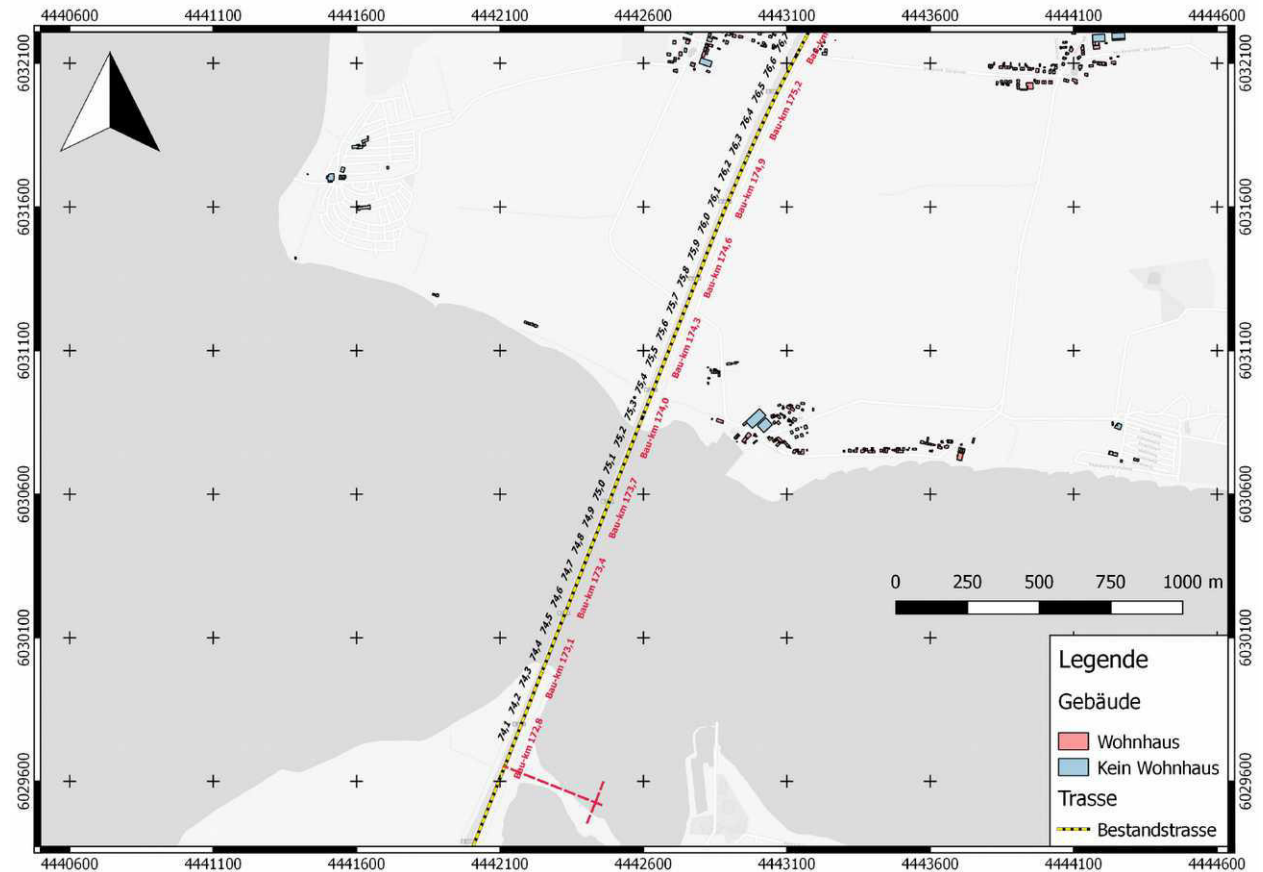
5.2.1 Betondecken Zeile 3: 10 m.....	28
5.2.2 Holzdecken Zeile 3: 11 m.....	29
5.3 Planfall Bau-km 172.71 bis km 175.92 Hg 160 km/h.....	30
5.3.1 Betondecken Zeile 3: 21 m.....	30
5.3.2 Holzdecken Zeile 3: 28 m.....	31
5.4 Planfall Bau-km 175.92 bis km 184.16 Hg 200 km/h.....	32
5.4.1 Betondecken Zeile 3: 22 m.....	32
5.4.2 Holzdecken Zeile 3: 29 m.....	33
5.5 Zusammenfassende Tabelle.....	34

1 Überblick Strecke 1100 PFA 6

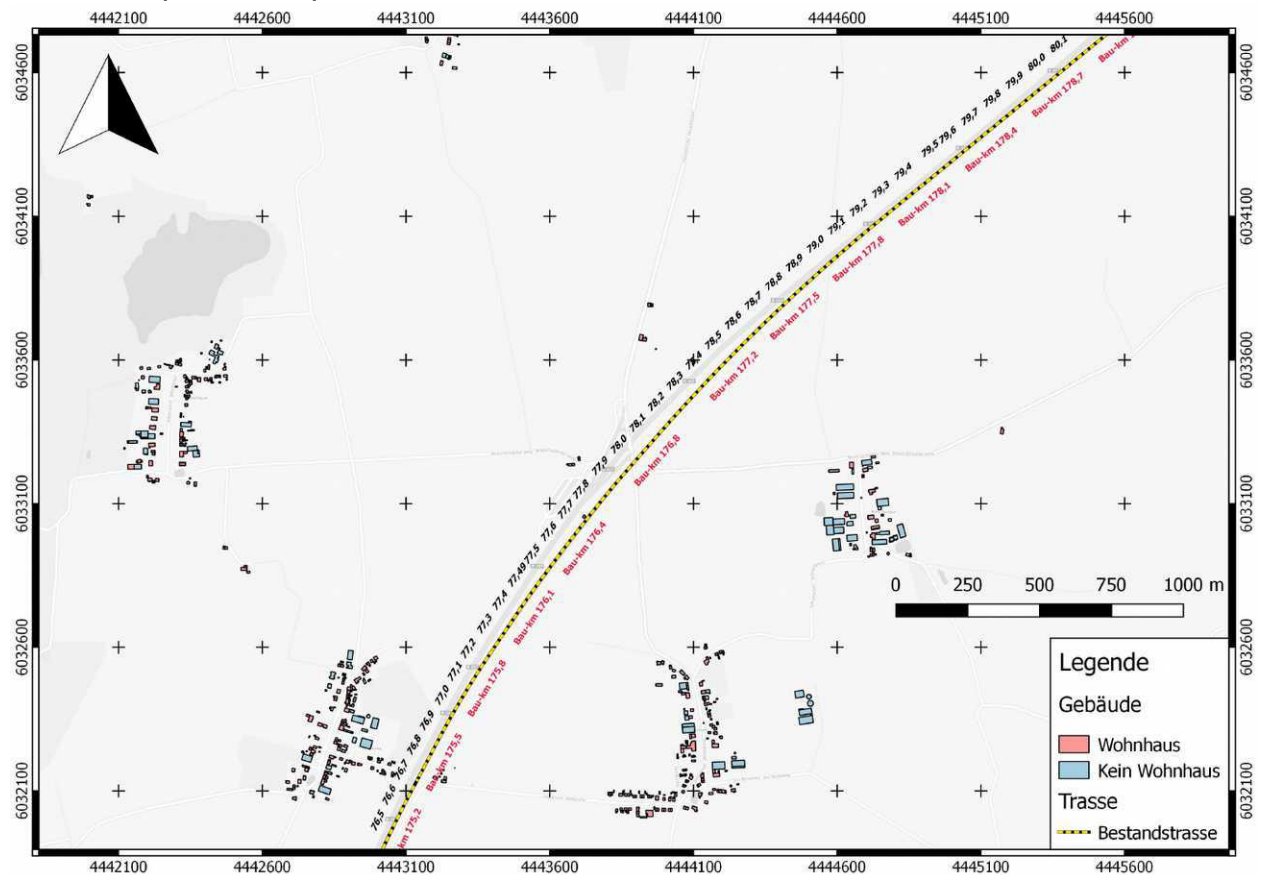
1.1 Übersichtsplan PFA 6



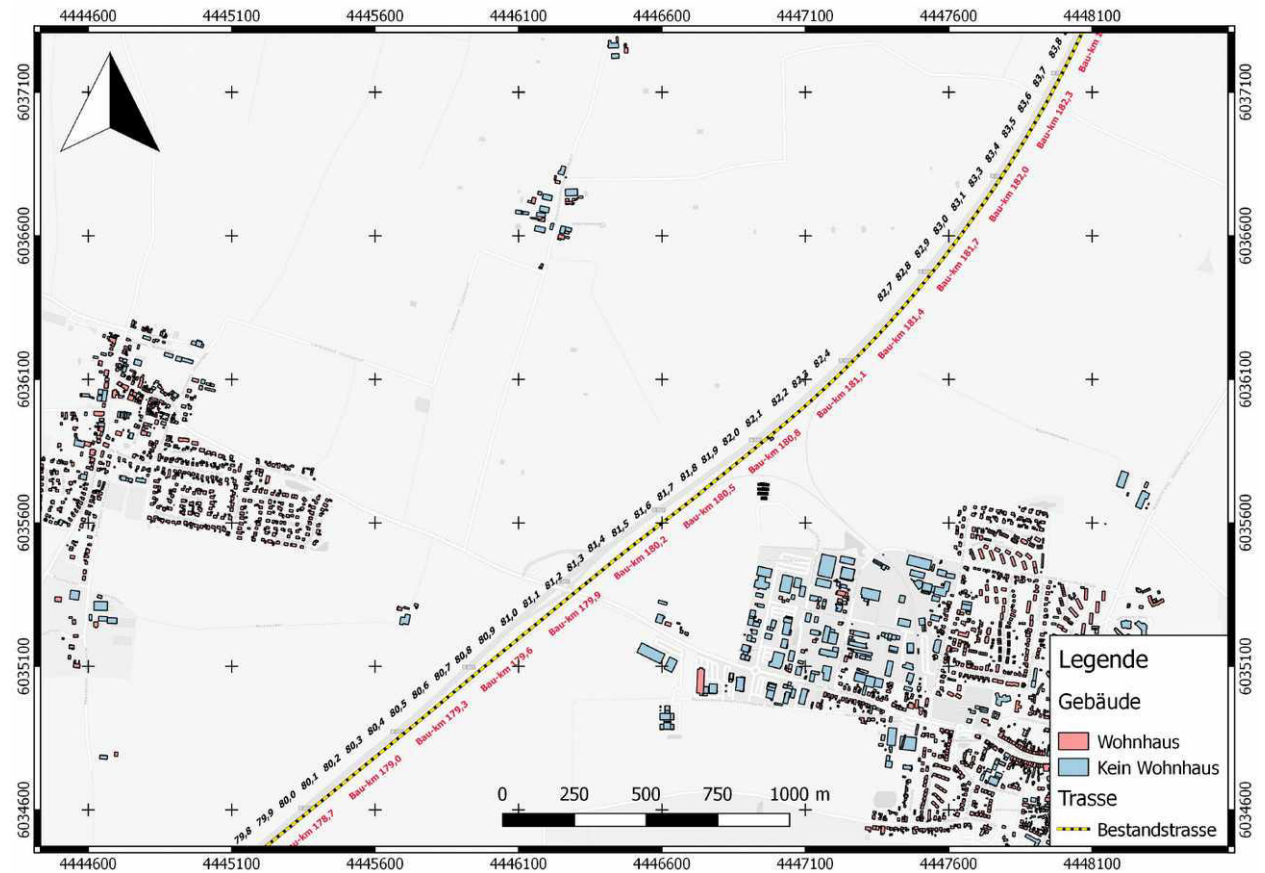
1.2 km 74,0 bis km 76,7



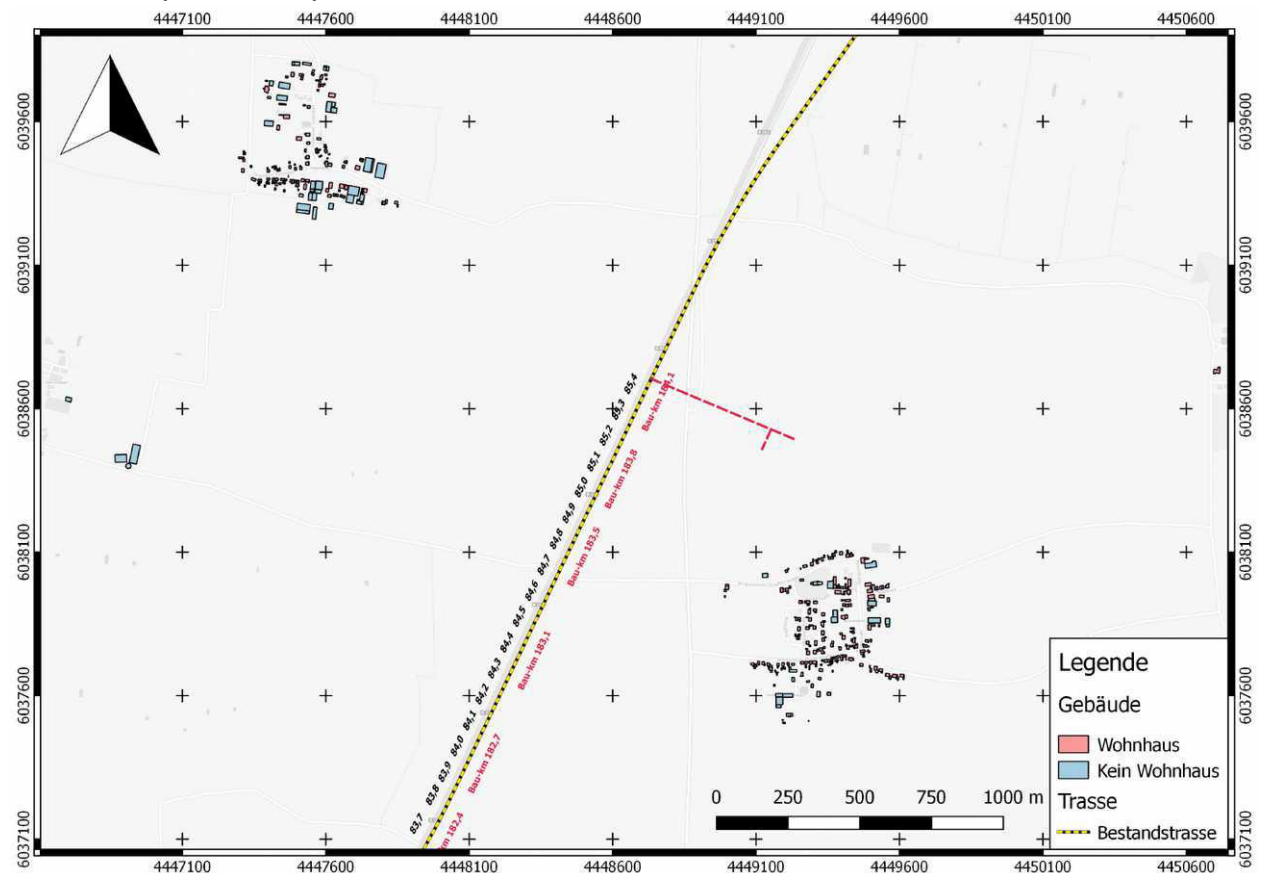
1.3 km 76,5 bis km 80,1



1.4 km 79,8 bis km 83,8



1.5 km 83,7 bis km 85,4



2 Randbedingungen

2.1 Betriebsprogramm und für die Prognose verwendete Emissionen

2.1.1 Prognose-Nullfall 2030

2.1.1.1 Strecke 1100 km 74.0+49 - 85.4+50 Hg 160 km/h

Prognose 0-Fall Hg 160 km/h						
Zugart-	Anzahl Züge		v	Emissionen für Prognose		
Traktion	Tag	Nacht	km/h	Zuggattung	gemessen bei km/h	gerechnet auf km/h
RV-VT	16	4	120	LINT 41 MO Strukkamp 66	100	120
IC-V	4	0	160	IC Vgl.msg. Müssen Delta-Spektrum Strukkamp 66 angew.	200	160
IC-VT	14	0	160	IC 3 (DSB) MO Strukkamp 66	160	160

2.1.2 Prognose-Planfall 2030

2.1.2.1 Bau-km 172,71 - 175,92 Hg 160 km/h

Prognose 2030 Hg 160 km/h						
Zugart-	Anzahl Züge		v	Emissionen für Prognose		
Traktion	Tag	Nacht	km/h	Zuggattung	gemessen bei km/h	gerechnet auf km/h
GZ-E	38	17	100	GZ-E Vgl.msg. Müssen Delta-Spektrum Strukkamp 66 angew.	100	100
GZ-E	10	5	120	GZ-E Vgl.msg. Müssen Delta-Spektrum Strukkamp 66 angew.	100	120
RV-ET	16	4	160	DS Vgl.msg. Müssen Delta-Spektrum Strukkamp 66 angew.	140	160
IC-E	27	1	160	IC Vgl.msg. Müssen Delta-Spektrum Strukkamp 66 angew.	200	160

2.1.2.2 Bau-km 175,92 - 184,16 Hg 200 km/h

Prognose 2030 Hg 200 km/h						
Zugart-	Anzahl Züge		v	Emissionen für Prognose		
Traktion	Tag	Nacht	km/h	Zuggattung	gemessen bei km/h	gerechnet auf km/h
GZ-E	38	17	100	GZ-E Vgl.msg. Müssen Delta-Spektrum Strukkamp 66 angew.	100	100
GZ-E	10	5	120	GZ-E Vgl.msg. Müssen Delta-Spektrum Strukkamp 66 angew.	100	120
RV-ET	16	4	160	DS Vgl.msg. Müssen Delta-Spektrum Strukkamp 66 angew.	140	160
IC-E	27	1	200	IC Vgl.msg. Müssen Delta-Spektrum Strukkamp 66 angew.	200	200

Quelle Betriebsprogramm:

E-Mail DB Netz AG vom 21.11.2017:

171121_Strecke 1100_Planfall 0 Bad Schwartau - Puttgarden.xlsx

171121_Strecke 1100_Planfall 2030_Bad Schwartau - Puttgarden.xlsx

(Geschwindigkeiten Prognose 0-Fall und Prognose 2030 für Hg 160 km/h angepasst)

2.2 Zuglängen

	Anzahl Waggon	Gesamtlänge in m	Länge pro Waggon in m	Quelle
Nullfall:				
RV-VT (LINT 41)	2	42	21	de.wikipedia.org/wiki/Alstom_Coradia_LINT#LINT_41
IC-V	8	216	27	Projekt Neubau S-Bahnlinie S4 (Ost) Hamburg - Bad Oldesloe
IC-VT (IC3 (DSB))	3	60	20	www.jernbanen.dk/lyntog.php?typenr=5
Planfall:				
GZ-E	38	700	18.4	Projekt Neubau S-Bahnlinie S4 (Ost) Hamburg - Bad Oldesloe
RV-ET (DS)	-	150	-	Projekt Neubau S-Bahnlinie S4 (Ost) Hamburg - Bad Oldesloe
IC-E	8	216	27	Projekt Neubau S-Bahnlinie S4 (Ost) Hamburg - Bad Oldesloe

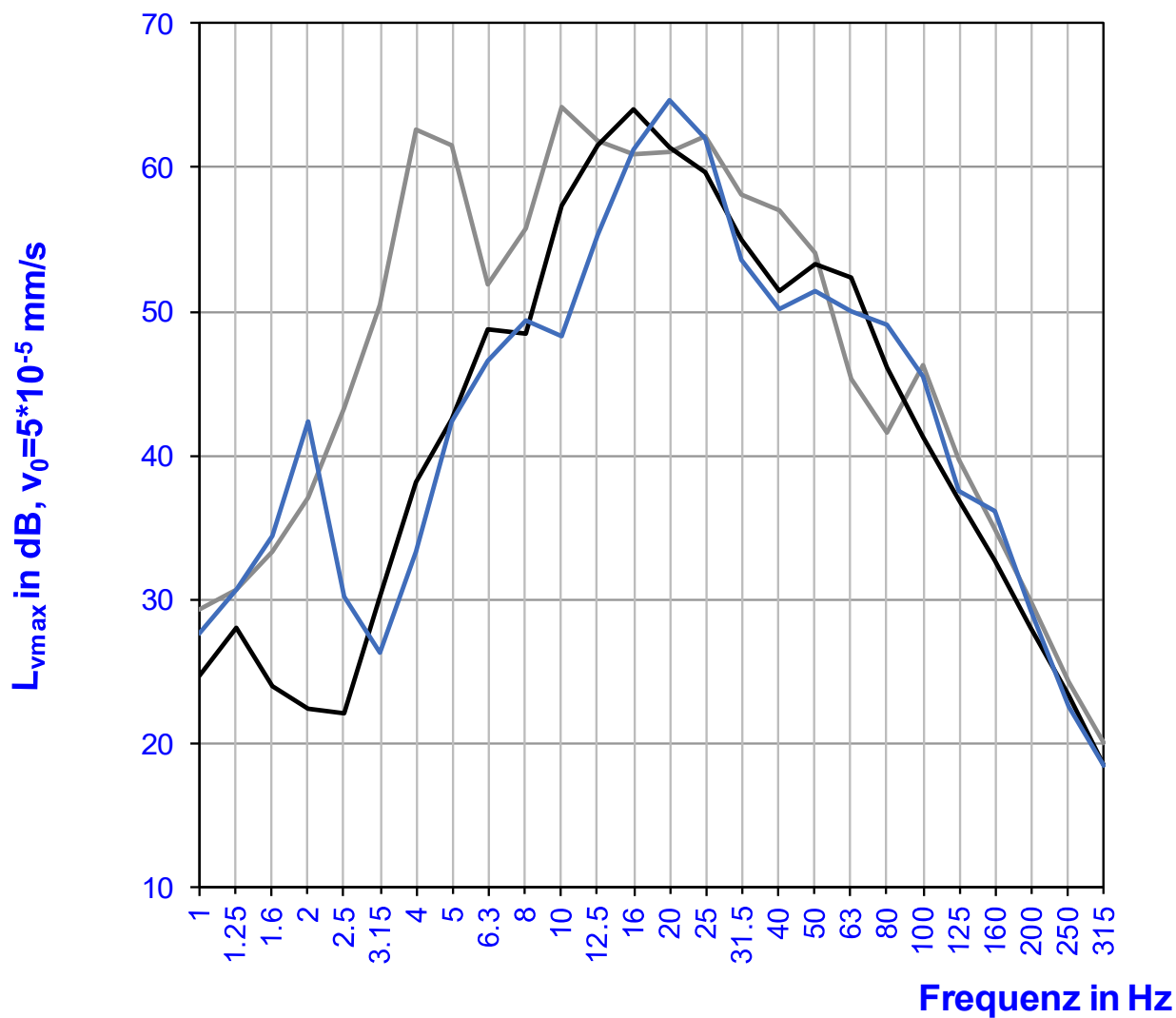
3 Emissionen

3.1 Vergleichsmessung Müssen: Emissionen 8 m

3.1.1 LvFmax: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC

2015302 SF-FBQ Prognose MO 6.1 Strukkamp 66

Emissionen Müssen L_{vmax}



— VglMsg Muessen MP Z Erdspieß 8 m GZ 100 km/h

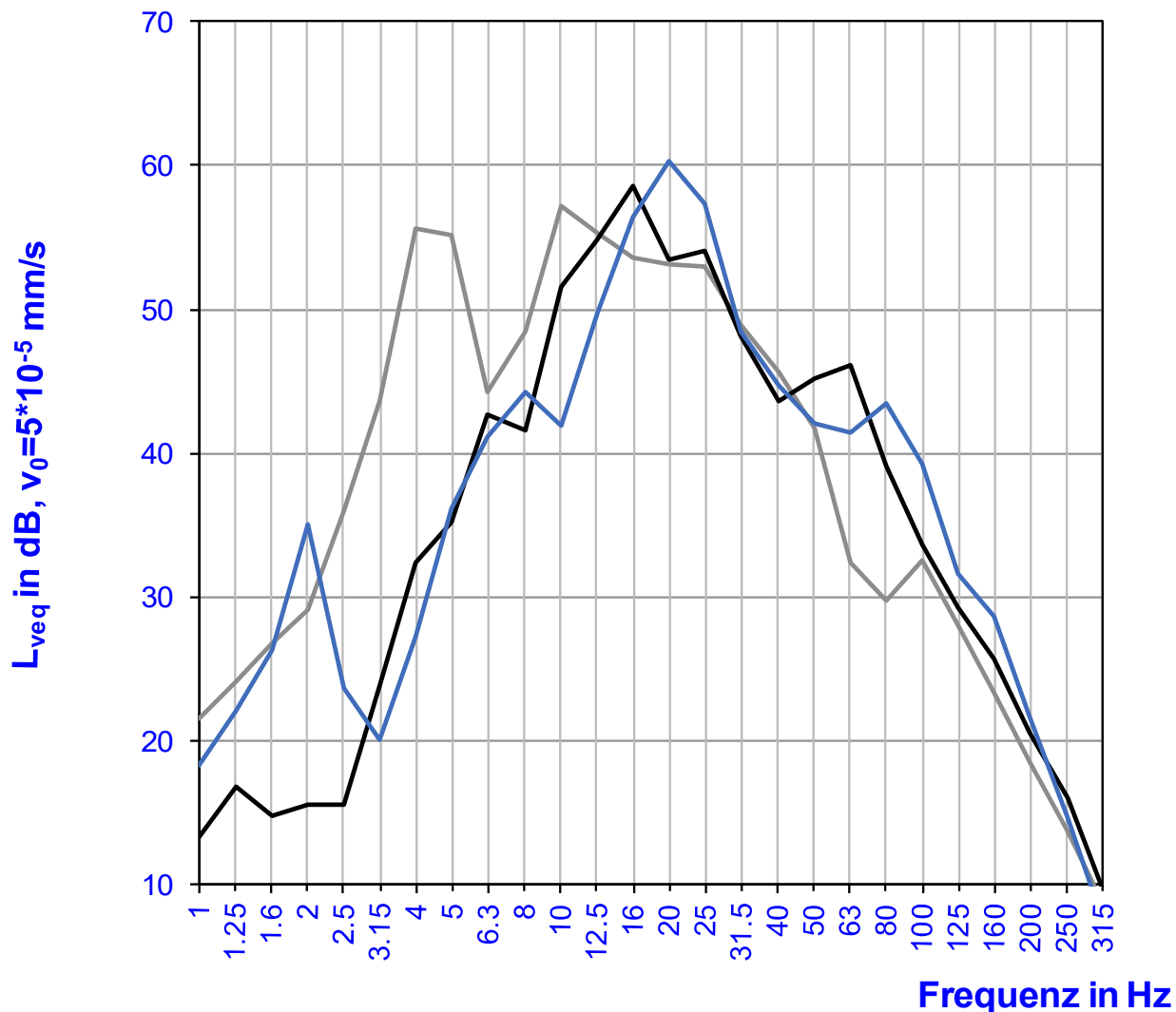
— VglMsg Muessen MP Z Erdspieß 8 m DS 140 km/h

— VglMsg Muessen MP Z Erdspieß 8 m IC 200 km/h

3.1.2 LvFeq: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC

2015302 SF-FBQ Prognose MO 6.1 Struckamp 66

Emissionen Müssen L_{veq}



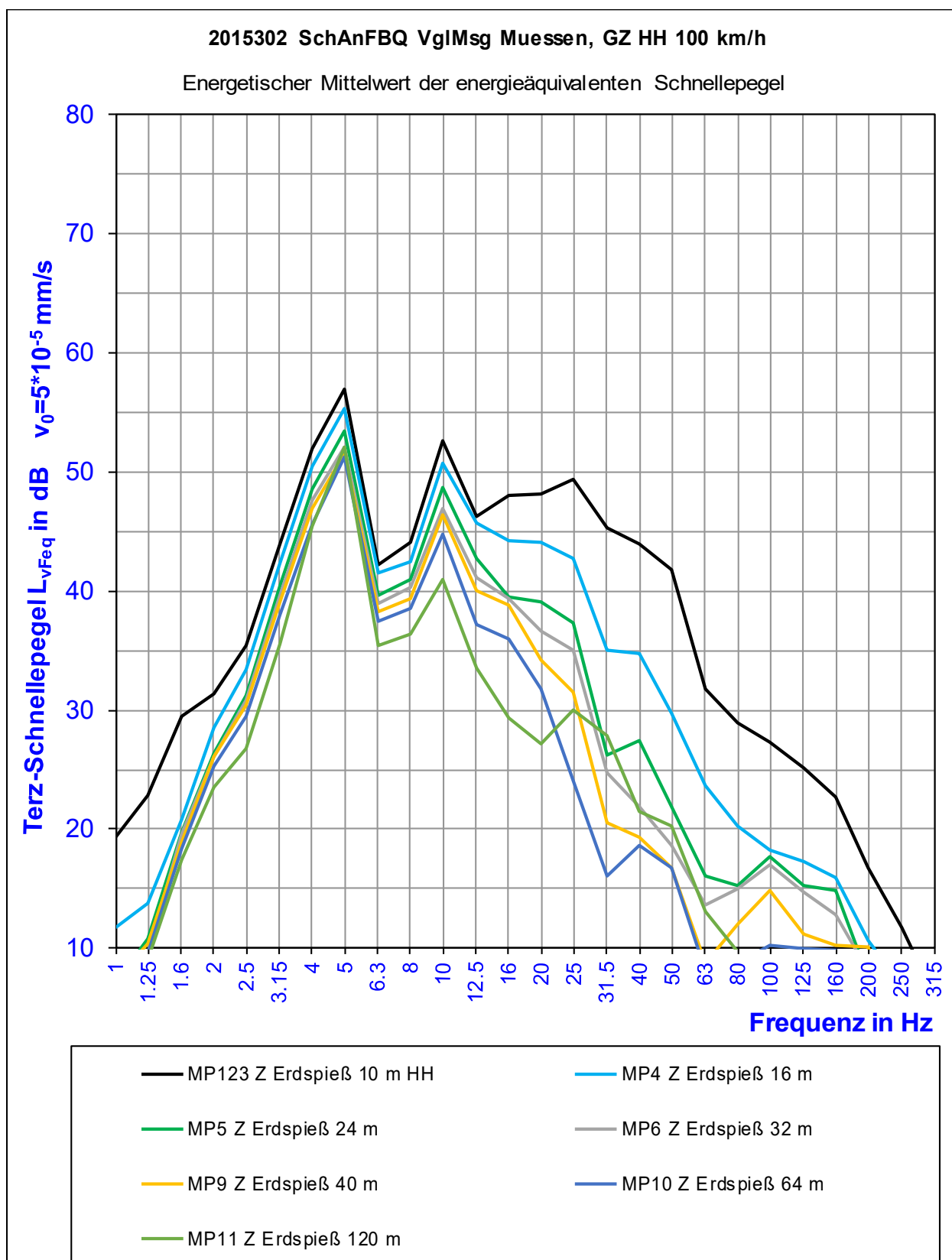
— VglMsg Muessen MP Z Erdspieß 8 m GZ 100 km/h

— VglMsg Muessen MP Z Erdspieß 8 m DS 140 km/h

— VglMsg Muessen MP Z Erdspieß 8 m IC 200 km/h

3.2 Vergleichsmessung Müssen: Erschütterungsausbreitung

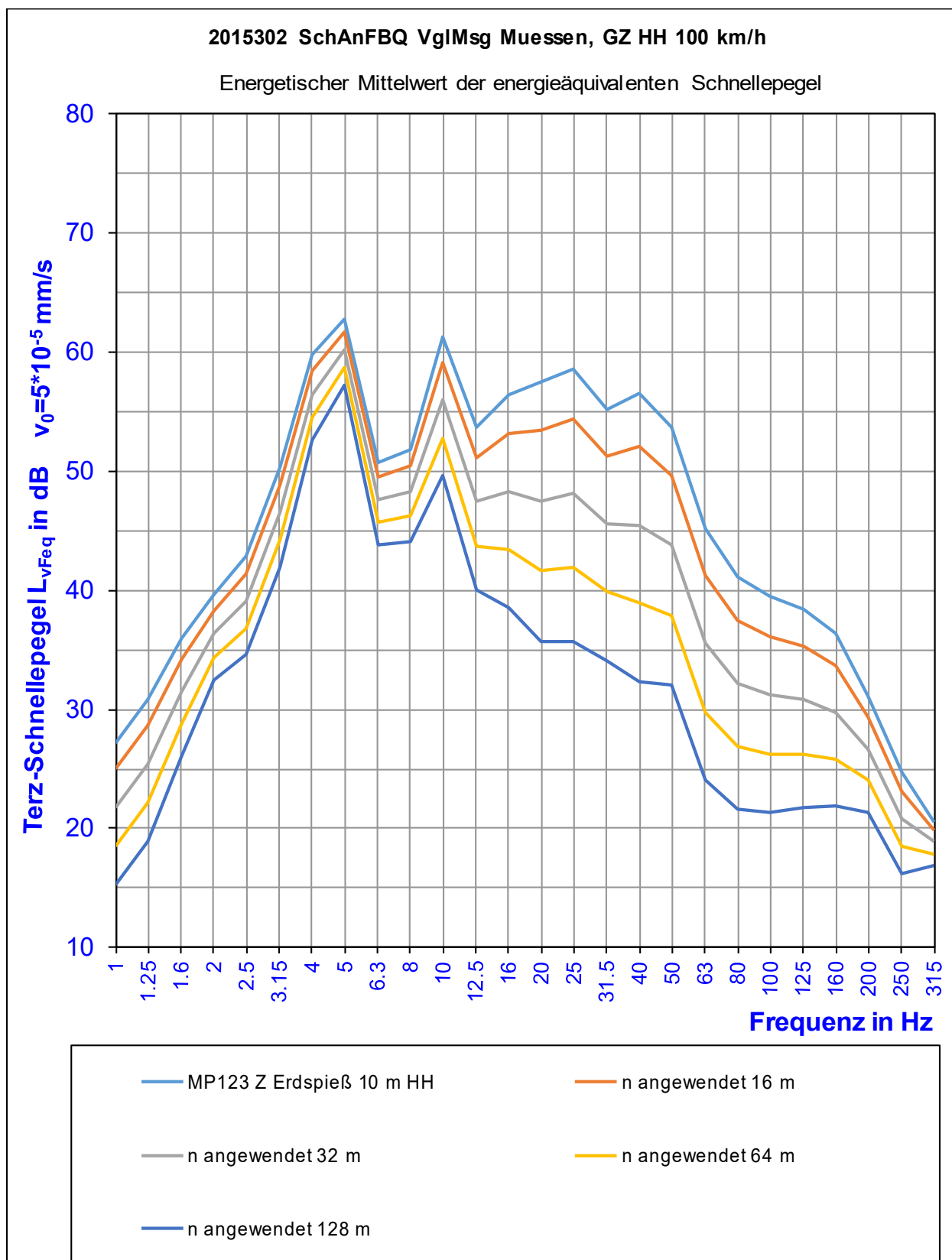
3.2.1 Verwendete Terzschnellepegel: Güterzug Richtung Hamburg 100 km/h



3.2.2 Ausbreitungsparameter n: ermittelt durch terzweise Regression

Terzmittenfreq	n
1	-0.536
1.25	-0.537
1.6	-0.448
2	-0.328
2.5	-0.373
3.15	-0.381
4	-0.324
5	-0.253
6.3	-0.316
8	-0.350
10	-0.527
12.5	-0.619
16	-0.804
20	-0.981
25	-1.035
31.5	-0.951
40	-1.097
50	-0.980
63	-0.951
80	-0.876
100	-0.824
125	-0.753
160	-0.657
200	-0.440
250	-0.387
315	-0.163

3.2.3 Beispielhafte Anwendung des Ausbreitungsparameters n auf 10 m Messpunkt

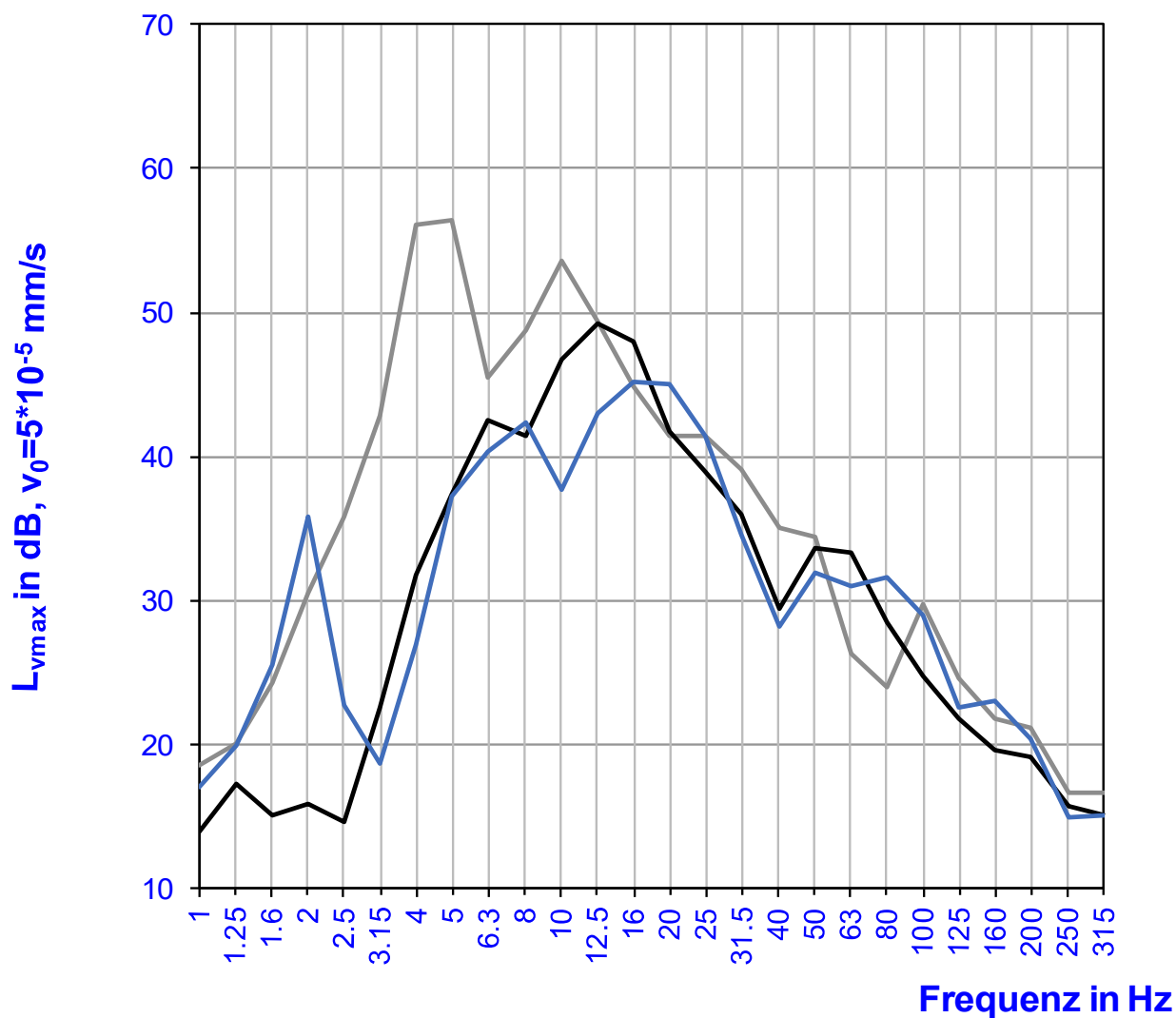


3.3 Vergleichsmessung Müssen: Emissionen von 8 m auf 80 m gerechnet

3.3.1 LvFmax: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC

2015302 SF-FBQ Prognose MO 6.1 Strukkamp 66

Emissionen Müssen L_{vmax}



— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m GZ 100 km/h

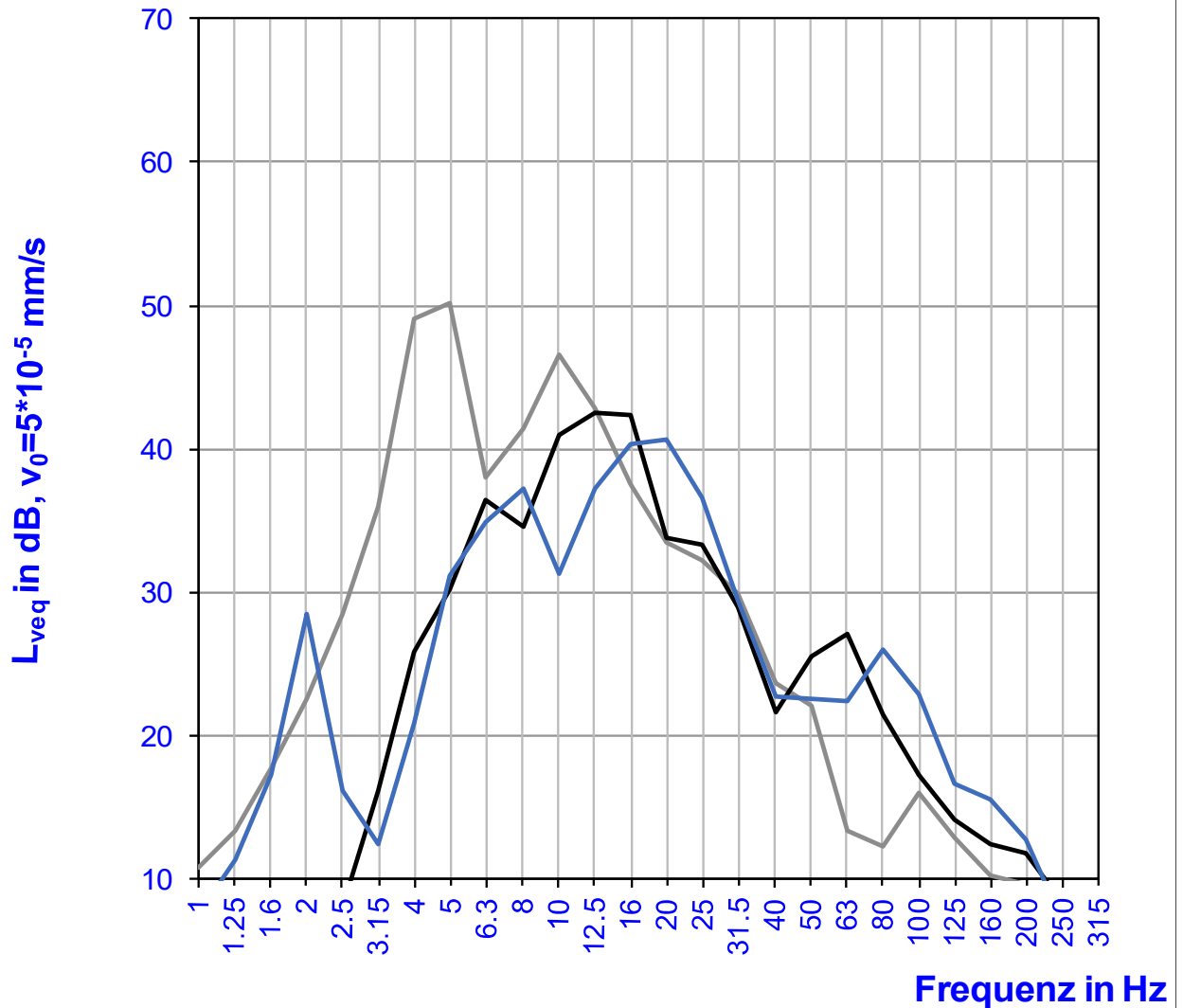
— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m DS 140 km/h

— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m IC 200 km/h

3.3.2 LvFeq: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC

2015302 SF-FBQ Prognose MO 6.1 Strukkamp 66

Emissionen Müssen L_{veq}



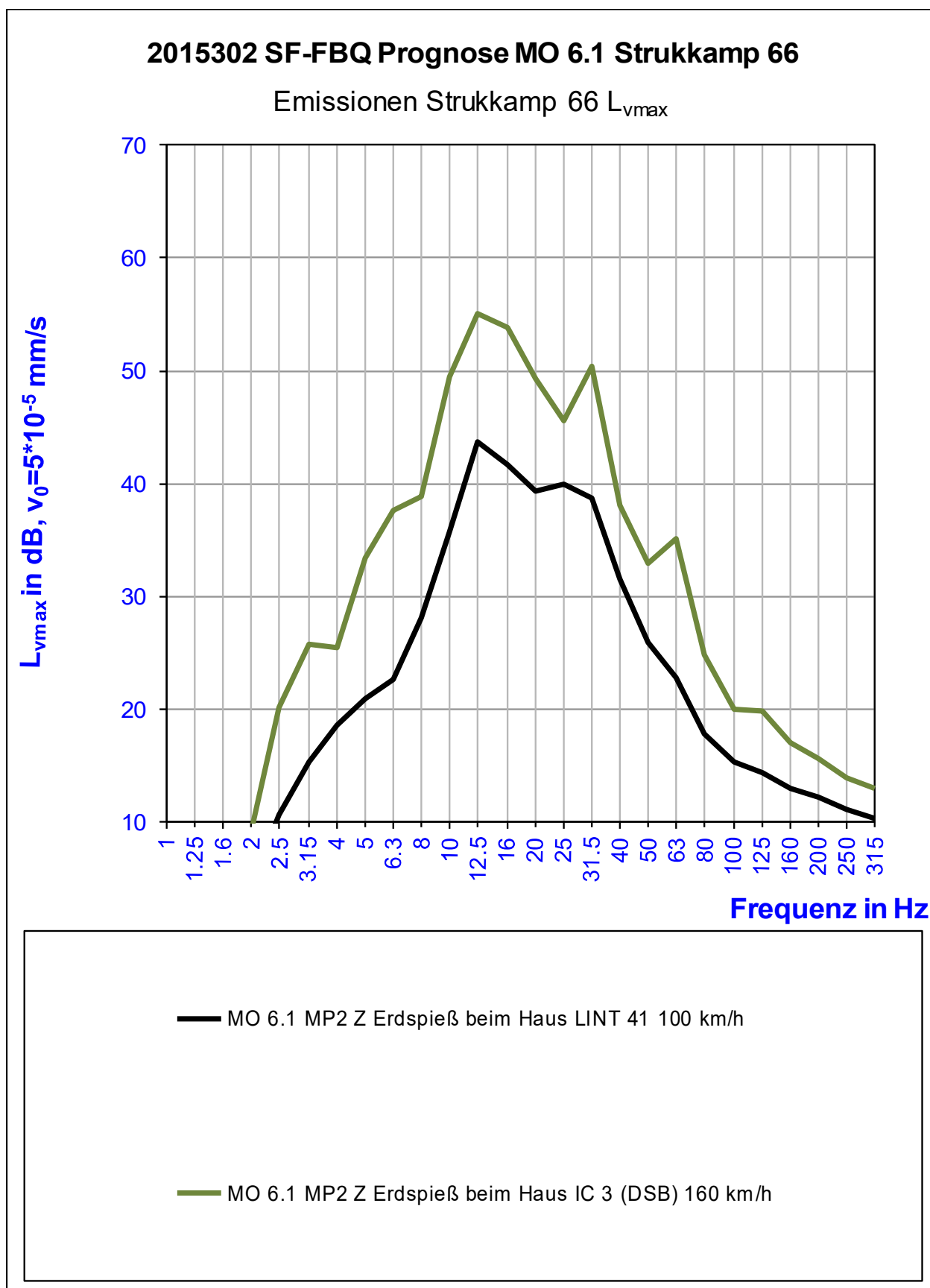
— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m GZ 100 km/h

— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m DS 140 km/h

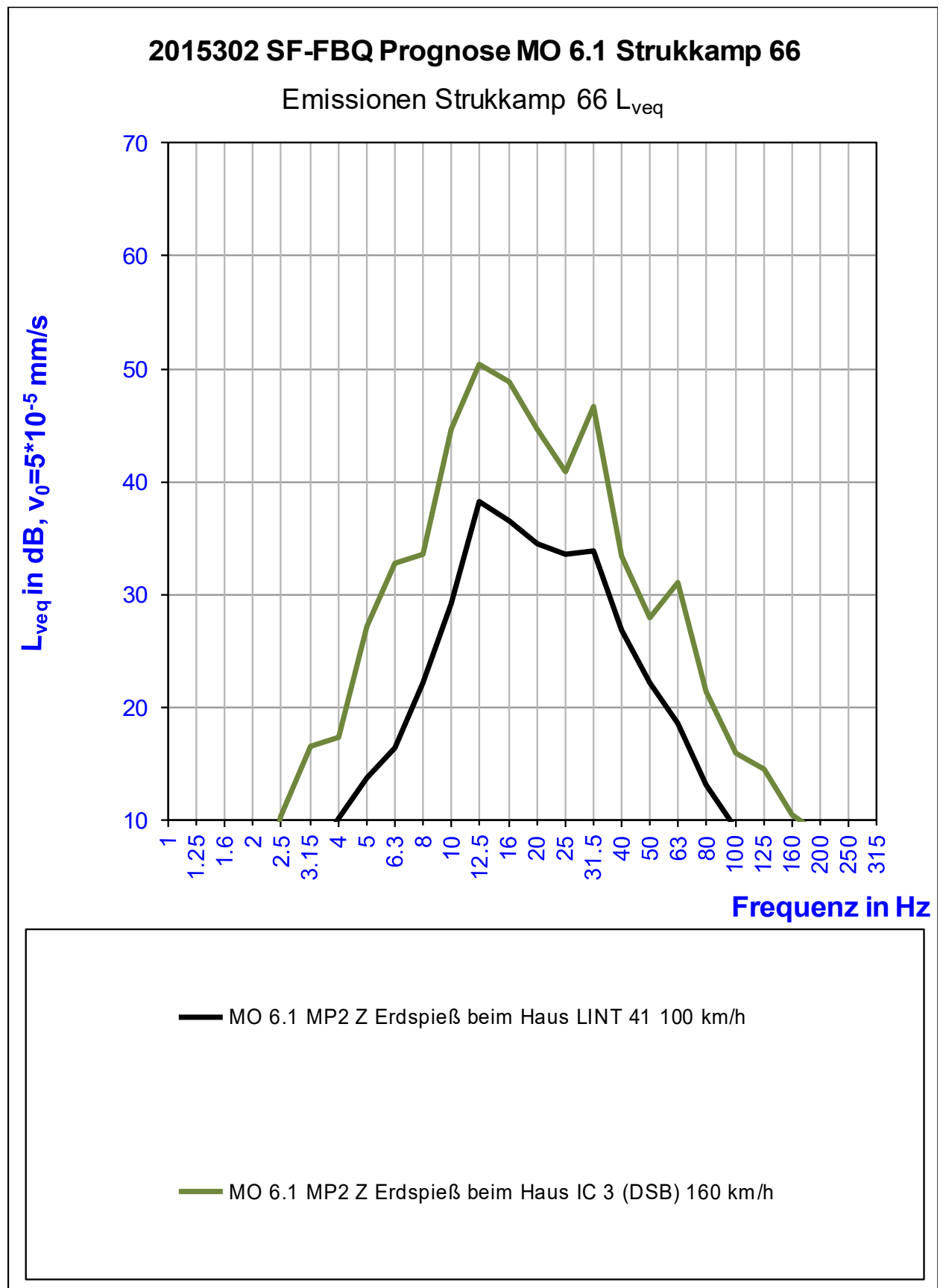
— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m IC 200 km/h

3.4 Messungen MO 6.1 Strukkamp 66: Emissionen in 80 m gemessen

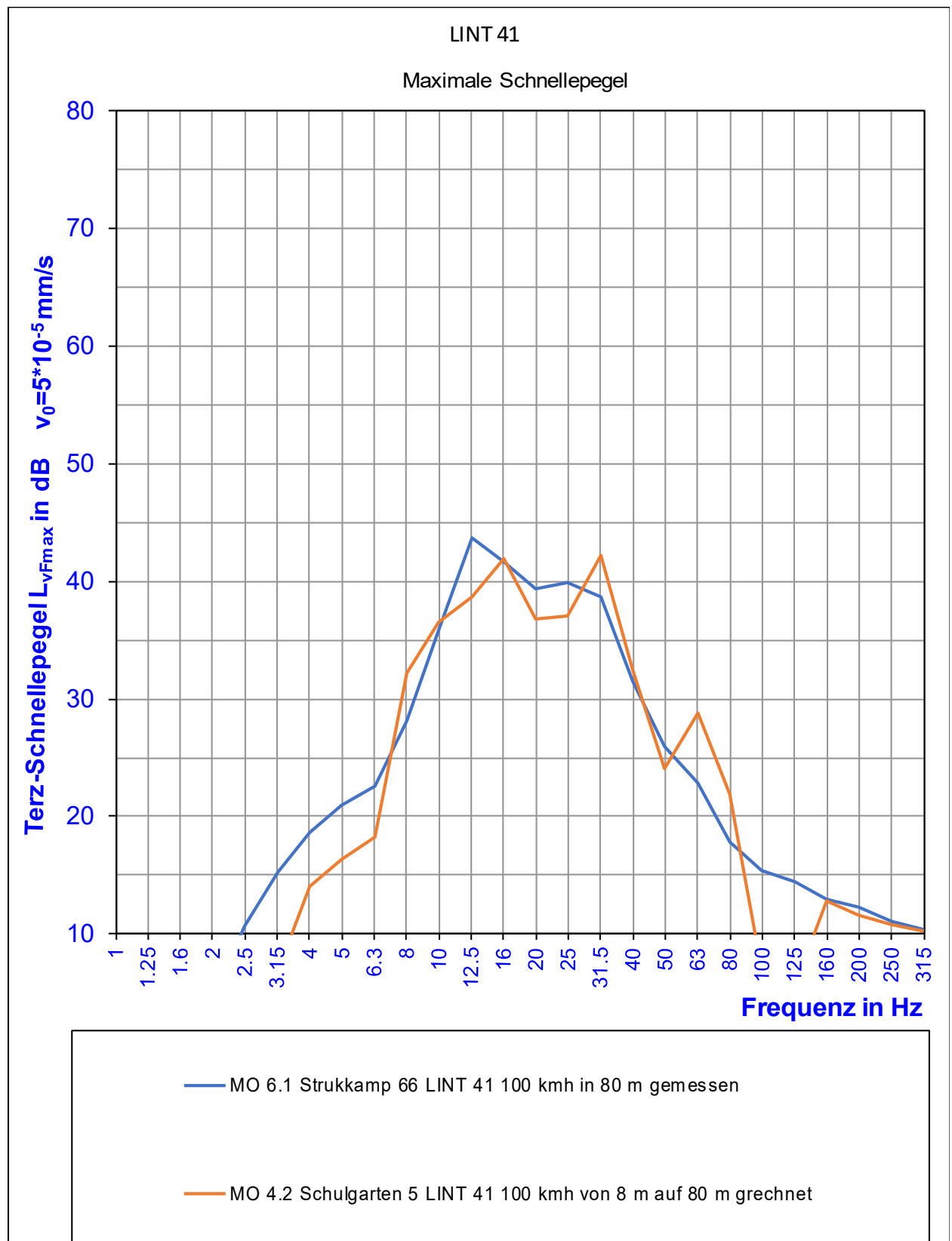
3.4.1 LvFmax: LINT 41, IC3 (DSB)



3.4.2 LvFeq: LINT 41, IC3 (DSB)

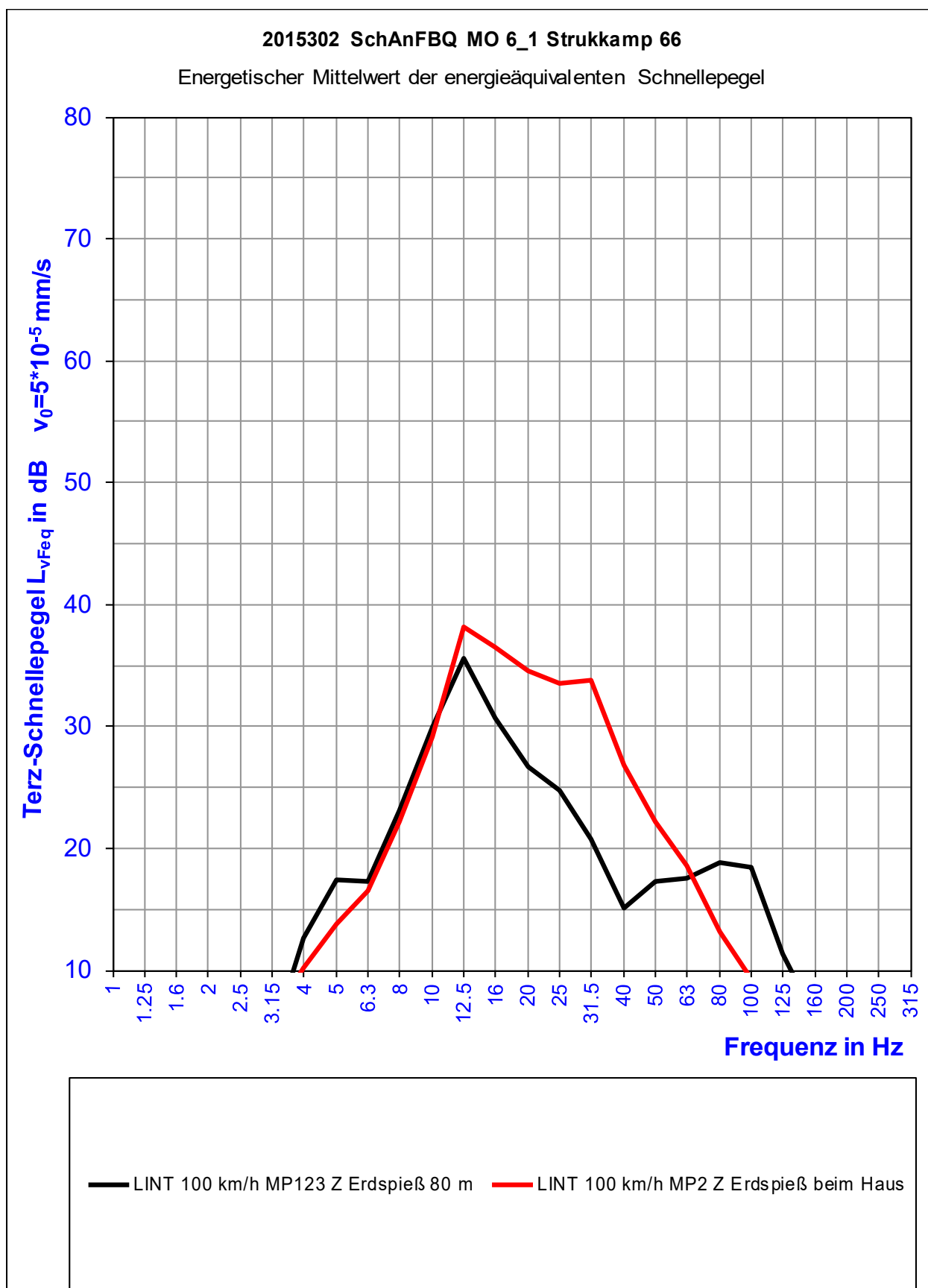


3.4.3 Vergleich zu Gelände Schulgarten 5 LINT 41 in 80 m



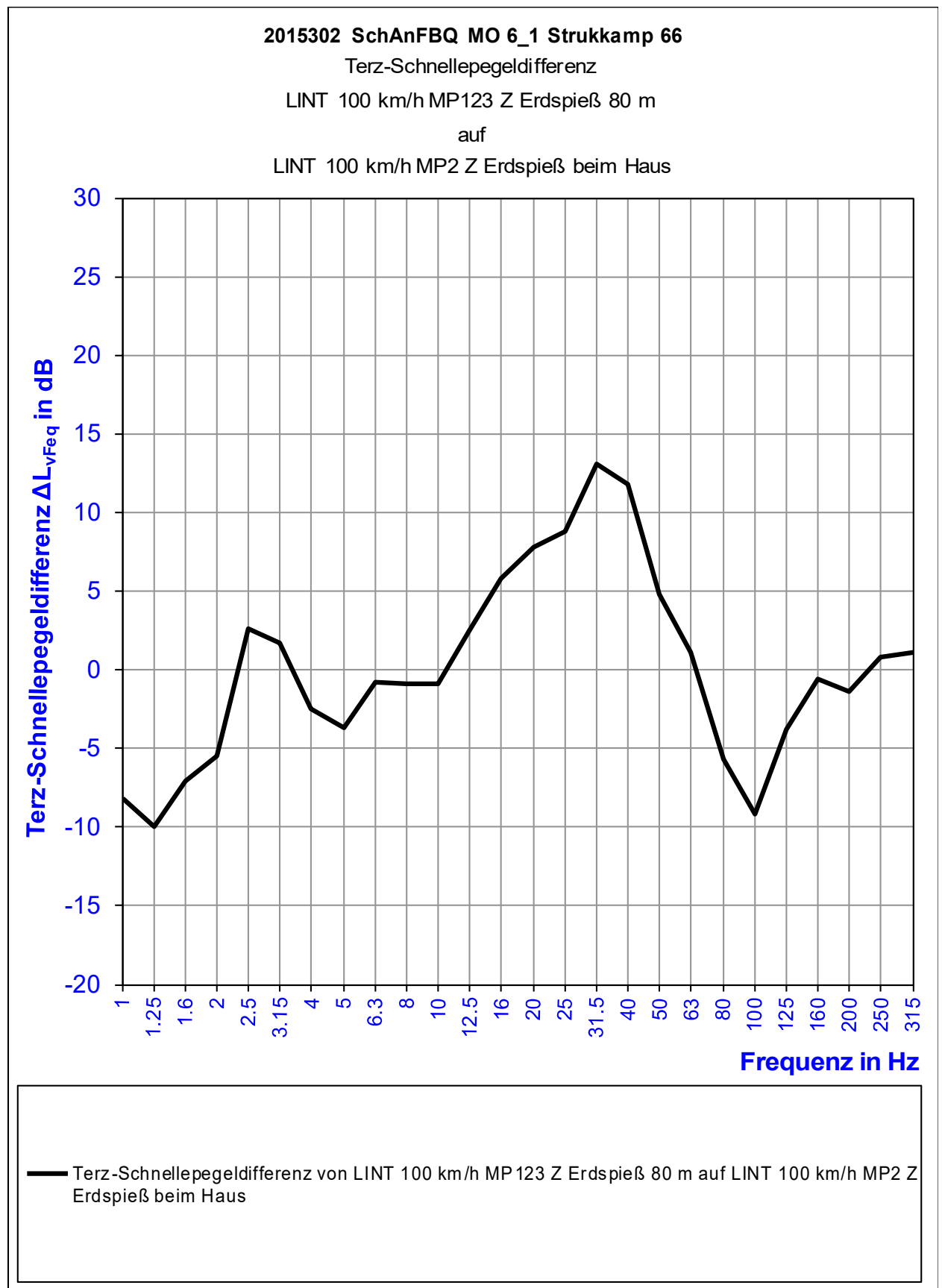
3.5 Differenzpegel zwischen Vergleichsmessung Müssen und MO 6.1 Struckamp 66

3.5.1 LINT 41 100 km/h in 80 m



Vergleichsmessungen Müssen gemittelte Emissionen von 8 m auf 80 m gerechnet

3.5.2 Differenzpegel - Deltaspektrum

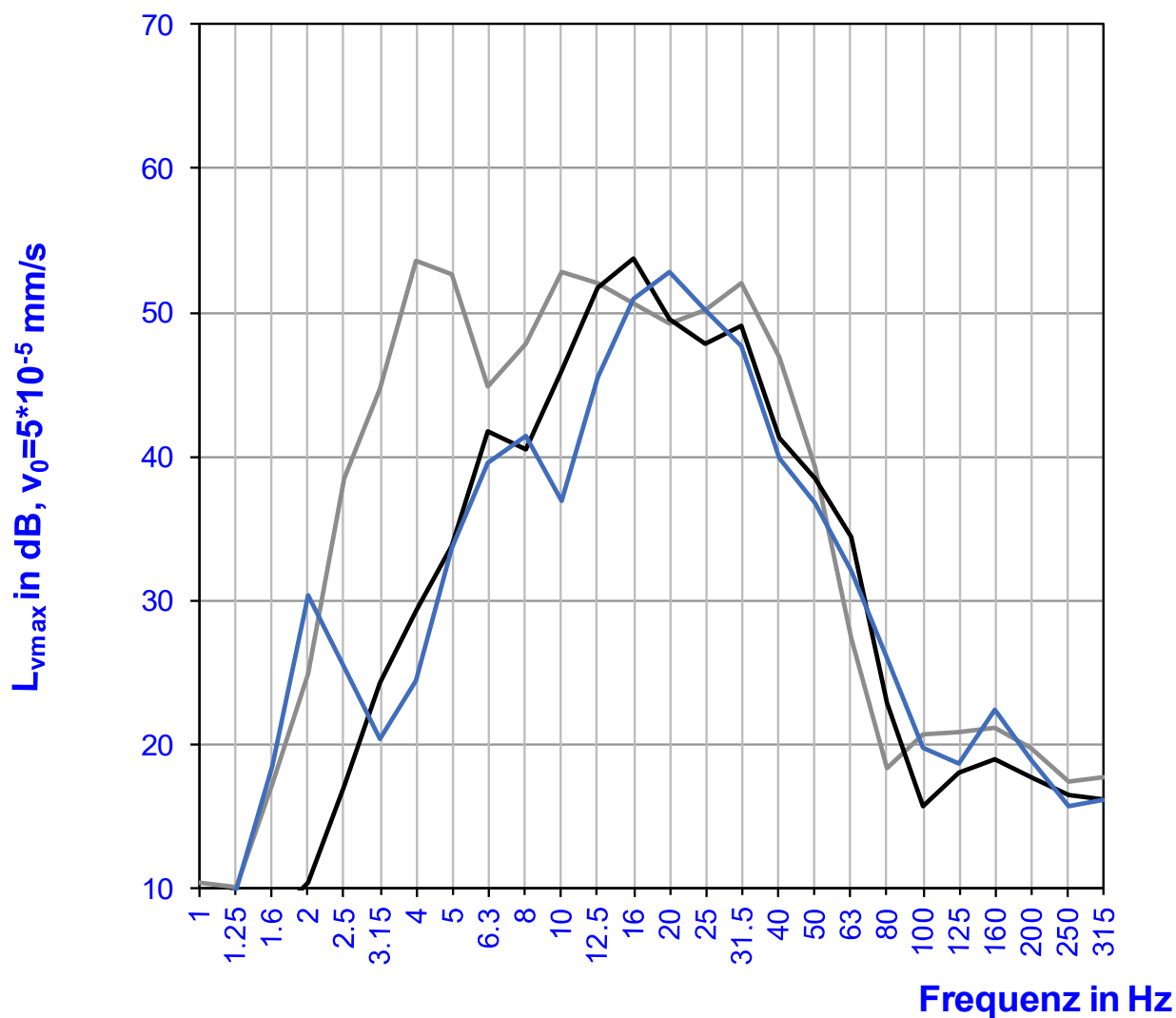


3.6 Emissionen 80 m: Delta-Spektrum angewendet auf Vergleichsmessung Müssen

3.6.1 LvFmax: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC

2015302 SF-FBQ Prognose MO 6.1 Struckamp 66

Emissionen Müssen L_{vmax}



— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m Delta-Spektrum angewendet GZ 100 km/h

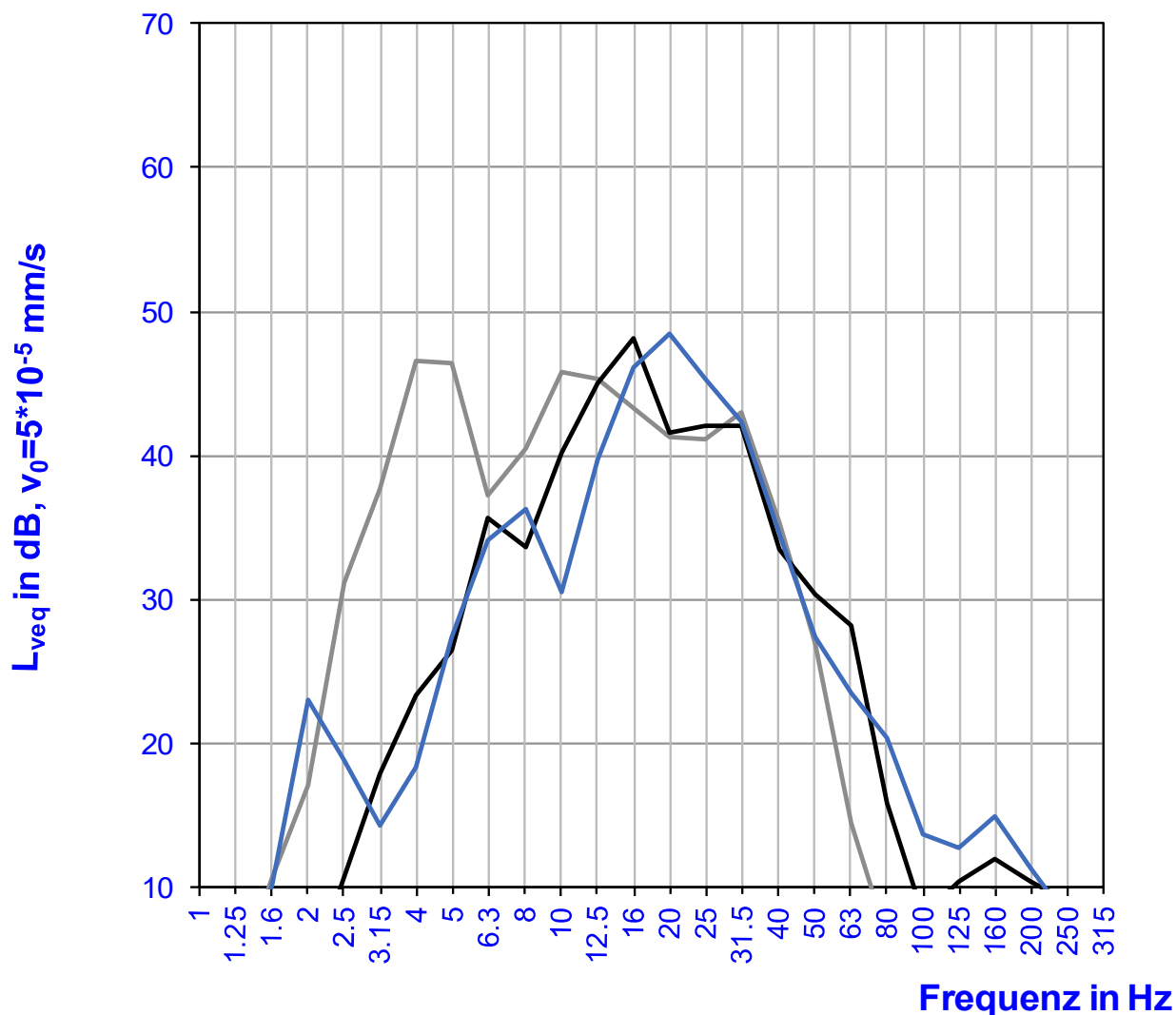
— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m Delta-Spektrum angewendet DS 140 km/h

— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m Delta-Spektrum angewendet IC 200 km/h

3.6.2 LvFeq: Güterzug (GZ), Doppelstockwagen (DS), IC

2015302 SF-FBQ Prognose MO 6.1 Struckamp 66

Emissionen Müssen L_{veq}



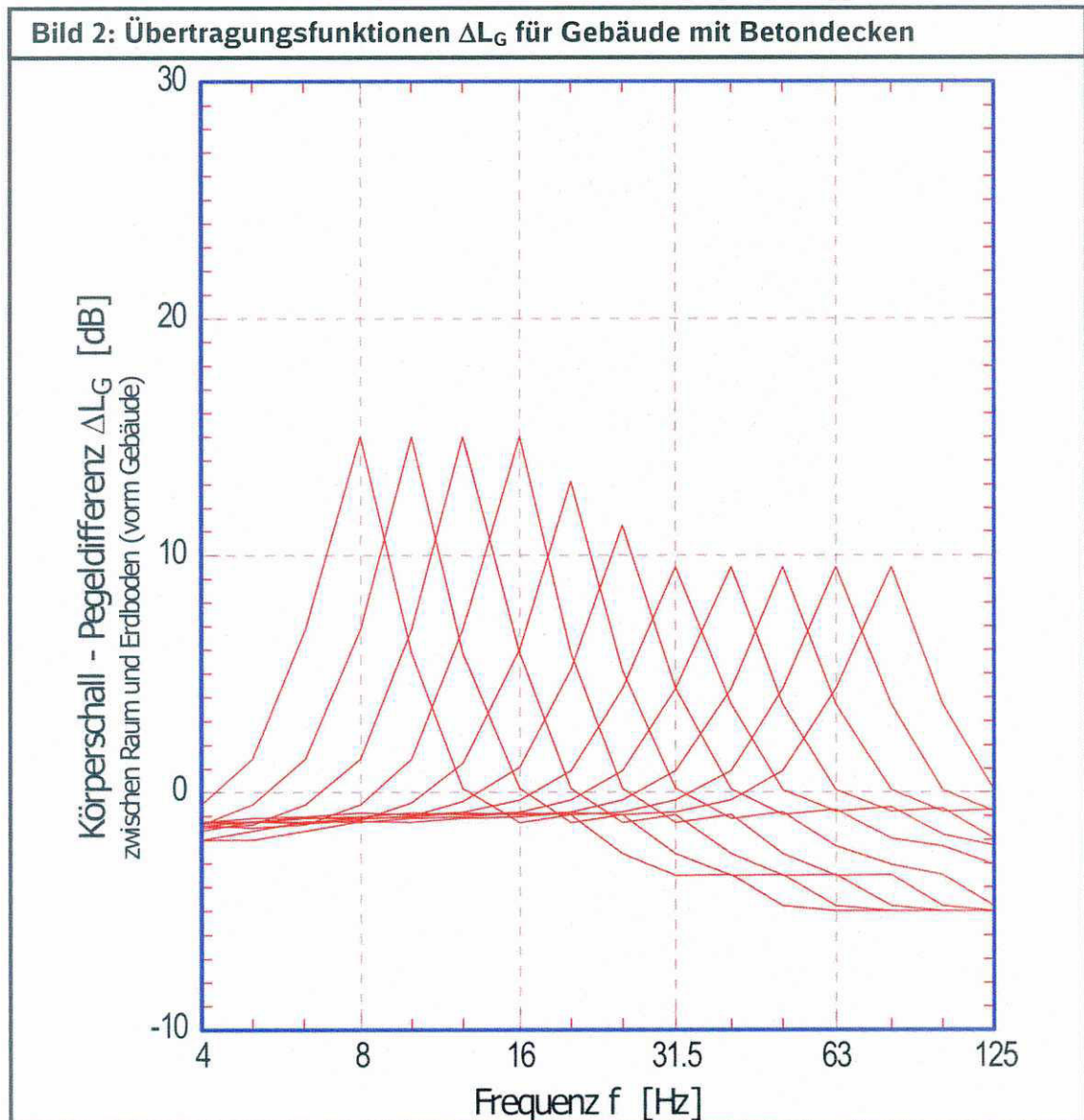
— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m Delta-Spektrum angewendet GZ 100 km/h

— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m Delta-Spektrum angewendet DS 140 km/h

— VgIMsg Muessen MP Z Erdspieß 80 m Delta-Spektrum angewendet IC 200 km/h

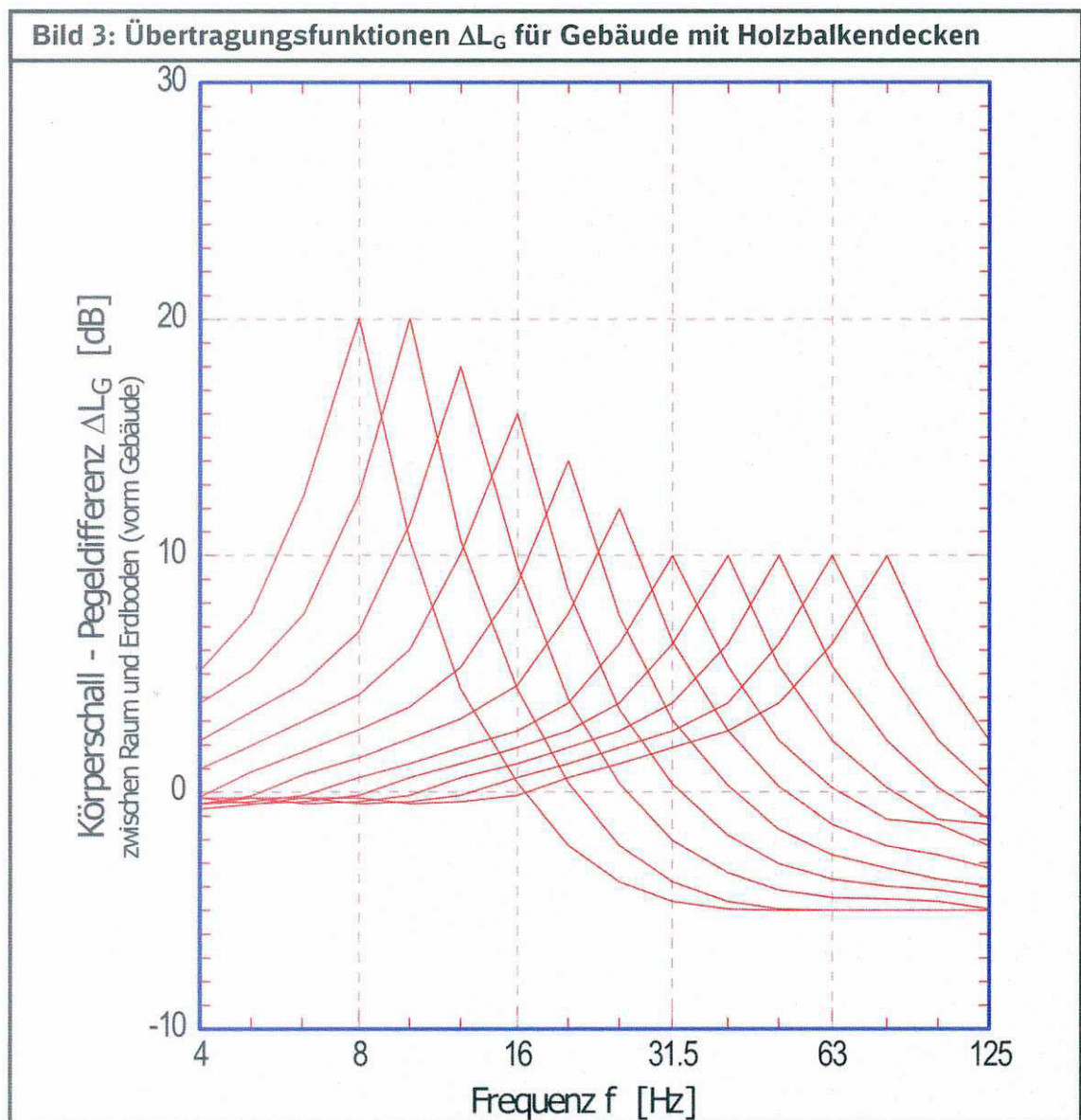
4 Statistische Übertragungsfunktionen mit Variation der Deckeneigenfrequenz

4.1 Betondecken



DB Richtlinie Ril 820.2050

4.2 Holzbalkendecken

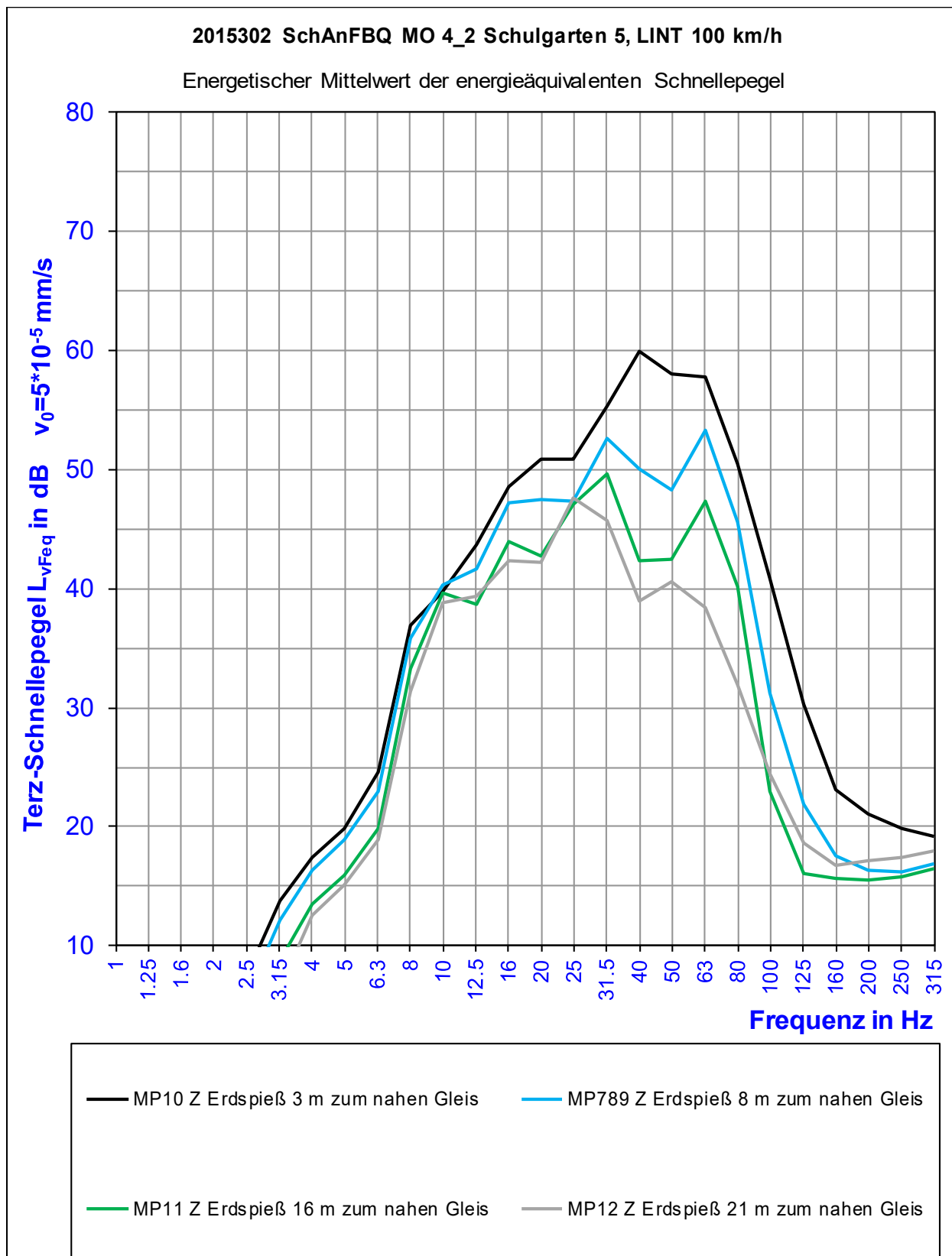


DB Richtlinie Ril 820.2050

5 Prognose Ermittlung Untersuchungskorridor

5.1 Erschütterungsausbreitung MO 4.2 Schulgarten 5

5.1.1 Verwendete Terzschnellepegel: LINT 41 100 km/h

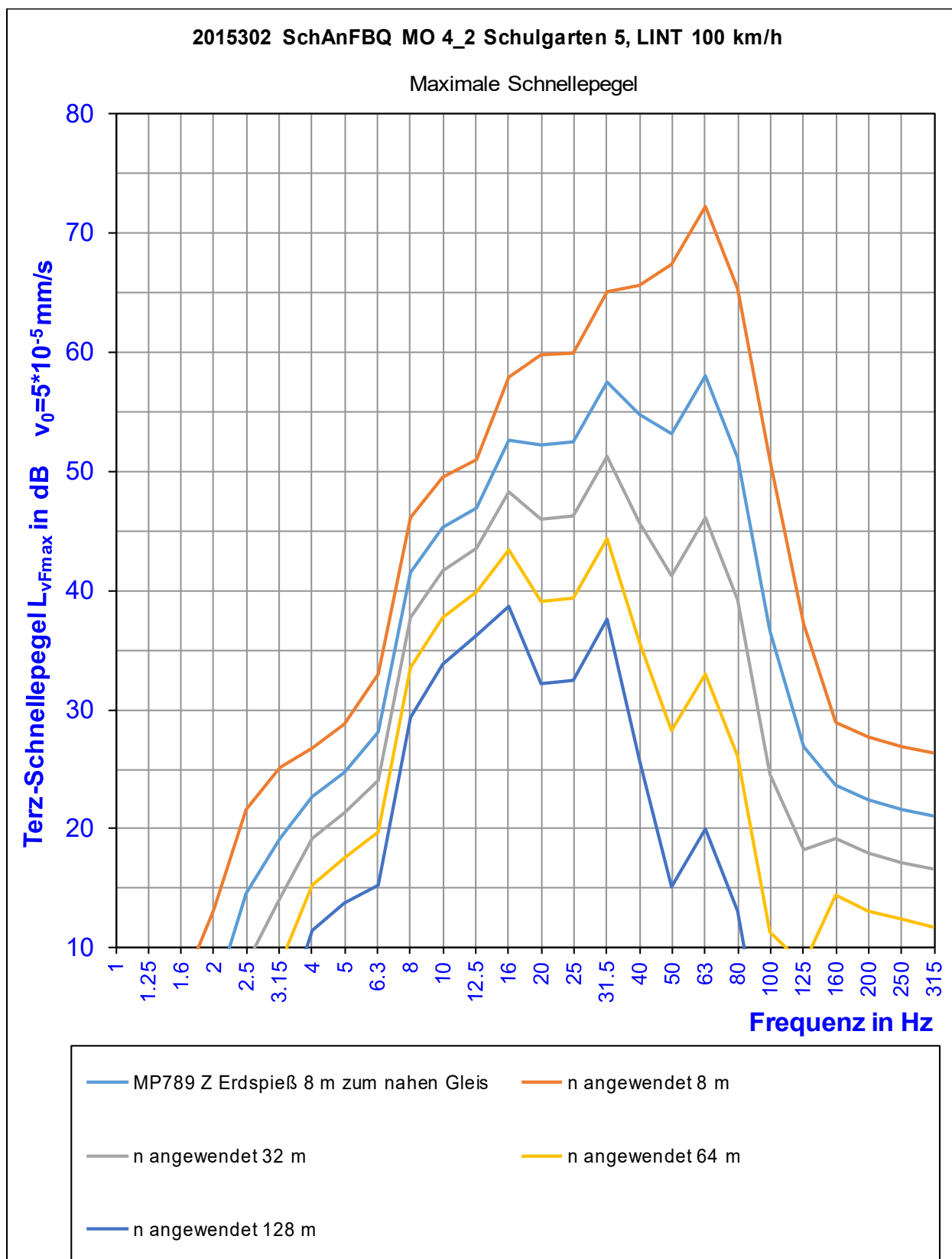


5.1.2 Ausbreitungsparameter n: ermittelt durch terzweise Regression

Terzmittenfreq	n
1	-1.230
1.25	-1.377
1.6	-1.463
2	-1.138
2.5	-1.082
3.15	-0.912
4	-0.636
5	-0.621
6.3	-0.736
8	-0.692
10	-0.653
12.5	-0.614
16	-0.802
20	-1.146
25	-1.143
31.5	-1.140
40	-1.655
50	-2.169
63	-2.170
80	-2.171
100	-2.198
125	-1.578
160	-0.807
200	-0.807
250	-0.807
315	-0.807

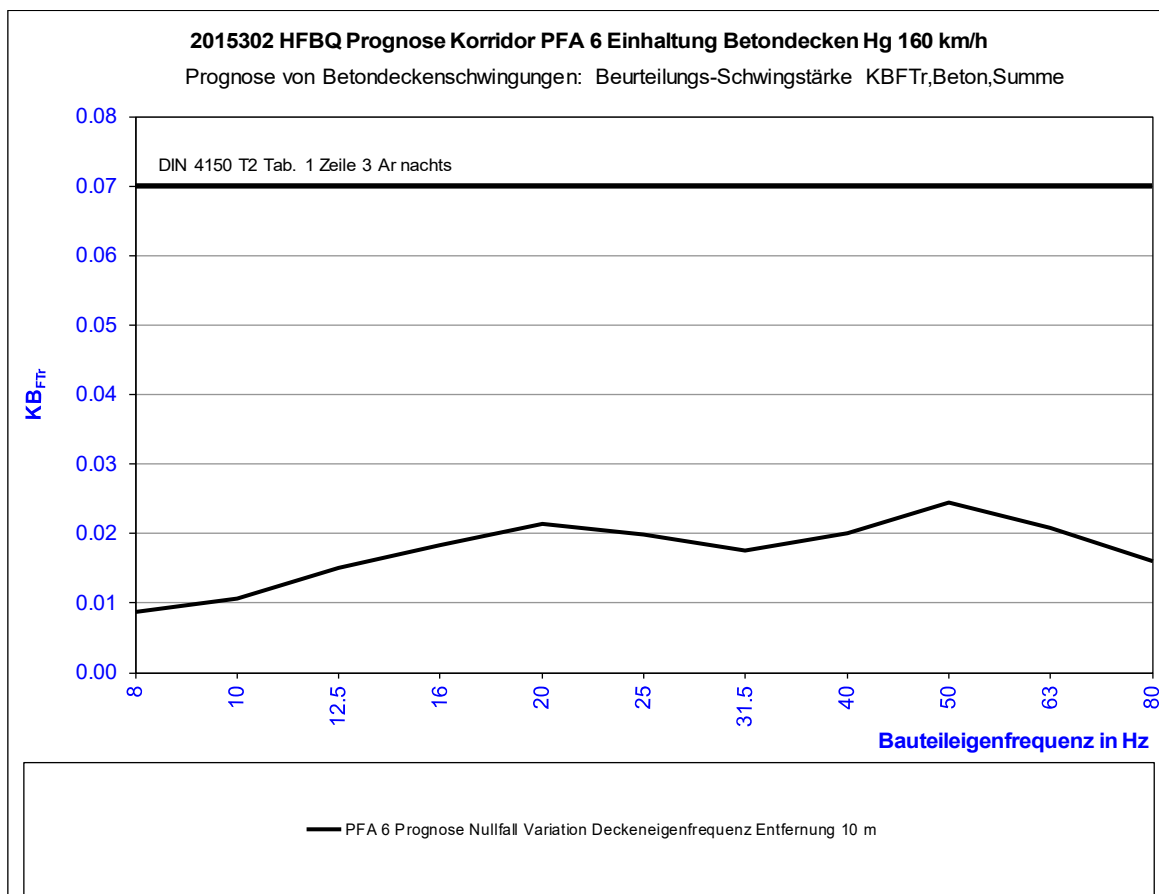
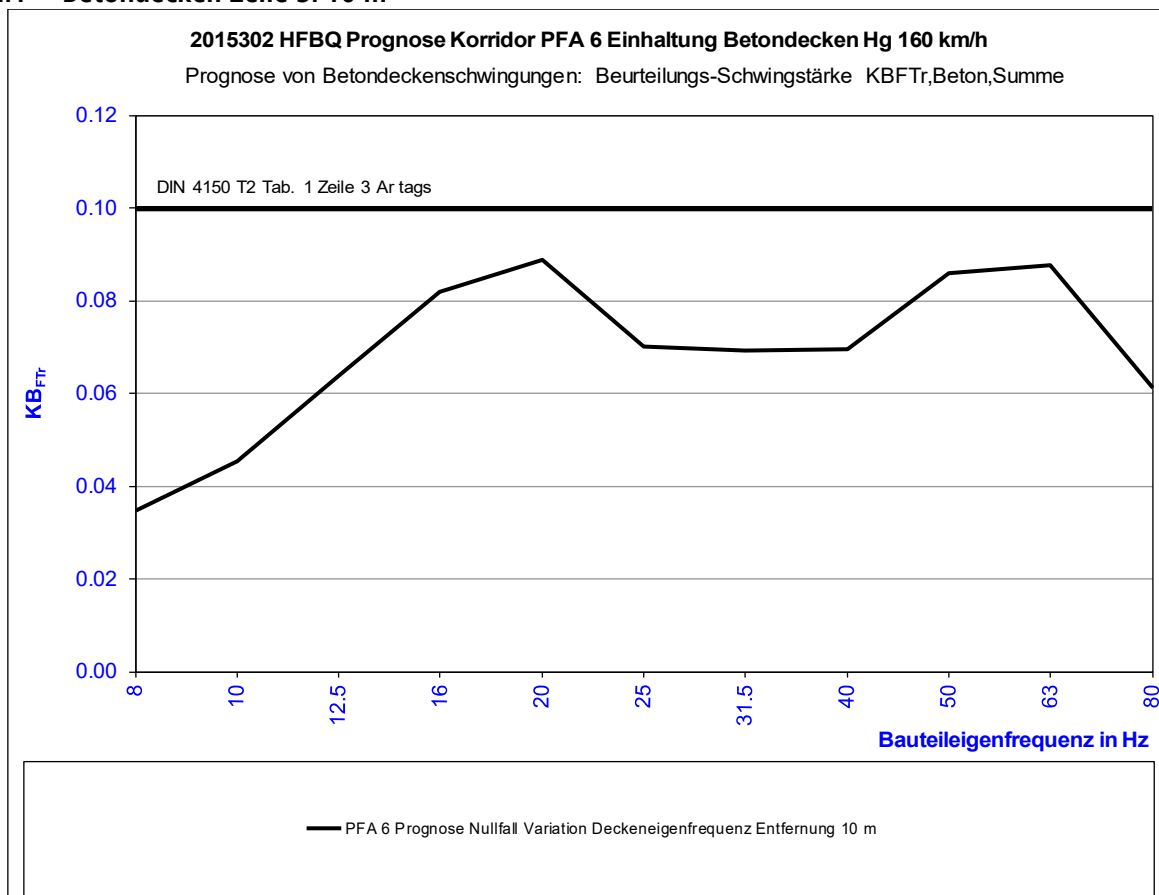
Aufgrund einer Abweichung vom Mittelwert mit einem Faktor kleiner als 0.5 oder größer als 2 wurden die ermittelten n für die Terzen 10 Hz, 25 Hz, 40 Hz, 63 Hz durch den Mittelwert der benachbarten Terzen, und für die Frequenzen 200 Hz-315 Hz durch den Wert von 160 Hz ersetzt

5.1.3 Beispielhafte Anwendung des Ausbreitungsparameters n auf 17 m Messpunkt

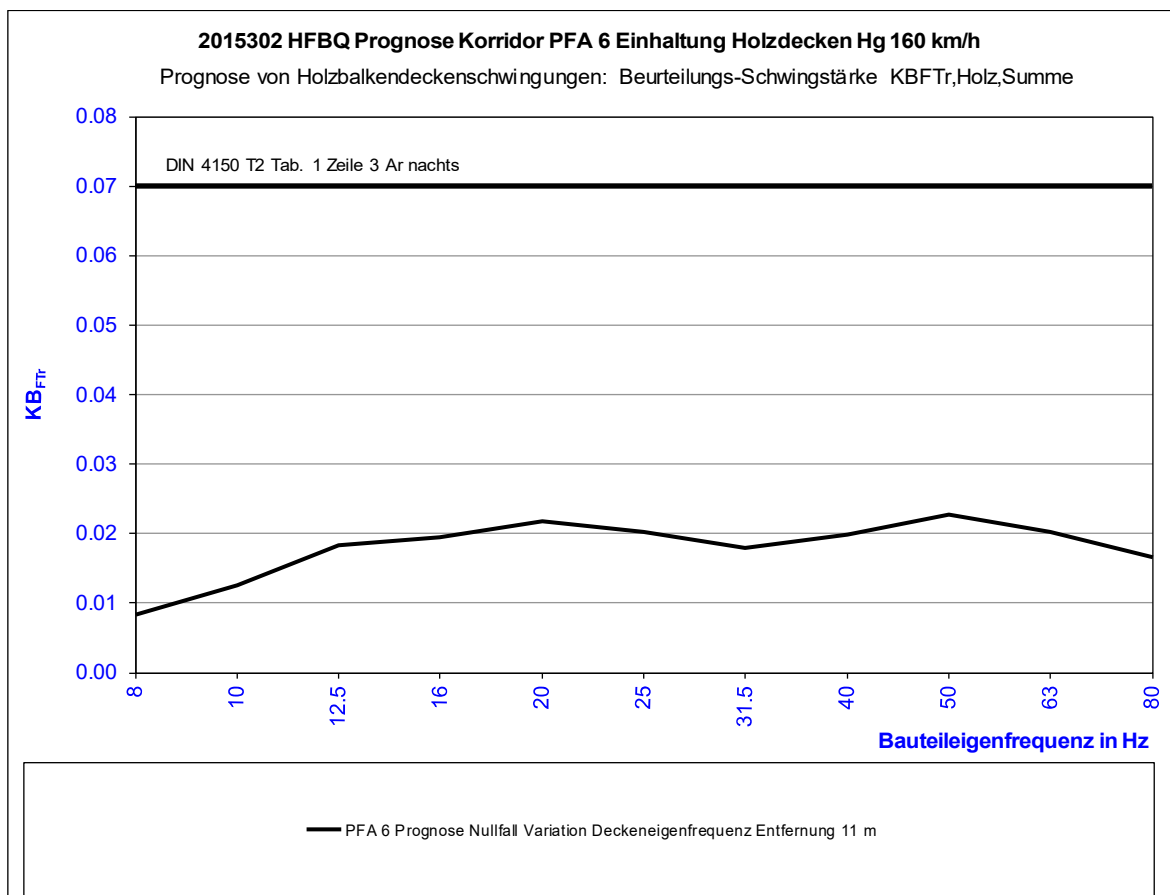
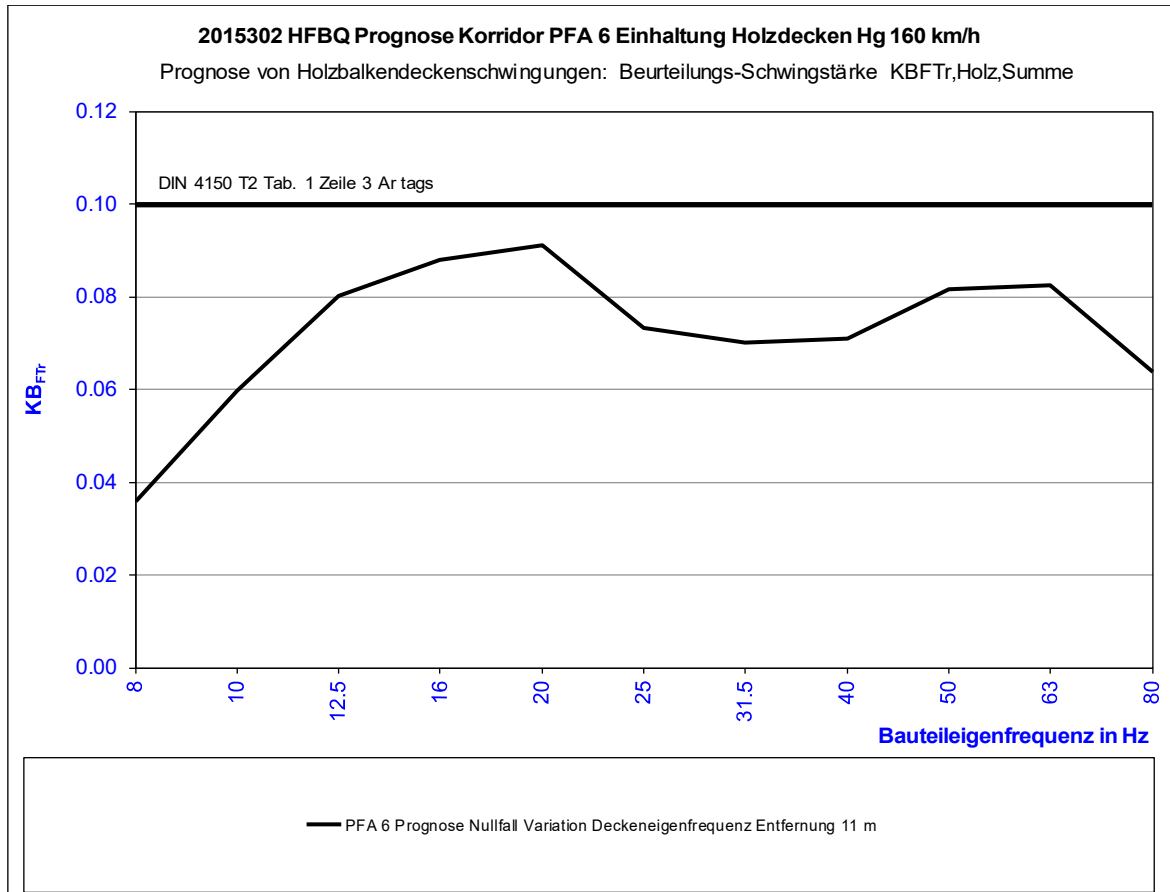


5.2 Nullfall Strecke 1100 km 74.0+49 bis km 85.4+50 Hg 160 km/h

5.2.1 Betondecken Zeile 3: 10 m

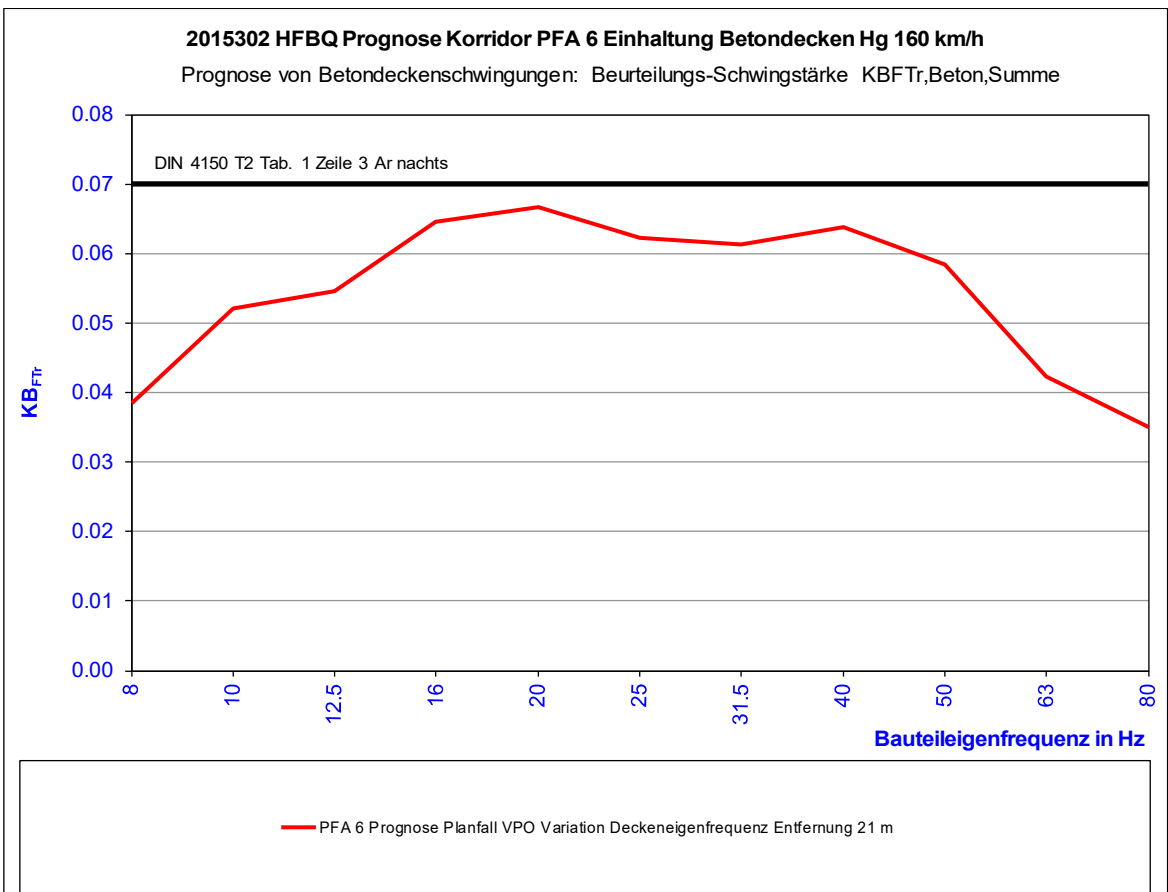
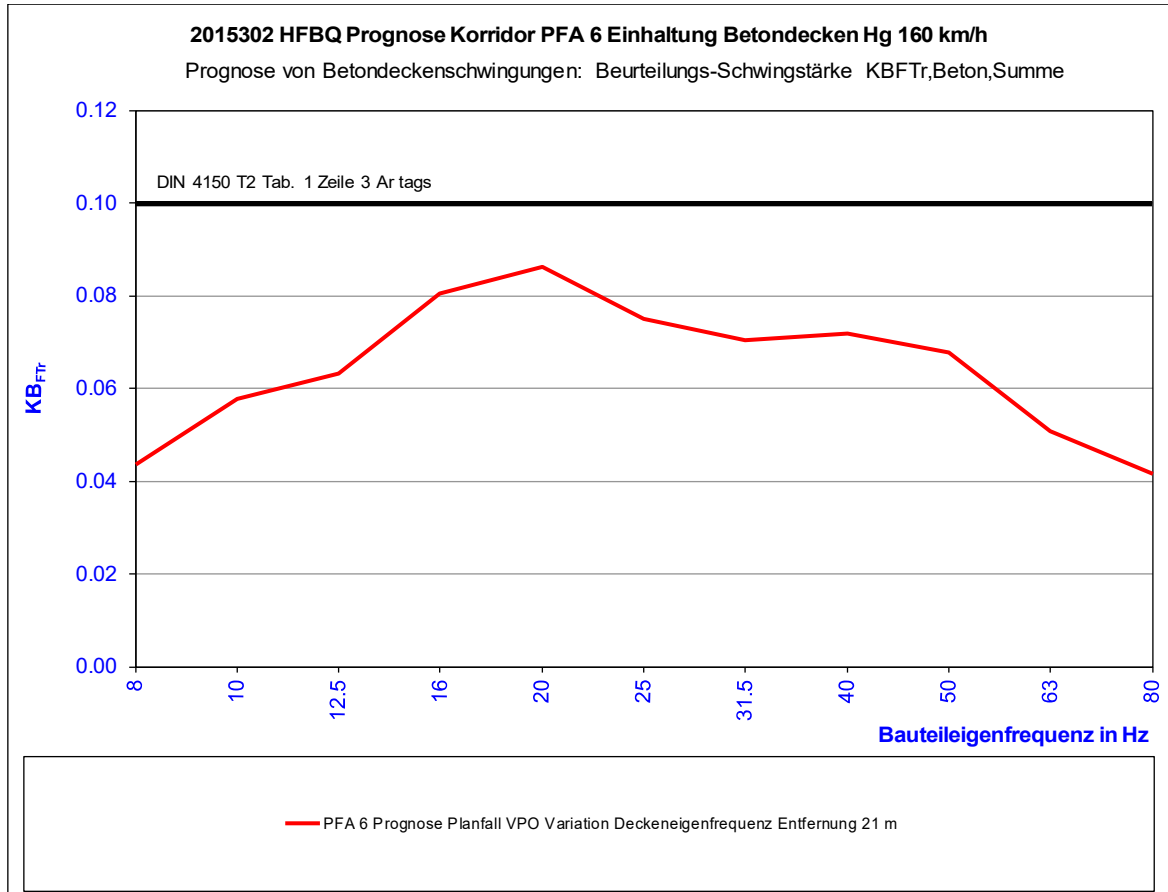


5.2.2 Holzdecken Zeile 3: 11 m

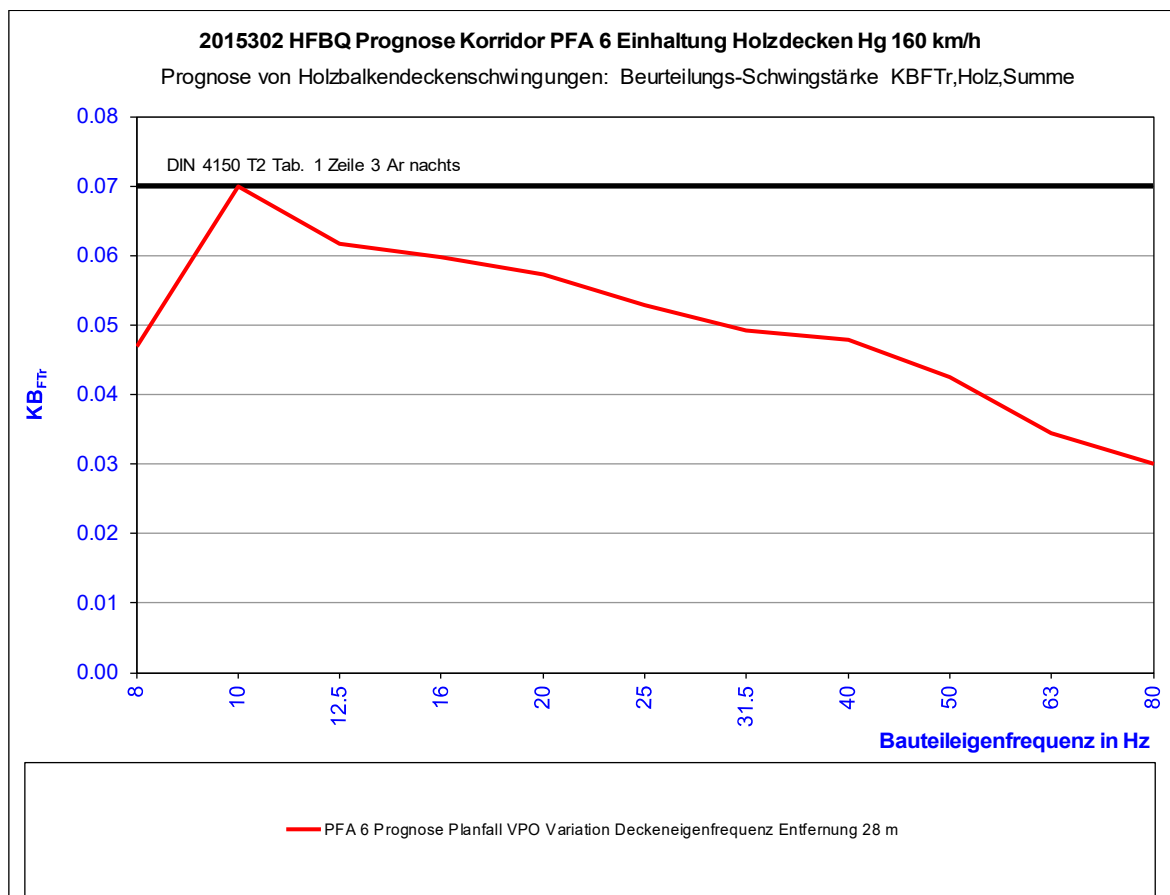
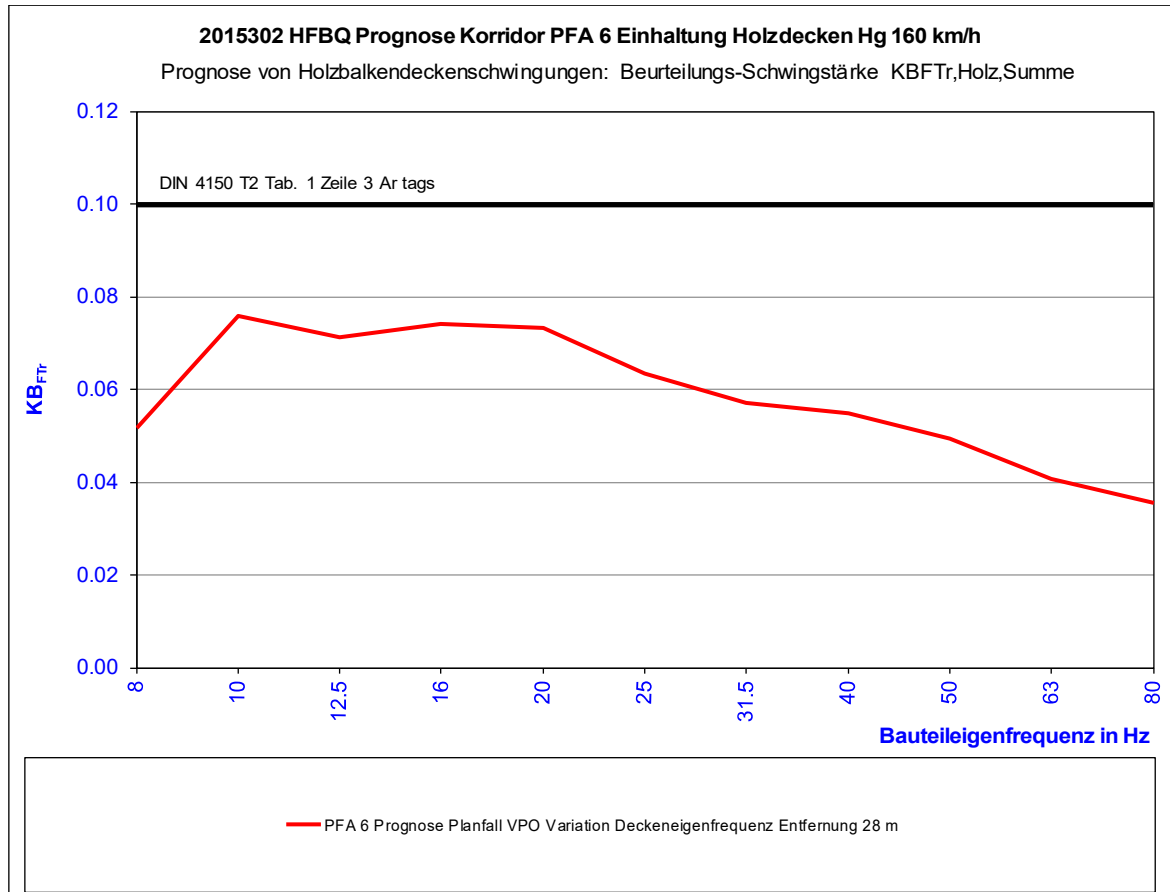


5.3 Planfall Bau-km 172.71 bis km 175.92 Hg 160 km/h

5.3.1 Betondecken Zeile 3: 21 m

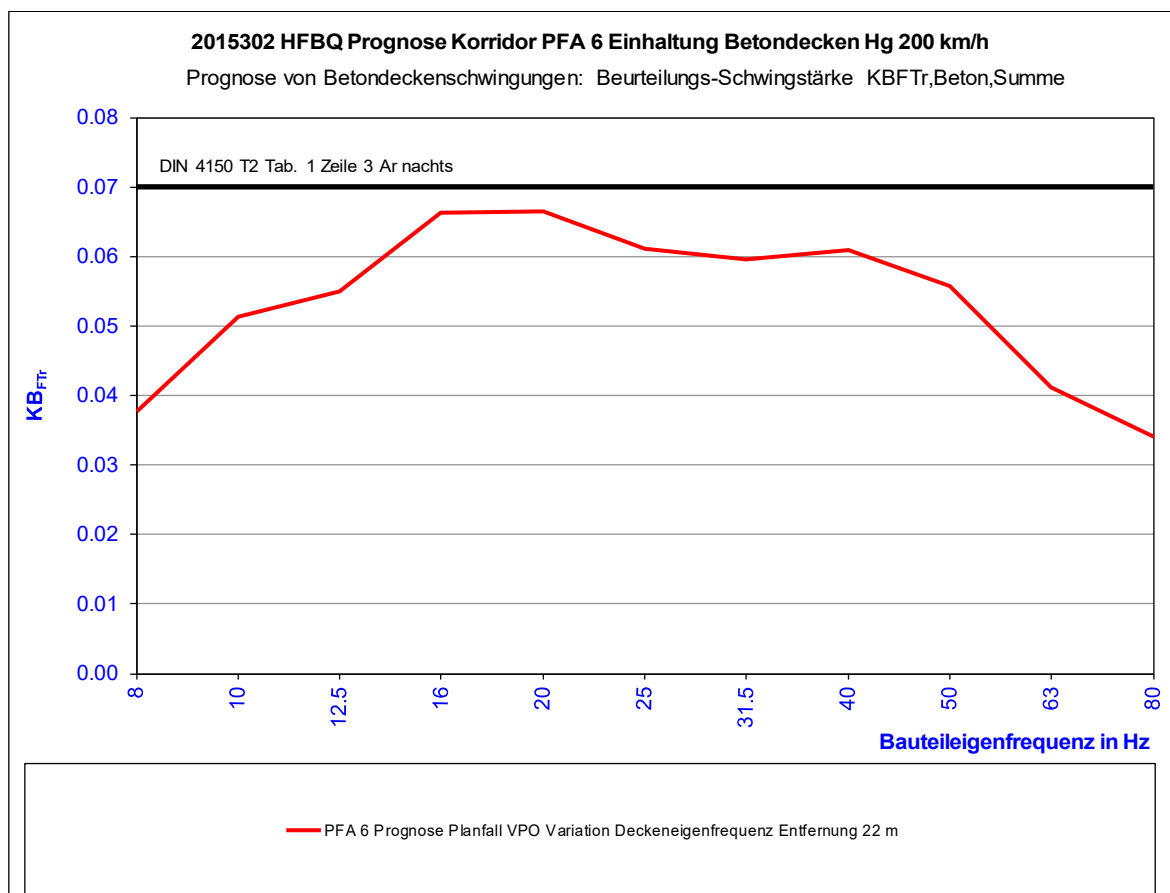
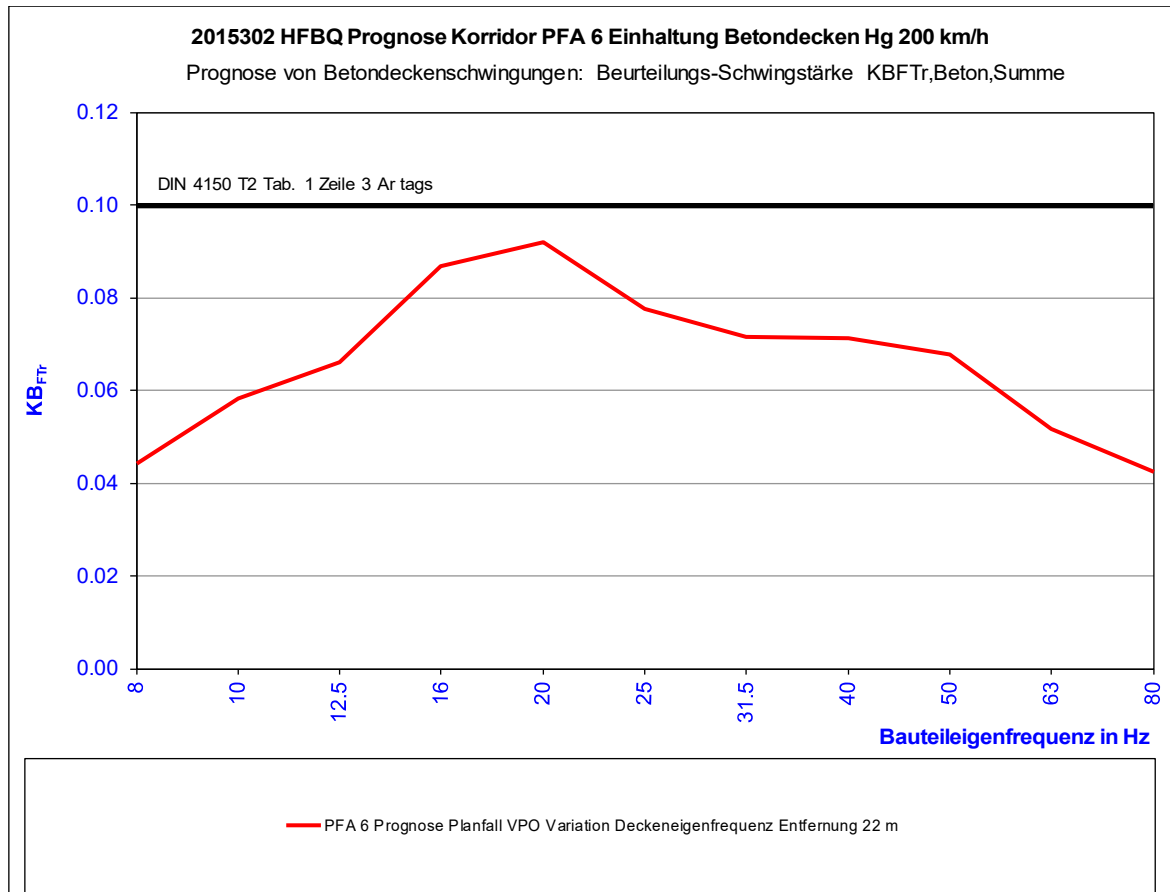


5.3.2 Holzdecken Zeile 3: 28 m

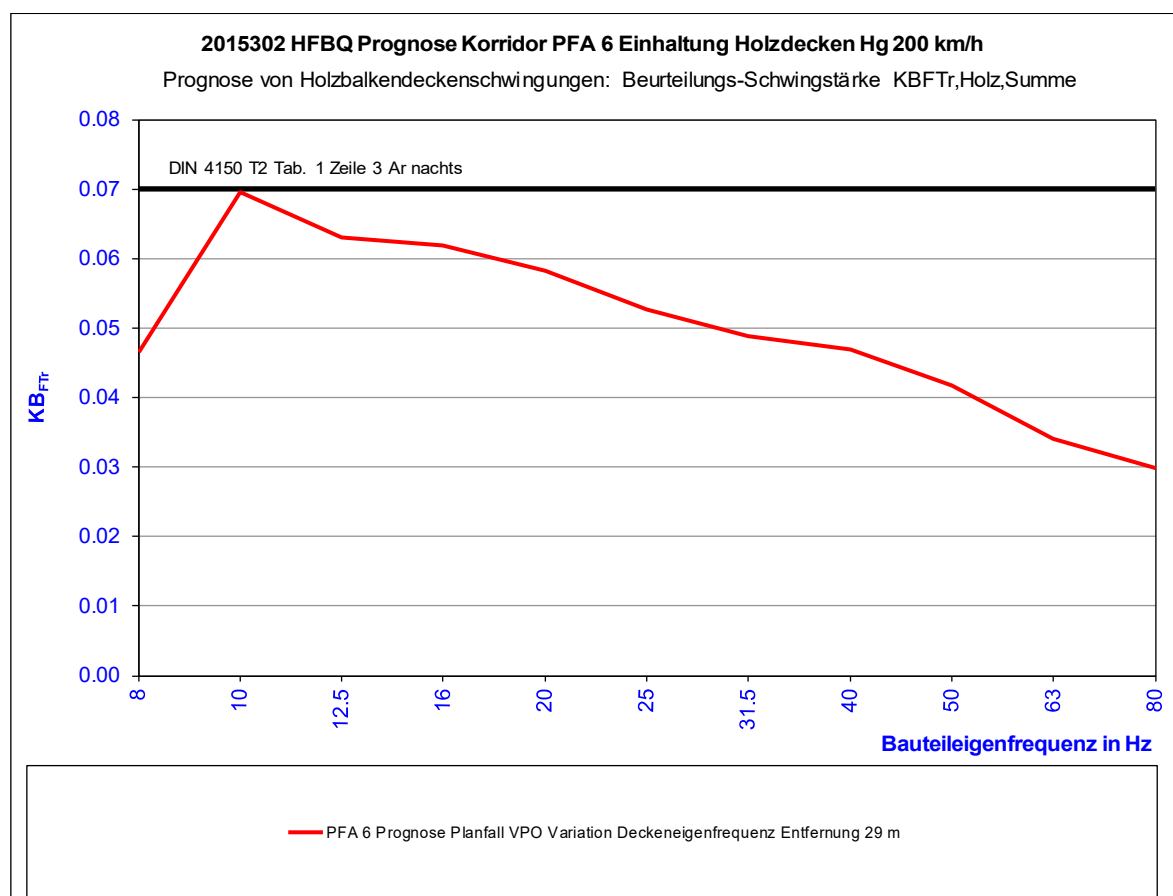
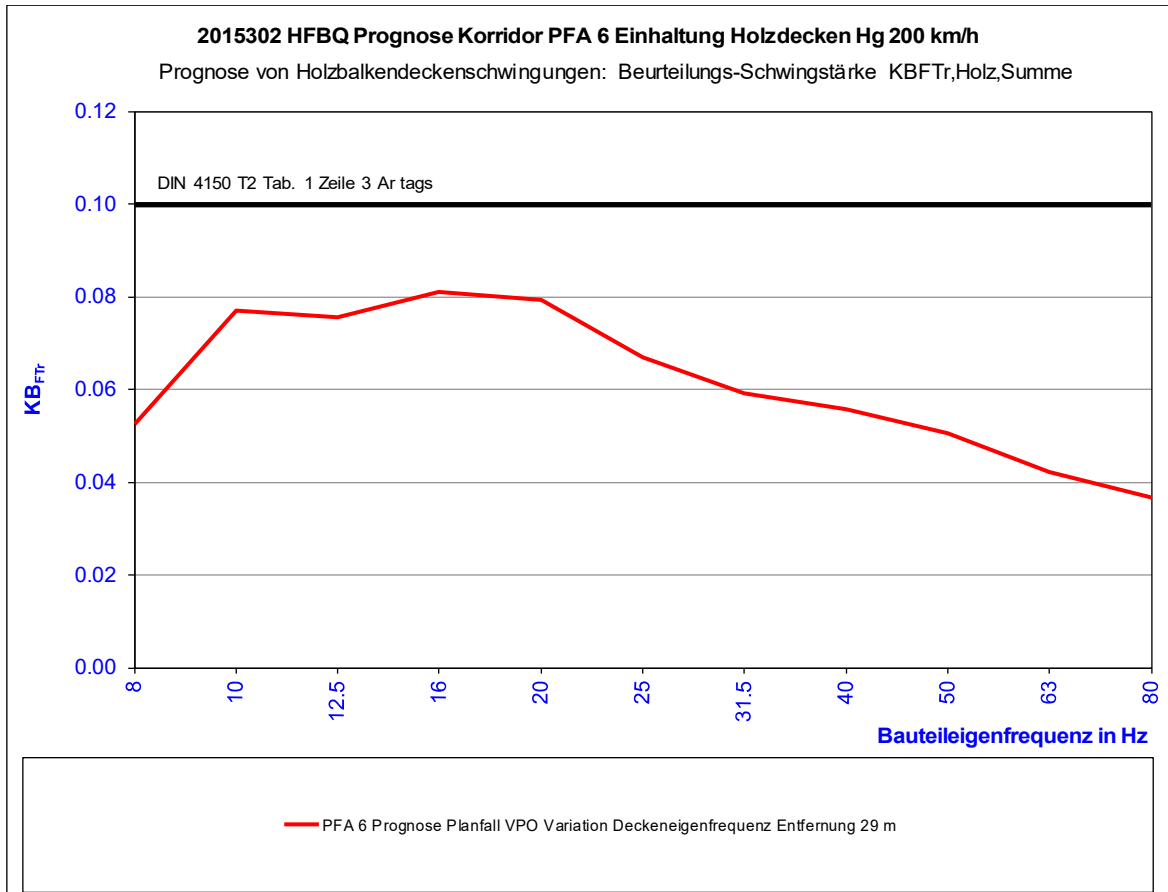


5.4 Planfall Bau-km 175.92 bis km 184.16 Hg 200 km/h

5.4.1 Betondecken Zeile 3: 22 m



5.4.2 Holzdecken Zeile 3: 29 m



5.5 Zusammenfassende Tabelle

PFA 6	von km	bis km	Höchst- geschwindigkeit	Einhaltung Betondecken	Einhaltung Holzdecken
	Strecken-km			Abstand Gleis-Gebäude	
Nullfall	74.0+49	85.4+50	160 km/h	10 m	11 m
	Bau-km				
Planfall	172.71	175.92	160 km/h	21 m	28 m
	175.92	184.16	200 km/h	22 m	29 m