



Einschätzung der erschütterungstechnischen Auswirkungen durch die Reaktivierung der Niederrheinbahn, Eisenbahnstrecke Kamp-Lintfort – Rheinkamp



Einschätzung der erschütterungstechnischen Auswirkungen durch die Reaktivierung der Niederrheinbahn, Eisenbahnstrecke Kamp-Lintfort – Rheinkamp

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 67 Seiten, davon 27 Seiten Text und 40 Seiten Anlagen.

Auftraggeber: Niederrheinbahn GmbH
Am Rathaus 2
47475 Kamp-Lintfort

Berichtsnummer: VL 9747-1
Datum: 11.10.2024

Referenz: TJ/OS
Ansprechperson: Oliver Streuber
0231 / 725 499 110
oliver.streuber@peutz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	5
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien	6
3	Örtliche Gegebenheiten / Gebietseinstufungen / Betriebsprogramm	9
4	Beurteilungsgrundlagen für Erschütterungen	10
4.1	Allgemeines	10
4.2	Beurteilungsgrößen für Schienenverkehr	12
4.2.1	Ermittlung der Beurteilungsgrößen für Erschütterungen durch Schienenverkehr	13
4.2.2	Beurteilung für die Ausweisung von städtebaulichen Planungen und neu zu erstellenden Gebäuden	14
4.3	Sekundärluftschall	14
5	Auswerte- und Prognoseverfahren	17
5.1	Einflussgrößen für Erschütterungen	17
5.2	Beschreibung der Methodik	17
5.3	Prognoseunsicherheit	18
6	Prognoseberechnungen und Beurteilungswerte	19
6.1	Allgemeines	19
6.2	Erschütterungen	20
6.2.1	Erschütterungen - Beurteilungsschwingstärke KB_{FTT}	20
6.2.2	Erschütterungen - Taktmaximalwert KB_{Fmax} / oberer Anhaltswert A_o	20
6.3	Sekundärluftschallimmissionen	21
6.3.1	Allgemeines	21
6.3.2	Sekundärluftschall - Mittelungspegel	21
6.3.3	Sekundärluftschall-Maximalpegel	21
7	Ergebnisse der Prognoseberechnungen	23
8	Zusammenfassung	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Geplante Streckenbelastungen und Streckengeschwindigkeiten der Niederrheinbahn [26][27]	9
Tabelle 4.1:	Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung [20]	11
Tabelle 4.2:	Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1	12
Tabelle 4.3:	Bewertungsfaktoren α_{zug} zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Charakteristik von Zugvorbeifahrten und Trassenlage [6]	14
Tabelle 4.4:	Anforderungen sekundäre Luftschallimmissionen	16

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Niederrheinbahn GmbH plant die Reaktivierung der Strecke Rheinkamp bis Kamp-Lintfort Mitte.

Für den neuen Betrieb sollen ein Gleisbogen am Bahnhof Rheinkamp und eine Gleisverlängerung in den Zechenpark gebaut werden. Zudem sollen Bahnübergänge/Brücken neu gebaut beziehungsweise erweitert werden. Es ist geplant, dass ab Dezember 2026 batteriebetriebene Züge (BEMU) mit 8 Achsen verkehren sollen. Diese sollen mit einer Zweifachtraktion im Einstundentakt verkehren.

Ein Übersichtslageplan sowie die Darstellung der Planung sowie der Gebietseinstufungen entlang der Strecke ist in Anlage 1 dargestellt.

Auf der Strecke können aktuell keine Züge mit höheren Geschwindigkeiten als Schrittgeschwindigkeit verkehren. Aussagekräftige Erschütterungsmessungen entlang der Strecke als Ausbreitungsmessung zur Bestimmung der örtlichen Ausbreitungsbedingungen oder in angrenzenden Gebäuden zur Ermittlung der bestehenden Erschütterungsimmissionen sind daher zur Zeit nicht möglich. Es erfolgt daher zunächst eine Einschätzung der Auswirkungen der Reaktivierung der Niederrheinbahn auf Basis empirischer Prognosen.

Da zur Zeit in Deutschland noch keine BEMU Fahrzeuge verkehren liegt bisher keine Informationen über die Erschütterungsquelle zum Beispiel in Form eines Emissionsspektrum für einen solchen Zug vor. Als Emissionsspektrum für die Prognoseberechnungen wird daher auf ein Emissionsspektrum eines vergleichbaren Nahverkehrszuges zurückgegriffen.

Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen werden gemäß dem Entwurf der DIN 4150 Teil 2 [6] und der aktuellen Rechtslage [19] für die Erschütterungen und in Anlehnung an die Anforderungen unterschiedlicher Vorgaben wie der 24. BImSchV [2], DIN 45680 [12][13] und VDI 2719 [15] für die sekundären Luftschallimmissionen beurteilt.

Der Entwurf der DIN 4150 Teil 2 [6] befindet sich kurz vor dem sogenannten "Weißdruck" und tritt dann als Ablösung der DIN 4150 Teil 2 von 1999 [5] in Kraft. Die Einspruchsfrist ist am 21.11.2023 abgelaufen. Daher erfolgt die Prognose und Beurteilung der Erschütterungsimmissionen in der vorliegenden Untersuchung bereits auf Basis der novellierten DIN 4150 Teil 2.

Eine wesentliche Änderung betrifft hierbei die Erschütterungen aus Zugverkehr. Es wird festgelegt, dass jeder Zug unabhängig von der Vorbeifahrdauer lediglich einen Takt verwendet. Mit Hilfe des Bewertungsfaktors α wird eine Wichtung der Zuglänge eingeführt. Insbesondere für lange Güterzüge ($L > 600$ m) verringert sich der Beurteilungswert KB_{FT} verglichen mit der alten Norm von 1999.

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] 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
[3] TA Lärm Sechste AVwV zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm	Gemeinsames Ministerialblatt Nr. 26, herausgegeben vom Bundesministerium des Inneren vom 28.09.1998	VV	26.08.1998, zuletzt geändert am 01.06.2017
[4] DIN 4150, Teil 1	Erschütterungen im Bauwesen, Vorermittlungen von Schwingungsgrößen	N	2022-12
[5] DIN 4150, Teil 2	Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	N	1999-06
[6] DIN 4150, Teil 2 – ENTWURF	Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	N	ENTWURF 2023-08
[7] DIN 4150, Teil 3	Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen	N	2016-12
[8] DIN 45 669, Teil 1	Messung von Schwingungsimmissionen - Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung	N	2020-06
[9] DIN 45 669, Teil 2	Messung von Schwingungsimmissionen - Messverfahren	N	2005-06
[10] DIN 45 672, Teil 2	Schwingungsmessung an Schienenverkehrswegen – Auswerteverfahren	N	2020-11

Titel	Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[11] DIN 45 672, Teil 3 - ENTWURF	Schwingungsmessung an Schienenverkehrswegen – Prognoseverfahren auf Basis von Terzspektren	N	ENTWURF 2023-02
[12] DIN 45 680	Messung und Bewertung tief-frequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft	N	1997-03
[13] DIN 45 680, Beiblatt 1	Messung und Bewertung tief-frequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen	N	1997-03
[14] VDI 2038, Blatt 3	Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen, Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik, Sekundärer Luftschall – Grundlagen, Prognose, Messung, Beurteilung und Minderung	RIL	2013-11
[15] VDI 2719	Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen	RIL	1987-08
[16] Körperschall und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer, Beweissicherung, Prognose, Beurteilung und Schutzmaßnahmen	Landesumweltamt NRW	Lit.	1999
[17] 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
[18] DB-Richtlinie 820.2050 "Erschütterungen und sekundärer Luftschall" mit Anhängen A01, A02, A03, A04 und A06	DB Netz AG, Technik- und Anlagenmanagement Fahrbahn Oberbautechnik – I.NPF 111	Lit.	2017

Titel	Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[19] Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes (BVerwG) zum Ausbau einer Eisenbahnstrecke; Schutz gegen Erschütterungen und sekundären Luftschall	Aktenzeichen 7 A 14/09	Lit.	21.12.2010
[20] Taschenbuch der Technischen Akustik	G. Müller, M. Möser (Hrsg.), 3. Auflage	Lit.	2003
[21] Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen	Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)	Lit.	06.03.2018
[22] Planunterlagen	R.A.T.H. Bahntechnik, zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	P	bis September 2024
[23] Geodaten des Untersuchungsgebietes (Amtliche Basiskarte ABK, Digitale Gebäudemodelle LOD2, Digitales Geländemodell DGM1, Orthophotos DOP)	Geobasis NRW, veröffentlicht über GEOportal.NRW https://www.geoportal.nrw/ Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0.	P	Abgerufen: August 2024
[24] Bebauungspläne der Städte Kamp-Lintfort und Moers	Geoportal Niederrhein https://geoportal-niederrhein.de/	P	bis September 2024
[25] Städtebauliche Entwürfe zum Stadtquartier Mitte und Nord Kamp-Lintfort	Stadt Kamp-Lintfort	P	Diverse Planstände
[26] Zugdaten zum Prognose Betriebsprogramm 2030	zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	P	Stand: 25.06.2024
[27] Geschwindigkeitsheft der Strecke Rheinkamp – Kamp-Lintfort Mitte	zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	P	Stand: 06.03.2024

Kategorien:

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

3 Örtliche Gegebenheiten / Gebietseinstufungen / Betriebsprogramm

Die Niederrheinbahn GmbH plant die Reaktivierung der Strecke Rheinkamp bis Kamp-Lintfort Mitte.

Die Bestandsstrecke beginnt im Bereich des Bahnhofs Rheinkamp und endet am Haltepunkt Kamp-Lintfort Süd. Für den neuen Betrieb sind ein Gleisbogen im Bahnhof Rheinkamp, eine Gleisverlängerung bis Kamp-Lintfort Mitte sowie mehrere Haltepunkte vorgesehen. Darüber hinaus sind Bahnübergänge/Brücken neu zu errichten beziehungsweise zu erweitern.

Bezüglich der erschütterungstechnischen Beurteilung werden die Festsetzungen gemäß den rechtskräftigen Bebauungsplänen [24] der umliegenden Bereiche herangezogen. In den Bereichen, für die keine Gebietsnutzungen in Bebauungsplänen festgelegt sind, wurde die tatsächliche Nutzung gemäß ihrer Schutzbedürftigkeit zugrunde gelegt.

Für die Bebauungen in den Außenbereichen werden bei der Beurteilung die jeweiligen Beurteilungswerte für Mischgebiete berücksichtigt.

Ein Übersichtslageplan sowie die Darstellung der Planung sowie der Gebietseinstufungen entlang der Strecke ist in Anlage 1 dargestellt.

Im Streckenverlauf liegen verschiedene zulässige Höchstgeschwindigkeiten vor. Diese werden im Rahmen der nachfolgenden Prognoseberechnungen entsprechend berücksichtigt.

Weichen haben durch das Überfahren der Lücke im Weichenherz eine erhöhte Erschütterungseinwirkung. Diese sind jedoch gemäß einer Untersuchung im Rahmen des RIVAS Projektes auf einen Bereich bis maximal 30 m begrenzt. Im vorliegenden Fall liegen keinen bestehenden oder geplanten Gebäude näher als 30 m an Weichen. Somit bleibt der Einfluss von Weichen in den nachfolgenden Prognoseberechnungen unberücksichtigt.

Tabelle 3.1: Geplante Streckenbelastungen und Streckengeschwindigkeiten der Niederrheinbahn [26][27]

Gleis / Strecke	Zugkategorie	v _{max} [km/h]	Km	Anzahl Fahrten	
				Tag (06 – 22 Uhr)	Nacht (22 – 6 Uhr)
Niederrheinbahn	SPNV	40	0,0 – 0,4	32	4
		60	0,4 – 3,6		
		80	3,6 – 6,8		
		60	6,8 – 8,2		
		30	8,2 – 8,5		
Summe aller Fahrten				32	4

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 [5] 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 $KB_{FT\tau}$. Die Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FT\tau}$ ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit. Diese Beurteilungs-Schwingstärke, für Einwirkungen außerhalb beziehungsweise ohne Berücksichtigung von Ruhezeiten, wird nach DIN 4150, Teil 2 [5] 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 [20]

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 der jeweils unterschiedlichen Ausgangssituationen nach Punkten 6.5.3.4 bis 6.5.3.7. der DIN 4150, Teil 2 zu beachten.

Diese sind:

- 6.5.3.4: Beurteilung **gemessener** Immissionen an bestehenden Schienenverkehrswegen;
- 6.5.3.5: Beurteilung **prognostizierter** Immissionen für neu zu errichtende Schienenverkehrswege;
- 6.5.3.6: Beurteilung **prognostizierter** Immissionen für die Erweiterung oder Änderung bestehender Schienenverkehrswege
- 6.5.3.7: Beurteilung **prognostizierter** Immissionen für die Ausweisung von städtebaulichen Planungen und neu zu erstellenden Gebäuden neben bestehenden Schienenverkehrswegen.

Zuschläge für Einwirkungen innerhalb der Ruhezeiten sind hierbei nicht anzuwenden (DIN 4150, Teil 2, Abschnitt 6.5.3.2).

Tabelle 4.2: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1

Einwirkungsgrad		A _u		A _o		A _r	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1	Zeile 2 △ GE	0,3	0,2	6	0,4	0,15	0,1
	Zeile 3 △ MI/MK/MU	0,2	0,1	5	0,3	0,1	0,07
	Zeile 4 △ WR/WA	0,15	0,1	3	0,2	0,07	0,05

Die Gebietseinstufungen entsprechen der Baunutzungsverordnung BauNVO. Diese sind jedoch nicht schematisch Gleichzusetzen, da die Kennzeichnung innerhalb der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen wurde, während die Gebietseinteilung in der BauNVO auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

4.2.1 Ermittlung der Beurteilungsgrößen für Erschütterungen durch Schienenverkehr

Bei Schienenverkehrswegen erfolgt die Beurteilung des Taktmaximalwertes KB_{Fmax} anhand des unteren Anhaltswertes A_u und des oberen Anhaltswertes A_o sowie der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} anhand des Anhaltswertes A_r nach Tabelle 4.2. Für KB_{Fmax} -Werte $> A_u$ erfolgt die Beurteilung auf der Basis der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} . Bei der Ermittlung von KB_{FTr} sind Ruhezeiten nicht zu berücksichtigen.

Die Ermittlung des Taktmaximal-Effektivwertes erfolgt gesondert für jede Zugkategorie und wird als $KB_{FTm,Zug}$ bezeichnet. Die Zugkategorien sind hierbei aus den Zuggattungen nach Tabelle 4.3 und unter Bezug auf beispielsweise Gleise, Fahrzeugtypen, Fahrzeuggeschwindigkeiten, je nach Aufgabenstellung und örtlicher Situation, zu bilden. Im Normalfall ist mindestens eine Zugkategorie je Gleis oder Fahrtrichtung und Zuggattung zu unterscheiden. Hierbei sind die Einzelheiten aus dem jeweiligen Betriebsprogramm oder Fahrplan abzuleiten.

Unabhängig von der tatsächlichen Einwirkungszeit wird jede Zugfahrt mit nur einem Takt gezählt. Als Ergebnis wird somit je Vorbeifahrt nur ein $KB_{FTi,Zug}$ -Wert ermittelt. Daher wird in der nachfolgenden Gleichung die Anzahl der vorbeifahrenden Züge berücksichtigt.

Die Taktmaximal-Effektivwerte $KB_{FTm,Zug}$ für die einzelnen Zugkategorien und Gleise berechnen sich nach folgender Gleichung:

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

Hierbei sind $KB_{FTi,Zug}$ -Werte kleiner als 0,1 mit zu berücksichtigen.

Die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} berechnet sich anschließend anhand der Taktmaximal-Effektivwerte $KB_{FTm,Zug}$ und der Bewertungsfaktoren α_{Zug} gemäß Tabelle 4.3 nach:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\sum_{Zug=1}^{N_z} \frac{n_{Zug}}{N_r} \cdot (\alpha_{Zug} \cdot KB_{FTm,Zug})^2}$$

mit:

- N_z = Anzahl der unterschiedlichen Zugkategorien im jeweiligen Beurteilungszeitraum (tags oder nachts)
- n_{Zug} = Anzahl der Züge je Zugkategorie im jeweiligen Beurteilungszeitraum
- N_e = Anzahl der Takte im jeweiligen Beurteilungszeitraum (tags: 1920, nachts: 960)
- α_{Zug} = Bewertungsfaktor nach Tabelle 4.3

Tabelle 4.3: Bewertungsfaktoren α_{Zug} zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Charakteristik von Zugvorbeifahrten und Trassenlage [6]

Zeile	Bewertungsfaktor α_{Zug}		Rechtliche Grundlage des Zugbetriebs	Beschreibung der Züge (Zuggattung)
	oberirdisch	unterirdisch		
1	0,7	1,0	Bau- und Betriebsordnung für Straßenbahnen (BOStrab)	Straßen-, Stadt-, und U-Bahnen
2	0,8	1,0	Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung (EBO)	S-Bahnen
3	0,9	1,0		Sonstige Personenverkehrszüge
4	1,0	1,0		Güterzüge (≤ 600 m)
5	1,3	1,3		Lange Güterzüge (> 600 m)

Der Taktmaximalwertes $KB_{F_{\text{max}}}$ für jede Zugkategorie wird auf Grundlage des Taktmaximal-Effektivwerte $KB_{FT_{\text{max,Zug}}}$ folgendermaßen ermittelt:

$$KB_{F_{\text{max,Zug}}} = 1,5 KB_{FT_{\text{max,Zug}}}$$

Die maximale bewertete Schwingstärke aller Züge berechnet sich gemäß:

$$KB_{F_{\text{max}}} = \max \{KB_{FT_{\text{max,Zug}}}\}$$

4.2.2 Beurteilung für die Ausweisung von städtebaulichen Planungen und neu zu erstellenden Gebäuden

Wird im erschütterungstechnischen Einflussbereich von Schienenverkehrswegen ein Gebiet für städtebauliche Planungen ausgewiesen, oder werden neu zu erstellende Gebäude geplant, sind im Rahmen der Erschütterungsprognosen die Werte für A_u , A_r und A_o nach Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 (tags und nachts) in Abhängigkeit der Gebietseinstufung anzustreben (siehe Tabelle 4.2). Im Rahmen von Gebäudeplanungen kann es sinnvoll sein niedrigere Erschütterungswerte anzustreben.

4.3 Sekundärluftschall

Aufgrund vom Schienenverkehr hervorgerufenen Erschütterungen innerhalb von Gebäuden können durch die Anregung der Raumbegrenzungsflächen und der hieraus bedingten Schallabstrahlung Schallimmissionen in Form von Sekundärluftschall auftreten.

Bei oberirdisch geführten Strecken liegen die Anteile des Sekundärluftschalls in der Regel deutlich unterhalb der Immissionen durch direkt einfallenden Luftschall. Innerhalb einer umfangreichen Studie [16] 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 zum Beispiel 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 meist 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. In der Rechtsprechung werden häufig die noch zulässigen Innenraumpegel aus der 24. BImSchV (24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes) [2] und der VDI 2719 [15] bestätigt. Die TA Lärm [3] hingegen kann nicht direkt zur Beurteilung von Schallimmissionen in Gebäuden herangezogen werden, da der Anwendungsbereich der TA Lärm sich auf gewerblich genutzte Anlagen bezieht und nicht auf Verkehrslärm oder Verkehrsanlagen.

Aus den Regularien der 24. BImSchV und der VDI 2719 lassen sich als Zumutbarkeitsschwelle mittlere Innenraumpegel von 40 dB(A) im Tageszeitraum von 6 bis 22 Uhr für Wohn- und Büroräume und 30 dB(A) im Nachtzeitraum von 22 bis 6 Uhr für Schlafräume ableiten. Hierbei erfolgt keine Unterscheidung hinsichtlich der Gebietsnutzung. Das Bundesverwaltungsgericht legt in seinem Urteil vom 21.12.2010 [19] 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..."*

Die VDI 2719 [15] definiert nahezu die gleichen Zumutbarkeitsschwellen wie sie sich aus der 24. BImSchV ableiten lassen. Es werde jedoch in der VDI 2719 weitere Raumnutzungen berücksichtigt und auch ein mittlerer Maximalpegel für die sekundären Luftschallimmissionen angeben.

Die VDI 2719 gibt jedoch Spannen von Innenpegel, sowohl für den Mittelungspegel als auch den Maximalpegel an. Für die Zulässigkeit bzw. als Zumutbarkeitsschwelle zum Beispiel in bestehenden Situationen oder für den Ausbau von Schienenstrecken kann der jeweilige obere Bereich der Wertespannen herangezogen werden und die Werte von 40 dB(A) tags und 30 dB(A) nachts verwendet werden. Als Maximalpegel sollten jeweils um 10 dB höhere Werte als zulässig angesehen werden.

Für den Neubau von Wohngebäuden sollten strengere Vorgaben gelten. Die Anforderungen an den Innenpegel für Wohnräume mit 35 dB(A) tags und 25 dB(A) nachts, welche auch die TA Lärm [3] als Immissionsrichtwerte für einen Innenpegel berücksichtigt, würde sich damit auch mit den Anforderungen der DIN 45680 [12] an tieffrequente Geräusche ohne deutlich hervortretenden Einzelton und der VDI 2038, Blatt 3 [14] decken.

Die Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz [21], welche in der Regel die Grundlage für die Erschütterungserlasse der einzelnen Bundesländer bilden, verweisen auch auf die Regelwerke der TA Lärm und DIN 45680. Als Anforderungen an den Maximalpegel in Falle eines Neubaus sollten die Werte von 45 dB(A) tags und 35 dB(A) nachts herangezogen werden, was den Anforderungen der DIN 45680 und TA Lärm entsprechen würde. Für andere Gebäude oder Nutzungen sind ggf. in Anlehnung an dieses Vorgehen höhere Innenpegel durch sekundäre Luftschallimmissionen als zulässig anzusehen.

Da in diesen Regelwerken, außer in der VDI 2719, nicht nach Gebietscharakteristik anderer Raumnutzungen als Wohn- und Schlafräumen differenziert wird, wird an dieser Stelle andere Nutzungen auf die VDI 2719 verwiesen und die dort aufgeführten Kategorien als Empfehlung herangezogen.

Zusammenfassend stellt die nachfolgende Tabelle 4.4 die berücksichtigten Anforderungen an Wohnnutzungen oder vergleichbare Nutzungen bei Neubauten dar.

Tabelle 4.4: Anforderungen sekundäre Luftschallimmissionen

Beurteilungszeitraum	Mittelungspegel L_m [dB(A)]	mittlerer Maximalpegel L_{max} [dB(A)]
Wohnräume im Tageszeitraum 6 bis 22 Uhr	35	45
Schlafräume im Nachtzeitraum 22 bis 6 Uhr	25	35
Unterrichtsräume, ruhebedürftige Einzelbüros, wissenschaftliche Arbeitsräume, Bibliotheken, Konferenz- und Vortragsräume, Arztpraxen, Operationsräume, Kirchen, Aulen	35	45
Büros für mehrere Personen	40	50
Großraumbüros, Gaststätten, Schalterräume, Läden	45	55

Als Definition der Maximalpegel wird der mittlere Maximalpegel gemäß VDI 2719 gewählt, da speziell im Schienenverkehr immer einzelne Züge, in einem schlechten Wartungszustand zum Beispiel durch Flachstellen an Rädern vereinzelt deutlich höhere Immissionen hervorrufen können. Um eine Überbewertung solcher Ausnahmeereignisse zu vermeiden wird der mittlere Maximalpegel herangezogen. Dies deckt sich mit den Vorgaben an den Erschütterungsschutz gemäß DIN 4150, Teil 2.

5 Auswerte- und Prognoseverfahren

5.1 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.

5.2 Beschreibung der Methodik

Die Prognosen der Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen erfolgen auf Basis der Planunterlagen [22] sowie geplanten Streckengeschwindigkeiten [27] und Streckenbelastungen [26] für die geplante Reaktivierung der Niederrheinbahn.

Da zur Zeit in Deutschland noch keine BEMU Fahrzeuge verkehren liegt bisher kein Emissionsspektrum für einen solchen Zug vor. Als Emissionsspektrum für die Prognoseberechnungen wird daher auf ein Emissionsspektrum eines vergleichbaren Nahverkehrszuges zurückgegriffen.

Mittels der messtechnisch erfassten Emissionen beziehungsweise Immissionen sowie den theoretischen Übertragungsfunktionen aus der Literatur erfolgte die Prognose der in den entlang der Strecke befindlichen und geplanten Gebäuden zu erwartenden Erschütterungsimmissionen.

Für die allgemeinen Erschütterungsimmissionen wurden im ersten Schritt Frequenzanalysen (Terz-F-max) durchgeführt und diese anschließend energetisch gemittelt. Diese gemittelten Terz-F-max Frequenzspektren für die Messpunkte gehen als Eingangsdaten in die Prognosen ein. Durch die Verwendung von Terz-F-Max Spektren liegen die berechneten

Prognosen auf der sicheren Seite, da für diese Spektren zu jeder Terz der während der Erschütterungseinwirkungen maximal aufgetretene Messwert zugeordnet wird. Dies tritt so in der Realität allgemein nicht auf und führt daher bei der Prognose in der Regel zu höheren Werten.

Für die Prognose der Erschütterungen in die Gebäude werden theoretische Übertragungsfunktionen vom Erdboden bzw. vom Fundament auf die jeweilige Geschossdecke als der Literatur [18] oder aus Berechnungen und eigenen Messungen an vergleichbaren Vorhaben verwendet.

5.3 Prognoseunsicherheit

Die generelle messtechnische Unsicherheit bei der Ermittlung von K_{BF} -Werten kann gemäß DIN 4150 Teil 2 [5] 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 [18], 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.

Die Anforderungswerte sind jedoch durch die ermittelten, gemessenen oder prognostizierten Ergebnisse einzuhalten, es ist nicht erforderlich, die Anforderungen durch den ermittelten Wert zuzüglich der Unsicherheit einzuhalten.

6 Prognoseberechnungen und Beurteilungswerte

6.1 Allgemeines

Die detaillierten Prognoseberechnungen für die Erschütterungsimmissionen entlang der Strecke können den Anlagen 2 bis 4 entnommen werden.

Für die Gebäude entlang der Strecke wurden die Erschütterungsimmissionen für theoretische Übertragungsfunktionen aus der Literatur für Geschossdecken mit Holz- und Betondecken für 8 Hz bis 80 Hz berechnet. Diese Berechnungen erfolgten jeweils für die vorgeesehenen Streckengeschwindigkeiten von 40, 60 und 80 km/h.

Hierbei wurde durch iterative Anpassungen der Bodendämpfung jeweils der Abstand ermittelt für welchen alle Beurteilungswerte zu Erschütterungen und Schallimmissionen für Gebietsausweisungen mit Wohnnutzungen (WR/WA) für die Erweiterung oder Änderung bestehender Schienenverkehrswege beziehungsweise für neu zu errichtende Schienenverkehrswege eingehalten werden.

Da nicht bekannt ist über welchen Deckenaufbau die der Strecke angrenzenden Gebäude verfügen wird für die nachfolgenden Beurteilung der jeweils größte aus den Prognoseberechnungen resultierende Abstand im Sinne einer worst-case Betrachtung herangezogen.

Die Beurteilung der prognostizieren Erschütterungseinwirkungen erfolgt ferner für Gebietsausweisungen mit Mischnutzungen (MI/MK/MU/MD), wo erforderlich.

Welche Beurteilungswerte hierbei heranzuziehen sind, hängt dabei nicht nur von der Gebietsnutzung ab, sondern auch von der zu betrachtenden Situation (siehe Kapitel 4.2).

Im vorliegenden Fall liegt eine Bestandsstrecke vor, welche im Bereich des Bahnhofs Rheinkamp beginnt und am Haltepunkt Kamp-Lintfort Süd endet. Die Strecke wurde bis etwa um 1980 regulär betrieben und nicht entwidmet. Zuletzt wurde die Strecke 2020 im Rahmen der Landesgartenschau genutzt. Für den neuen Betrieb sollen ein Gleisbogen am Bahnhof Rheinkamp und eine Gleisverlängerung in den Zechenpark hinein gebaut werden.

Die Erschütterungsimmissionen durch den zukünftigen Schienenverkehr sind somit nach den unterschiedlichen Ausgangssituationen nach Punkten 6.5.3.5 und 6.5.3.6. der DIN 4150, Teil 2 zu beurteilen.

Diese sind hier:

- 6.5.3.5: Beurteilung **prognostizierter** Immissionen für neu zu errichtende Schienenverkehrswege;
- 6.5.3.6: Beurteilung **prognostizierter** Immissionen für die Erweiterung oder Änderung bestehender Schienenverkehrswege

6.2 Erschütterungen

6.2.1 Erschütterungen - Beurteilungsschwingstärke $KB_{FT,r}$

Für Gebietsausweisungen mit Wohnnutzungen (WR/WA) sind die Anhaltswerte $A_{r,tags} = 0,07$ und $A_{r,nachts} = 0,05$ in schutzbedürftigen Räumen einzuhalten, für Gebietsausweisungen mit Mischnutzungen (MI/MK/MU/MD) die Anhaltswerte $A_{r,tags} = 0,1$ sowie $A_{r,nachts} = 0,07$ [5][6].

6.2.2 Erschütterungen - Taktmaximalwert KB_{Fmax} / oberer Anhaltswert A_o

Mit dem Entwurf der DIN 4150, Teil 2 [6] wird durch eine neue Formel zur Berechnung des Taktmaximalwertes KB_{Fmax} aus den Taktmaximal-Effektivwerten KB_{FTm} (siehe Kapitel 4.2.1) ein neues Beurteilungskriterium eingeführt.

Der prognostizierte KB_{Fmax} -Wert ist dabei mit dem oberen Anhaltswert A_o für den Tagesbeziehungsweise Nachtzeitraum zu vergleichen.

Gemäß den in Kapitel 6.1 erläuterten Ausgangssituationen ist hierbei für $A_{o,tags}$ der Anhaltswert für die entsprechende Gebietsnutzung gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 heranzuziehen. Für $A_{o,nachts}$ ist gebietsunabhängig ein Beurteilungswert von 0,6 zulässig.

Somit ergeben sich für bestehende Gebäude in Bereichen mit Gebietsausweisungen als Wohnnutzungen (WR/WA) Anhaltswerte $A_{o,tags} = 3,0$ und $A_{o,nachts} = 0,6$, mit Gebietsausweisungen als Mischnutzungen (MI/MK/MU/MD) die Anhaltswerte $A_{o,tags} = 5,0$ sowie $A_{o,nachts} = 0,6$ [6]

Für die Planungen zur Reaktivierung der Niederrheinbahn ergeben sich gegenüber der noch gültigen Fassung der DIN 4150, Teil 2 [5] bei der Beurteilung keine Unterschiede.

Allerdings ergeben sich aus dem Entwurf der DIN 4150, Teil 2 [6] für städtebauliche Planungen und neu zu erstellende Gebäude gemäß Punkt 6.5.3.7 an der zukünftig reaktivierten Strecke erhöhte Anforderungen. Unter Punkt 6.5.3.7 wird die "Beurteilung der Immission für städtebauliche Planungen und neu zu erstellende Gebäude" näher erläutert:

Zitat Anfang:

"Wird im erschütterungstechnischen Einflussbereich von Schienenverkehrswegen ein Gebiet für städtebauliche Planungen ausgewiesen oder werden neu zu erstellende Gebäude geplant, sind im Rahmen der zu erstellenden Erschütterungsprognosen die Werte für A_w , A_r und A_o nach Tabelle 1 (der DIN 4150, Teil 2, hier Tabelle 4.2) (tags und nachts) in Abhängigkeit der Gebietseinstufung anzustreben.

Bei Zugkategorien mit seltenen bzw. nicht regelmäßigen Vorbeifahrten oder wenn die Umsetzung von Maßnahmen zum Erschütterungsschutz als unverhältnismäßig bewertet werden, kann es erforderlich sein, den Betroffenen Erschütterungen bis zu einem oberen Anhaltswert von $A_o = 0,6$ zuzumuten.

Bei Einhaltung der Anhaltswerte dieses Dokuments (der DIN 4150, Teil 2) werden erhebliche Belästigungen vermieden. Im Rahmen von Gebäudeplanungen kann es sinnvoll sein niedrigere Erschütterungswerte anzustreben."

Zitat Ende.

Für den oberen Anhaltswert $A_{o, \text{tags}}$ resultiert hieraus kein Unterschied, ob es sich um ein bestehendes oder neu geplantes Gebäude handelt. Jedoch wird für neue städtebauliche Planungen und neu zu erstellende Gebäude dann ein (deutlich) strengerer oberer Anhaltswert $A_{o, \text{nachts}}$ gefordert, welcher sodann in Bereichen mit Gebietsausweisungen als Wohnnutzungen (WR/WA) $A_{o, \text{nachts}} = 0,2$ und in Bereichen mit Gebietsausweisungen als Mischnutzungen (MI/MK/MU/MD) $A_{o, \text{nachts}} = 0,3$ beträgt [6].

Erste Erfahrungswerte zeigen, dass dann deutlich größere Mindestabstände zu Schienenverkehrswegen zur Einhaltung der Anhaltswertes $A_{o, \text{nachts}}$ erforderlich werden.

6.3 Sekundärluftschallimmissionen

6.3.1 Allgemeines

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 zum Beispiel 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.

6.3.2 Sekundärluftschall - Mittelungspegel

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

Wie in Kapitel 4.3 dargestellt, sind für neu zu errichtende Wohngebäude oder vergleichbar schutzbedürftige Nutzungen jedoch 5 dB strengere Anforderungen mit 35 dB(A) tags und 25 dB(A) nachts zu berücksichtigen.

Für die Reaktivierung der Niederrheinbahn erfolgt die Beurteilung des Mittelungspegels der sekundären Luftschallimmissionen für $L_{r, \text{tags}} = 40$ dB(A) und $L_{r, \text{nachts}} = 30$ dB(A).

6.3.3 Sekundärluftschall-Maximalpegel

Die VDI 2719 [15] definiert nahezu die gleichen Zumutbarkeitsschwellen wie sie sich aus der 24. BImSchV ableiten lassen. Es werde jedoch in der VDI 2719 weitere Raumnutzungen

berücksichtigt und auch ein mittlerer Maximalpegel L_{\max} für die sekundären Luftschallimmissionen angeben.

Die VDI 2719 gibt jedoch Spannen von Innenpegel, sowohl für den Mittelungspegel als auch den Maximalpegel an. Für die Zulässigkeit bzw. als Zumutbarkeitsschwelle zum Beispiel in bestehenden Situationen oder für den Ausbau von Schienenstrecken kann der jeweilige obere Bereich der Wertespannen herangezogen werden und die Werte von 40 dB(A) tags und 30 dB(A) nachts verwendet werden (siehe oben). Als Maximalpegel sollten jeweils um 10 dB höhere Werte als zulässig angesehen werden.

Für die Reaktivierung der Niederrheinbahn erfolgt die Beurteilung des Maximalpegels der sekundären Luftschallimmissionen somit für $L_{\max, \text{tags}} = 50 \text{ dB(A)}$ und $L_{\max, \text{nachts}} = 40 \text{ dB(A)}$.

7 Ergebnisse der Prognoseberechnungen

Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen sind im Detail in den Anlagen 2.5, 2.10, 3.5, 3.10, 4.5 und 4.10 dargestellt.

Die Ermittlung der Mindestabstände erfolgte für die in Kapitel 6 dargestellten Beurteilungswerte K_{BFT_r} , $K_{BF_{max}}$, L_r und L_{max} .

Für eine Einhaltung aller Beurteilungswerte für Gebietsausweisungen mit Wohnnutzungen (WR/WA), bei Erweiterung oder Änderung bestehender Schienenverkehrswege beziehungsweise bei neu zu errichtenden Schienenverkehrswegen, für bestehende Gebäude entlang der Strecke mit Geschossdecken aus Holz- oder Beton, für Deckeneigenfrequenzen von 8 Hz bis 80 Hz, ergeben sich bei Streckengeschwindigkeiten von 40, 60 und 80 km/h Mindestabstände von:

- 40 km/h – Mindestabstand 15 m
- 60 km/h – Mindestabstand 17 m
- 80 km/h – Mindestabstand 20 m

Diese Mindestabstände sind in Anlage 5 für die jeweiligen Streckenabschnitte grafisch dargestellt.

Es zeigt sich, dass kein bestehendes Gebäude die notwendigen Mindestabstände, welche im Rahmen der vorliegenden Einschätzung rechnerisch ermittelt wurden, unterschreitet.

Somit ist zunächst davon auszugehen, dass durch die Reaktivierung der Niederrheinbahn keine Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen hervorgerufen werden, welche über die in Kapitel 6 dargestellten Beurteilungswerte hinaus gehen.

Drei Bestandsgebäude entlang der Strecke grenzen an den berechneten Mindestabstand für Wohngebiete (WR/WA) an. Dies sind die Gebäude Haarbeckstraße 2a, 4 und 6 in Kamp-Lintfort (siehe Abbildung 7.1).



Abbildung 7.1: Gebäude Haarbeckstraße (Kartengrundlage: OpenStreetMap – Mitwirkende)

Rechtskräftige Bebauungspläne liegen für diesen Bereich nicht vor, jedoch ist aufgrund der Lage und Umgebungssituation von einem unbeplanten Außenbereich (MI/MK/MU/MD) auszugehen, sodass hier höhere Beurteilungswerte und geringere Mindestabstände zulässig wären.

Der Mindestabstand hier ergibt sich jedoch aus der Anforderung bezüglich des Maximalpegels der sekundären Luftschallimmissionen, welcher nur von den schützenswerten Nutzungen innerhalb der Gebäude ausgeht. Da in diesen Gebäuden von Wohn- und Schlafräumen auszugehen ist, ergibt sich derselbe Mindestabstand wie für Wohngebiete (WR/WA).

An diesen drei Gebäuden liegt eine im gesamten Streckenverlauf einmalige Situation vor. Unmittelbar südlich an diese Gebäude grenzt eine Kiesgrube an. Somit ist von einem hohem Grundwasserspiegel in diesem Bereich auszugehen. Weiterhin befinden sich die Gebäude in einem Bereich mit Hochflutsand (siehe Abbildung 7.2).

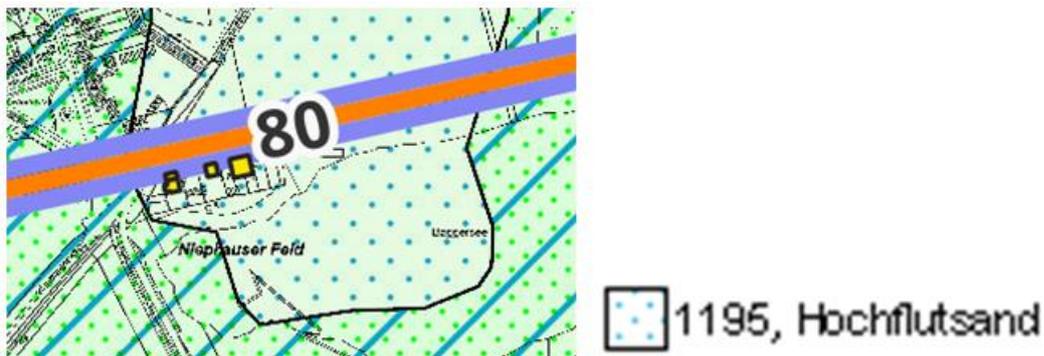


Abbildung 7.2: Geologie in Bereich Haarbeckstraße

Hierdurch besteht die Möglichkeit von erhöhten Erschütterungseinwirkungen in diesen Gebäuden, welche nicht mit den vorliegenden abschätzenden Prognoseberechnungen ausgeschlossen werden können.

Für diese Gebäude sind ergänzende Untersuchungen zu empfehlen. Solche können erst nach Inbetriebnahme der Strecke erfolgen. Sollten dann tatsächlich erhöhte Erschütterungsimmissionen in den Gebäuden vorliegen, so kann die Streckengeschwindigkeit in diesem Bereich auf 60 km/h abgesenkt werden.

8 Zusammenfassung

Die Niederrheinbahn GmbH plant die Reaktivierung der Strecke Rheinkamp bis Kamp-Lintfort Mitte.

Für den neuen Betrieb sollen ein Gleisbogen am Bahnhof Rheinkamp und eine Gleisverlängerung in den Zechenpark hinein gebaut werden. Zudem sollen Bahnübergänge/Brücken entstehen bzw. erweitert werden. Es ist geplant, dass ab Dezember 2026 batteriebetriebene Züge (BEMU) mit 8 Achsen verkehren sollen. Diese sollen mit einer Zweifachtraktion im Einstundentakt verkehren.

Auf der Strecke können aktuell keine Züge mit höheren Geschwindigkeiten als Schrittgeschwindigkeit verkehren. Erschütterungsmessungen entlang der Strecke als Ausbreitungsmessung zur Bestimmung der örtlichen Ausbreitungsbedingungen oder in angrenzenden Gebäuden zur Ermittlung der bestehenden Erschütterungsimmissionen sind daher zur Zeit nicht möglich. Es erfolgte daher zunächst eine Einschätzung der Auswirkungen der Reaktivierung der Niederrheinbahn auf Basis empirischer Prognosen.

Da zur Zeit in Deutschland noch keine BEMU Fahrzeuge verkehren liegt bisher kein Emissionsspektrum für einen solchen Zug vor. Als Emissionsspektrum für die Prognoseberechnungen wurde daher auf ein Emissionsspektrum eines vergleichbaren Nahverkehrszuges zurückgegriffen.

Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen wurden gemäß dem Entwurf der DIN 4150 Teil 2 und der aktuellen Rechtslage für die Erschütterungen und in Anlehnung an die Anforderungen unterschiedlicher Vorgaben wie der 24. BImSchV, DIN 45680 und VDI 2719 für die sekundären Luftschallimmissionen beurteilt.

Für eine Einhaltung aller Beurteilungswerte für Gebietsausweisungen mit Wohnnutzungen (WR/WA), bei Erweiterung oder Änderung bestehender Schienenverkehrswege beziehungsweise bei neu zu errichtenden Schienenverkehrswegen, für bestehende Gebäude entlang der Strecke mit Geschossdecken aus Holz- oder Beton, für Deckeneigenfrequenzen von 8 Hz bis 80 Hz, ergeben sich bei Streckengeschwindigkeiten von 40, 60 und 80 km/h Mindestabstände von:

- 40 km/h – Mindestabstand 15 m
- 60 km/h – Mindestabstand 17 m
- 80 km/h – Mindestabstand 20 m

Diese Mindestabstände sind in Anlage 5 für die jeweiligen Streckenabschnitte grafisch dargestellt.

Es zeigt sich, dass kein bestehendes Gebäude die notwendigen Mindestabstände, welche im Rahmen der vorliegenden Einschätzung rechnerisch ermittelt wurden, unterschreitet.

Somit ist zunächst davon auszugehen, dass durch die Reaktivierung der Niederrheinbahn keine Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen hervorgerufen werden, welche über die in Kapitel 6 dargestellten Beurteilungswerte hinaus gehen.

Drei Bestandsgebäude entlang der Strecke grenzen an den berechneten Mindestabstand für Wohngebiete (WR/WA) an. Dies sind die Gebäude Haarbeckstraße 2a, 4 und 6.

Rechtskräftige Bebauungspläne liegen für diesen Bereich nicht vor, jedoch ist aufgrund der Lage der Gebäude von einer Einstufung als ungeplanter Außenbereich (MI/MK/MU/MD) auszugehen, sodass hier höhere Beurteilungswerte und geringere Mindestabstände zulässig wären.

Der Mindestabstand hier ergibt sich jedoch aus der Anforderung bezüglich des Maximalpegels der sekundären Luftschallimmissionen, welcher nur von den schützenswerten Nutzungen innerhalb der Gebäude ausgeht. Da in diesen Gebäuden von Wohn- und Schlafräumen auszugehen ist, ergibt sich derselbe Mindestabstand wie für Wohngebiete (WR/WA).

An diesen drei Gebäuden liegt eine im gesamten Streckenverlauf einmalige Situation vor. Unmittelbar südlich an diese Gebäude grenzt eine Kiesgrube an. Somit ist von einem hohem Grundwasserspiegel in diesem Bereich auszugehen. Weiterhin befinden sich die Gebäude in einem Bereich mit Hochflutsand.

Hierdurch besteht die Möglichkeit von erhöhten Erschütterungseinwirkungen in diesen Gebäuden, welche nicht mit den vorliegenden abschätzenden Prognoseberechnungen ausgeschlossen werden können.

Für diese Gebäude sind ergänzende Untersuchungen zu empfehlen. Solche können erst nach Inbetriebnahme der Strecke erfolgen. Sollten dann tatsächlich erhöhte Erschütterungsimmissionen in den Gebäuden vorliegen, so kann die Streckengeschwindigkeit in diesem Bereich auf 60 km/h abgesenkt werden.

Peutz Consult GmbH

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

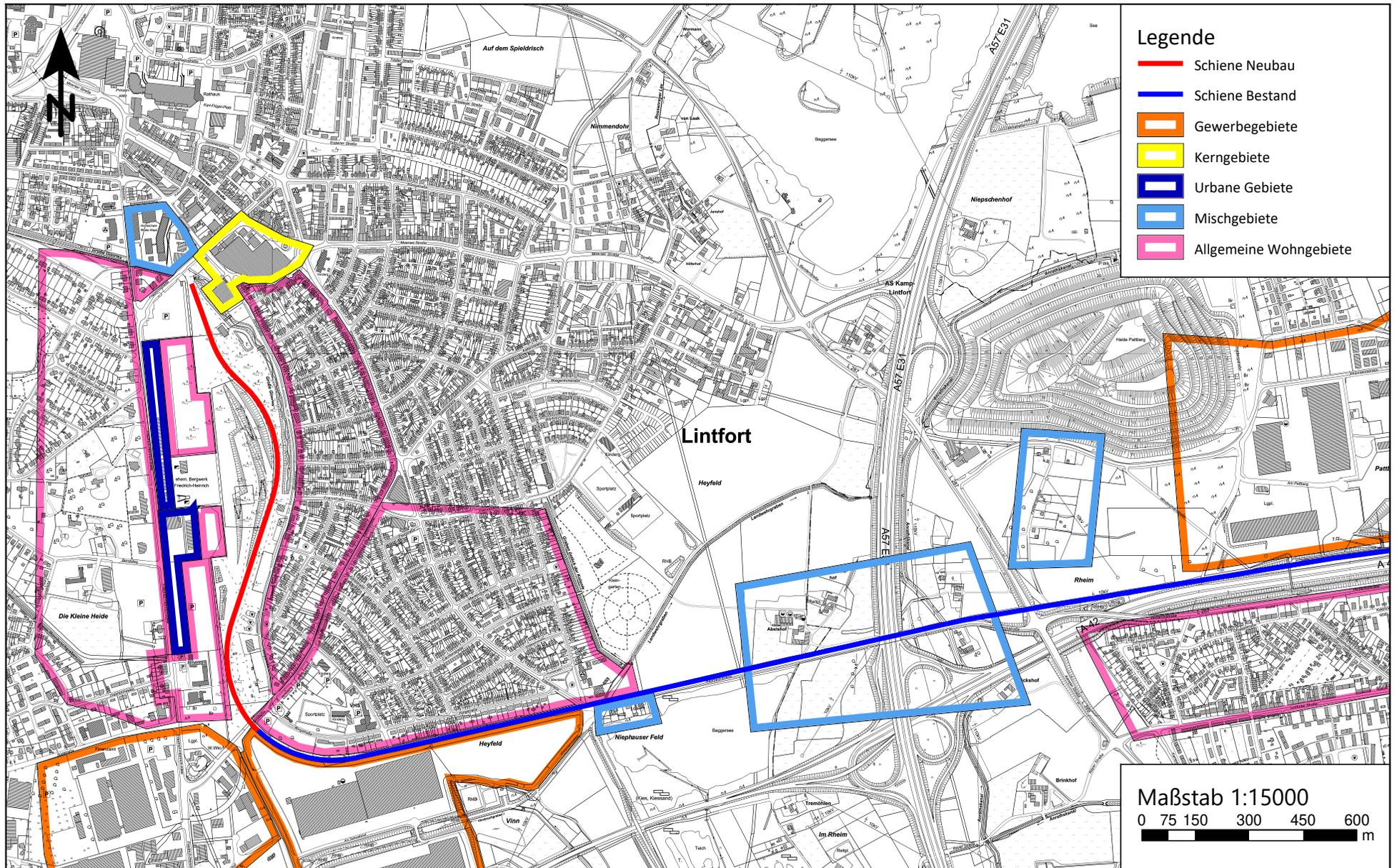
i.V. Dipl.-Phys. Thomas Jaquet
(Projektleitung)

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

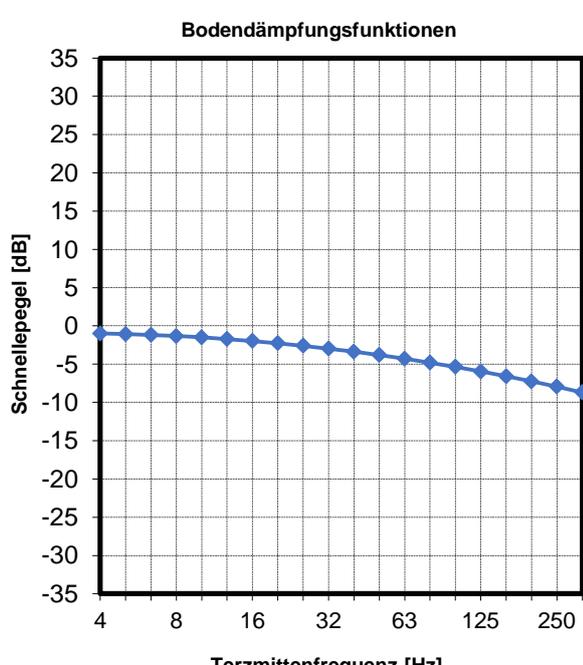
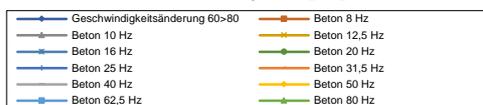
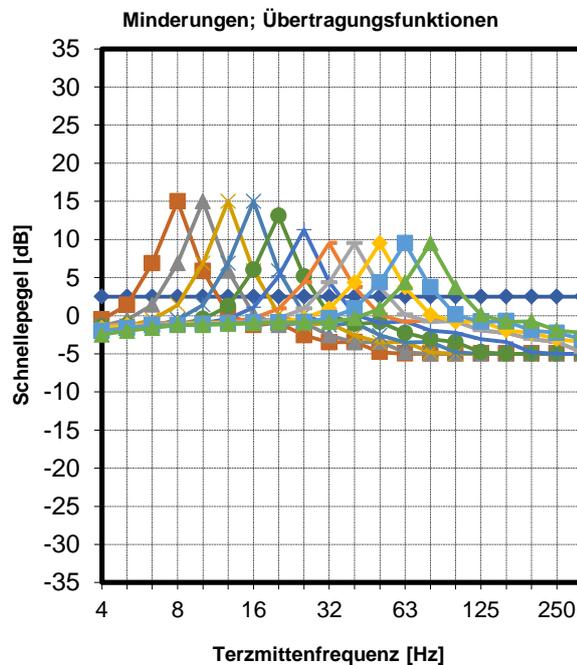
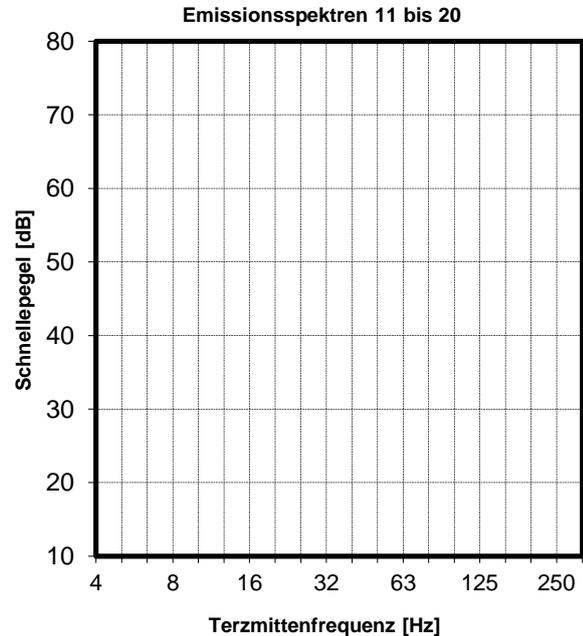
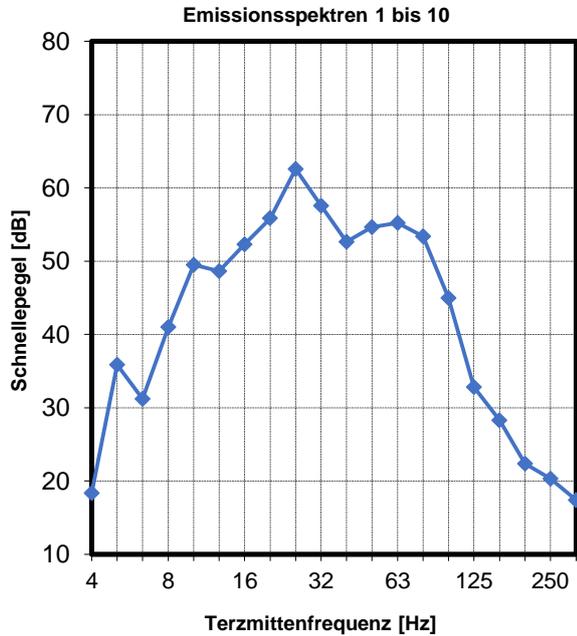
Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Darstellung der Planung sowie der Gebietseinstufungen
- Anlage 2: Prognoseberechnungen für Beton- und Holzdecken für eine Streckengeschwindigkeit von 80 km/h
- Anlage 3: Prognoseberechnungen für Beton- und Holzdecken für eine Streckengeschwindigkeit von 60 km/h
- Anlage 4: Prognoseberechnungen für Beton- und Holzdecken für eine Streckengeschwindigkeit von 40 km/h
- Anlage 5: Mindestabstand zur Gleistrasse für eine Einhaltung aller Anforderungen aus Erschütterungsimmissionen und Immissionen aus sekundären Luftschall für eine Beurteilung als Wohngebiet (WR/WA)

Anlage 1.1: Darstellung der Planung sowie der Gebietseinstufungen, Bereich West

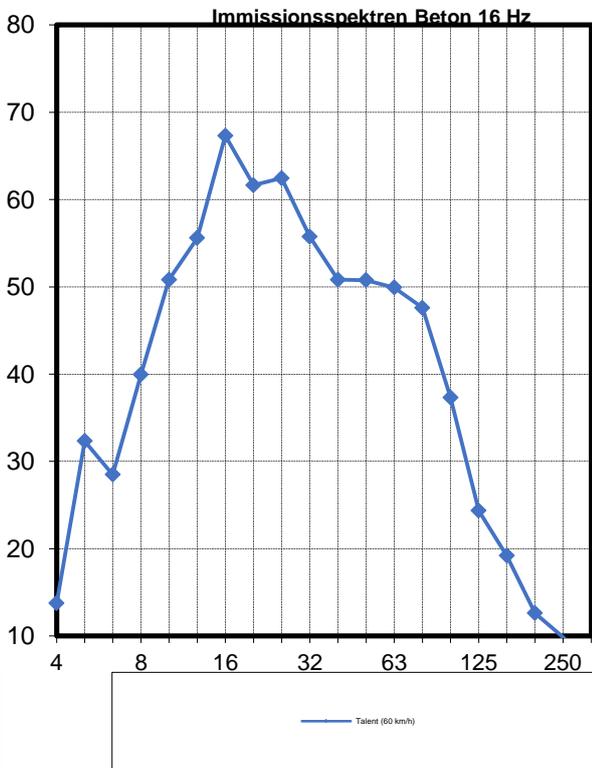
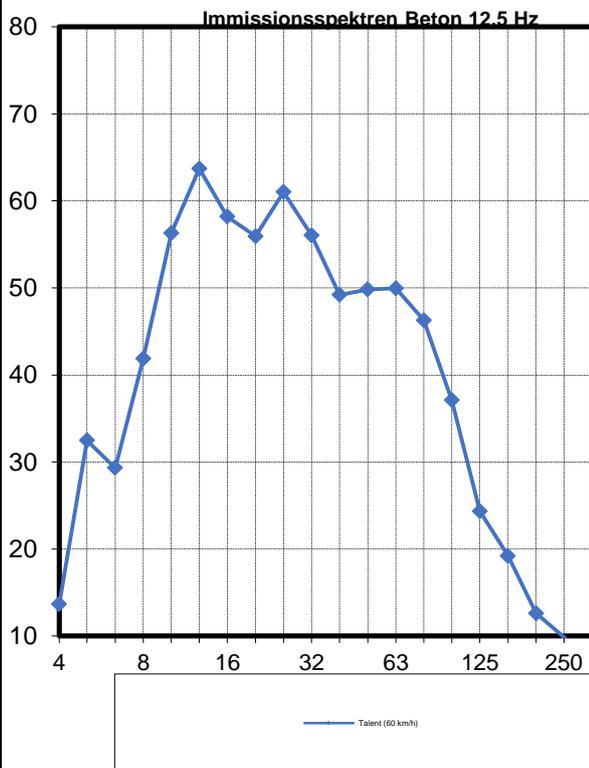
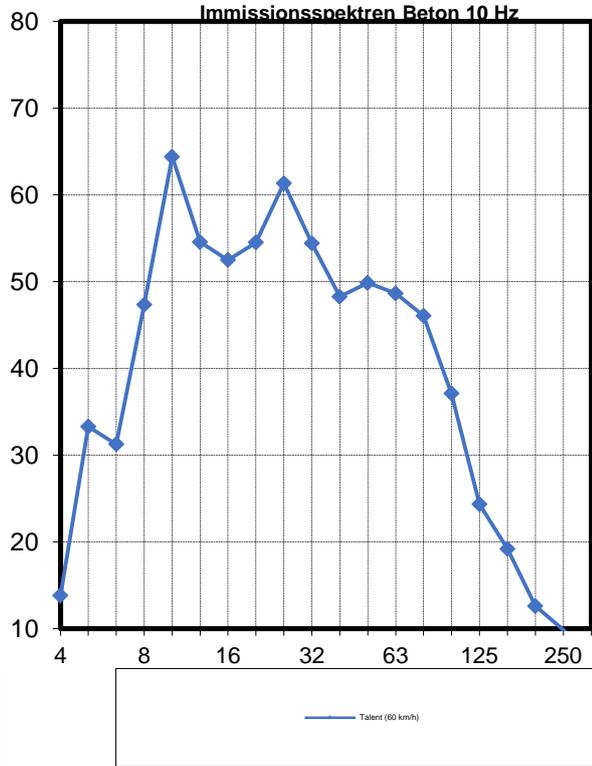
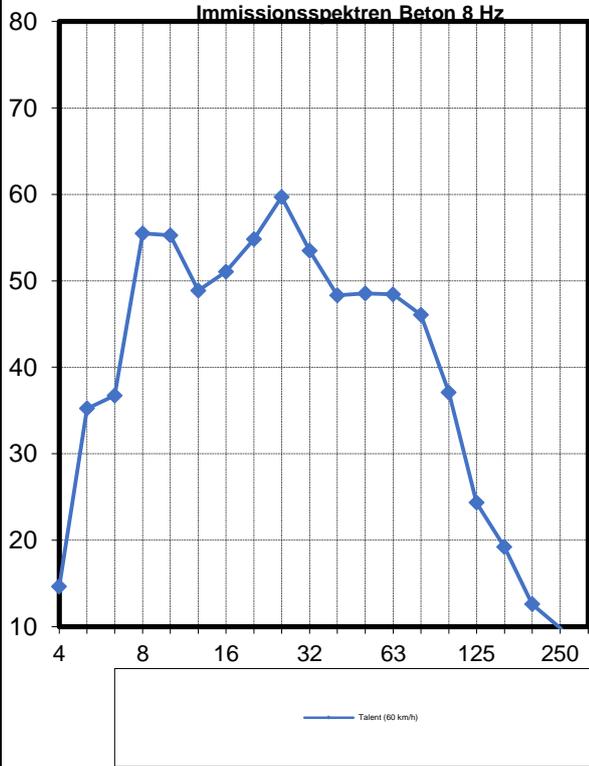


Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



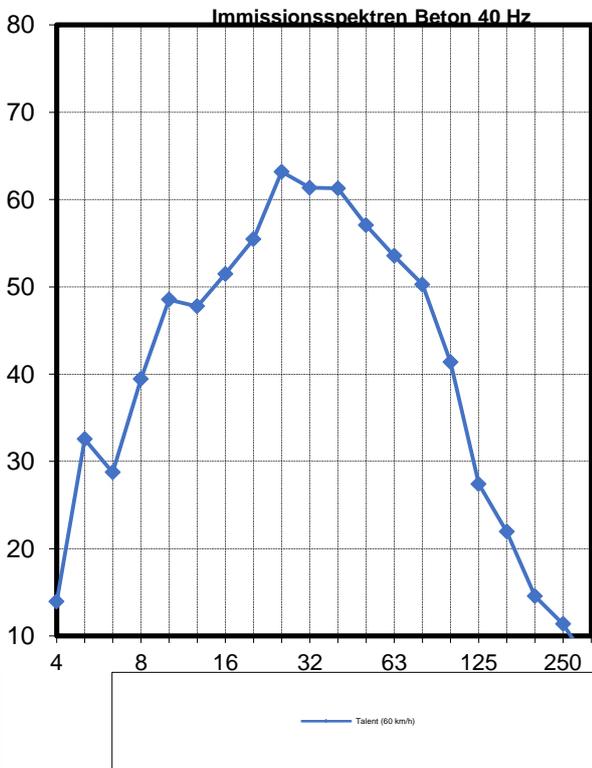
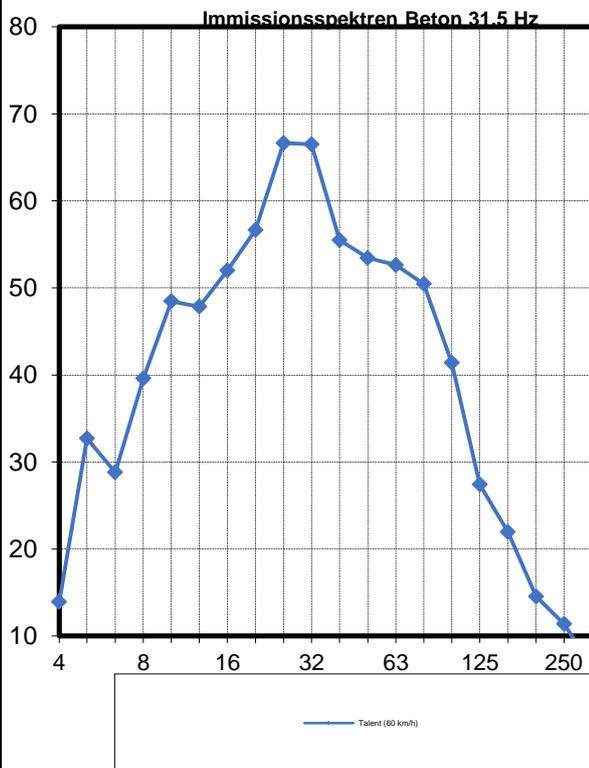
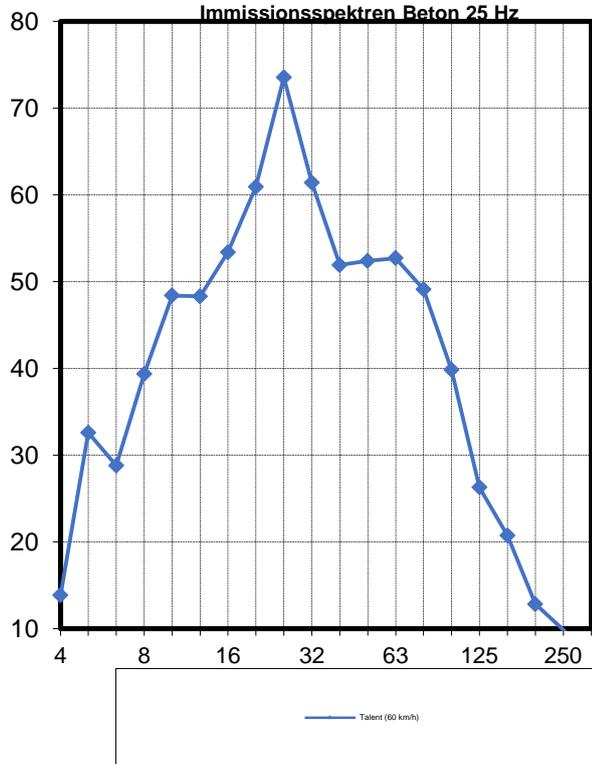
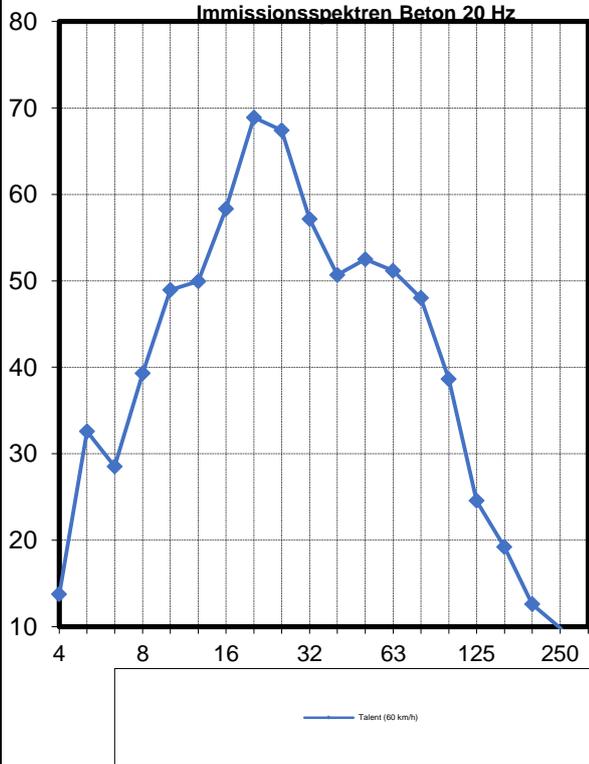
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



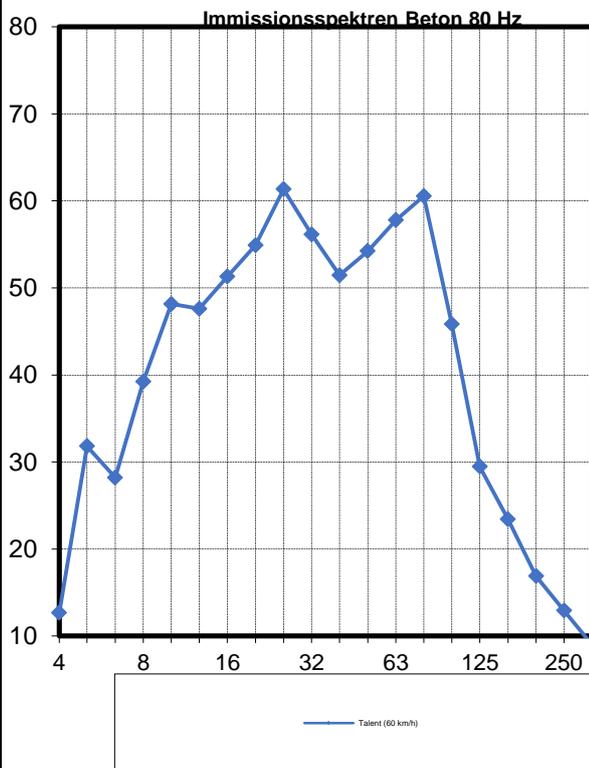
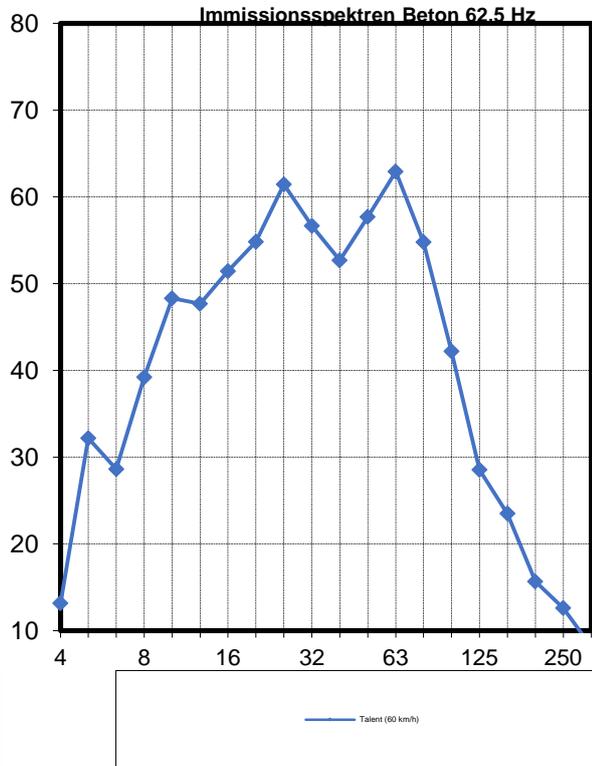
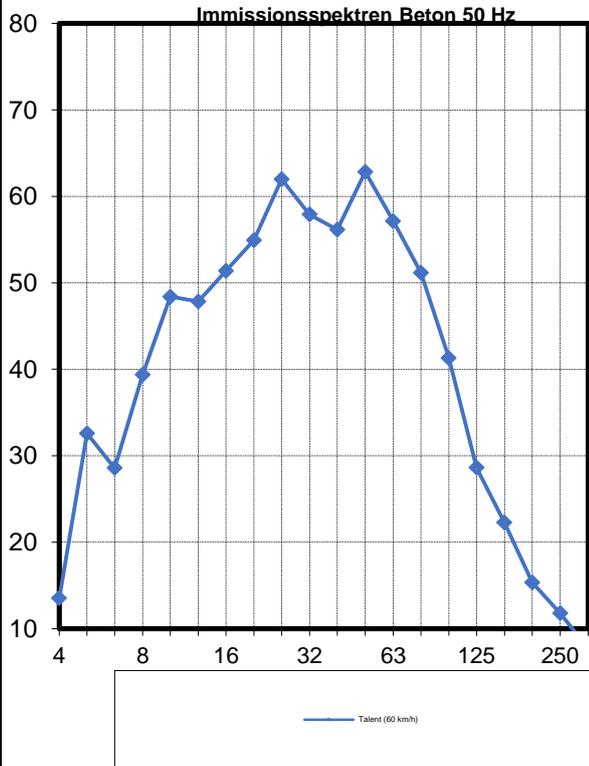
alle Spektren [dB], re $5 \cdot 10^{-5}$ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re $5 \cdot 10^{-5}$ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Berechnung der Immissionen für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA

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																								
Talent (60 km/h)	9,5	18,4	35,9	31,2	41,0	49,5	48,6	52,3	55,8	62,6	57,6	52,6	54,6	55,2	53,4	45,0	32,8	28,3	22,4	20,3	17,4	32	4	

Berücksichtigte Minderungsmaßnahmen																						
Geschwindigkeitsänderung 60>80																						
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Übertragungsfunktionen																						
Beton 8 Hz	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 10 Hz	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 12,5 Hz	-1,4	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 16 Hz	-1,5	-1,4	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 20 Hz	-1,4	-1,4	-1,2	-1,3	-1,2	-0,4	1,2	6,0	13,1	5,1	0,2	-1,1	-0,8	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 25 Hz	-1,5	-1,3	-1,2	-1,0	-1,1	-1,0	-0,4	1,1	5,2	11,3	4,4	0,1	-1,0	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 31,5 Hz	-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	-0,6	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0
Beton 40 Hz	-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	-5,0	-5,0
Beton 50 Hz	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0
Beton 62,5 Hz	-2,5	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8
Beton 80 Hz	-3,1	-2,5	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5

Angesetzte Bodendämpfungen																						
von 16 m auf 20 m																						
	-1,0	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-2,0	-2,3	-2,6	-3,0	-3,4	-3,8	-4,3	-4,8	-5,4	-6,0	-6,6	-7,2	-7,9	-8,7	

Immissionsspektren																						KB _{FTM} ²	L _{max} (dB(A))
Talent (60 km/h)																							
Beton 8 Hz	9,7	19,3	38,7	39,4	57,2	56,4	49,6	51,6	55,1	59,9	53,6	48,3	48,6	48,4	46,1	37,1	24,3	19,2	12,6	9,9	6,2	0,08	32,5
Beton 10 Hz	9,5	18,5	36,8	34,0	49,0	65,5	55,3	53,0	54,8	61,5	54,5	48,3	49,9	48,6	46,1	37,1	24,3	19,2	12,6	9,9	6,2	0,12	32,7
Beton 12,5 Hz	9,6	18,4	36,0	32,0	43,6	57,4	64,4	58,7	56,2	61,2	56,1	49,2	49,8	50,0	46,3	37,1	24,3	19,2	12,6	9,9	6,2	0,12	33,0
Beton 16 Hz	9,5	18,5	35,8	31,2	41,7	51,9	56,3	67,8	61,9	62,7	55,8	50,8	50,8	49,9	47,6	37,3	24,3	19,2	12,6	9,9	6,2	0,16	33,5
Beton 20 Hz	9,6	18,4	36,1	31,2	41,0	50,1	50,6	58,8	69,2	67,6	57,2	50,7	52,5	51,2	48,0	38,6	24,6	19,2	12,6	9,9	6,2	0,19	34,4
Beton 25 Hz	9,5	18,6	36,1	31,5	41,1	49,5	49,0	53,9	61,2	73,7	61,5	51,9	52,4	52,7	49,1	39,8	26,3	20,7	12,8	9,9	6,2	0,26	35,8
Beton 31,5 Hz	9,8	18,6	36,2	31,5	41,3	49,6	48,5	52,5	57,0	66,8	66,6	55,5	53,4	52,6	50,5	41,4	27,4	22,0	14,6	11,4	6,4	0,16	35,9
Beton 40 Hz	9,4	18,6	36,1	31,4	41,1	49,6	48,5	52,0	55,7	63,4	61,5	51,3	57,1	53,5	50,3	41,4	27,4	22,0	14,6	11,4	6,4	0,13	36,1
Beton 50 Hz	9,0	18,2	36,1	31,3	41,1	49,5	48,5	51,9	55,2	62,2	58,0	56,1	62,8	57,1	51,2	41,3	28,6	22,3	15,4	11,8	7,7	0,12	37,5
Beton 62,5 Hz	8,5	17,9	35,7	31,3	40,9	49,4	48,4	51,9	55,1	61,6	56,8	52,7	57,7	62,9	54,8	42,2	28,5	23,5	15,7	12,6	8,1	0,12	38,9
Beton 80 Hz	7,9	17,4	35,3	30,9	40,9	49,2	48,3	51,8	55,2	61,5	56,2	51,5	54,2	57,8	60,6	45,8	29,5	23,4	16,9	12,9	8,9	0,11	39,4

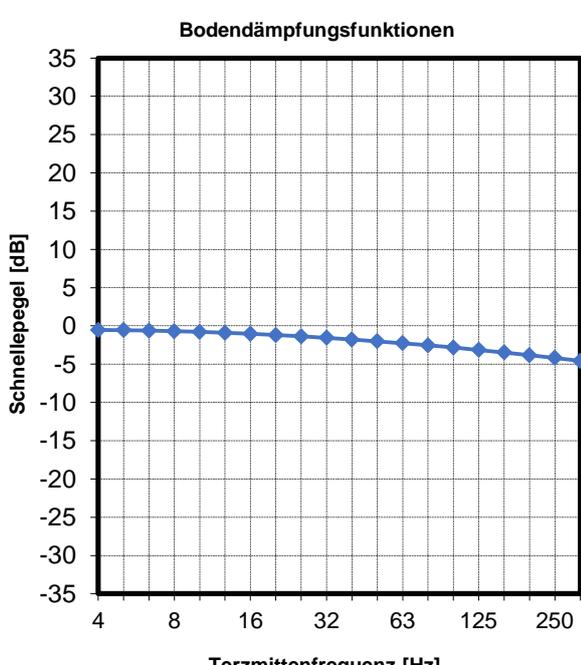
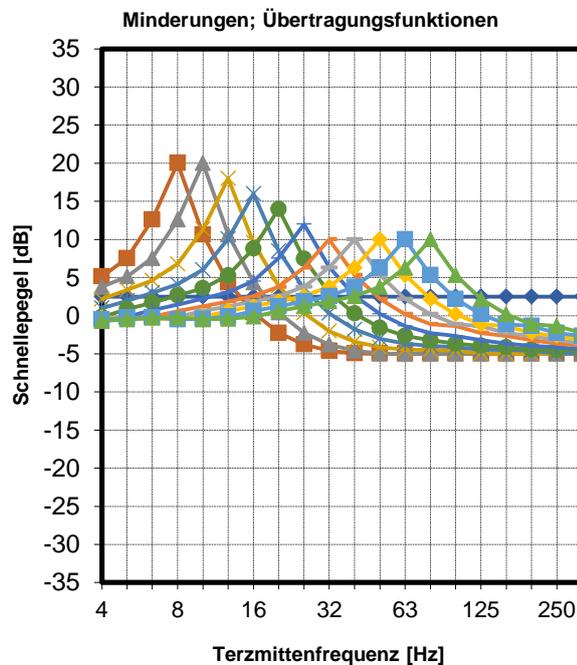
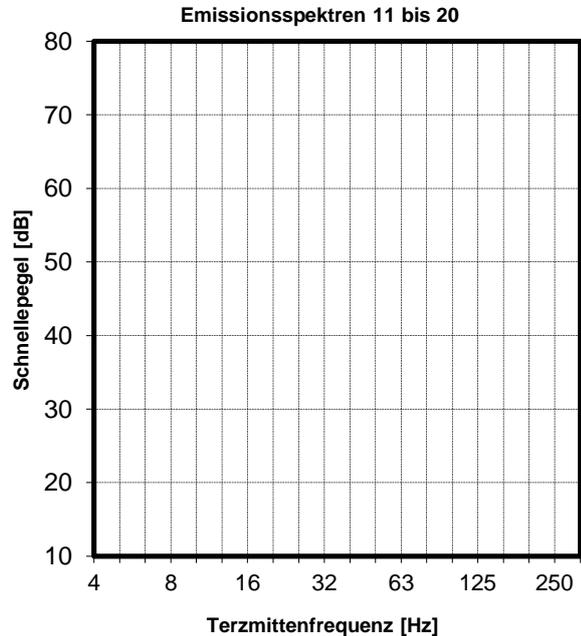
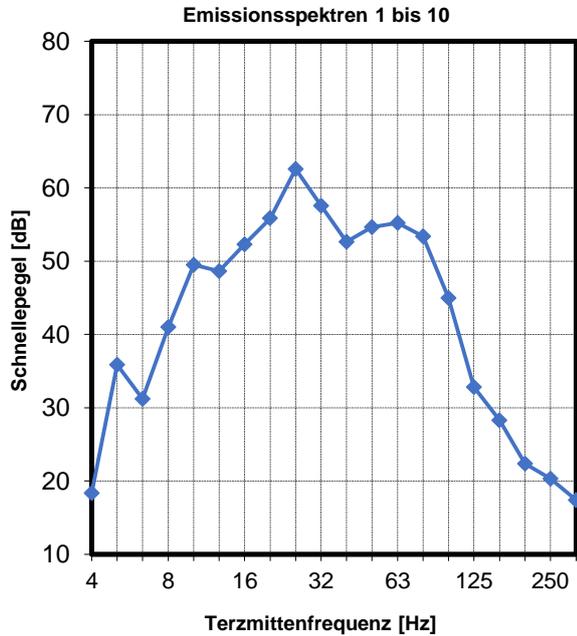
	KB_{Fmax, Zug}²	Übertragungsfunktion	Zug:	Übertragungsfunktion:	KB_{Fmax}²
Talent (60 km/h)	0,38	Beton 25 Hz		Beton 25 Hz	0,38

KB _{FTM}	Beton 8 Hz		Beton 10 Hz		Beton 12,5 Hz		Beton 16 Hz		Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz		Beton 40 Hz		Beton 50 Hz		Beton 62,5 Hz		Beton 80 Hz	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
(Max-Hold, Fast) alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s	0,000	0,000	0,014	0,007	0,014	0,007	0,014	0,009	0,023	0,011	0,030	0,015	0,019	0,010	0,015	0,007	0,014	0,007	0,014	0,007	0,012	0,006

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

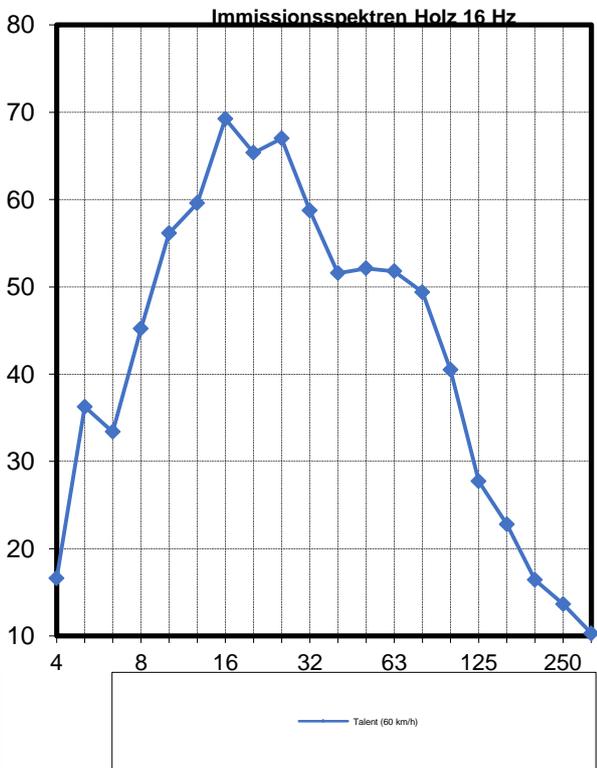
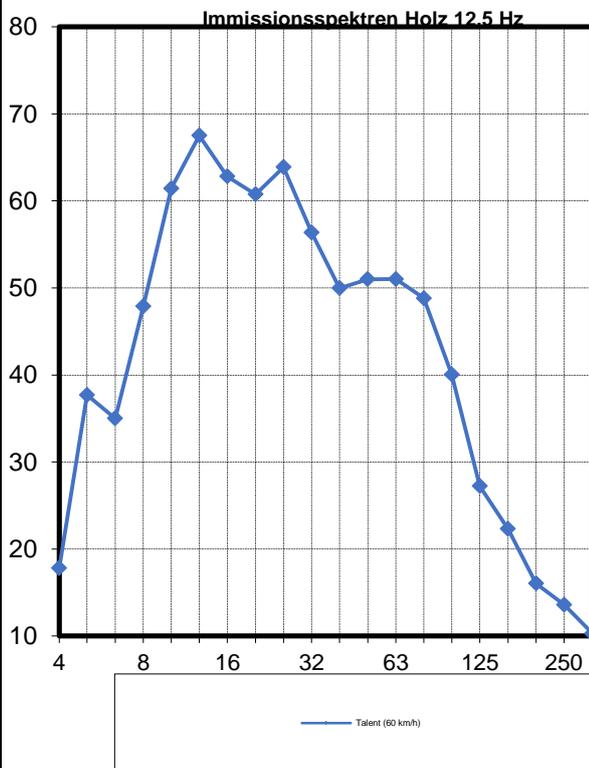
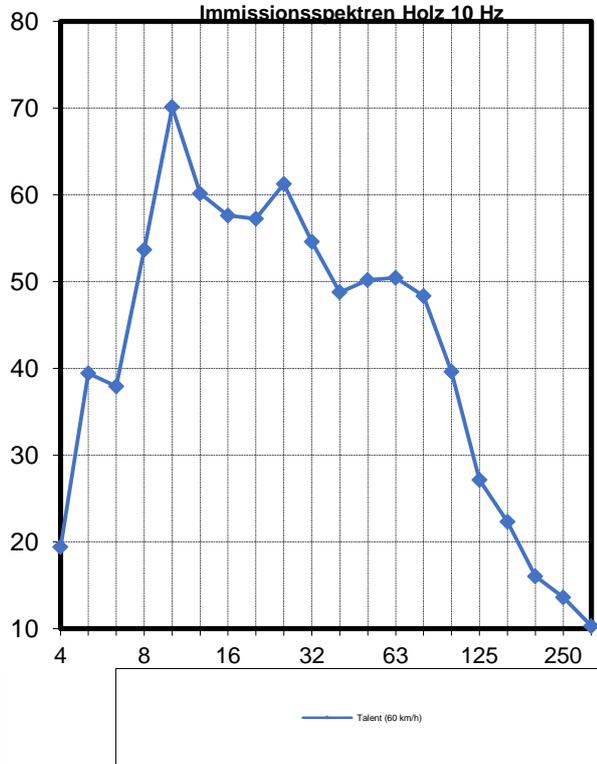
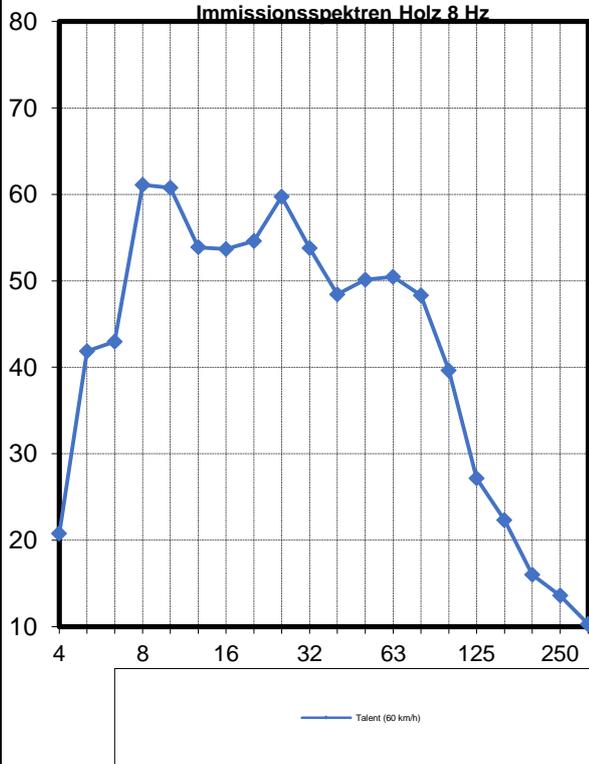
L _r (dB(A)):	Beton 8 Hz		Beton 10 Hz		Beton 12,5 Hz		Beton 16 Hz		Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz		Beton 40 Hz		Beton 50 Hz		Beton 62,5 Hz		Beton 80 Hz	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	14,7	8,7	14,9	8,9	15,2	9,2	15,7	9,7	16,6	10,6	18,0	12,0	18,1	12,1	18,3	12,3	19,7	13,7	21,2	15,1	21,6	15,6

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



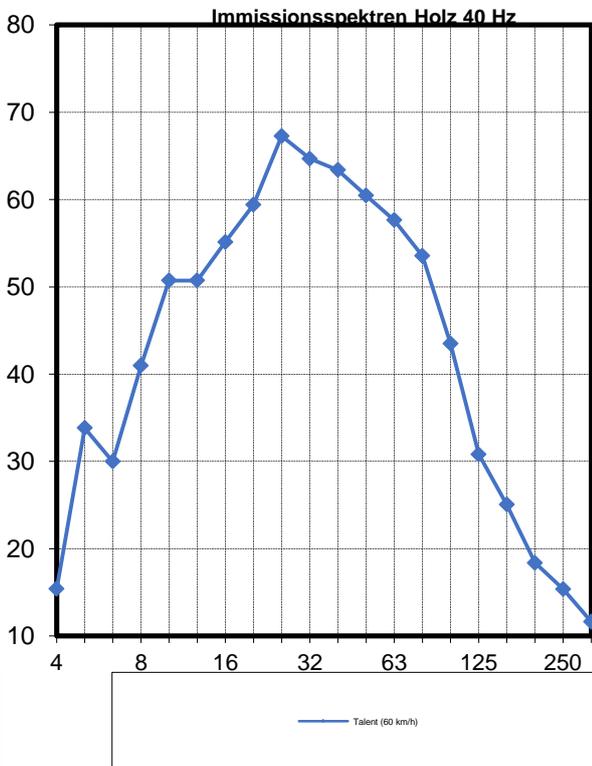
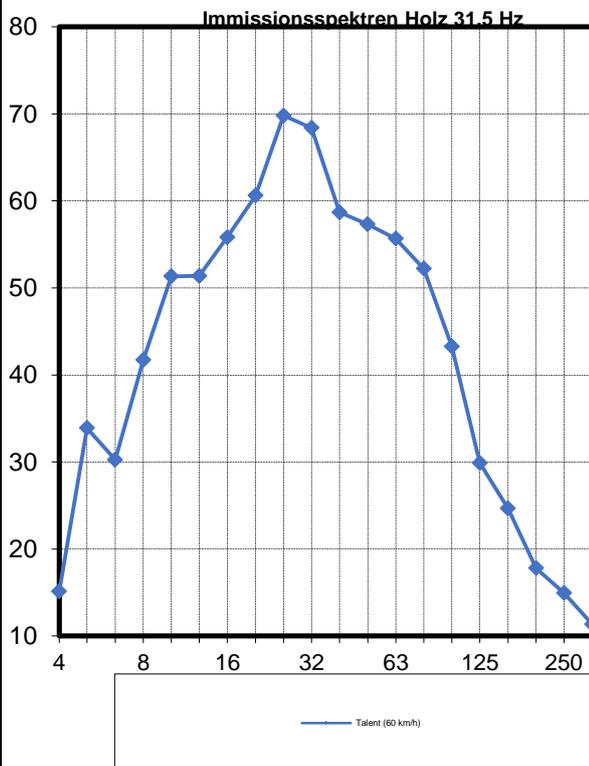
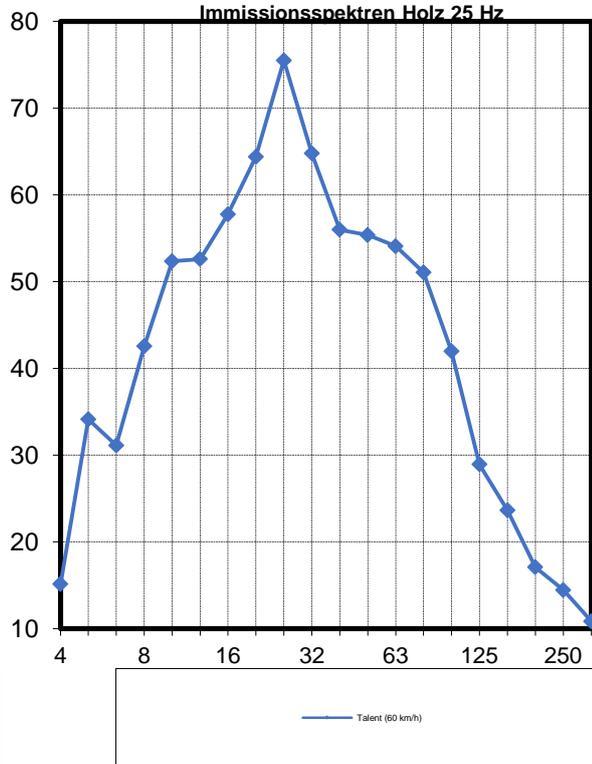
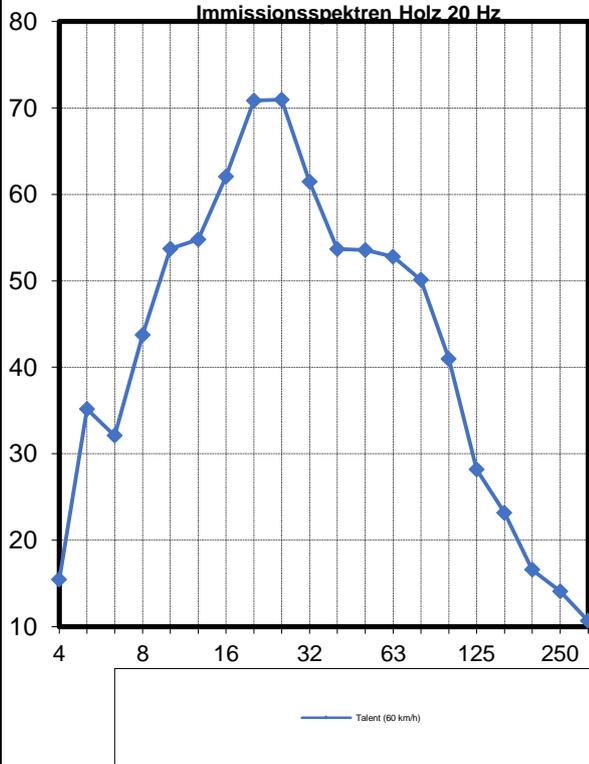
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



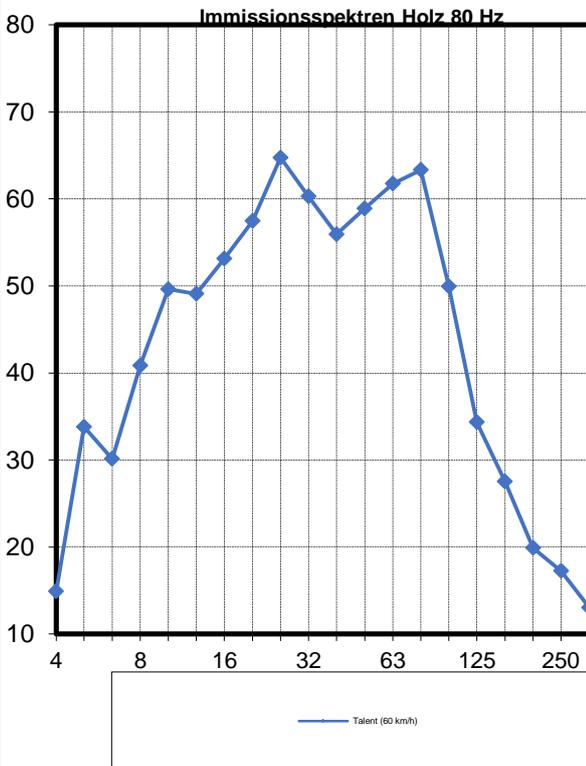
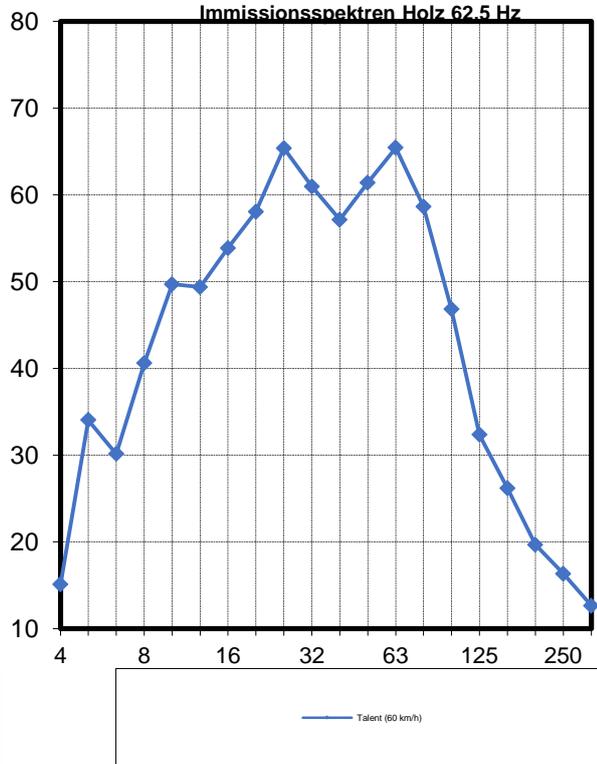
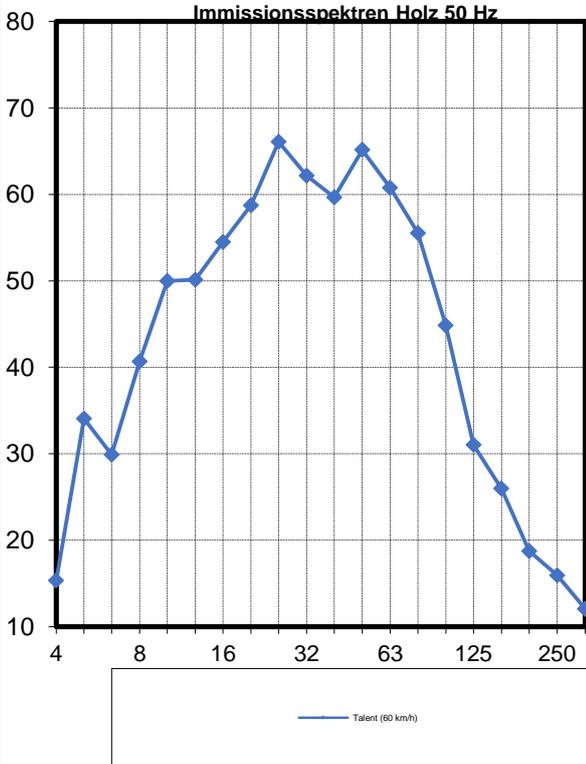
alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re $5 \cdot 10^{-5}$ mm/s

Berechnung der Immissionen für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA

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																							
Talent (60 km/h)	9,5	18,4	35,9	31,2	41,0	49,5	48,6	52,3	55,8	62,6	57,6	52,6	54,6	55,2	53,4	45,0	32,8	28,3	22,4	20,3	17,4	32	4

Berücksichtigte Minderungsmaßnahmen

Geschwindigkeitsänderung 60>80	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
--------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Übertragungsfunktionen

Holz 8 Hz	3,8	5,1	7,6	12,6	20,0	10,6	4,4	0,4	-2,3	-3,8	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 10 Hz	2,6	3,8	5,1	7,6	12,6	20,0	10,6	4,4	0,4	-2,3	-3,8	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 12,5 Hz	1,2	2,2	3,4	4,6	6,8	11,3	18,0	9,6	3,9	0,4	-2,0	-3,4	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 16 Hz	0,0	1,0	2,0	3,0	4,1	6,0	10,1	16,0	8,5	3,5	0,3	-1,8	-3,0	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0
Holz 20 Hz	-0,4	-0,2	0,9	1,7	2,6	3,6	5,3	8,8	14,0	7,5	3,1	0,3	-1,6	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6	-4,6
Holz 25 Hz	-0,2	-0,5	-0,2	0,7	1,5	2,3	3,1	4,5	7,6	12,0	6,4	2,6	0,2	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4	-4,4
Holz 31,5 Hz	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,0
Holz 40 Hz	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-3,7
Holz 50 Hz	-0,5	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,2
Holz 62,5 Hz	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-2,7
Holz 80 Hz	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,3

Angesetzte Bodendämpfungen

von 16 m auf 18 m	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,2	-1,4	-1,6	-1,8	-2,0	-2,3	-2,5	-2,8	-3,1	-3,5	-3,8	-4,2	-4,6	-4,6
-------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Immissionsspektren

Talent (60 km/h)																						KB _{FTrn} :	L _{max} (dB(A))
	15,2	25,5	45,4	45,7	62,8	61,8	54,6	54,2	54,9	59,9	53,9	48,4	50,1	50,4	48,3	39,6	27,2	22,3	16,0	13,6	10,3		
Holz 8 Hz	15,2	25,5	45,4	45,7	62,8	61,8	54,6	54,2	54,9	59,9	53,9	48,4	50,1	50,4	48,3	39,6	27,2	22,3	16,0	13,6	10,3	0,11	33,9
Holz 10 Hz	14,0	24,1	43,0	40,6	55,4	71,2	60,8	58,1	57,6	61,5	54,7	48,8	50,2	50,4	48,3	39,6	27,2	22,3	16,0	13,6	10,3	0,19	33,9
Holz 12,5 Hz	12,7	22,5	41,2	37,7	49,6	62,5	68,2	63,3	61,1	64,1	56,5	50,0	51,0	51,0	48,8	40,0	27,2	22,3	16,0	13,6	10,3	0,18	34,3
Holz 16 Hz	11,4	21,3	39,8	36,1	46,9	57,2	60,3	69,7	65,7	67,2	58,8	51,6	52,1	51,8	49,4	40,5	27,7	22,8	16,4	13,7	10,3	0,22	34,8
Holz 20 Hz	11,1	20,1	38,7	34,8	45,4	54,8	55,5	62,6	71,1	71,2	61,5	53,7	53,6	52,8	50,1	41,0	28,2	23,2	16,6	14,1	10,7	0,27	35,6
Holz 25 Hz	11,2	19,8	37,7	33,8	44,2	53,5	53,3	58,3	64,7	75,7	64,9	56,0	55,4	54,1	51,1	42,0	28,9	23,6	17,1	14,5	10,9	0,33	36,6
Holz 31,5 Hz	11,2	19,8	37,4	33,0	43,4	52,4	52,1	56,3	60,9	70,0	68,5	58,7	57,3	55,6	52,2	43,3	29,9	24,7	17,8	14,9	11,3	0,22	36,8
Holz 40 Hz	11,2	20,1	37,3	32,7	42,7	51,8	51,4	55,6	59,7	67,5	64,8	63,4	60,5	57,6	53,5	43,5	30,8	25,0	18,4	15,4	11,6	0,19	37,4
Holz 50 Hz	11,0	20,1	37,6	32,6	42,4	51,1	50,8	55,0	59,0	66,3	62,3	59,7	65,1	60,8	55,5	44,8	31,0	26,0	18,8	16,0	12,1	0,18	38,5
Holz 62,5 Hz	10,8	19,8	37,6	32,8	42,3	50,8	50,1	54,4	58,4	65,6	61,1	57,1	61,4	65,4	58,6	46,8	32,4	26,2	19,7	16,3	12,6	0,17	39,5
Holz 80 Hz	10,5	19,6	37,3	32,8	42,5	50,7	49,8	53,6	57,8	64,9	60,4	55,9	58,9	61,7	63,3	50,0	34,3	27,5	19,9	17,3	13,0	0,16	39,9

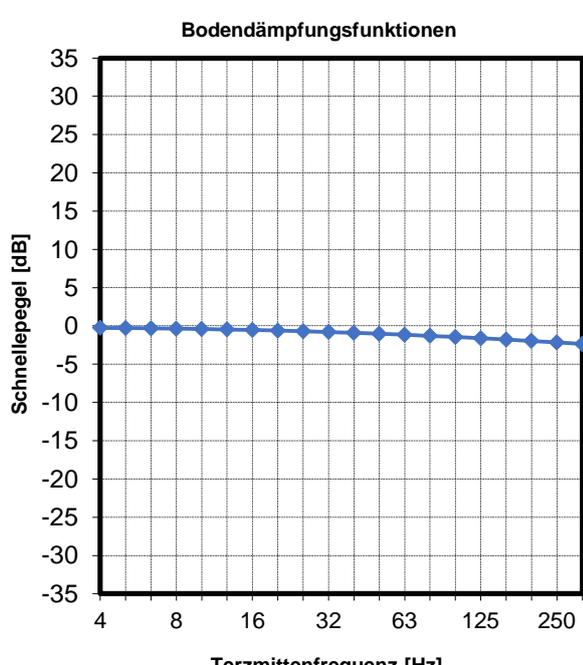
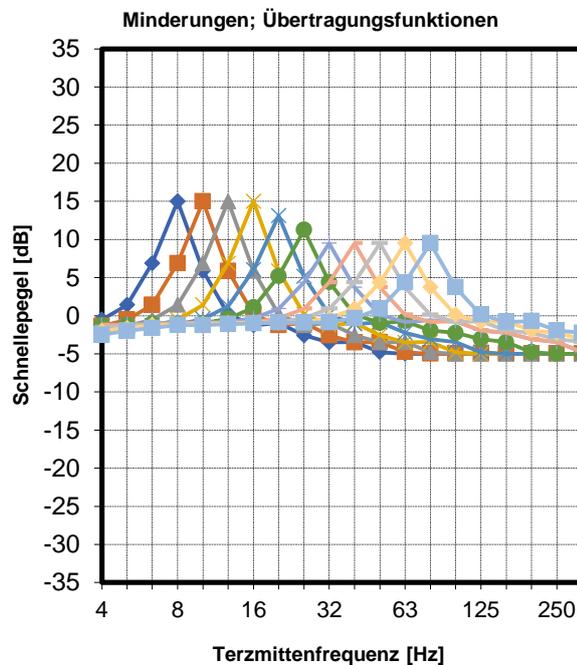
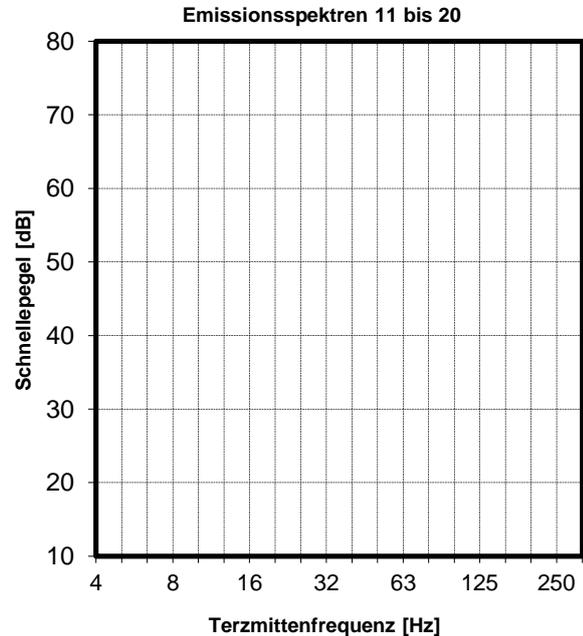
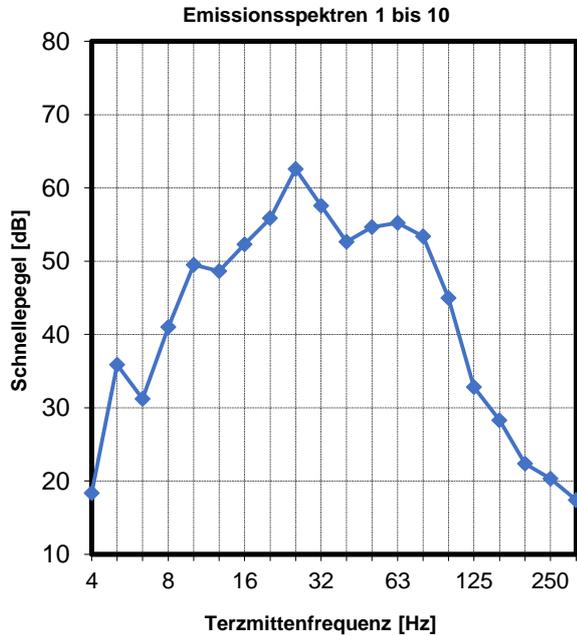
	KB _{Fmax, Zug} :	Übertragungsfunktion:	Zug:	Übertragungsfunktion:	KB _{Fmax} :
Talent (60 km/h)	0,49	Holz 25 Hz		Holz 25 Hz	0,49

(Max-Hold, Fast) alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s	KB _{FTrn} :	Holz 8 Hz	Holz 10 Hz	Holz 12,5 Hz	Holz 16 Hz	Holz 20 Hz	Holz 25 Hz	Holz 31,5 Hz	Holz 40 Hz	Holz 50 Hz	Holz 62,5 Hz	Holz 80 Hz
		Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht
		0,013 0,006	0,022 0,011	0,021 0,011	0,026 0,013	0,031 0,016	0,038 0,019	0,026 0,013	0,022 0,011	0,021 0,010	0,020 0,010	0,018 0,009

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

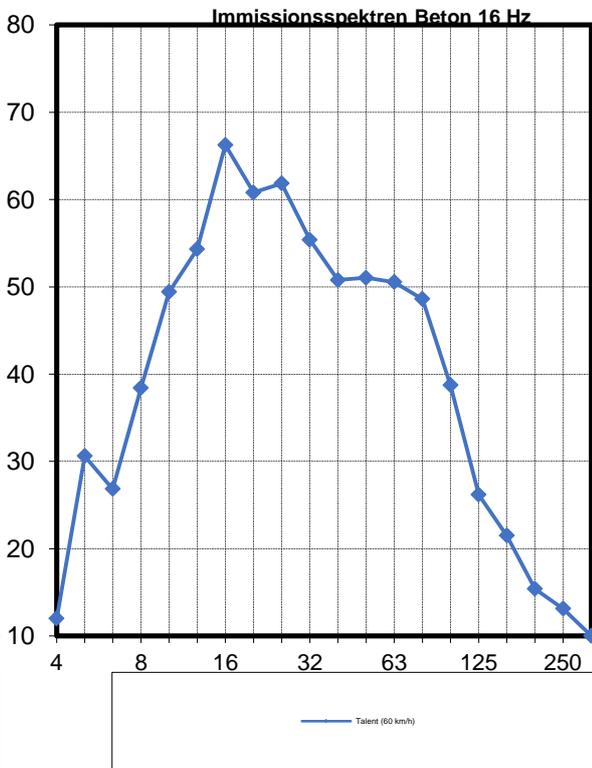
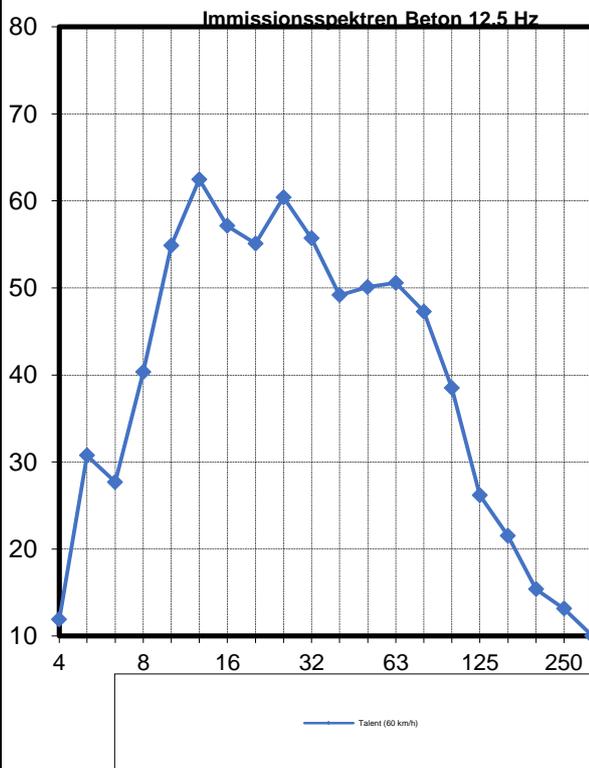
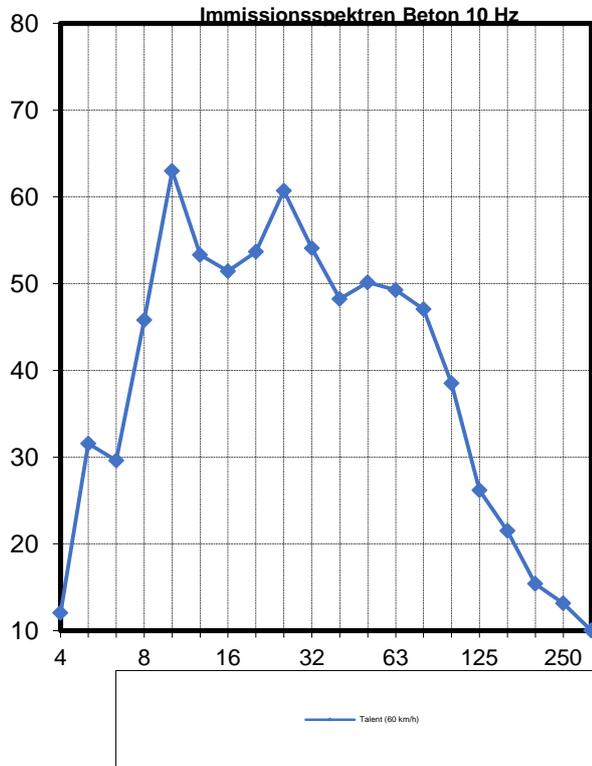
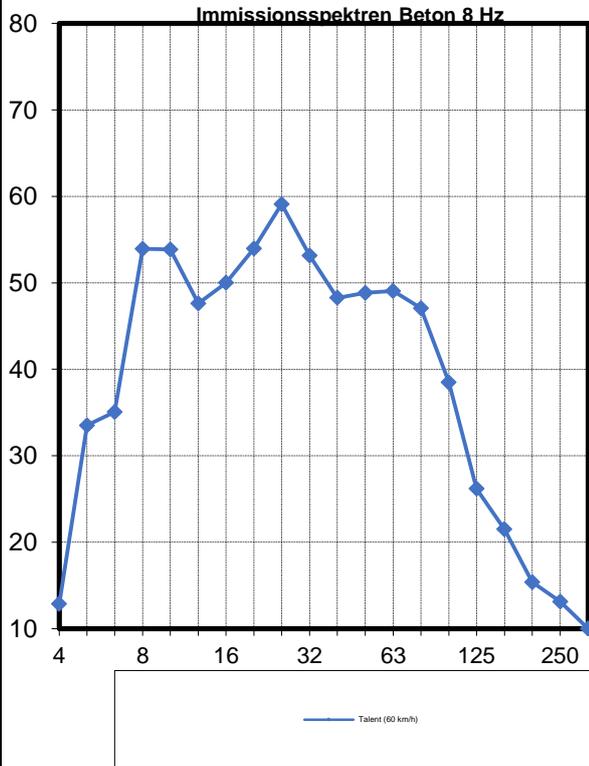
L _r (dB(A)):	Holz 8 Hz	Holz 10 Hz	Holz 12,5 Hz	Holz 16 Hz	Holz 20 Hz	Holz 25 Hz	Holz 31,5 Hz	Holz 40 Hz	Holz 50 Hz	Holz 62,5 Hz	Holz 80 Hz
	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht
	16,1 10,1	16,1 10,1	16,5 10,5	17,0 11,0	17,8 11,8	18,8 12,8	19,0 13,0	19,6 13,6	20,7 14,7	21,7 15,7	22,1 16,1

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



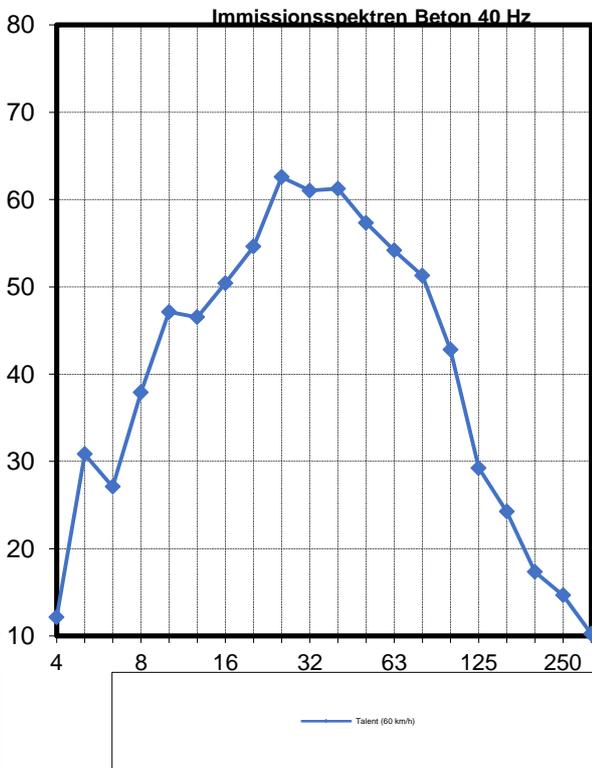
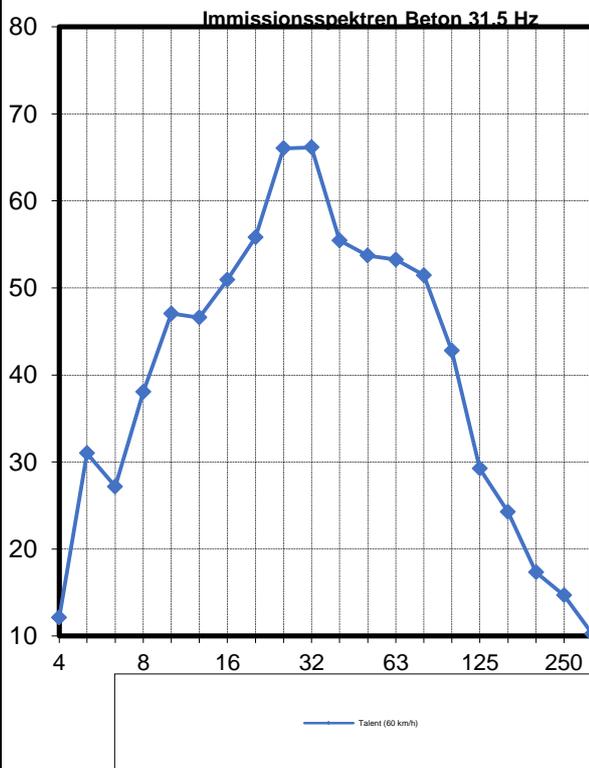
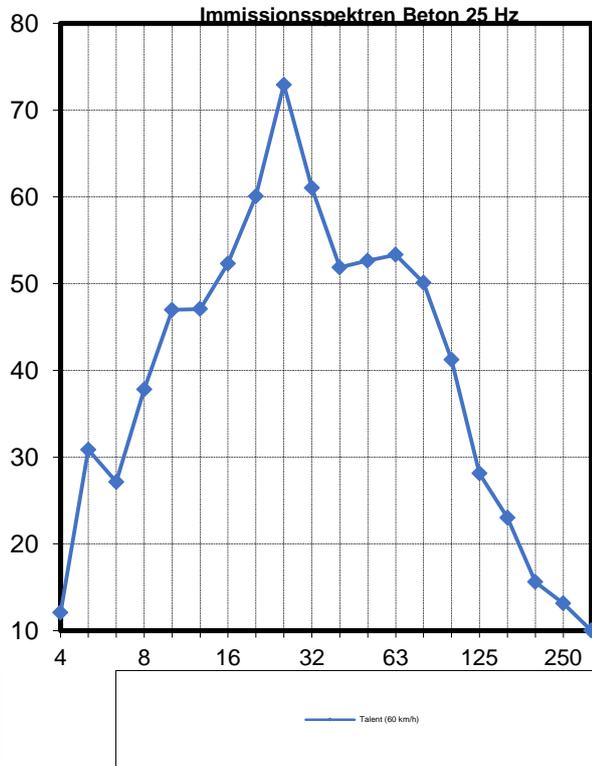
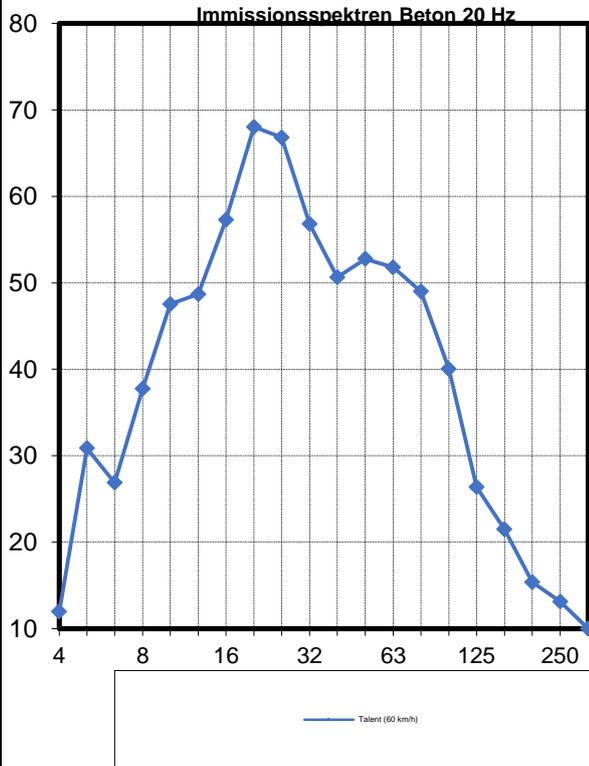
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



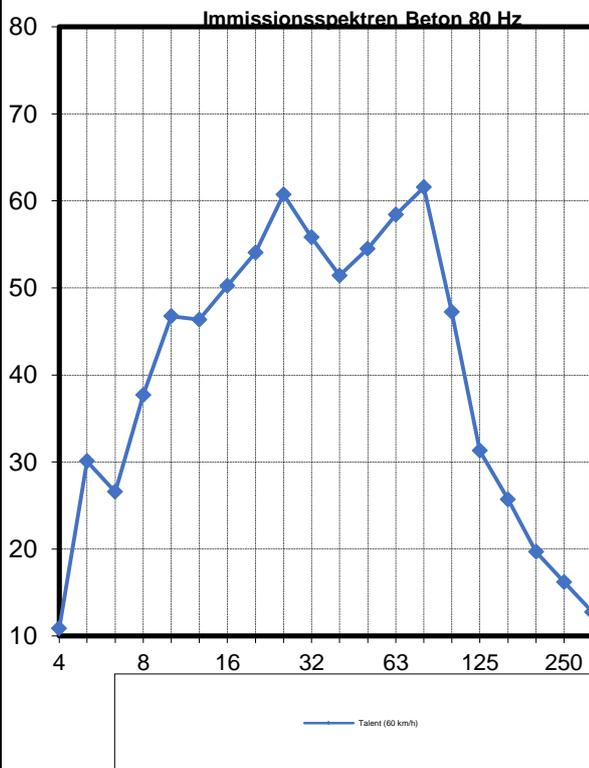
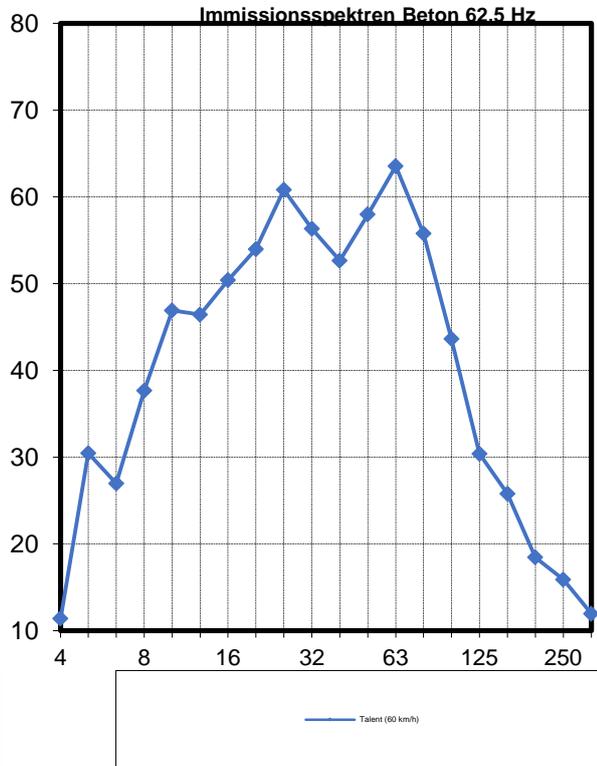
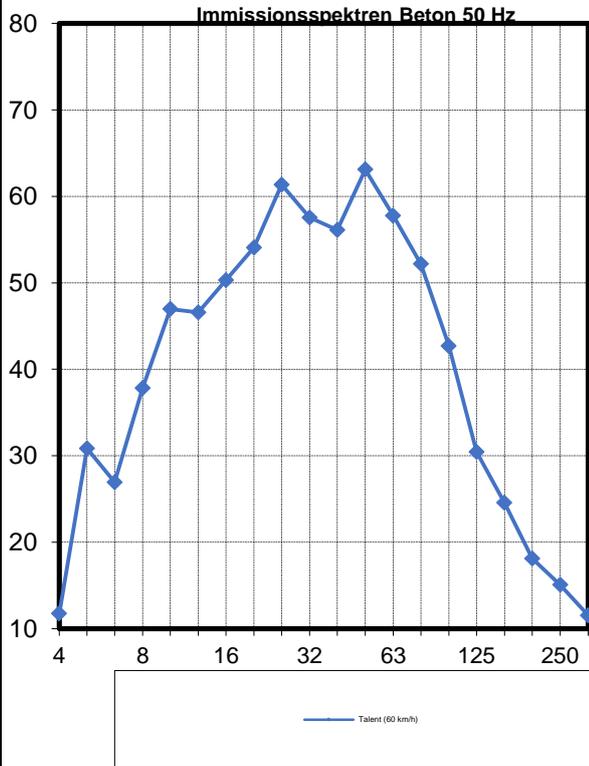
alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Berechnung der Immissionen für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA

Frequenz [Hz]	4				8				16				32				63				125				250				Anzahl Ereignisse Tag Nacht	
Emissionsspektren																														
Talent (60 km/h)	9,5	18,4	35,9	31,2	41,0	49,5	48,6	52,3	55,8	62,6	57,6	52,6	54,6	55,2	53,4	45,0	32,8	28,3	22,4	20,3	17,4	32	4							

Übertragungsfunktionen																																
Beton 8 Hz	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 10 Hz	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 12,5 Hz	-1,4	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 16 Hz	-1,5	-1,4	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 20 Hz	-1,4	-1,4	-1,2	-1,3	-1,2	-0,4	1,2	6,0	13,1	5,1	0,2	-1,1	-0,8	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 25 Hz	-1,5	-1,3	-1,2	-1,0	-1,1	-1,0	-0,4	1,1	5,2	11,3	4,4	0,1	-1,0	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 31,5 Hz	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,6	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 40 Hz	-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	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 50 Hz	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 62,5 Hz	-2,5	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 80 Hz	-3,1	-2,5	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0

Angesetzte Bodendämpfungen																																							
von 16 m auf 17 m	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,2	-1,3	-1,5	-1,6	-1,8	-2,0	-2,2	-2,4																		

Immissionsspektren																												KB _{FTm} :	L _{max} (dB(A))
Talent (60 km/h)																													
Beton 8 Hz	7,9	17,6	37,0	37,8	55,6	55,0	48,3	50,5	54,3	59,3	53,3	48,3	48,8	49,0	47,1	38,5	26,2	21,5	15,4	13,1	10,0	0,07	32,9						
Beton 10 Hz	7,7	16,7	35,1	32,3	47,5	64,1	54,0	51,9	54,0	60,9	54,2	48,2	50,1	49,3	47,1	38,5	26,2	21,5	15,4	13,1	10,0	0,10	33,1						
Beton 12,5 Hz	7,8	16,6	34,2	30,4	42,0	56,0	63,2	57,6	55,4	60,6	55,8	49,2	50,1	50,6	47,3	38,5	26,2	21,5	15,4	13,1	10,0	0,11	33,4						
Beton 16 Hz	7,7	16,7	34,1	29,6	40,1	50,5	55,0	66,8	61,1	62,0	55,5	50,8	51,0	50,5	48,6	38,7	26,2	21,5	15,4	13,1	10,0	0,14	33,9						
Beton 20 Hz	7,8	16,7	34,4	29,6	39,5	48,7	49,4	57,8	68,3	67,0	56,9	50,6	52,8	51,8	49,0	40,0	26,4	21,5	15,4	13,1	10,0	0,18	34,7						
Beton 25 Hz	7,7	16,8	34,4	29,9	39,5	48,1	47,8	52,8	60,4	73,1	61,2	51,9	52,7	53,3	50,1	41,2	28,1	23,0	15,6	13,1	10,0	0,24	36,0						
Beton 31,5 Hz	8,0	16,8	34,5	29,9	39,8	48,2	47,3	51,4	56,1	66,2	66,3	55,5	53,7	53,2	51,5	42,8	29,2	24,2	17,3	14,7	10,2	0,16	36,1						
Beton 40 Hz	7,6	16,9	34,3	29,8	39,6	48,2	47,2	50,9	54,9	62,8	61,1	61,2	57,3	54,2	51,3	42,8	29,2	24,2	17,3	14,7	10,2	0,12	36,4						
Beton 50 Hz	7,2	16,5	34,4	29,6	39,5	48,1	47,3	50,8	54,4	61,6	57,7	56,1	63,1	57,8	52,2	42,7	30,5	24,6	18,1	15,1	11,6	0,12	37,8						
Beton 62,5 Hz	6,7	16,1	34,0	29,7	39,4	48,0	47,1	50,9	54,3	61,0	56,4	52,6	58,0	63,5	55,8	43,6	30,4	25,8	18,4	15,9	12,0	0,12	39,4						
Beton 80 Hz	6,1	15,6	33,6	29,3	39,4	47,8	47,1	50,7	54,4	60,9	55,9	51,4	54,5	58,4	61,6	47,2	31,3	25,7	19,7	16,2	12,8	0,11	39,9						

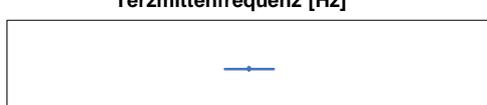
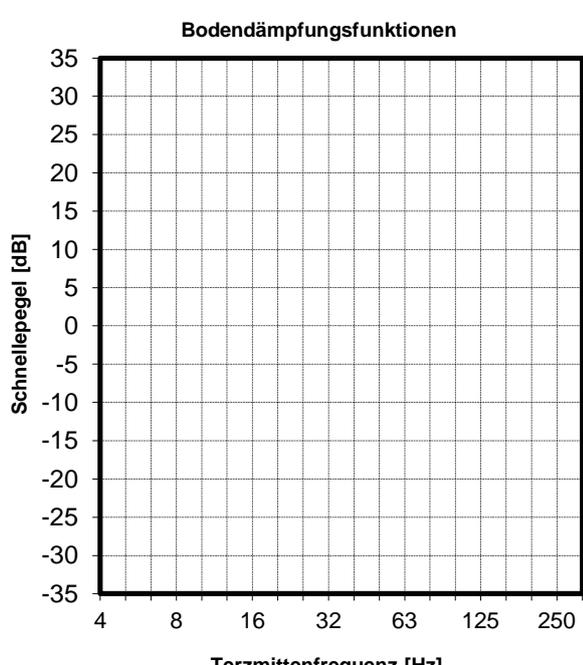
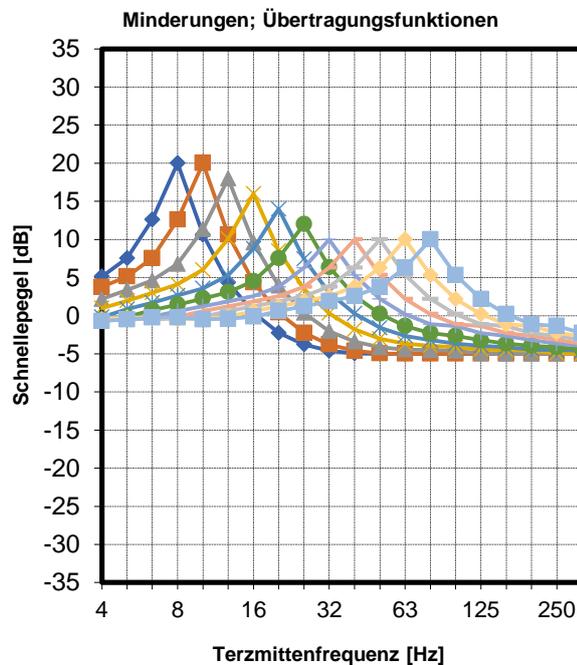
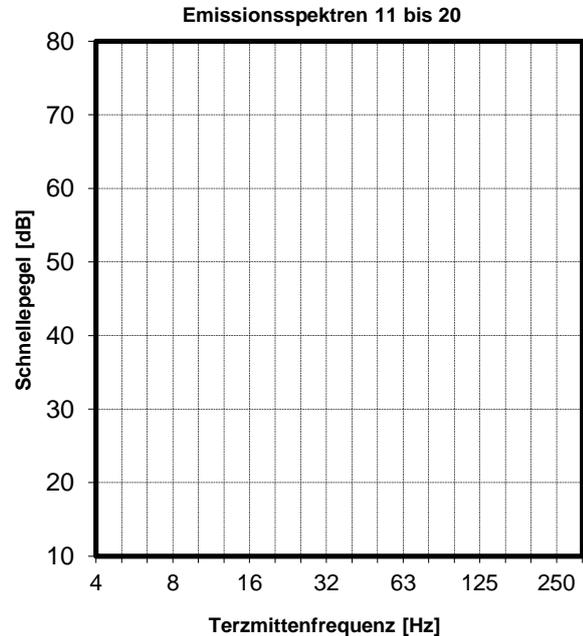
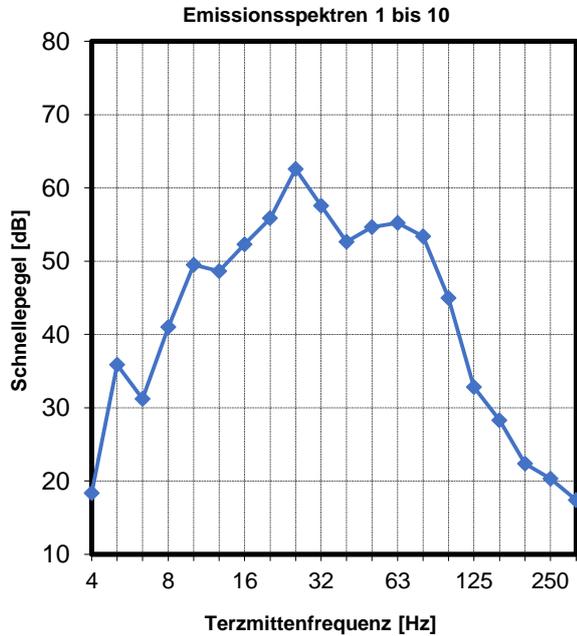
	KB_{Fmax, Zug}:	Übertragungsfunktion	Zug:	Übertragungsfunktion:	KB_{Fmax}:
Talent (60 km/h)	0,36	Beton 25 Hz	Talent (60 km/h)	Beton 25 Hz	0,36

KB _{FTr} :	Beton 8 Hz		Beton 10 Hz		Beton 12,5 Hz		Beton 16 Hz		Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz		Beton 40 Hz		Beton 50 Hz		Beton 62,5 Hz		Beton 80 Hz			
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
alle Spektren [dB], re 5*10 ⁻⁵ mm/s	0,000	0,000	0,012	0,006	0,013	0,006	0,017	0,008	0,021	0,010	0,028	0,014	0,018	0,009	0,014	0,007	0,014	0,007	0,014	0,007	0,012	0,006	0,012	0,006

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

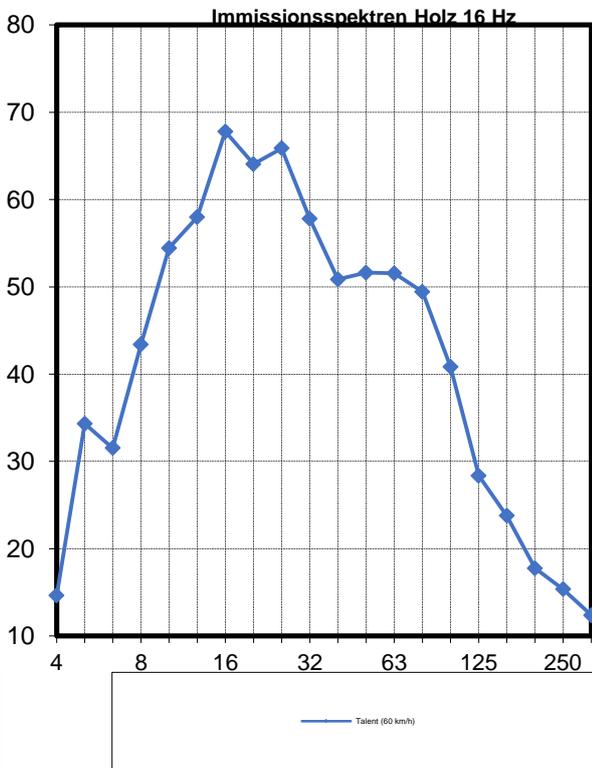
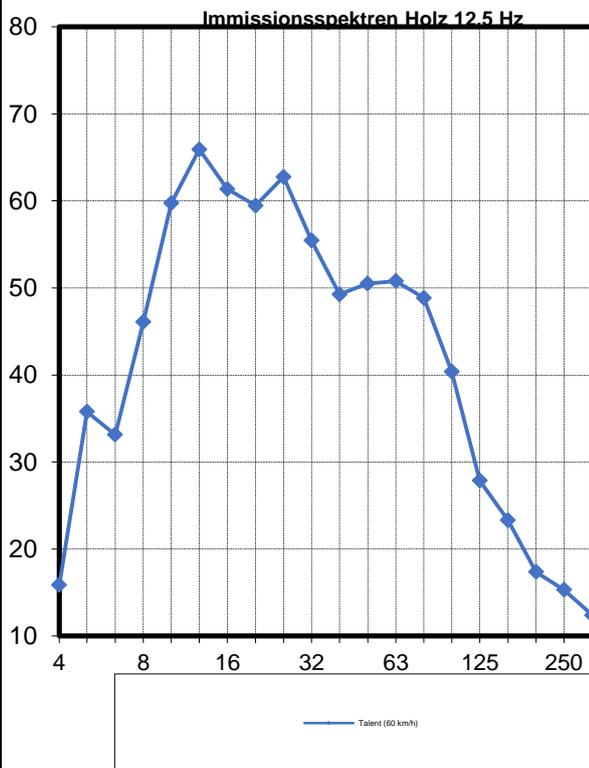
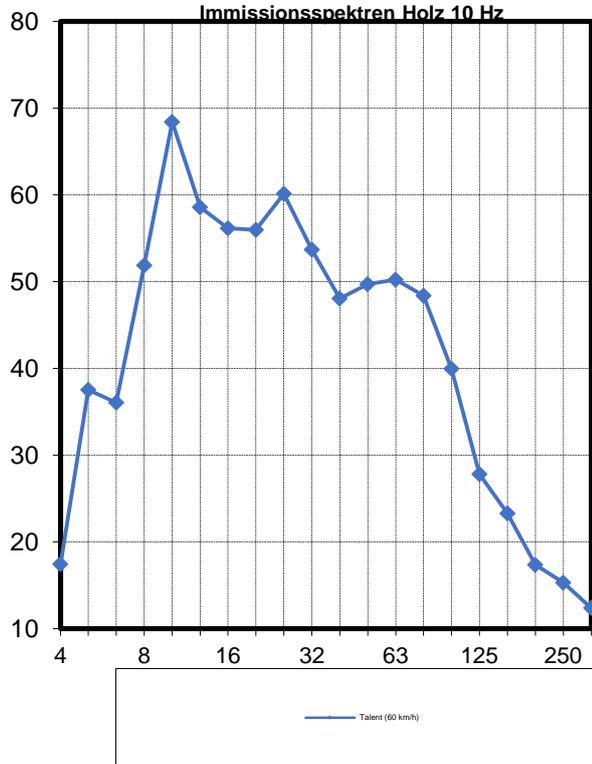
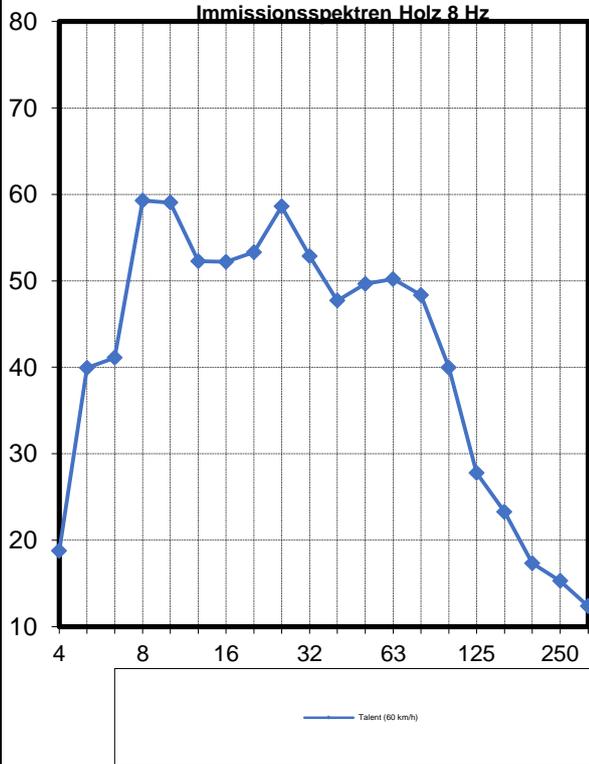
Lr (dB(A)):	Beton 8 Hz		Beton 10 Hz		Beton 12,5 Hz		Beton 16 Hz		Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz		Beton 40 Hz		Beton 50 Hz		Beton 62,5 Hz		Beton 80 Hz			
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	15,1	9,1	15,3	9,3	15,6	9,6	16,1	10,1	16,9	10,9	18,2	12,2	18,3	12,3	18,6	12,6	20,0	14,0	21,6	15,6	22,2	16,1	22,2	16,1

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



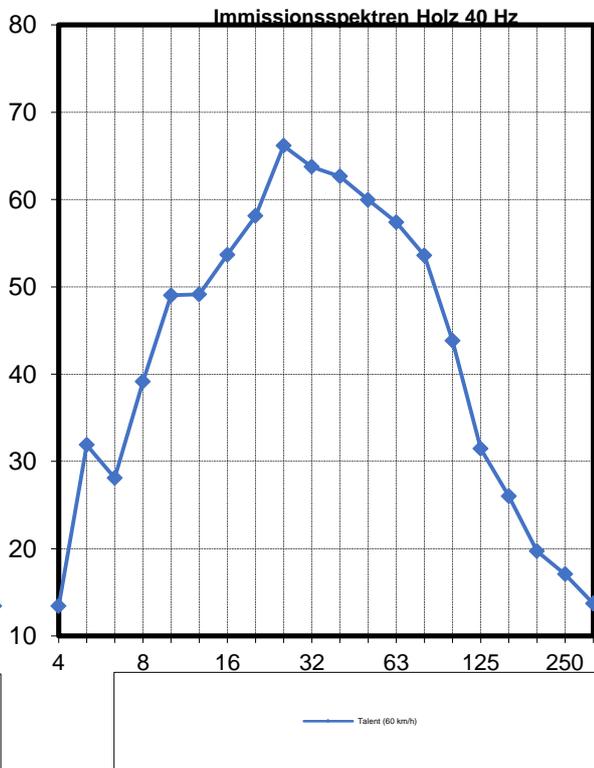
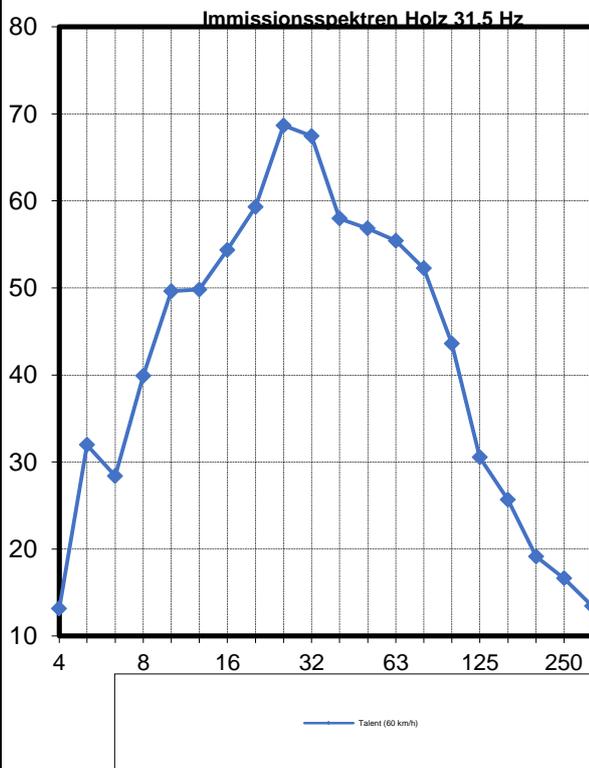
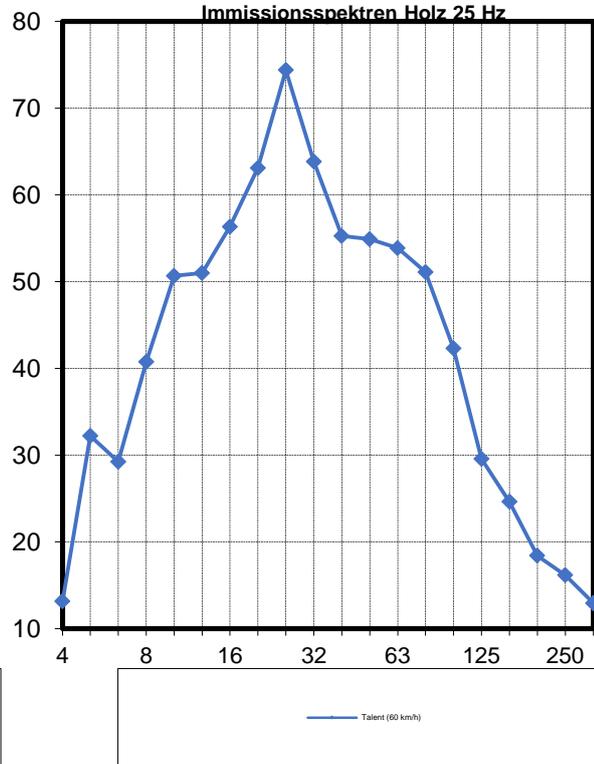
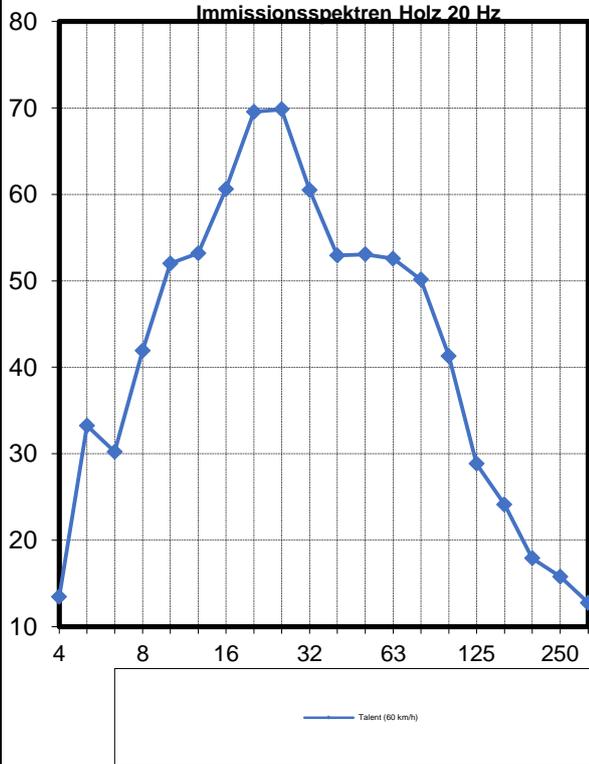
alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



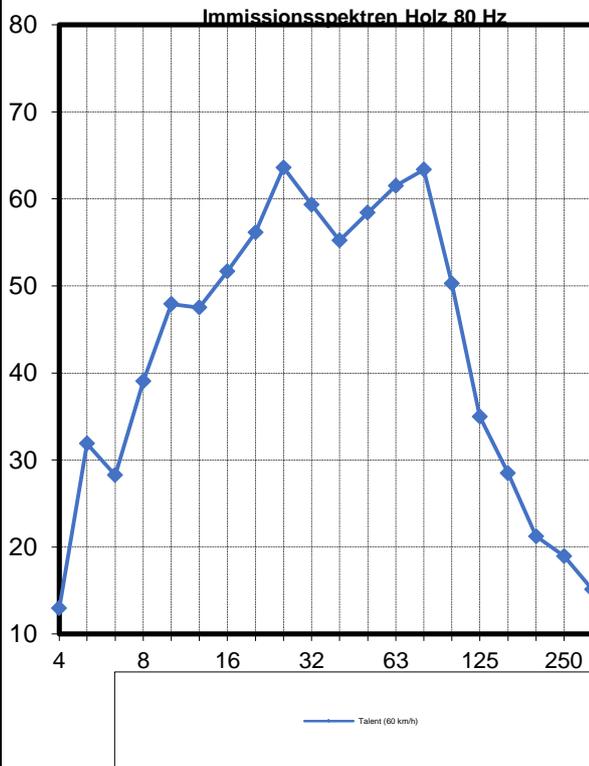
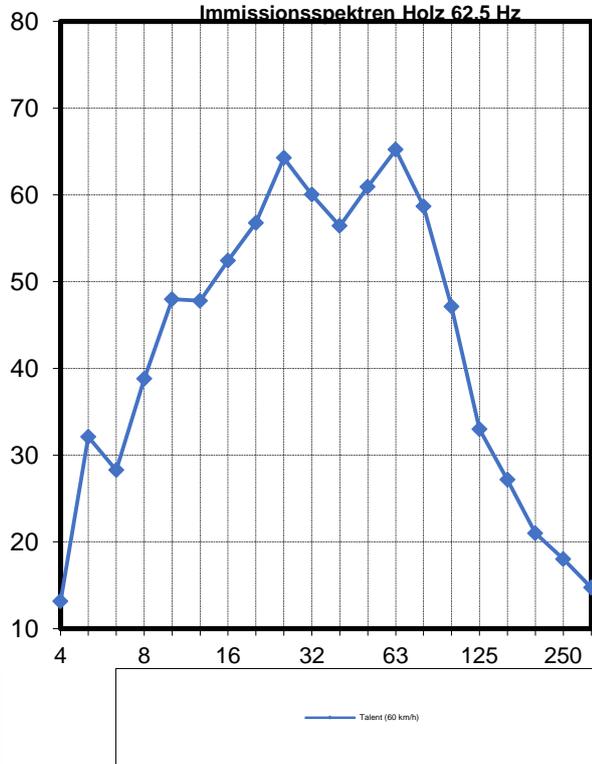
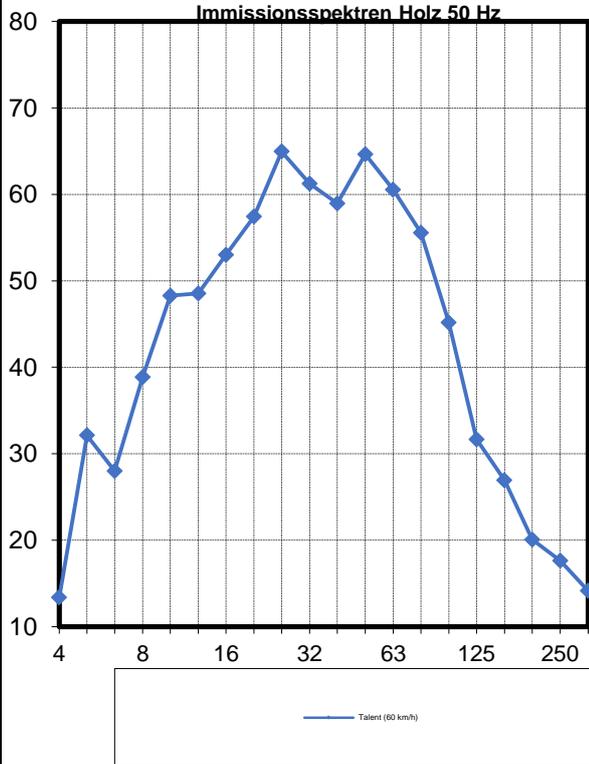
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Berechnung der Immissionen für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA

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																							
Talent (60 km/h)	9,5	18,4	35,9	31,2	41,0	49,5	48,6	52,3	55,8	62,6	57,6	52,6	54,6	55,2	53,4	45,0	32,8	28,3	22,4	20,3	17,4	32	4

Übertragungsfunktionen																						
Holz 8 Hz	3,8	5,1	7,6	12,6	20,0	10,6	4,4	0,4	-2,3	-3,8	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 10 Hz	2,6	3,8	5,1	7,6	12,6	20,0	10,6	4,4	0,4	-2,3	-3,8	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 12,5 Hz	1,2	2,2	3,4	4,6	6,8	11,3	18,0	9,6	3,9	0,4	-2,0	-3,4	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 16 Hz	0,0	1,0	2,0	3,0	4,1	6,0	10,1	16,0	8,5	3,5	0,3	-1,8	-3,0	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0
Holz 20 Hz	-0,4	-0,2	0,9	1,7	2,6	3,6	5,3	8,8	14,0	7,5	3,1	0,3	-1,6	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6	-4,6
Holz 25 Hz	-0,2	-0,5	-0,2	0,7	1,5	2,3	3,1	4,5	7,6	12,0	6,4	2,6	0,2	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4	-4,4
Holz 31,5 Hz	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,0
Holz 40 Hz	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-3,7
Holz 50 Hz	-0,5	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,2
Holz 62,5 Hz	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-2,7
Holz 80 Hz	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,3

Immissionsspektren																					KB _{FTm} :	L _{max} (dB(A))	
Talent (60 km/h)																							
Holz 8 Hz	13,2	23,5	43,4	43,8	61,0	60,1	53,0	52,7	53,6	58,8	53,0	47,7	49,6	50,2	48,4	40,0	27,8	23,3	17,4	15,3	12,4	0,09	33,8
Holz 10 Hz	12,0	22,1	41,0	38,8	53,6	69,5	59,3	56,7	56,2	60,3	53,8	48,0	49,7	50,2	48,4	40,0	27,8	23,3	17,4	15,3	12,4	0,16	33,9
Holz 12,5 Hz	10,7	20,5	39,3	35,8	47,8	60,8	66,6	61,9	59,8	62,9	55,5	49,2	50,5	50,8	48,9	40,4	27,9	23,3	17,4	15,3	12,4	0,16	34,2
Holz 16 Hz	9,5	19,3	37,8	34,2	45,1	55,5	58,7	68,3	64,3	66,1	57,9	50,8	51,6	51,5	49,4	40,8	28,4	23,8	17,8	15,4	12,4	0,19	34,7
Holz 20 Hz	9,1	18,2	36,7	32,9	43,6	53,1	53,9	61,1	69,8	70,0	60,6	52,9	53,1	52,6	50,1	41,3	28,9	24,2	17,9	15,8	12,8	0,23	35,4
Holz 25 Hz	9,2	17,9	35,7	31,9	42,4	51,8	51,7	56,8	63,4	74,6	63,9	55,3	54,9	53,9	51,1	42,3	29,6	24,6	18,4	16,2	12,9	0,29	36,4
Holz 31,5 Hz	9,2	17,9	35,5	31,1	41,6	50,7	50,5	54,9	59,6	68,9	67,6	58,0	56,8	55,4	52,2	43,6	30,5	25,6	19,1	16,6	13,4	0,20	36,6
Holz 40 Hz	9,2	18,1	35,4	30,8	40,9	50,1	49,8	54,2	58,4	66,3	63,8	62,6	60,0	57,4	53,6	43,8	31,5	26,0	19,7	17,1	13,7	0,17	37,2
Holz 50 Hz	9,0	18,1	35,6	30,7	40,6	49,4	49,2	53,5	57,7	65,1	61,3	58,9	64,6	60,5	55,5	45,2	31,7	26,9	20,1	17,7	14,2	0,16	38,3
Holz 62,5 Hz	8,8	17,9	35,6	31,0	40,5	49,1	48,5	52,9	57,1	64,5	60,1	56,4	60,9	65,2	58,7	47,1	33,0	27,2	21,0	18,0	14,7	0,16	39,4
Holz 80 Hz	8,5	17,7	35,4	30,9	40,7	49,0	48,2	52,2	56,5	63,8	59,4	55,2	58,4	61,5	63,4	50,3	35,0	28,5	21,2	19,0	15,1	0,15	39,9

	KB_{Fmax, Zug}:	Übertragungsfunktion	Zug:	Übertragungsfunktion:	KB_{Fmax}:
Talent (60 km/h)	0,43	Holz 25 Hz	Talent (60 km/h)	Holz 25 Hz	0,43

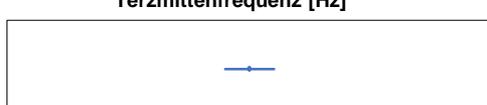
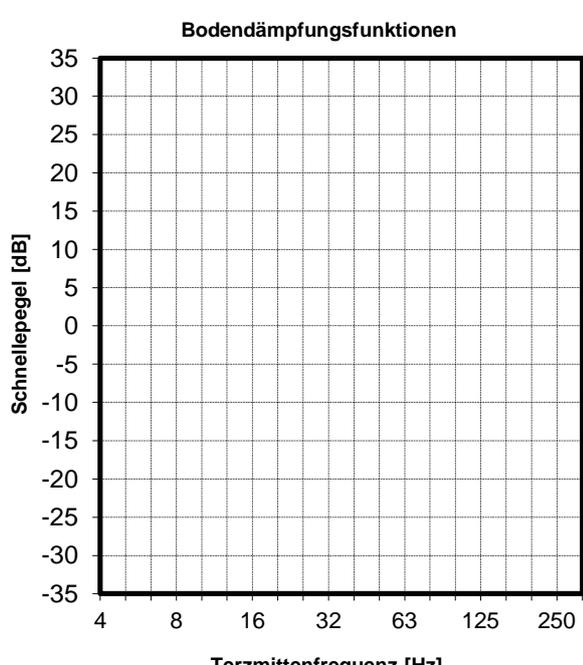
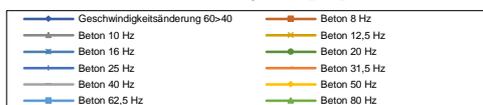
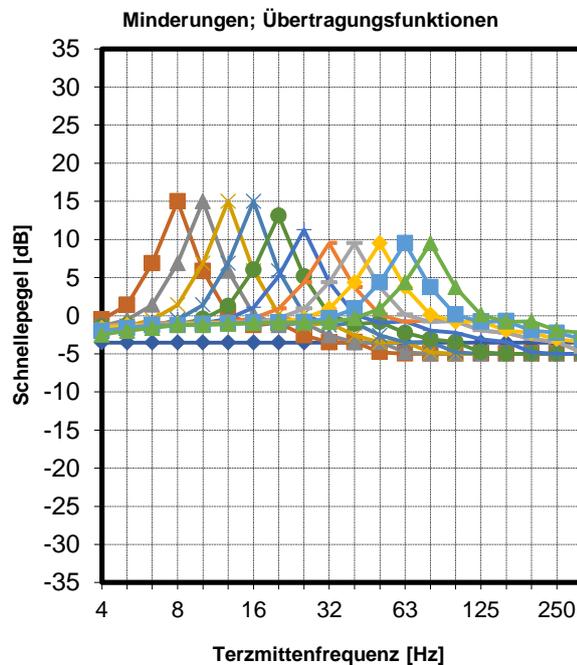
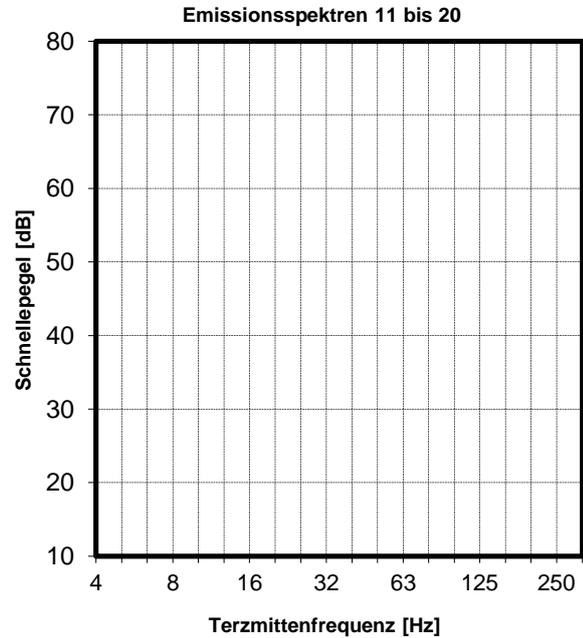
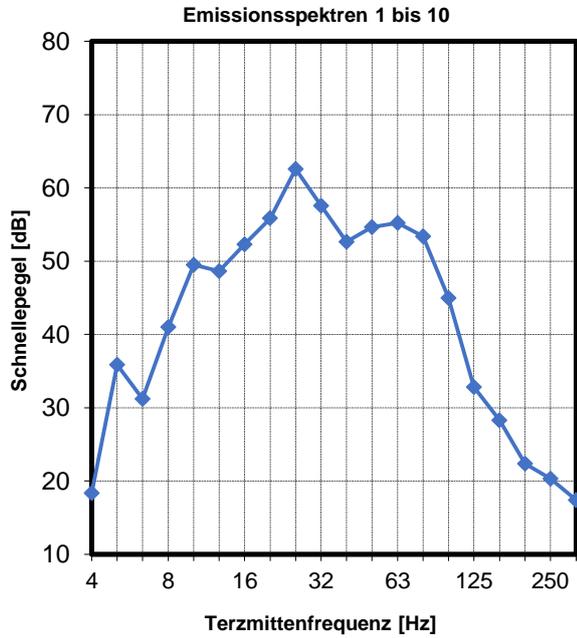
(Max-Hold, Fast)
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

KB _{FTr} :	Holz 8 Hz		Holz 10 Hz		Holz 12,5 Hz		Holz 16 Hz		Holz 20 Hz		Holz 25 Hz		Holz 31,5 Hz		Holz 40 Hz		Holz 50 Hz		Holz 62,5 Hz		Holz 80 Hz			
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	0,000	0,000	0,019	0,009	0,018	0,009	0,022	0,011	0,027	0,014	0,034	0,017	0,023	0,012	0,019	0,010	0,019	0,009	0,019	0,009	0,017	0,008	0,017	0,008

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

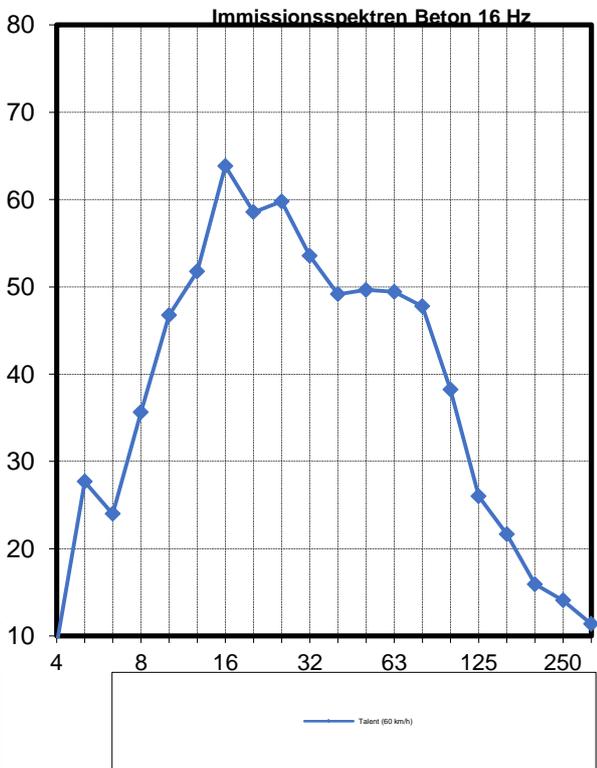
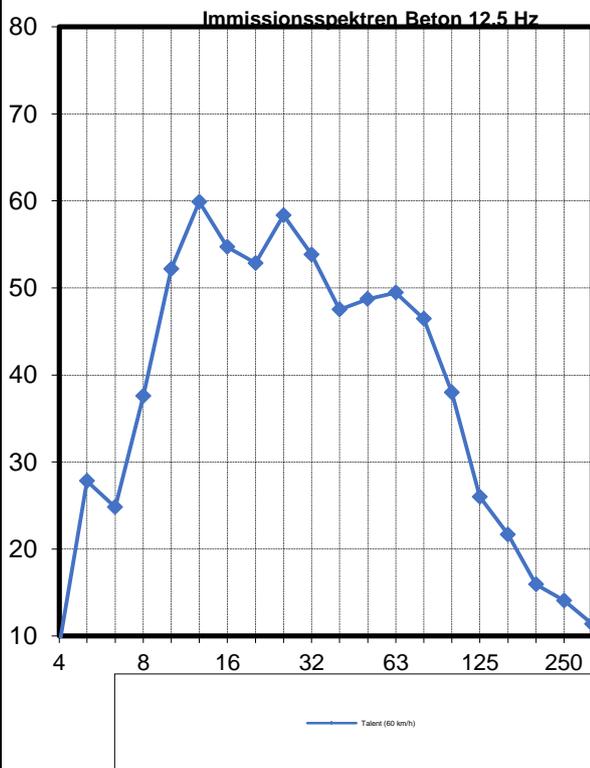
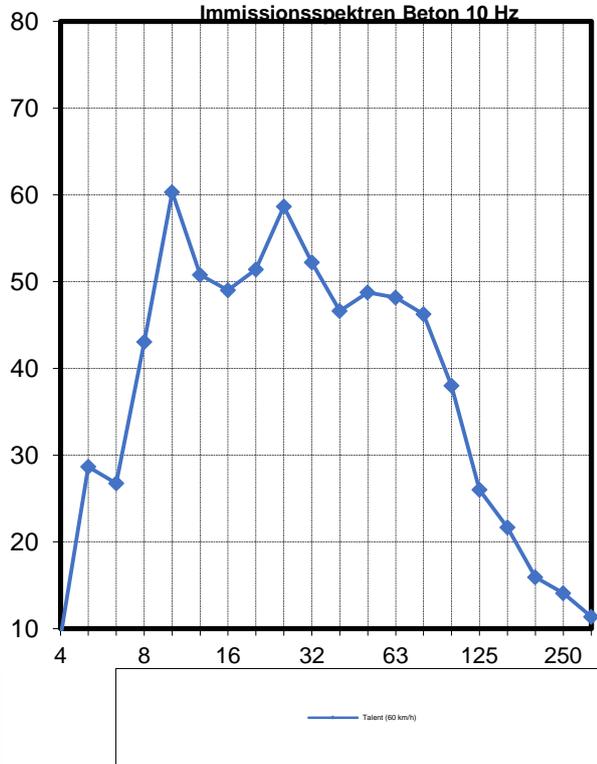
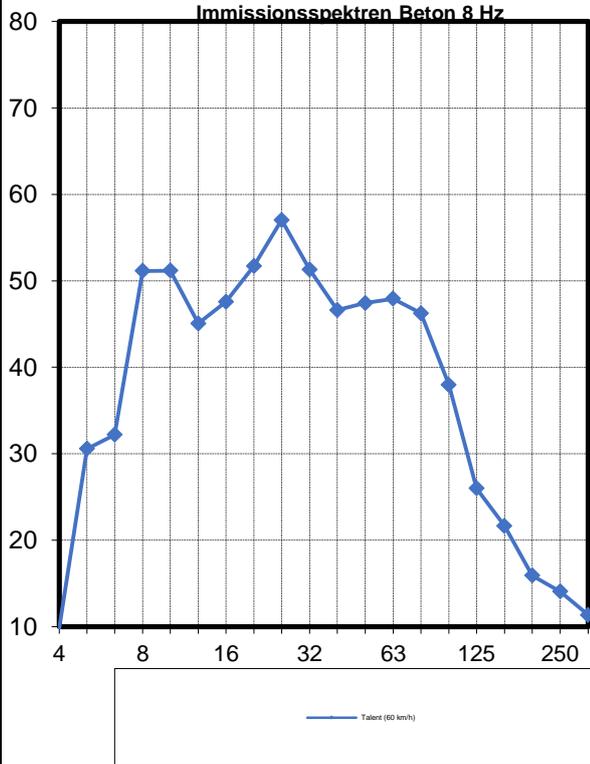
Lr (dB(A)):	Holz 8 Hz		Holz 10 Hz		Holz 12,5 Hz		Holz 16 Hz		Holz 20 Hz		Holz 25 Hz		Holz 31,5 Hz		Holz 40 Hz		Holz 50 Hz		Holz 62,5 Hz		Holz 80 Hz			
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	16,0	10,0	16,1	10,0	16,4	10,4	16,9	10,9	17,6	11,6	18,6	12,5	18,8	12,8	19,4	13,4	20,6	14,5	21,6	15,6	22,1	16,1	22,1	16,1

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



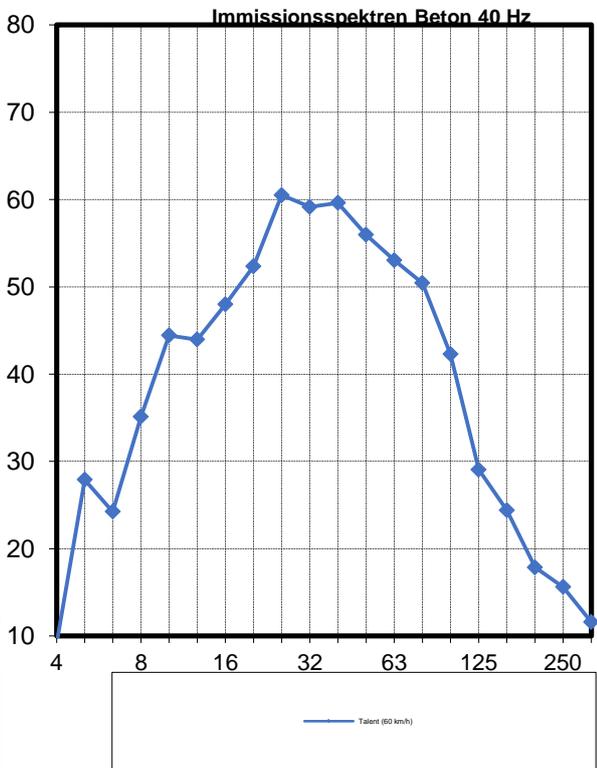
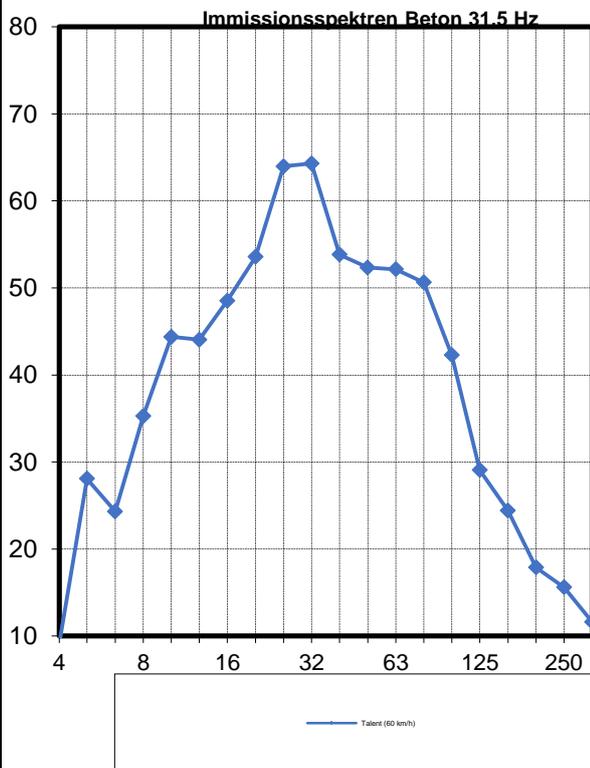
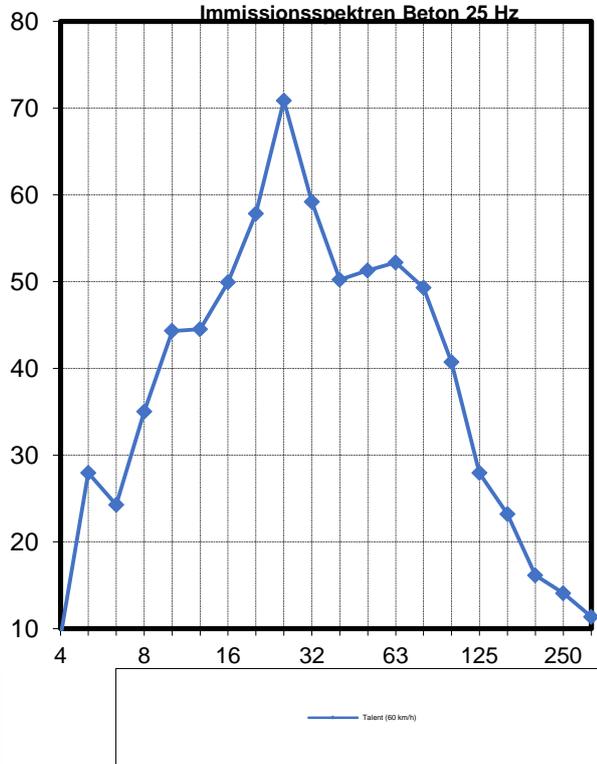
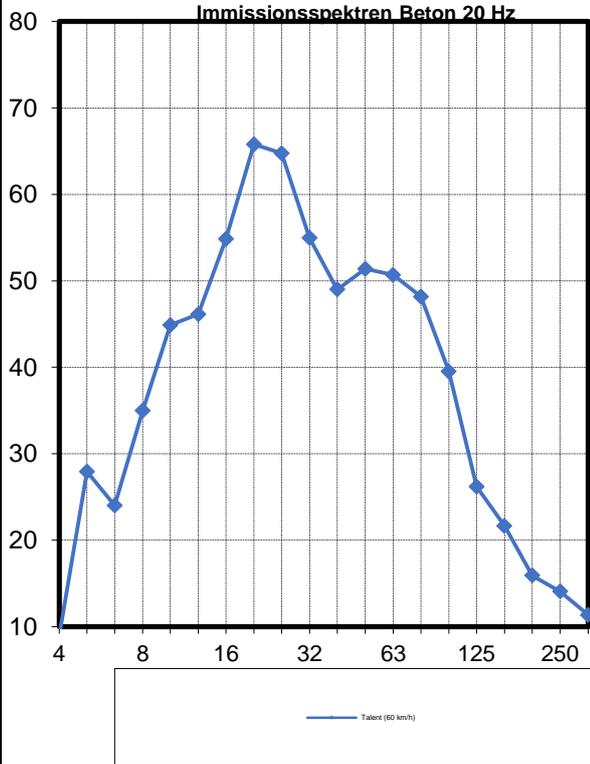
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



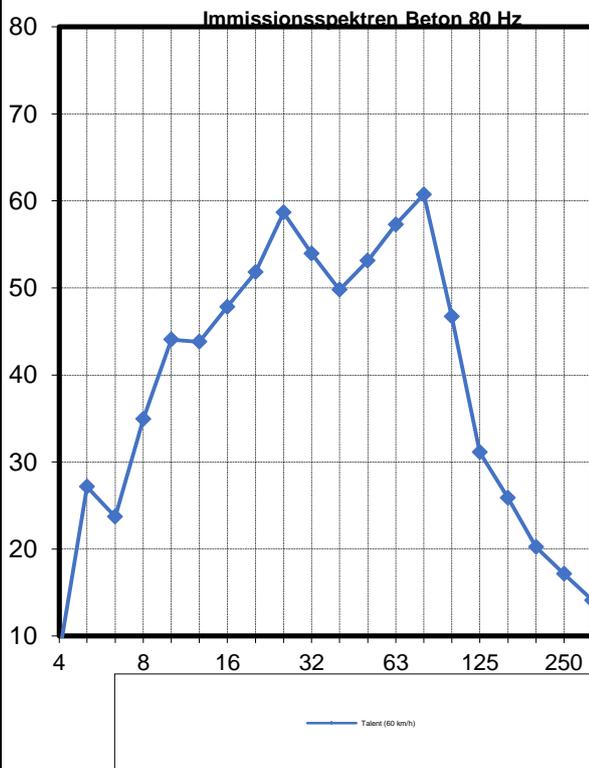
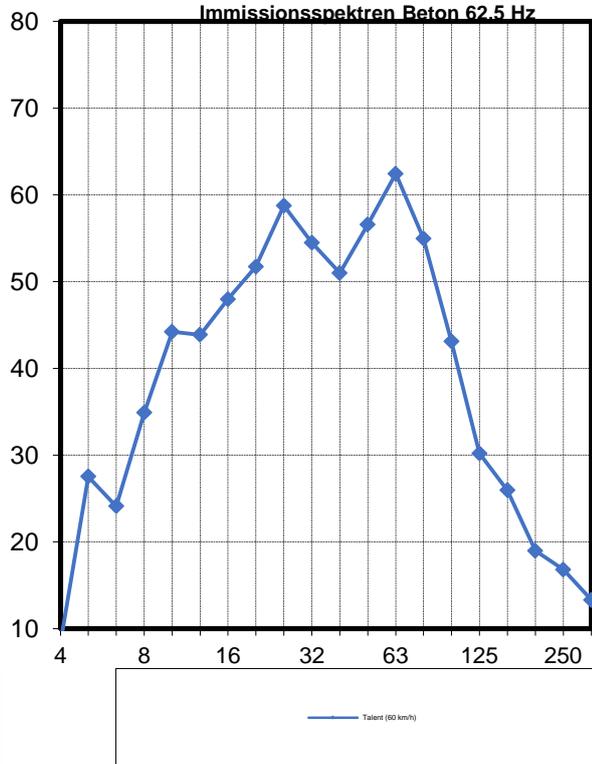
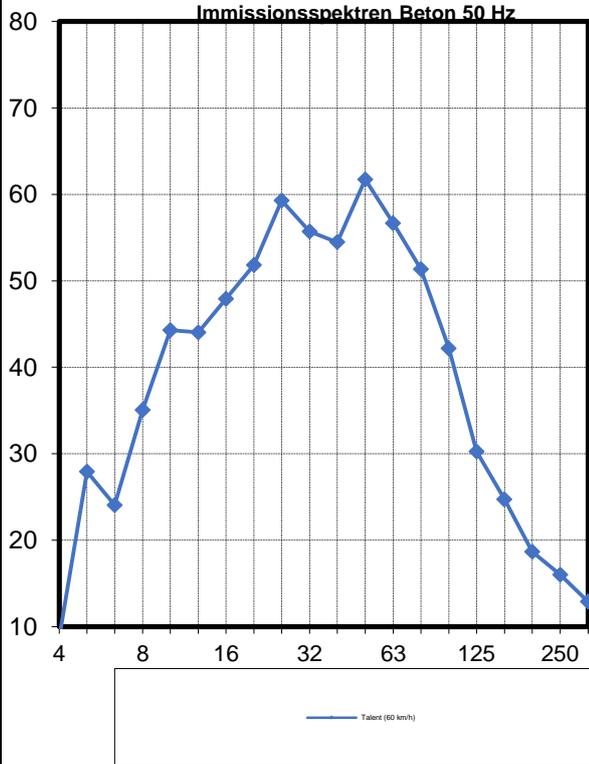
alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Berechnung der Immissionen für Betondecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA

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																							
Talent (60 km/h)	9,5	18,4	35,9	31,2	41,0	49,5	48,6	52,3	55,8	62,6	57,6	52,6	54,6	55,2	53,4	45,0	32,8	28,3	22,4	20,3	17,4	32	4

Berücksichtigte Minderungsmaßnahmen

Geschwindigkeitsänderung 60>40	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5
--------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Übertragungsfunktionen

Beton 8 Hz	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 10 Hz	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 12,5 Hz	-1,4	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 16 Hz	-1,5	-1,4	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 20 Hz	-1,4	-1,4	-1,2	-1,3	-1,2	-0,4	1,2	6,0	13,1	5,1	0,2	-1,1	-0,8	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 25 Hz	-1,5	-1,3	-1,2	-1,0	-1,1	-1,0	-0,4	1,1	5,2	11,3	4,4	0,1	-1,0	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 31,5 Hz	-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	-0,6	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0
Beton 40 Hz	-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	-5,0	-5,0
Beton 50 Hz	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0
Beton 62,5 Hz	-2,5	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8
Beton 80 Hz	-3,1	-2,5	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5

Angesetzte Bodendämpfungen

von 16 m auf 15 m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,5
-------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Immissionsspektren

Talent (60 km/h)																							KB _{FTr} :	L _{max} (dB(A))
Beton 8 Hz	4,9	14,6	34,1	34,9	52,8	52,3	45,8	48,1	52,0	57,2	51,4	46,6	47,4	47,9	46,2	38,0	26,0	21,7	15,9	14,1	11,4	0,06	32,3	
Beton 10 Hz	4,8	13,8	32,2	29,4	44,7	61,4	51,5	49,5	51,7	58,8	52,3	46,6	48,8	48,2	46,2	38,0	26,0	21,7	15,9	14,1	11,4	0,08	32,4	
Beton 12,5 Hz	4,9	13,6	31,3	27,5	39,3	53,3	60,6	55,2	53,1	58,5	53,9	47,5	48,7	49,5	46,5	38,0	26,0	21,7	15,9	14,1	11,4	0,08	32,8	
Beton 16 Hz	4,8	13,7	31,2	26,7	37,3	47,8	52,5	64,3	58,8	60,0	53,6	49,1	49,6	49,4	47,8	38,2	26,0	21,7	15,9	14,1	11,4	0,11	33,2	
Beton 20 Hz	4,8	13,7	31,5	26,7	36,7	46,0	46,8	55,4	66,1	64,9	55,0	49,0	51,4	50,7	48,2	39,5	26,2	21,7	15,9	14,1	11,4	0,14	34,0	
Beton 25 Hz	4,8	13,8	31,5	27,0	36,7	45,4	45,2	50,4	58,1	71,1	59,3	50,2	51,3	52,2	49,3	40,7	27,9	23,2	16,1	14,1	11,4	0,19	35,2	
Beton 31,5 Hz	5,0	13,9	31,6	27,0	37,0	45,5	44,7	49,0	53,9	64,2	64,4	53,8	52,3	52,1	50,6	42,3	29,1	24,4	17,9	15,6	11,6	0,12	35,4	
Beton 40 Hz	4,6	13,9	31,4	26,9	36,8	45,5	44,7	48,5	52,7	60,7	59,3	59,6	55,9	53,0	50,4	42,3	29,1	24,4	17,9	15,6	11,6	0,10	35,7	
Beton 50 Hz	4,2	13,5	31,4	26,8	36,8	45,4	44,7	48,4	52,1	59,5	55,8	54,5	61,7	56,7	51,3	42,2	30,3	24,7	18,7	16,0	12,9	0,10	37,1	
Beton 62,5 Hz	3,7	13,1	31,0	26,8	36,6	45,3	44,6	48,5	52,0	59,0	54,6	51,0	56,6	62,4	55,0	43,1	30,2	26,0	19,0	16,8	13,3	0,10	38,7	
Beton 80 Hz	3,1	12,6	30,7	26,4	36,6	45,2	44,5	48,3	52,1	58,9	54,0	49,8	53,1	57,3	60,7	46,7	31,1	25,9	20,2	17,1	14,1	0,09	39,4	

	KB _{FTr,max,Zug} :	Übertragungsfunktion:	Zug:	Übertragungsfunktion:	KB _{FTr,max} :
Talent (60 km/h)	0,28	Beton 25 Hz		Beton 25 Hz	0,28

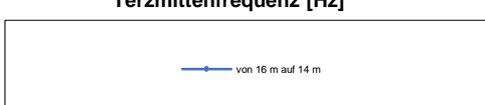
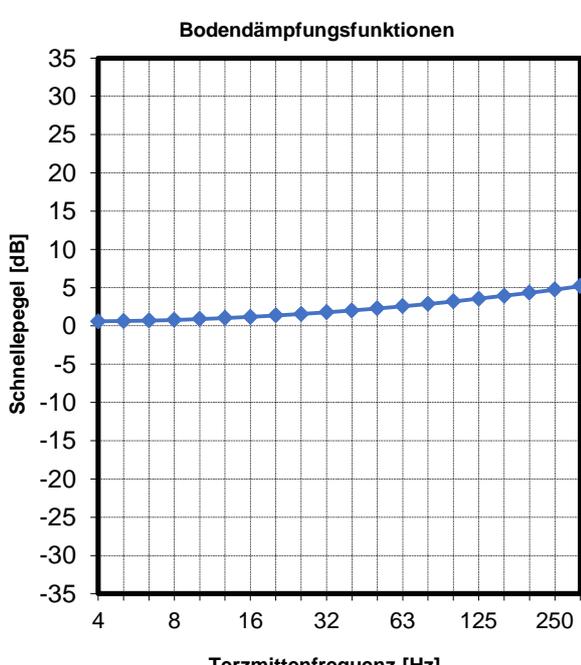
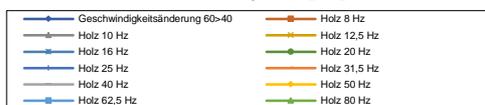
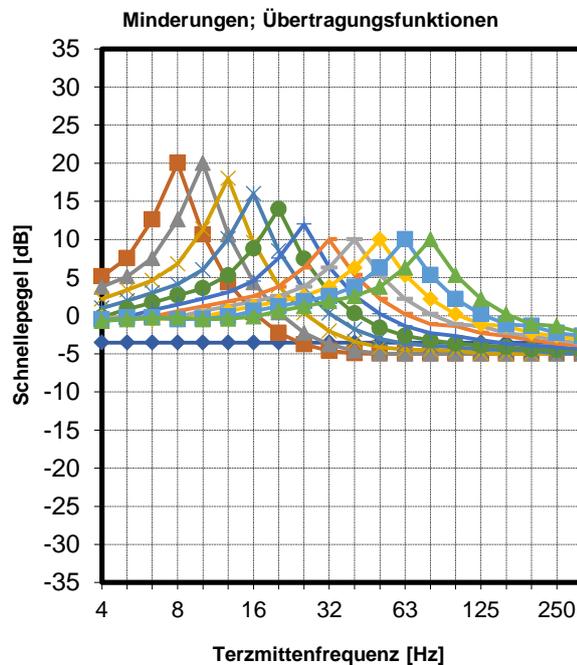
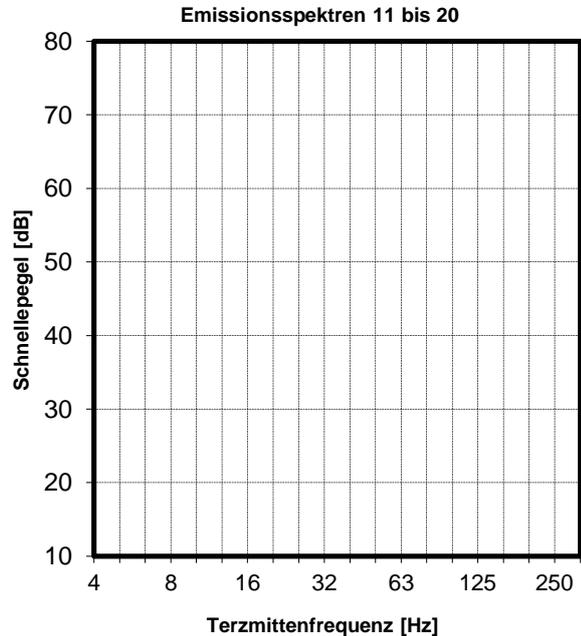
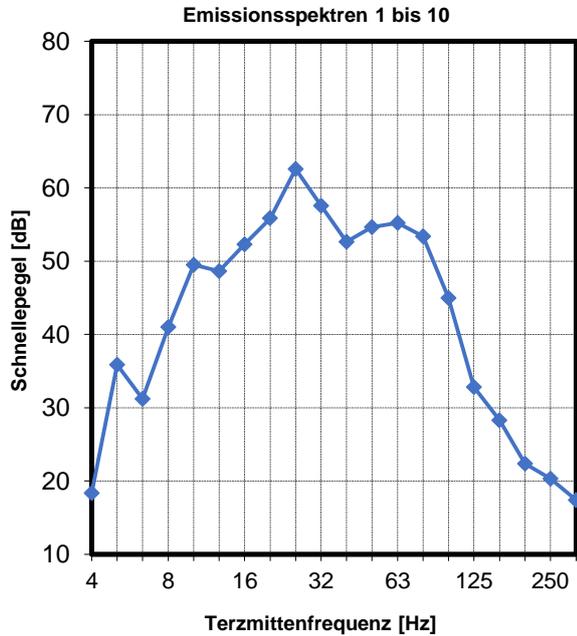
(Max-Hold, Fast)
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

KB _{FTr} :	Beton 8 Hz		Beton 10 Hz		Beton 12,5 Hz		Beton 16 Hz		Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz		Beton 40 Hz		Beton 50 Hz		Beton 62,5 Hz		Beton 80 Hz		
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag
	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,006	0,016	0,008	0,022	0,011	0,014	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

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

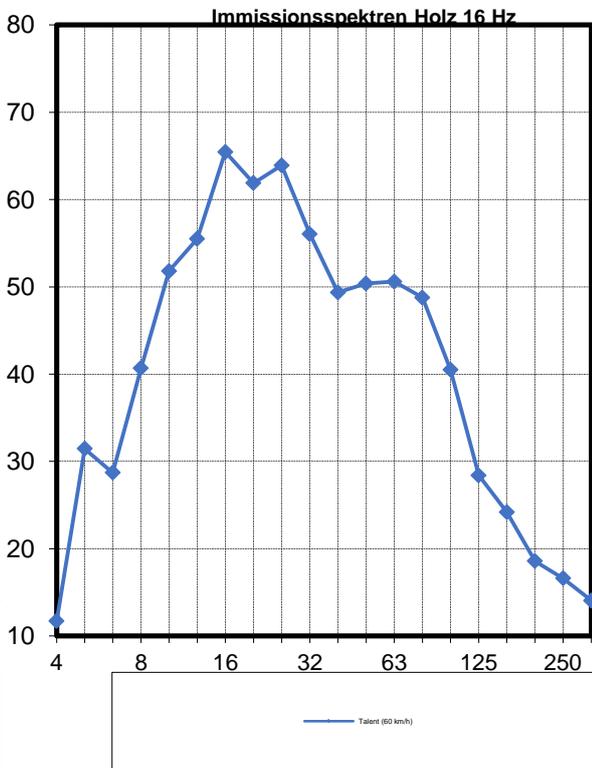
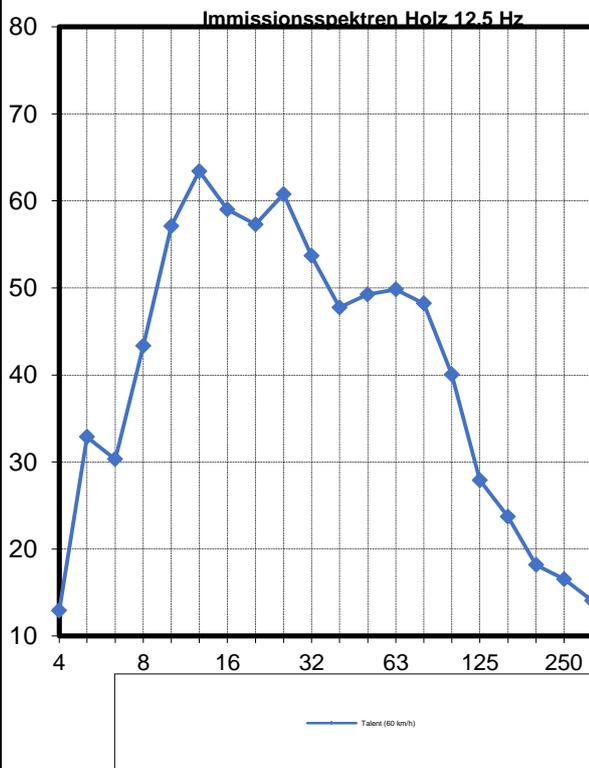
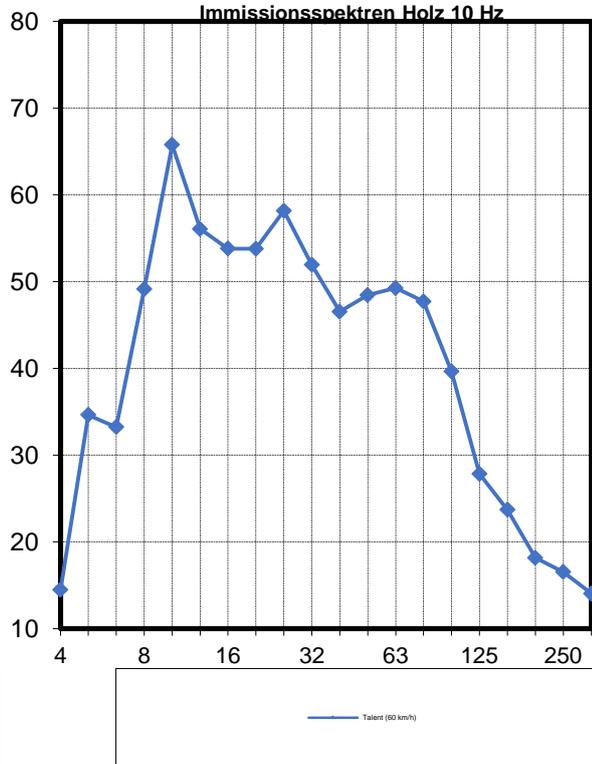
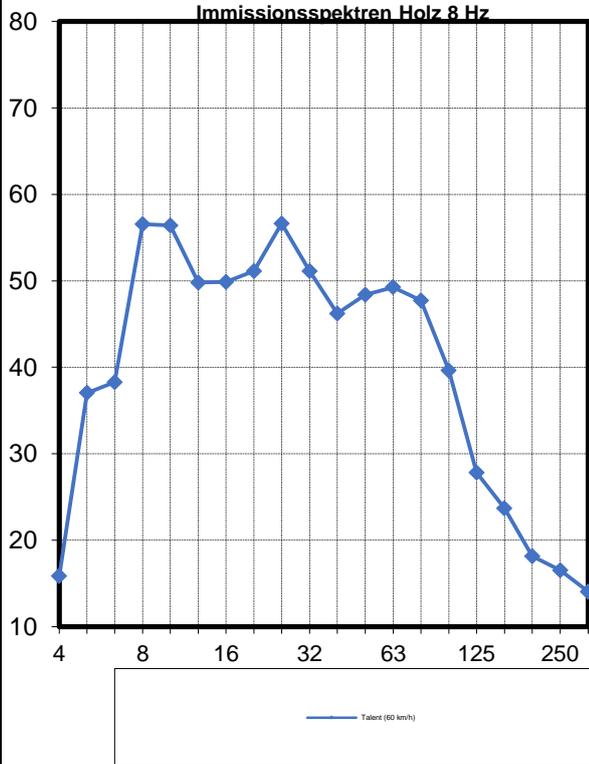
L _r (dB(A)):	Beton 8 Hz		Beton 10 Hz		Beton 12,5 Hz		Beton 16 Hz		Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz		Beton 40 Hz		Beton 50 Hz		Beton 62,5 Hz		Beton 80 Hz		
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag
	14,5	8,5	14,7	8,6	15,0	9,0	15,4	9,4	16,2	10,2	17,4	11,4	17,6	11,6	17,9	11,9	19,3	13,3	20,9	14,9	21,6	15,6	

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



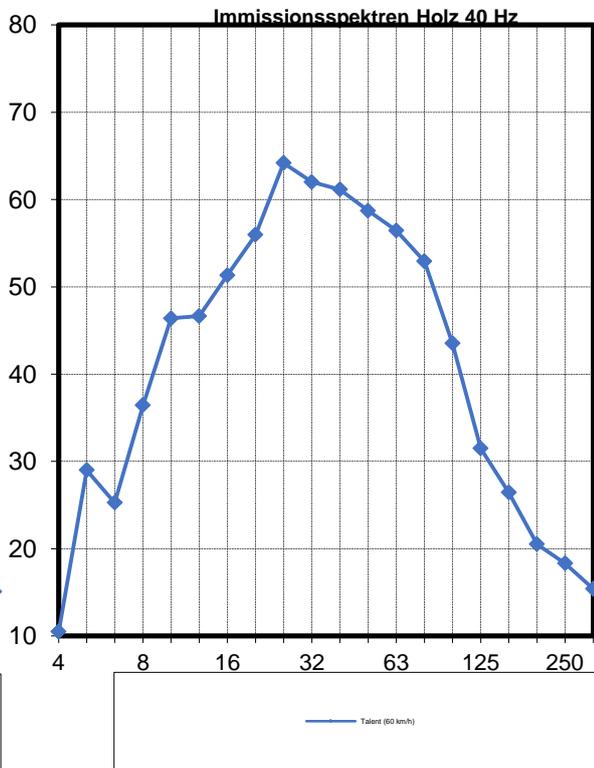
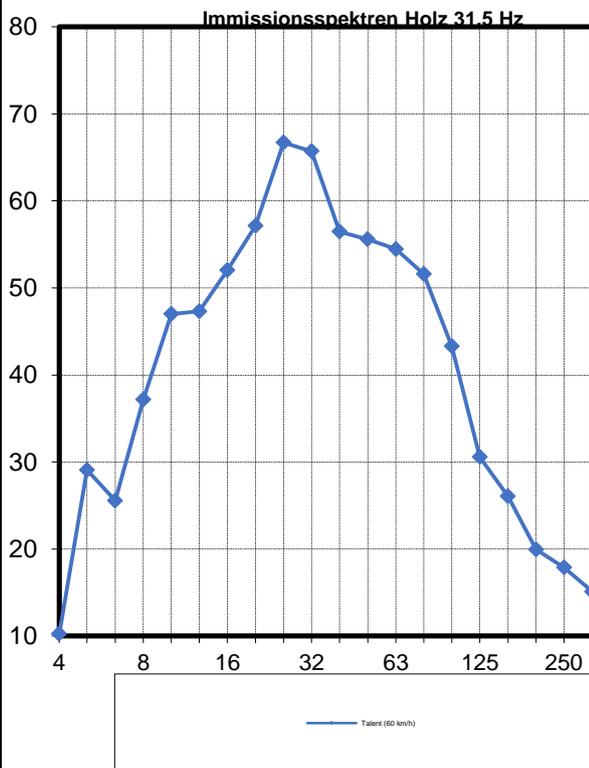
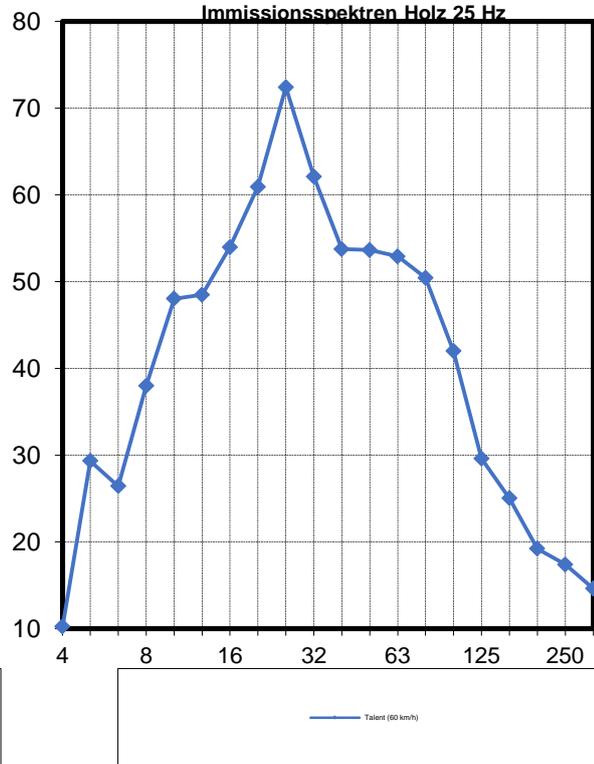
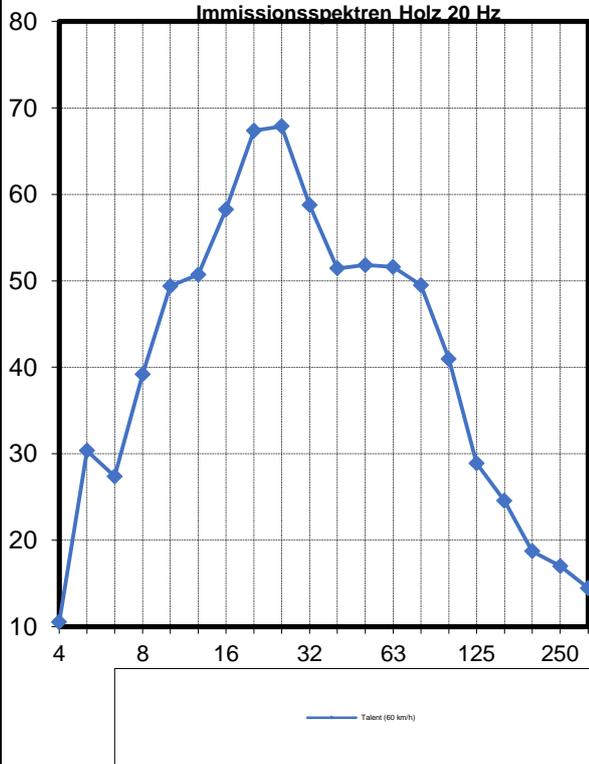
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



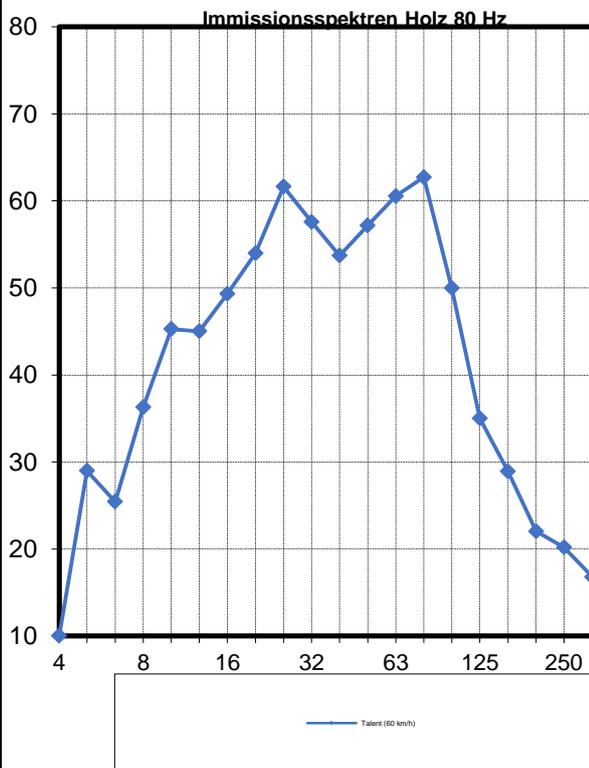
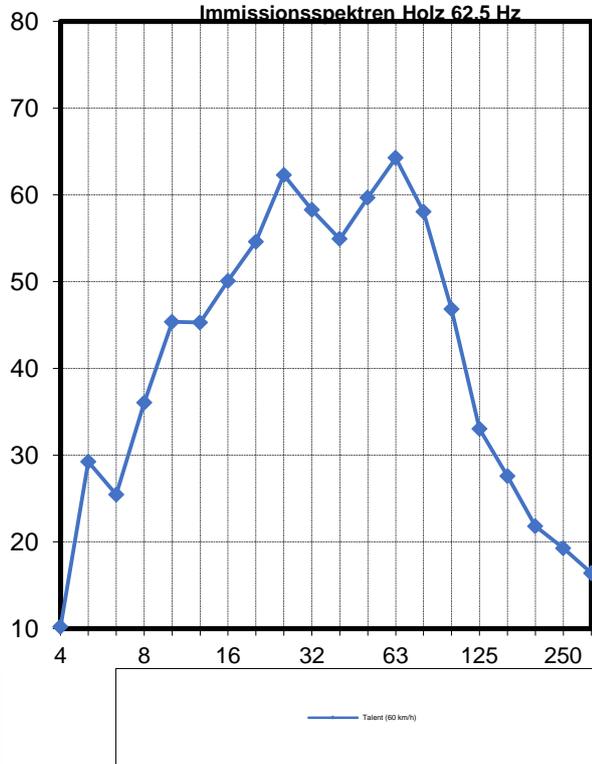
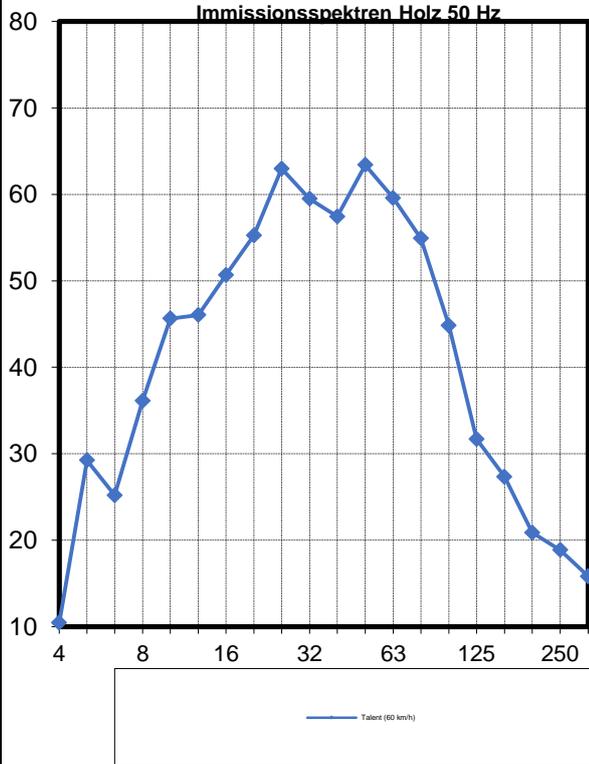
alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA



alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

Berechnung der Immissionen für Holzdecken 8-80 Hz; Einhaltung Anforderungen WR/WA

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																							
Talent (60 km/h)	9,5	18,4	35,9	31,2	41,0	49,5	48,6	52,3	55,8	62,6	57,6	52,6	54,6	55,2	53,4	45,0	32,8	28,3	22,4	20,3	17,4	32	4

Berücksichtigte Minderungsmaßnahmen

Geschwindigkeitsänderung 60>40	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5
--------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Übertragungsfunktionen

Holz 8 Hz	3,8	5,1	7,6	12,6	20,0	10,6	4,4	0,4	-2,3	-3,8	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 10 Hz	2,6	3,8	5,1	7,6	12,6	20,0	10,6	4,4	0,4	-2,3	-3,8	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 12,5 Hz	1,2	2,2	3,4	4,6	6,8	11,3	18,0	9,6	3,9	0,4	-2,0	-3,4	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 16 Hz	0,0	1,0	2,0	3,0	4,1	6,0	10,1	16,0	8,5	3,5	0,3	-1,8	-3,0	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0
Holz 20 Hz	-0,4	-0,2	0,9	1,7	2,6	3,6	5,3	8,8	14,0	7,5	3,1	0,3	-1,6	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6	-4,6
Holz 25 Hz	-0,2	-0,5	-0,2	0,7	1,5	2,3	3,1	4,5	7,6	12,0	6,4	2,6	0,2	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4	-4,4
Holz 31,5 Hz	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,0
Holz 40 Hz	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-3,7
Holz 50 Hz	-0,5	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,2
Holz 62,5 Hz	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-2,7
Holz 80 Hz	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,3

Angesetzte Bodendämpfungen

von 16 m auf 14 m	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,3	4,8	5,2	5,2
-------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Immissionsspektren

Talent (60 km/h)																						KB _{FTrm} :	L _{max} (dB(A))
Holz 8 Hz	10,3	20,6	40,5	41,0	58,3	57,5	50,5	50,4	51,4	56,8	51,2	46,2	48,4	49,3	47,7	39,6	27,8	23,7	18,2	16,5	14,1	0,07	33,4
Holz 10 Hz	9,1	19,2	38,1	35,9	50,8	66,9	56,8	54,3	54,1	58,4	52,0	46,5	48,5	49,3	47,7	39,6	27,8	23,7	18,2	16,5	14,1	0,12	33,5
Holz 12,5 Hz	7,8	17,6	36,4	33,0	45,0	58,2	64,1	59,5	57,6	61,0	53,8	47,7	49,3	49,8	48,2	40,0	27,9	23,7	18,2	16,5	14,1	0,12	33,8
Holz 16 Hz	6,5	16,4	34,9	31,4	42,4	52,9	56,2	65,9	62,2	64,1	56,1	49,3	50,4	50,6	48,8	40,5	28,4	24,2	18,6	16,6	14,1	0,15	34,2
Holz 20 Hz	6,2	15,2	33,9	30,1	40,9	50,5	51,4	58,8	67,7	68,1	58,9	51,4	51,8	51,6	49,5	41,0	28,9	24,6	18,7	17,0	14,5	0,19	34,9
Holz 25 Hz	6,3	14,9	32,8	29,1	39,7	49,1	49,2	54,5	61,2	72,6	62,2	53,8	53,6	52,9	50,5	42,0	29,6	25,0	19,2	17,4	14,6	0,23	35,8
Holz 31,5 Hz	6,3	14,9	32,6	28,3	38,9	48,1	48,0	52,5	57,4	66,9	65,8	56,5	55,6	54,5	51,6	43,3	30,6	26,1	19,9	17,9	15,1	0,16	36,1
Holz 40 Hz	6,3	15,2	32,5	28,0	38,1	47,5	47,3	51,8	56,2	64,4	62,1	61,1	58,7	56,4	52,9	43,5	31,5	26,4	20,5	18,3	15,4	0,14	36,7
Holz 50 Hz	6,0	15,2	32,8	27,9	37,8	46,7	46,7	51,2	55,6	63,2	59,6	57,4	63,4	59,6	54,9	44,8	31,7	27,4	20,9	18,9	15,8	0,14	37,9
Holz 62,5 Hz	5,8	14,9	32,7	28,2	37,8	46,5	46,0	50,6	54,9	62,5	58,4	54,9	59,7	64,3	58,0	46,8	33,0	27,6	21,8	19,3	16,4	0,14	39,0
Holz 80 Hz	5,5	14,7	32,5	28,1	38,0	46,4	45,7	49,8	54,3	61,8	57,7	53,7	57,2	60,5	62,7	50,0	35,0	28,9	22,0	20,2	16,8	0,12	39,5

	KB _{Fmax, Zug} :	Übertragungsfunktion:	Zug:	Übertragungsfunktion:	KB _{Fmax} :
Talent (60 km/h)	0,35	Holz 25 Hz	Talent (60 km/h)	Holz 25 Hz	0,35

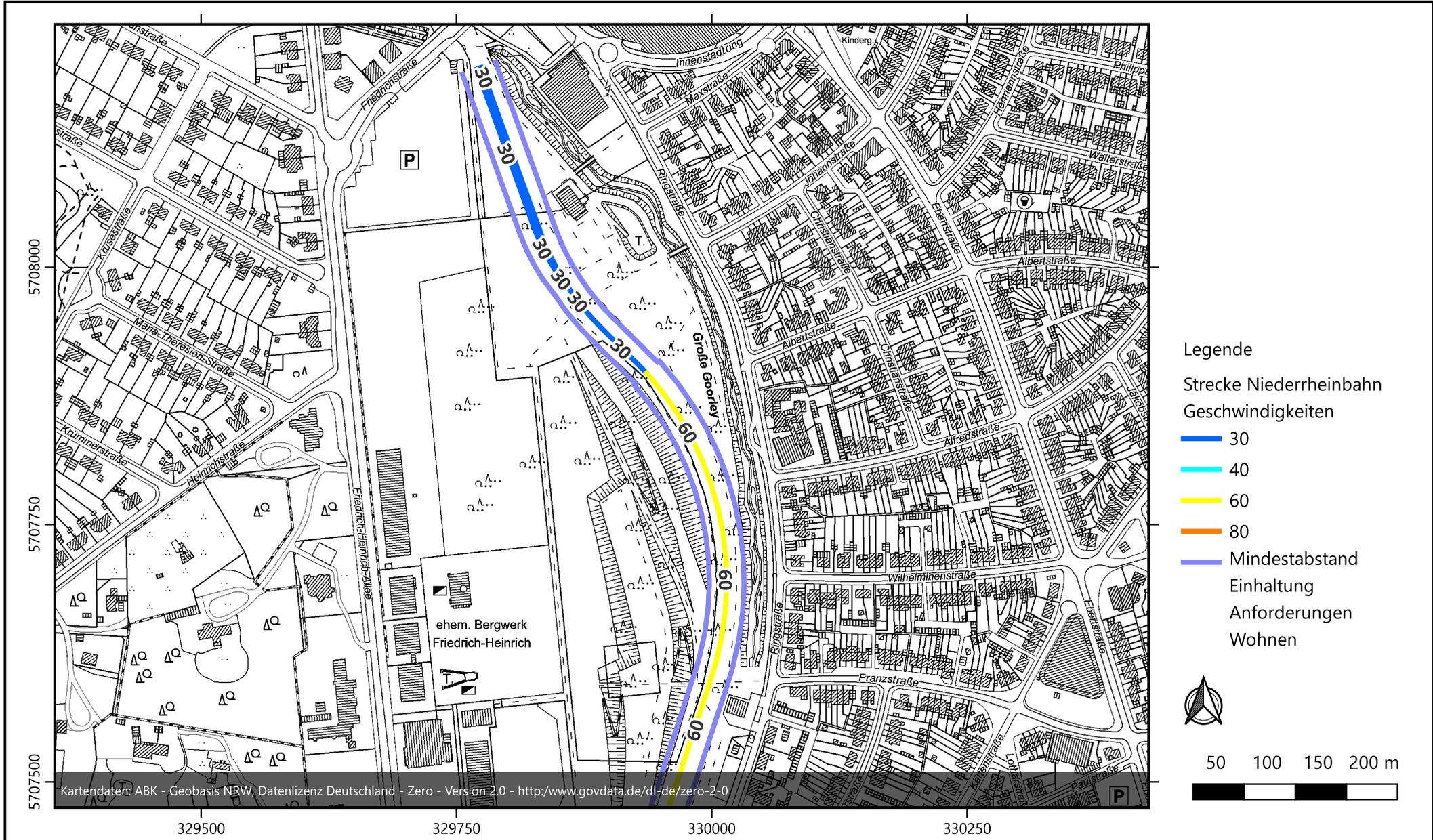
(Max-Hold, Fast)
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

KB _{FTr} :	Holz 8 Hz		Holz 10 Hz		Holz 12,5 Hz		Holz 16 Hz		Holz 20 Hz		Holz 25 Hz		Holz 31,5 Hz		Holz 40 Hz		Holz 50 Hz		Holz 62,5 Hz		Holz 80 Hz			
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	0,000	0,000	0,014	0,007	0,014	0,007	0,017	0,009	0,022	0,011	0,027	0,013	0,019	0,009	0,016	0,008	0,016	0,008	0,016	0,008	0,014	0,007	0,014	0,007

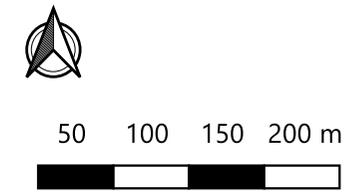
Zur Berechnung von KB_{FTrm} bzw. KB_{FTr} werden die Spektren laut DIN 4150 bis maximal 80 Hz herangezogen.

L _r (dB(A)):	Holz 8 Hz		Holz 10 Hz		Holz 12,5 Hz		Holz 16 Hz		Holz 20 Hz		Holz 25 Hz		Holz 31,5 Hz		Holz 40 Hz		Holz 50 Hz		Holz 62,5 Hz		Holz 80 Hz			
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	15,6	9,6	15,7	9,7	16,0	10,0	16,4	10,4	17,1	11,1	18,0	12,0	18,3	12,3	19,0	12,9	20,1	14,1	21,2	15,2	21,7	15,7	21,7	15,7

Anlage 5.1: Mindestabstand zur Gleistrasse für eine Einhaltung aller Anforderungen aus Erschütterungsimmissionen und Immissionen aus sekundärem Luftschall für eine Beurteilung als Wohngebiet (WR/WA)

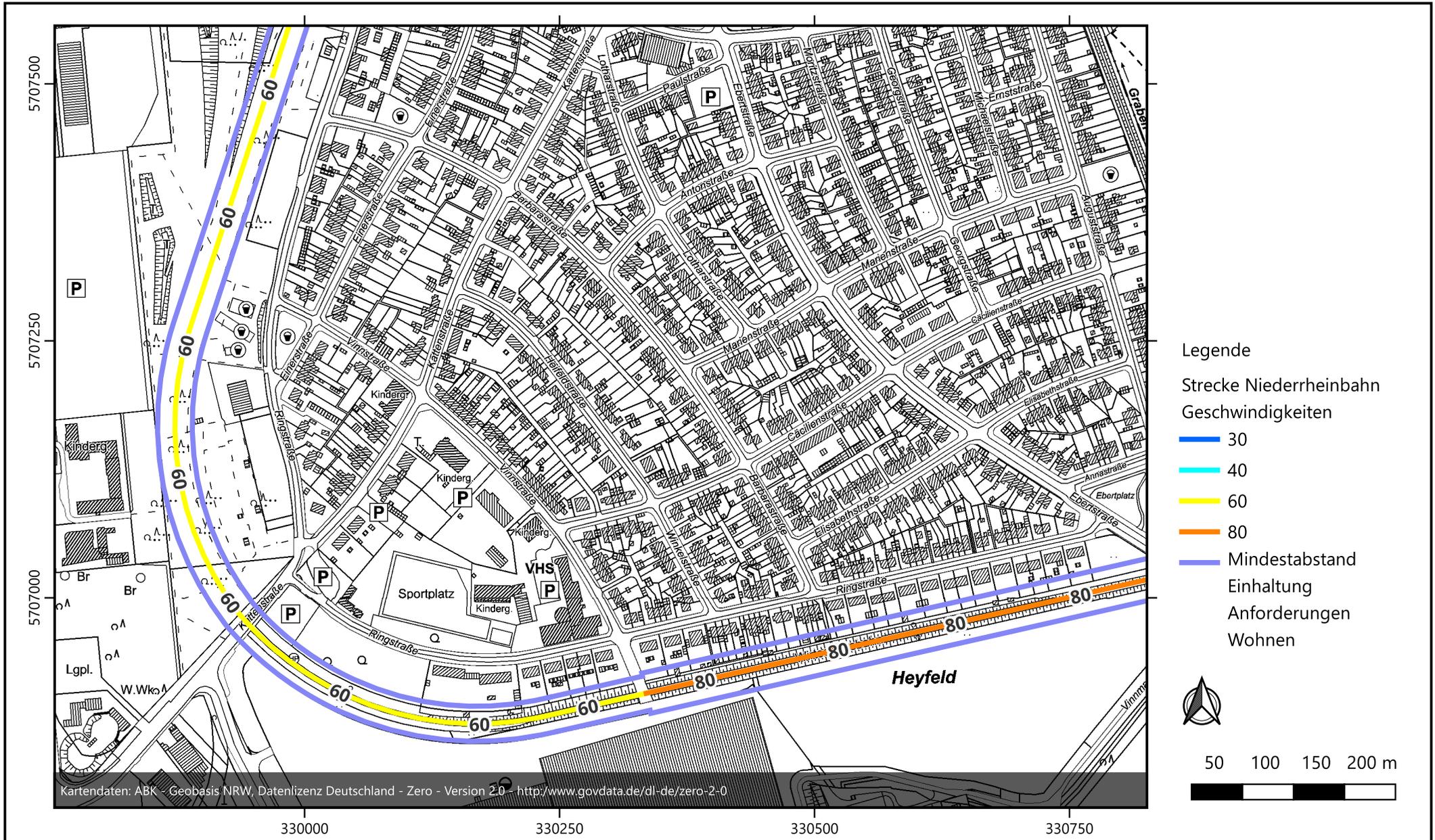


- Legende
- Strecke Niederrheinbahn
Geschwindigkeiten
- 30
 - 40
 - 60
 - 80
 - Mindestabstand
- Einhaltung
Anforderungen
Wohnen

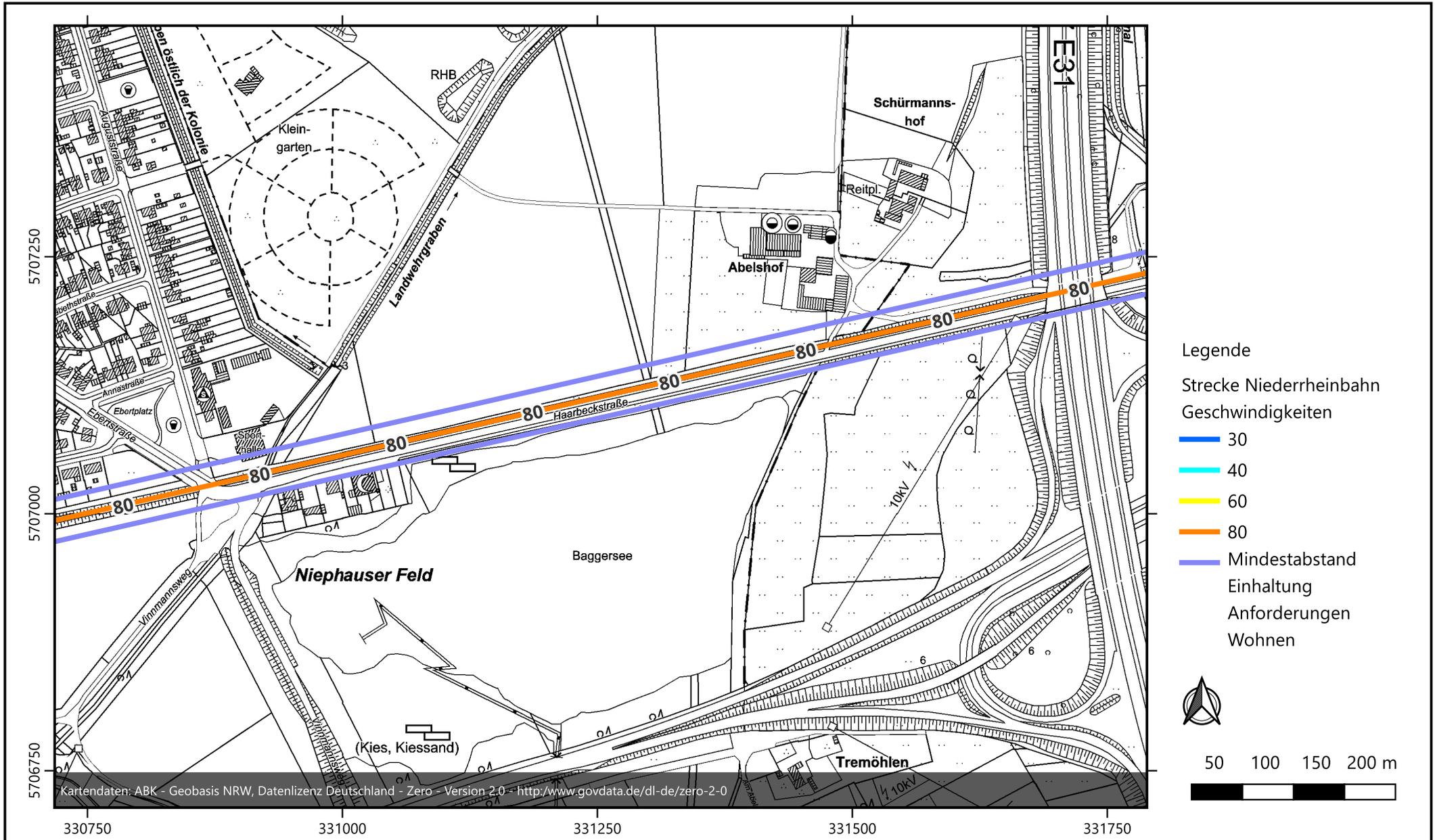


Kartendaten: ABK - Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0 - <http://www.govdata.de/dl-de-zero-2-0>

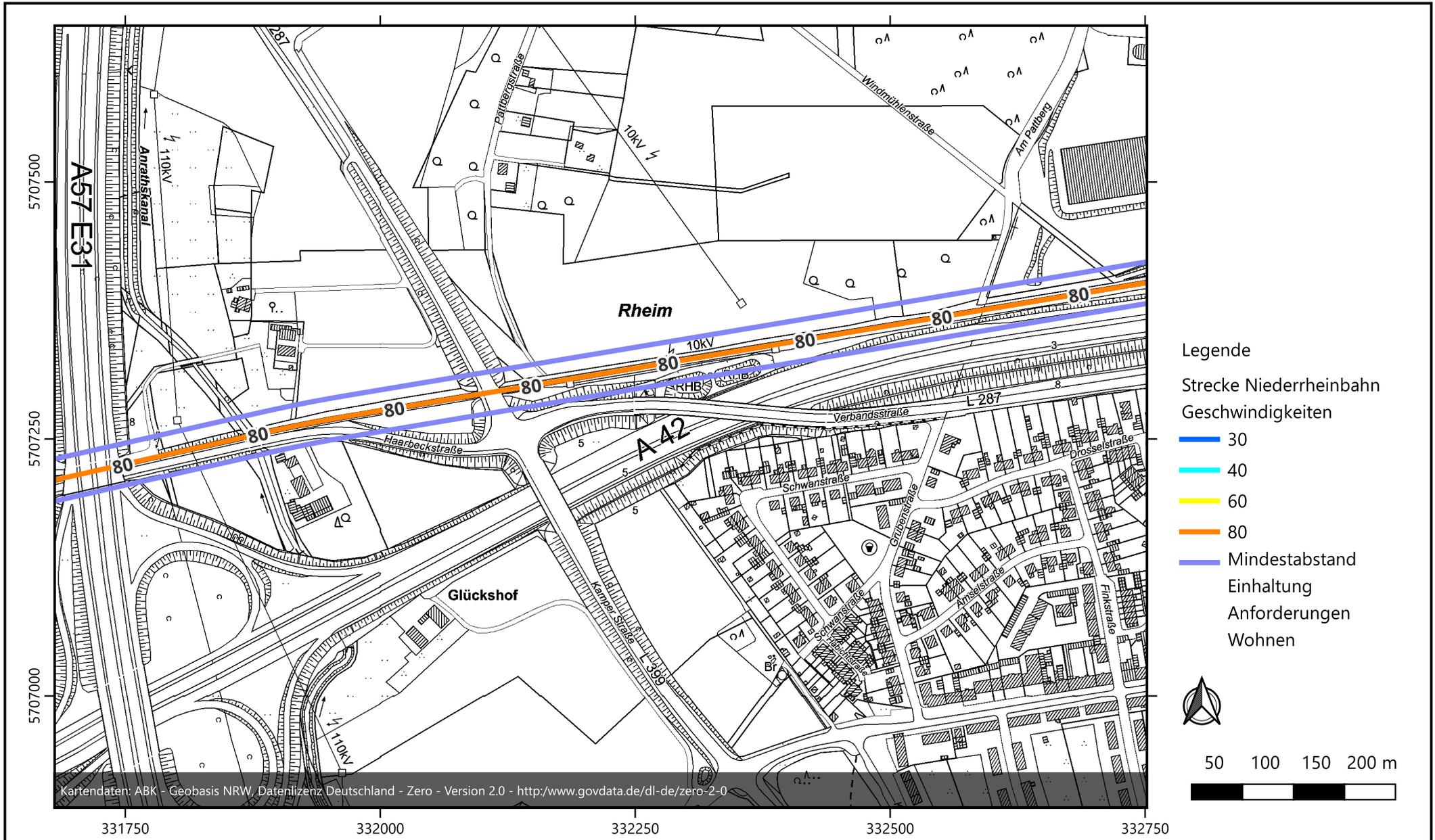
Anlage 5.2: Mindestabstand zur Gleistrasse für eine Einhaltung aller Anforderungen aus Erschütterungsimmissionen und Immissionen aus sekundärem Luftschall für eine Beurteilung als Wohngebiet (WR/WA)



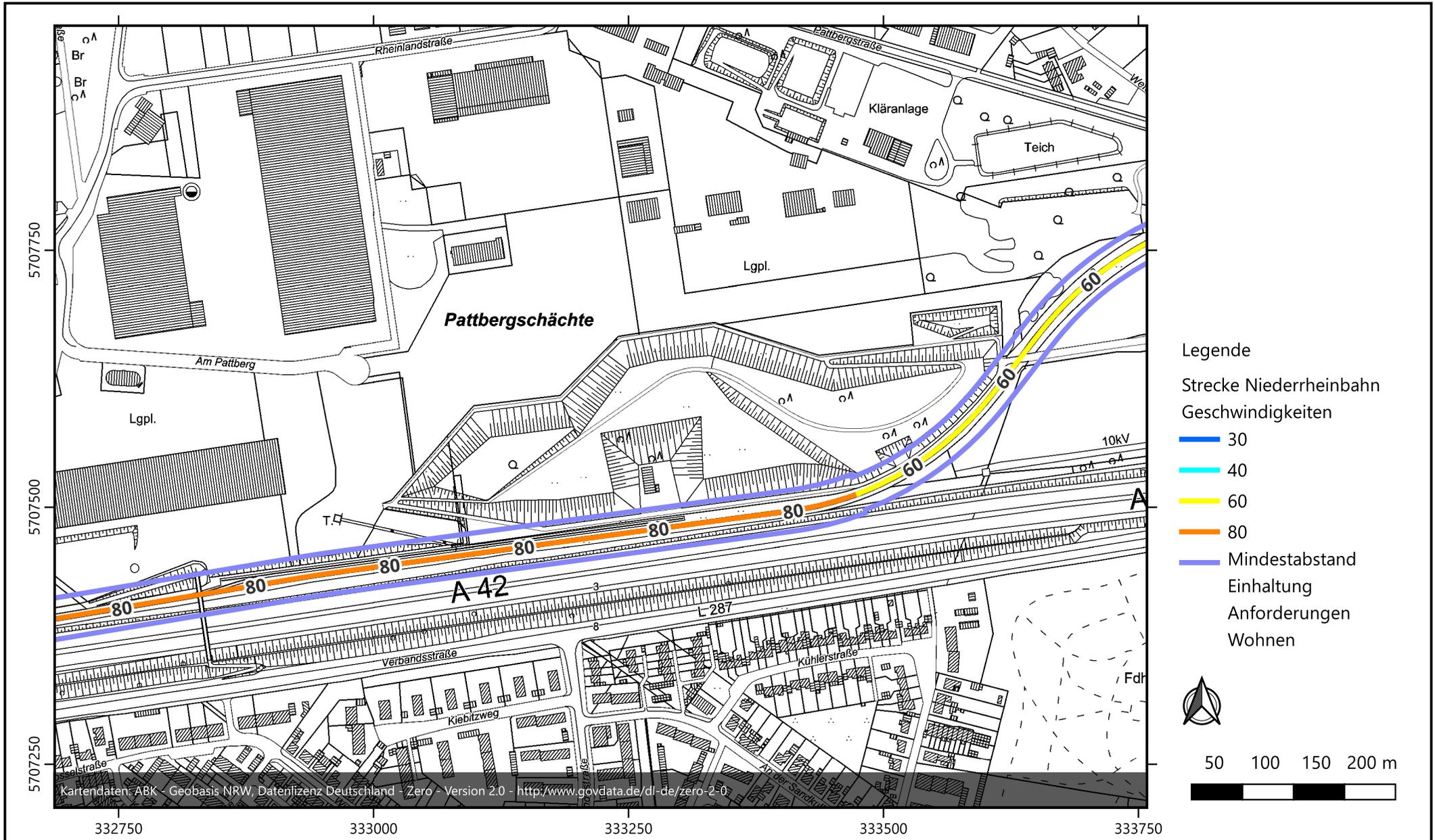
Anlage 5.3: Mindestabstand zur Gleistrasse für eine Einhaltung aller Anforderungen aus Erschütterungsimmissionen und Immissionen aus sekundärem Luftschall für eine Beurteilung als Wohngebiet (WR/WA)



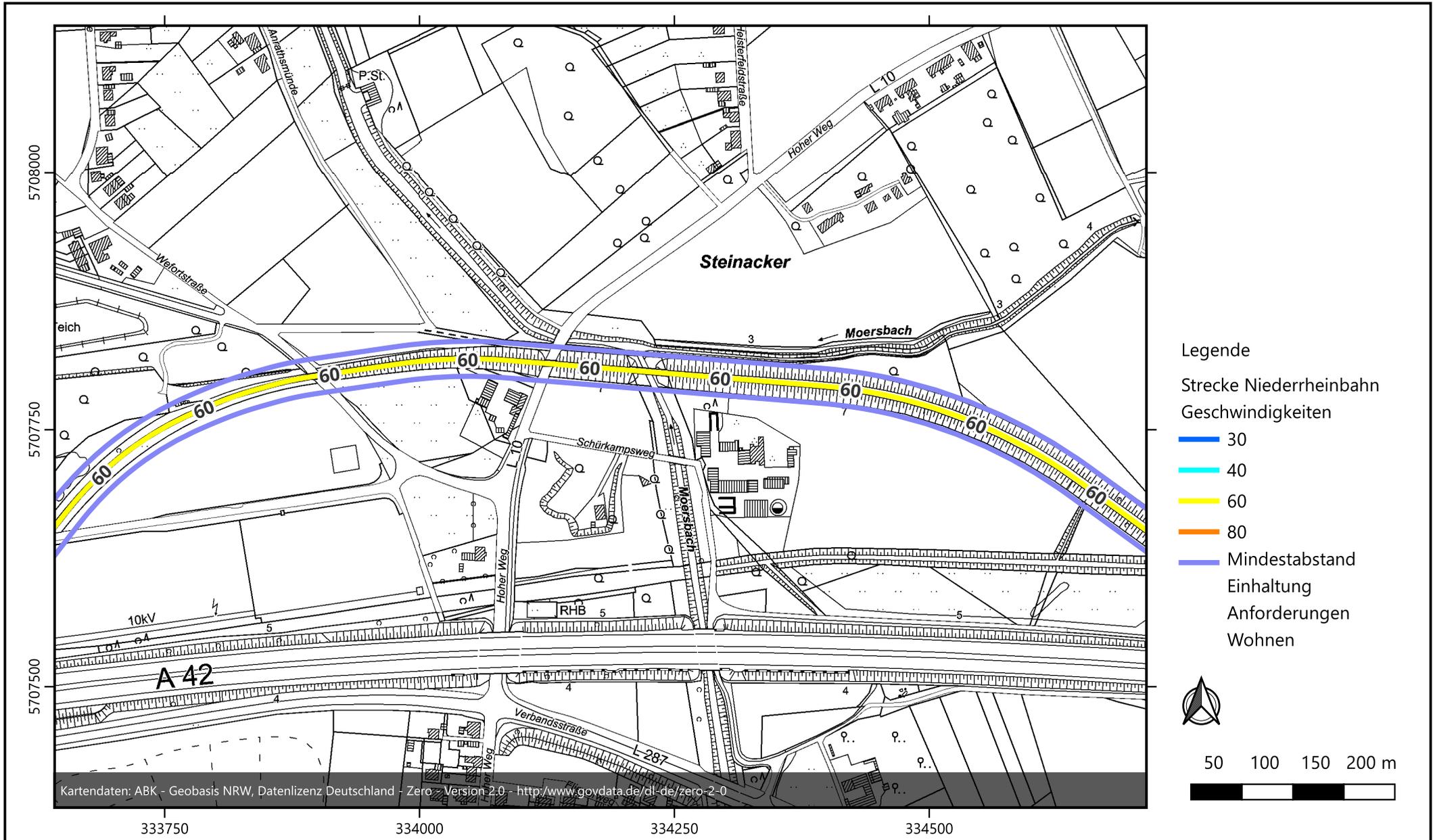
Anlage 5.4: Mindestabstand zur Gleistrasse für eine Einhaltung aller Anforderungen aus Erschütterungsimmissionen und Immissionen aus sekundärem Luftschall für eine Beurteilung als Wohngebiet (WR/WA)



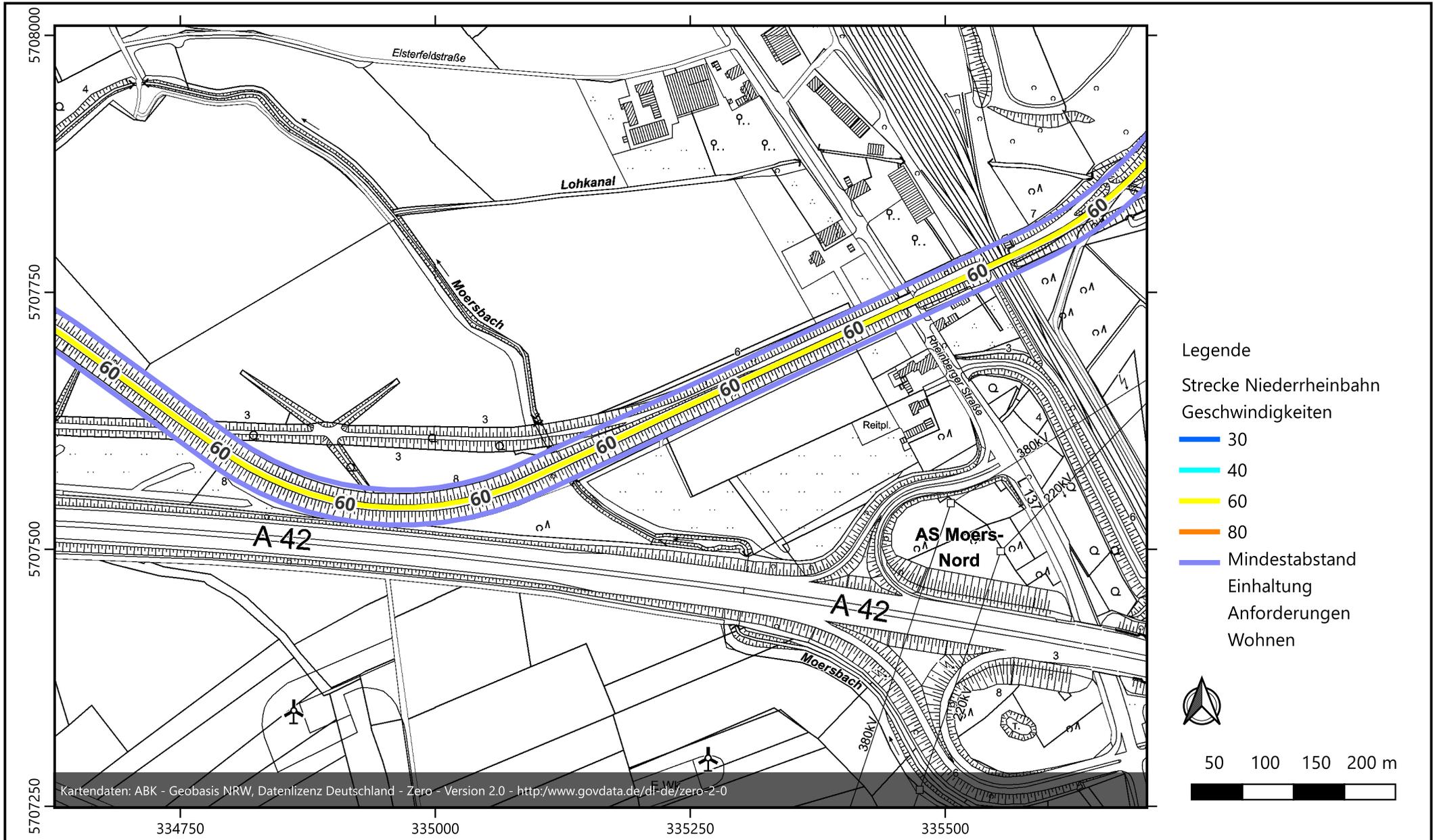
Anlage 5.5: Mindestabstand zur Gleistrasse für eine Einhaltung aller Anforderungen aus Erschütterungsimmissionen und Immissionen aus sekundärem Luftschall für eine Beurteilung als Wohngebiet (WR/WA)



Anlage 5.6: Mindestabstand zur Gleistrasse für eine Einhaltung aller Anforderungen aus Erschütterungsimmissionen und Immissionen aus sekundärem Luftschall für eine Beurteilung als Wohngebiet (WR/WA)



Anlage 5.7: Mindestabstand zur Gleistrasse für eine Einhaltung aller Anforderungen aus Erschütterungsimmissionen und Immissionen aus sekundärem Luftschall für eine Beurteilung als Wohngebiet (WR/WA)



Anlage 5.8: Mindestabstand zur Gleistrasse für eine Einhaltung aller Anforderungen aus Erschütterungsimmissionen und Immissionen aus sekundärem Luftschall für eine Beurteilung als Wohngebiet (WR/WA)

