

Erschütterungstechnisches Gutachten

Satzungsgemäß ausgelegt in der Zeit vom: bis: in der/dem Stadt/Gemeinde/Amt: Zeit und Ort der Auslegung sind ortsüblich bekannt gemacht worden. Stadt/Gemeinde/Amt: (Dienstsiegel) <div style="text-align: right;">Unterschrift</div>	Festgestellt gemäß Beschluss vom heutigen Tage Hoppegarten, den: <div style="text-align: center; padding: 10px 0;">Landesamt für Bauen und Verkehr</div> <div style="text-align: center;">Im Auftrag</div> (Dienstsiegel) <div style="text-align: right;">Unterschrift</div>	
Die Unterlage hat entsprechend der Bekanntmachung von: bis: öffentlich ausgelegen. Berlin, den	Planfeststellungsbehörde (Land Berlin)	
0	Ausgangsverfahren: Antragsfassung	09.11.2021
Index	Änderungen bzw. Ergänzungen	Planungsstand
Vorhabenträgerin: Niederbarnimer Eisenbahn-Aktiengesellschaft Georgenstraße 22 10117 Berlin 27.04.2022..... Datum	Verfasser: Sachverständigen- und Ingenieurbüro Dr. Ing. Ulf Lichte Heimteichstraße 6 04179 Leipzig 11.04.2022..... Datum	<div style="text-align: right; padding-right: 20px;"> Unterschrift </div>



Öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Erschütterungen
im Bauwesen und in der Sprengtechnik
Dr.-Ing. Ulf Lichte, IHK München

Sachverständigen- und Ingenieurbüro
Dr.-Ing. Ulf Lichte
Heimteichstraße 6
04179 Leipzig

Telefon: 0341 / 4413523
Telefax: 0341 / 4511606
E-Mail: info@Lichte.de
Internet: www.Lichte.de

Gutachten

Erschütterungstechnisches Gutachten Reaktivierung Stammstrecke der Heidekrautbahn von Berlin-Wilhelmsruh – Awanst Schönwalde

Abschnitt

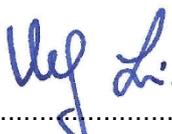
Berlin-Wilhelmsruh 13158 km 0,570 bis km 5,969

Auftraggeber:

Niederbarnimer Eisenbahn-Aktiengesellschaft

Gutachten auf der Grundlage von Unterlagen, Messungen und Erfahrungen

Bauvorhaben: Teilprojekt Nord Nordbahn/Heidekrautbahn des Projektes i2030
 Abschnitt: Berlin km 0,570 bis km 5,969
 Auftrags/Kunden-Nr: F354 / KH95
 Bericht Nr F354_GA_009
 Auftraggeber: Niederbarnimer Eisenbahn-Aktiengesellschaft
 Georgenstraße 22
 10117 Berlin
 Ortsbesichtigung: 20.05.2020 durch Dr. Lichte
 Messung: 24.06.2020 durch Dr. Lichte, B. Mildner
 27.08.2020 durch P. Noeske
 Ort und Datum: Leipzig, den 09. November 2021


 Dr.-Ing. Ulf Lichte


Revisionen

Rev	Datum	Dokument-Nr	Bemerkung
1	03.08.2020	F354_GA_001	Gutachten
2	17.09.2020	F354_GA_002	Erweiterung um Messungen an ausgebauter Bestandsstrecke
3	29.09.2020	F354_GA_003	Textliche Korrekturen
4	19.10.2020	F354_GA_004	Textliche Korrekturen
5	02.11.2020	F354_GA_005	Einarbeitung Projektbesprechung vom 29.10.2020
6	23.11.2020	F354_GA_006	Weitere Einarbeitungen
7	03.12.2020	F345_GA_007	Änderung auf Lageskizzen auf BrandenburgViewer
8	09.11.2021	F345_GA_008	Einarbeitung Textliche Anpassung
9	09.11.2021	F345_GA_009	Einarbeitung Textliche Anpassung



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabe	6
2	Veranlassung	6
3	Grundlagen	10
3.1	Allgemeines	10
3.2	Einwirkung auf Gebäude	11
3.3	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	15
3.3.1	Einwirkung auf Menschen in Gebäuden, allgemeine Situation	15
3.3.2	Einwirkung auf Menschen in Gebäuden, Bautätigkeiten	17
3.4	Festlegung der Anhaltswerte für den Betriebszustand	19
3.5	Anforderungen bei Neubauten, Gebrauchstauglichkeit	21
3.6	Sekundärer Luftschall	24
3.7	Erschütterungsprognose	25
5	Erschütterungsmessungen	27
5.1	Anlage und Durchführung der Schwingungsmessungen	27
5.2	Messgerätetechnik	27
5.3	Messpunkte	28
6	Messergebnisse	32
6.1	Messungen an der zu reaktivierenden Bestandsstrecke	32
6.2	Messungen an der bereits erneuerten Strecke	33
7	Erschütterungsprognose	50
8	Begutachtung	52

Abbildungen

Abbildung 1	Lageplan Streckenabschnitt Wilhelmsruh bis Basdorf	7
Abbildung 2	Lageplan mit Bebauung, Streckenabschnitt Wilhelmsruh - Basdorf	8
Abbildung 3	Lageplan mit Bebauung, Streckenabschnitt Wensicken - Lubowsee	9
Abbildung 4	Zusammenhang v_{max}/KBF_{max}	19
Abbildung 5	Stufen unterschiedlicher Einwirkungs niveaus bei Bauarbeiten	18
Abbildung 6	Entfernungsabhängigkeit (nur Messpunkte im Fundamentbereich)	37
Abbildung 7	Zusammenfassung Terz-MaxHold-Terzspektren je Messpunkt, Maximum aus allen Vorbeifahrten	37
Abbildung 8a	Terz-Max-Hold-Spektren [dB]	38
Abbildung 9	Übertragungsfunktion Fundament zu Obergeschossdecke (blau aus Messergebnissen, orange theoretisch)	43
Abbildung 10a	Terz-Max-Hold-Spektren [dB]	46

Abürzungen

A_i	Anhaltswert
A_o	oberer Anhaltswert der maximalen Schwingstärke
A_r	zeitbewerteter Anhaltswert der Schwingstärke
A_u	unterer Anhaltswert der maximalen Schwingstärke
Awanst	Ausweichanschlussstelle
BK	Bedeutungskategorie
f	Vorzugsfrequenz in Hz
GE	Gewerbegebiet
GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
KB_{FT_r}	Beurteilungsschwingstärke
$KB_{F_{max}}$	maximale bewertete Schwingstärke
$KB_{FT_{max}}$	einzuhaltender Taktmaximalwert
MI	Mischgebiet
NEB	Niederbarnimer Eisenbahn
$V_{i,max}$	Betragsmaximalwert der Schwinggeschwindigkeit in mm/s
WA	allgemeines Wohngebiet
WR	reines Wohngebiet

Unterlagen

Verträge, Gutachten, Schriftverkehr, Akten, Zeichnungsunterlagen

U(1)	Vertrag vom 24.07.2020
U(2)	Vorhabensbeschreibung Teilprojekt Nord Nordbahn/Heidekrautbahn des Projektes i2030 Niederbarnimer Eisenbahn, 16.04.2020
U(3)	Vorentwurfsplanung – Übersichtskarte

Normen, Richtlinien, Vorschriften

[BlmSchG]	BlmSchG:2017-07-18 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
[TA Lärm]	TA Lärm:1998-08 Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz
[DIN 4150-1]	DIN 4150-1:2001-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen
[DIN 4150-2]	DIN 4150-2:1999-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
[DIN 4150-3]	DIN4150-3:2016-12 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen
[DIN 45669-1]	DIN 45669-1:2010-09 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser-Anforderungen und Prüfungen
[DIN 45669-2]	DIN 45669-2:2005-06 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren
[DIN 45672-1]	DIN 45672-1:2018-02 Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen – Teil 1: Messverfahren
[DIN 45672-2]	DIN 45672-2:2020-01 Entwurf Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen – Teil 2: Auswerteverfahren
[DIN EN 60721-3-3]	DIN EN 60721-3-3:1995-09 Klassifizierung von Umweltbedingungen - Teil 3 „Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte; Hauptabschnitt 3: Ortsfester Einsatz, wettergeschützt (IEC 60721-3-3:1994)
[VDI 2038 Blatt 1]	VDI 2038 Blatt 1:2012-06 Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen - Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik – Grundlagen – Methoden, Vorgehensweisen und Einwirkungen
[VDI 2038 Blatt 2]	VDI 2038 Blatt 2:2013-01 Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen - Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik – Schwingungen und Erschütterungen – Prognose, Messung, Beurteilung und Minderung
[VDI 2038 Blatt 3]	VDI 2038 Blatt 3:2013-11 Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen - Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik – Sekundärer Luftschall – Grundlagen, Prognose, Messung sowie Beurteilung und Minderung
[VDI 3837]	VDI 3837:2013-01 Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen - Spektrales Prognoseverfahren
[DB Leitfaden Planer]	Körperschall- und Erschütterungsschutz - Leitfaden für den Planer, DB AG, August 1996
[Ril 820.2050]	Ril 820.2050:2017-11: Erschütterungen und sekundärer Luftschall. Richtlinie der DB Netz AG mit 6 Anhängen A01 bis A06



1 Aufgabe

Für die geplante Reaktivierung und Modernisierung der 13,2 km langen Stammstrecke der Heidekrautbahn der NEB zwischen Berlin-Wilhelmsruh und Awanst Schönwalde ist ein erschütterungstechnisches Gutachten hinsichtlich des Immissionsschutzes für die Anwohner an der Bahnstrecke zu erarbeiten. Inhalt dieses Gutachtens ist der Abschnitt Berlin km 0,570 bis km 5,969.

2 Veranlassung

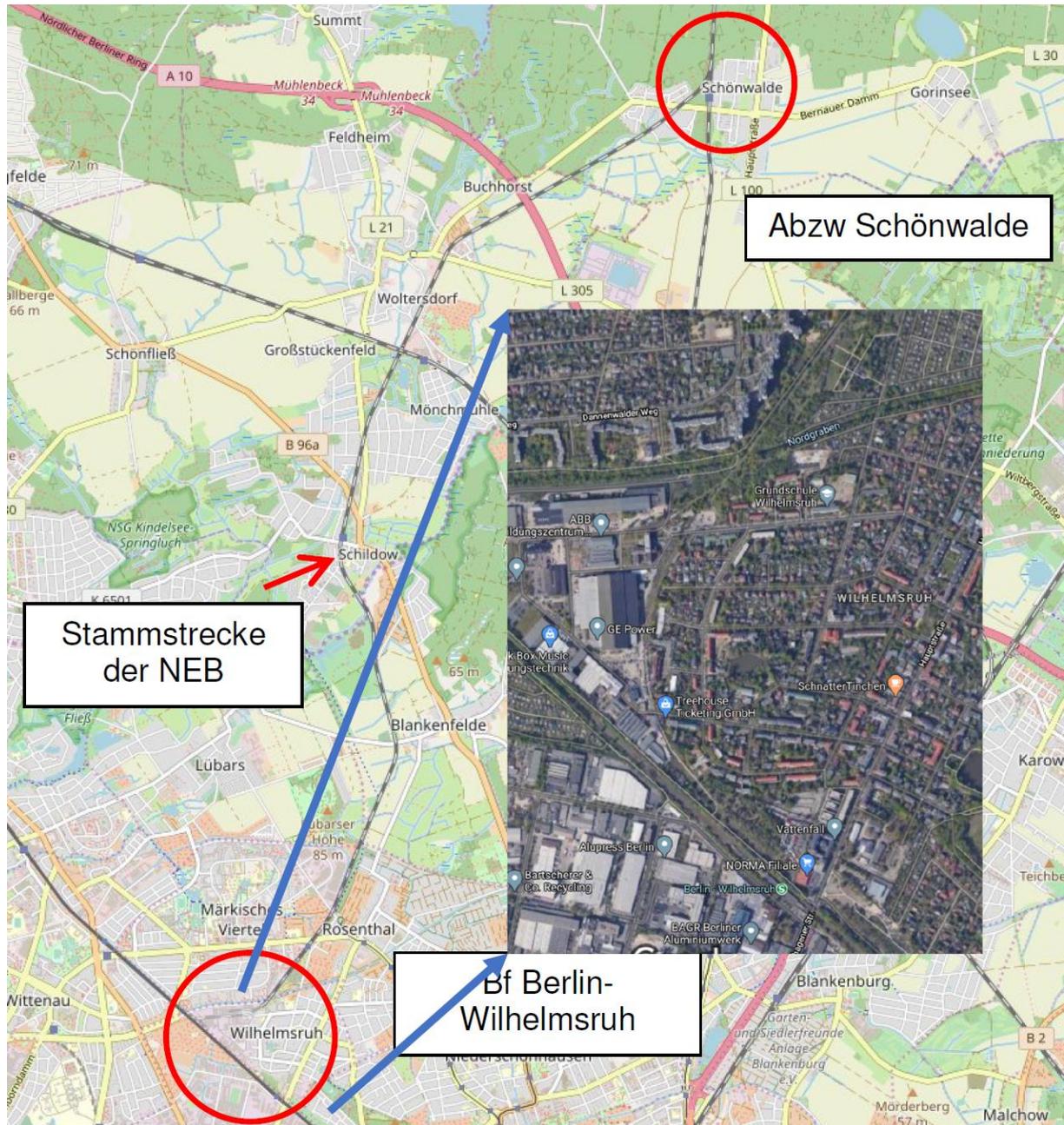
Entlang der Strecke befinden sich abwechselnd Abschnitte mit Wohn- oder Gewerbebebauung sowie unbebaute, freie Streckenabschnitte. Der Lageplan in Abbildung 1 zeigt in der Übersicht den Streckenverlauf.

Eine der unvermeidbaren Nebenwirkungen beim Bahnbetrieb ist die von der Vorbeifahrt von Zügen ausgehende Erschütterungswirkung. Diese Erschütterungswirkung ist ab einer gewissen Intensität als Vibration oder im Gebäudeinneren als von den Decken und Wänden abgestrahlter Sekundärschall wahrnehmbar. Diese sind innerhalb gewisser Grenzen trotz Wahrnehmbarkeit zulässig. Doch ab einem definierten Niveau kann eine Belästigungswirkung vorhanden sein. Im Sinne des Immissionsschutzes ist es daher notwendig, eine Prognose anzufertigen, welche Situation entlang der modernisierten Stammstrecke zu erwarten ist, um erforderliche Maßnahmen planen zu können.

Basis für die Beurteilung der Erschütterungswirkung in betroffenen Gebäuden ist die DIN 4150-2. Für die Sekundärschalleinwirkungen wird die TA-Lärm herangezogen. Entlang von Bestands-Bahnstrecken werden die Immissionsrichtwerte bzw. Anhaltswerte dieser Regelwerke mancherorts nicht eingehalten. Der Sachverständige geht davon aus, dass bei der Errichtung der Bahnstrecken die seinerzeit geltenden Anforderungen erfüllt waren. Die Anforderungen des Immissionsschutzes entwickelten sich weiter, so dass bei der Neuerrichtung von Bahnstrecken jeweils die aktuellen Anforderungen zum Tragen kommen. Gleichfalls sind bei neuer Bebauung entlang von Bahnstrecken erforderliche bauseitige Maßnahmen für einen ausreichenden Immissionsschutz in den Gebäuden zu planen.

Im gegebenen Fall handelt sich um eine zu reaktivierende Bestandsstrecke und nicht um eine Neubaustrecke.

Abbildung 1 Lageplan Streckenabschnitt Wilhelmsruh bis Abzweig Schönwalde



[Quelle: NEB]

In Abbildung 2 sind diejenigen Streckenabschnitte hervorgehoben, in welchen ein- oder beidseits Bebauung vorhanden ist. Bei der Betrachtung der Bahnstrecke ergibt sich, dass die meiste Bebauung einen Mindestabstand von 16 m zur Bahnstrecke einhält. Für eine erste qualitative Einstufung der Relevanz der bahnseitigen Emissionen ist diese Feststellung hilfreich, wenngleich bezüglich der Einhaltung von Immissionsrichtwerten nicht aussagekräftig. In wenigen Ausnahmen ist der Abstand der Bebauung von der Bahnstrecke 8 m und sogar darunter. Bei dieser Bebauung handelt es sich vorwiegend um Wohngebäude. In Abbildung 2 sind diejenigen Objekte gekennzeichnet, welche weniger als 16 m Abstand zur Bahnachse haben.



Abbildung 2 Lageplan mit Bebauung, Streckenabschnitt Wilhelmsruh - Basdorf



[Quelle: Luftbild GoogleEarth]



Abbildung 3 Lageplan mit Bebauung, Streckenabschnitt Wensickendorf – Dorf Lubowsee



[Quelle: Luftbild GoogleEarth]

Tabelle 1a Zugzahlen Zugbetrieb 60 – Minuten - Takt

Zugart	Anzahl Züge		v_max km/h	Fahrzeugkategorien gem. Schall03 im Zugverband					
	Tag	Nacht		Fahrzeug- kategorie	Anzahl	Fahr- zeugka- tegorie	Anzahl	Fahr- zeugka- tegorie	Anzahl
RV-VT	32	10	80	6_A6	1				
GZ-V	2		80	8_A4	1	5_A10	1		
	34	10	Summe in beide Richtungen						

Tabelle 1b Zugzahlen Zugbetrieb 30 – Minuten - Takt

Zugart	Anzahl Züge		v_max km/h	Fahrzeugkategorien gem. Schall03 im Zugverband					
	Tag	Nacht		Fahrzeug- kategorie	Anzahl	Fahr- zeugka- tegorie	Anzahl	Fahr- zeugka- tegorie	Anzahl
RV-VT	64	18	80	6_A6	1				
GZ-V	2		80	8_A4	1	5_A10	1		
	66	18	Summe in beide Richtungen						

Die zu reaktivierende Stammstrecke wird gegenwärtig nur durch Werkverkehr genutzt, es werden lediglich Überführungsfahrten durchgeführt. Nach der Wiederaufnahme des öffentlichen Personennahverkehrs ist zunächst ein Zugbetrieb im 60-Minuten-Takt geplant. Der spätere Zielzustand ist ein 30-Minuten-Takt. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 80 km/h. Im momentanen Zustand wird die Strecke mit 30 km/h befahren. In den Tabellen 1a und 1b sind die zu erwartenden Zugzahlen zusammengestellt. Im Zugbetrieb in 60-Minuten-Takt werden tagsüber 33 und nachts 10 Vorbeifahrten zu verzeichnen sein. Im 30-Minuten-Takt sind tagsüber 65 und nachts 18 Vorbeifahrten vorgesehen.

3 Grundlagen

3.1 Allgemeines

Bei Erschütterungen handelt es sich um eine Kombination aus fühlbaren mechanischen Schwingungen/Vibrationen und hörbarem sekundärem Luftschall, welcher durch die Schallabstrahlung schwingender Raumbegrenzungsflächen entsteht – eine ausreichende Intensität vorausgesetzt. Die beschreibende physikalische Größe ist die Schwinggeschwindigkeit. Sie wird je nach Aufgabenstellung als Schwinggeschwindigkeit selbst in mm/s oder als Pegel in dB, bezogen auf 5e-8 m/s angegeben. Erschütterungen sind stark frequenzabhängig und werden daher spektral betrachtet.

Vom Schienenverkehr geht unvermeidbar eine Erschütterungswirkung aus. Die dynamischen Kräfte der Zugräder wirken über den Gleiskörper in den Untergrund ein und breiten sich über den Untergrund aus. Zum Gleis benachbarte Gebäude werden von den Erschütterungen erfasst und über das Fundament ebenfalls zum Schwingen angeregt. Die Schwingungen verstärken oder schwächen sich aufgrund der individuellen baulastdynamischen Gebäudeeigenschaften ab. Ab einer gewissen Intensität sind sie vom Menschen wahrnehmbar, als Vibration, als Sekundärschall oder über Sekundäreffekte wie z.B. das Klirren von Gläsern.

Die vom Bahngleis ausgehenden Emissionen werden über den Boden übertragen und stellen schließlich die Immissionen der benachbarten Gebäude dar.

Erschütterungsmessungen werden auf der Grundlage der DIN 45669 „Messungen von Schwingungsimmissionen“ durchgeführt.

3.2 Einwirkung auf Gebäude

Allgemeines

In der [DIN 4150-3] sind Verfahren für die Ermittlung und Beurteilung der durch Erschütterungen hervorgerufenen Einwirkungen auf bauliche Anlagen, welche für vorwiegend ruhende Beanspruchungen bemessen sind, festgelegt. Als Erschütterungen werden mechanische Schwingungen fester Körper mit potentiell belästigender Wirkung für den Menschen oder potentiell schädigender Wirkung für bauliche Anlagen verstanden. Schäden sind in diesem Sinne bleibende Folgen einer Einwirkung, die eine Verminderung des Gebrauchswertes eines Bauwerkes oder Bauteils im Hinblick auf seine Nutzung darstellen.

Da es im Bauwesen eine Vielzahl von Schadenursachen gibt, von denen Erschütterungen nur eine ist, ist es notwendig, abzugrenzen, bis zu welcher Stärke Erschütterung keine maßgebende Ursache darstellen. In der [DIN 4150-3] sind Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeit angegeben, bei deren Einhaltung kein Schaden eintritt.

Werden die Anhaltswerte eingehalten, so bedeutet dies nicht, dass keine Schäden auftreten. Nur sind dann andere Ursachen als die Erschütterungen maßgebend; und somit dann keine erschütterungsbedingten Schäden. Werden die Anhaltswerte überschritten, so kann auch daraus nicht zwangsläufig gefolgert werden, dass erschütterungsbedingte Schäden auftreten. In diesem Fall der Schadenmutmaßung sind genauere Untersuchungen anzustellen.

Bei Erschütterungseinwirkungen wird unterschieden zwischen kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen. Kurzzeitige Erschütterungen sind solche, deren Häufigkeit des Auftretens (a) nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen, und (b) deren zeitliche Abfolge und Dauer nicht geeignet sind, in der Struktur wesentliche resonanzbedingte Vergrößerungen der Schwingungen hervorzurufen. Dauererschütterungen sind alle diejenigen, auf die die Definition der kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft.

Für die Beurteilung des Gesamtbauwerkes sind die horizontalen Schwinggeschwindigkeiten in der obersten Deckenebene maßgebend. Dies sind in der Regel die maximalen Schwingungsantworten auf die Anregung im Fundamentbereich. Die oberste Geschossdecke ist die, welche auf tragenden Wänden aufliegt und die in der Regel eine aussteifende Wirkung in den beiden horizontalen Richtungen einnimmt. Wird ein Bauwerk bei Dauererschütterungen in einer Oberschwingung angeregt, so sind diese bei Messungen in mehreren Geschossen gleichzeitig zu erfassen, um die größten Amplituden zuverlässig zu erhalten. Bei Gebäuden mit maximal drei Vollgeschossen oberhalb der Geländeoberkante genügt in der Regel die Betrachtung der obersten Deckenebene.

Bei der Beurteilung von Gebäuden werden drei Gebäudearten unterschieden:

1. („Zeile 1“) Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten.
2. („Zeile 2“) Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten. Dazu gehören auch gewerblich genutzte Bürogebäude.
3. („Zeile 3“) Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht den vorgenannten entsprechen und besonders erhaltenswert sind. Unter besonders erschütterungsempfindlich wird dabei die Eigenschaft eines Bauwerks verstanden, dass bereits geringe Erschütterungen leichte Schäden hervorrufen.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes durch Erschütterungen im Sinne der DIN 4150-3] ist die Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und die Verminderung der Tragfähigkeit von Decken und Bauteilen. Bei Gebäuden nach den vorgenannten „Zeilen 2 und 3“ ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z.B. Risse im Putz auftreten, vorhandene Risse sich vergrößern, Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen. Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

Wenngleich Bahnverkehr vom Menschen wahrnehmbare Erschütterungen emittiert, so sind diese hinsichtlich der Integrität von Bausubstanz irrelevant. Dies ist Erfahrungswissen. Eine Beurteilung nach DIN 4150-3 ist daher für den Bahnbetrieb nicht notwendig. Bei der Reaktivierung der Strecke, also der Baudurchführung, ist die Begrenzung der Einwirkung auf Gebäude jedoch zu berücksichtigen.

Die Anhaltswerte werden deshalb der Vollständigkeit halber aufgeführt.

Kurzzeitige Erschütterungen

Für kurzzeitige Erschütterungen sind die Anhaltswerte am maßgebenden Ort in der obersten Deckenebene in Tabelle 2 Spalte 5 angegeben. Alternativ zur obersten Deckenebene kann für die Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungen auch die Erschütterung am Gebäudefundament herangezogen werden. Um die Übertragung dieser Ersatzpunkte auf die oberste Deckenebene hin zu berücksichtigen, sind die Fundamentanhaltswerte in den Spalten 2 bis 4 frequenzabhängig angegeben. Für Decken sind die Anhaltswerte nach Spalte 6 anzuwenden.

Tabelle 2 Anhaltswerte zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s				
		Fundament			Oberste Deckenebene	Decken,
		alle Richtungen $i=x,y,z$			horizontal $i=x,y$	vertikal $i=z$
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz ^{*)}	alle Frequenzen	alle Frequenzen
	1	2	3	4	5	6
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40	20
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15	20
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen <u>und</u> besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20 ^{**)}
Anmerkung: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden						
*) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden						
**) DIN 4150-3 Abschnitt 5.1.2 Absatz 2 ist zu beachten: Es kann zur Verminderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden						

Dauererschütterungen

Für Dauererschütterungen sind die Anhaltswerte am maßgebenden Ort in der obersten Deckenebene in Tabelle 3 Spalte 2 angegeben. Bei Dauererschütterungen gibt es keine Fundamentanhaltswerte. Ersatzweise können bei länger andauernden Erschütterungsüberwachungen auch Messpunkte im Fundamentbereich genutzt werden. Voraussetzung ist, dass hierfür das Übertragungsverhalten vom Fundament auf die oberste Deckenebene zuvor ausreichend genau bestimmt wurde. Bei Gebäuden mit bis zu drei Vollgeschossen oberhalb der Geländeoberkante genügt in der Regel die Betrachtung in der obersten Decke. Bei Anregung in Oberschwingungen ist die Betrachtung auf das Obergeschoss mit den größten Erschütterungen anzuwenden.

Für Decken sind die Anhaltswerte nach Spalte 3 anzuwenden.

Tabelle 3 Anhaltswerte zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s	
		oberste Deckenebene,	Decken,
		horizontal $i=x,y$	vertikal $i=z$
		alle Frequenzen	alle Frequenzen
	1	2	3
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5	10 ^{*)}
Anmerkung: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden			
*) DIN 4150-3 Abschnitt 5.1.2 Absatz 2 ist zu beachten: Es kann zur Verminderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden			

3.3 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

3.3.1 Einwirkung auf Menschen in Gebäuden, allgemeine Situation

In der [DIN 4150-2] werden Anforderungen und Anhaltswerte genannt, „bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden“. Der Bewertung dienen die in Tabelle 4 zusammengestellten Anhaltswerte A_u , A_o und A_r .

A_u	unterer Anhaltswert der maximalen Schwingstärke <i>gibt ein Niveau an, unterhalb dessen die Erschütterungen unerheblich sind</i>
A_o	oberer Anhaltswert der maximalen Schwingstärke <i>gibt das Niveau an, oberhalb dessen Erschütterungseinwirkungen per Definition als erheblich belästigend eingestuft werden</i>
A_r	zeitbewerteter Anhaltswert der Schwingstärke <i>gibt das einzuhaltende Niveau an, dass die hinsichtlich Zeit und Intensität gemittelte Beurteilungsschwingstärke maximal haben darf</i>

Diesen Anhaltswerten werden die Werte der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} bzw. der maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} gegenübergestellt. Die Schwingstärke wird aus dem Schwinggeschwindigkeits-Zeit-Verlauf über eine Filterung mit einem in [DIN 45669-1] definierten KB-Filter des gleitenden Effektivwertes ermittelt.

Dabei gilt die Norm grundsätzlich als eingehalten, wenn gilt:

$$(KB_{Fmax} \leq A_u) \text{ ODER } ((KB_{Fmax} \leq A_o) \text{ UND } (KB_{FTr} \leq A_r)) = \text{Wahr}$$

Sie ist demnach nicht eingehalten, wenn $KB_{Fmax} \geq A_o$ ist.

Das Nachweisprozedere lässt sich wie folgt skizzieren:

- Der Nachweis erfolgt nur für Räume, in denen sich auch Menschen aufhalten
- Ausschlaggebend sind die Geschossdecken, auf denen Menschen betroffen sind.
- Der Nachweis auf Einhaltung erfolgt jeweils für die Beurteilungszeiträume tags 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr und nachts 22:00 Uhr bis 6:00 Uhr.
- Entsprechend des Gebäudestandortes werden die Anhaltswerte A_u , A_o und A_r nach Tabelle 4 festgelegt.
- Für die Beurteilungszeiträume tags und nachts wird die zu erwartende maximale Einwirkung mit dem Wert der bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} ermittelt. Die Norm gilt als eingehalten, wenn $KB_{Fmax} \leq A_u$ ist, also das Einwirkungsniveau unterhalb einer gewissen Erheblichkeitsschwelle liegt.
- Ist die bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax} > A_u$ und auch $KB_{Fmax} > A_o$, wird ein Maß überschritten, oberhalb dessen Erschütterungsimmissionen grundsätzlich eine erhebliche Belästigungswirkung unterstellt wird. Der Nachweis ist dann nicht erbracht und die Erschütterungen stellen formal eine erhebliche Belästigung dar.

- Für den Fall $A_u < KB_{F_{max}} \leq A_o$ ist zu prüfen, ob für die intensitäts- und zeitgewichtete Beurteilungsschwingstärke mit $KB_{FT_r} \leq A_r$ der Nachweis erbracht wird. Andernfalls können die Erschütterungen von deren Dauer und/oder Intensität her eine erhebliche Belästigungswirkung haben.
- Für Schienenverkehr hat der Anhaltswert A_o eine abweichende Bedeutung. Bei dessen seltener Überschreitung gelten die Anforderungen der Norm als noch eingehalten. Bei seltener Überschreitung von $A_o=0,6$ ist nach quellenspezifischen Ursachen zu forschen und diese möglichst rasch zu beheben.

Tabelle 4 Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen nach [DIN 4150-2]

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A_u	A_r	A_o	A_u	A_r	A_o
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsicht- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete §9 BauNVO)	0,4	0,2	6	0,3	0,15	0,6
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete §8 BauNVO)	0,3	0,15	6	0,2	0,1	0,4
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete §7 BauNVO, Mischgebiete §6 BauNVO, Dorfgebiete §5 BauNVO)	0,2	0,1	5	0,15	0,07	0,3 (*)
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet §3 BauNVO, allgemeines Wohngebiet §4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete §2 BauNVO)	0,15	0,07	3	0,1	0,05	0,2
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	0,05	3	0,1	0,05	0,15

*) Hinweis quellenspezifische Regelung in der DIN 4150-2: Die (oberen) Anhaltswerte A_o erhalten beim Schienenverkehr eine andere Bedeutung als in der übrigen Norm. Für den Schienenverkehr hat der (obere) Anhaltswert A_o nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm nicht eingehalten gelten. Liegen jedoch nachts einzelne KB_{FT_i} -Werte bei oberirdischen Strecken gebietsunabhängig über $A_o=0,6$, so ist nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen (z.B. Flachstellen an Rädern) und möglichst rasch diese zu beheben. Diese hohen Werte sind bei der Berechnung der KB_{FT_r} -Werte zu berücksichtigen.

3.3.2 Einwirkung auf Menschen in Gebäuden, Bautätigkeiten

Für die Beurteilung von Erschütterungen während Bauvorgängen wird davon ausgegangen, dass sich diese Arbeiten vielfach nur über Wochen bis Monate, selten über Jahre erstrecken, wovon die Zeiten mit Erschütterungsimmissionen noch kürzer sind. Außer dem Schutzziel der Vermeidung von erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden muss bei Bauarbeiten eine Abwägung zwischen der Zumutbarkeit und der Vermeidung unangemessener Kosten erfolgen. Es erfolgt daher eine spezielle Bewertung der durch die Bauarbeiten allein verursachten Erschütterungen. In Abhängigkeit von ihrer Größe und Einwirkungsdauer werden die Erschütterungsimmissionen in drei Stufen I, II und III eingeteilt und entsprechende organisatorische Maßnahmen verlangt (Abbildung 4).

Die Bereichsgrenzen dieser Stufen und ihre Bewertung sind in der Tabelle 5 zusammengestellt.

Für selten auftretende und nur kurzzeitig einwirkende Erschütterungen bis zu 3 Ereignissen je Tag (z.B. Sprengungen) ist die Norm eingehalten, wenn für das entsprechende Gebiet der Zeilen 1 bis 5 der Tabelle 4 die Bedingung $KB_{Fmax} < A_0$ eingehalten wird.

Die Beurteilung der Wirkung der Erschütterungen auf die Menschen in den Gebäuden erfolgt nach DIN 4150-2 durch den Wert KB_{Fmax} . Er kann aus der Schwinggeschwindigkeit näherungsweise nach Formel (1) ermittelt werden.

$$KB_{Fmax} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{v_{max}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_F \quad (1)$$

$c_F =$ 0,6 nach DIN 4150-2, ohne Resonanzerscheinungen

$c_F =$ 0,8 nach DIN 4150-2, mit Resonanzerscheinungen

$f =$ Vorzugsfrequenz in Hz

Abbildung 5 veranschaulicht den durch Gleichung (1) gegebenen Zusammenhang von Schwinggeschwindigkeit und KB_{Fmax} -Wert für unterschiedliche Frequenzen.

Dabei muss von der Schwinggeschwindigkeit auf den Decken der Wohnräume ausgegangen werden. Um diese zu erhalten, wird die Vergrößerung der Erschütterungen vom Gebäudefundament zur Decke berücksichtigt. Dabei kann allgemein mit einer Verdoppelung bis Verdreifachung der Fundamentalschwinggeschwindigkeiten gerechnet werden.

Abbildung 4 Stufen unterschiedlicher Einwirkungslevels bei Bauarbeiten

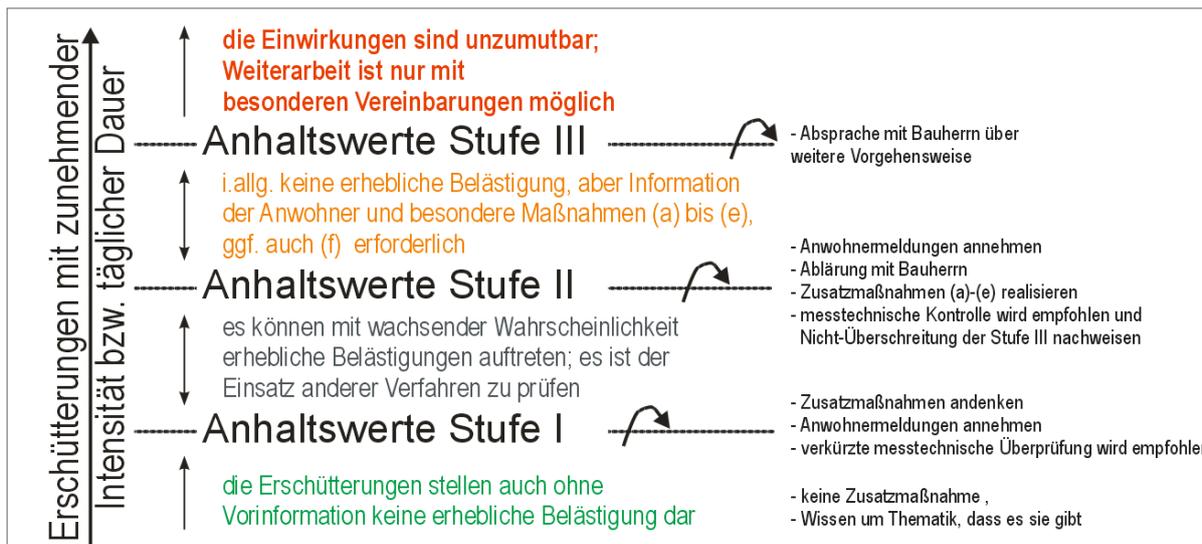


Tabelle 5 Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen nach DIN 4150-2/A2

Dauer	D ≤ 1 Tag			6 Tage ≤ D ≤ 26 Tage			26 Tage < D ≤ 78 Tage		
	A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r	A _u	A _o	A _r
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Stufe I	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
Stufe II	1,6	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe III	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6

Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkungen ist die Anzahl von Tagen zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten (Nicht die Dauer der Baumaßnahme an sich). Dabei sind Tage mit Erschütterungseinwirkungen, die unter den jeweiligen Werten der Tabelle für A_u und A_r liegen, nicht mitzuzählen.

Für Baustellensprengungen gilt allein das A_o-Kriterium unabhängig von der Anzahl der Sprengungen je Tag. Werte bis A_o = 8 sind zugelassen, niedrigere Werte sind anzustreben.

Tabelle 6 Organisatorische Maßnahmen

Da die empfundene Belästigung stark von der Akzeptanz der Erschütterungsquelle durch die Nachbarschaft abhängig ist, können durch die folgenden Maßnahmen die Auswirkungen der Erschütterungsimmissionen gemindert werden:

- Umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb.
- Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit verbundenen Belästigungen.
- Zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.).
- Benennung einer Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben.
- Information der Betroffenen über die Erschütterungswirkung auf das Gebäude.
- Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf Menschen und Gebäude.



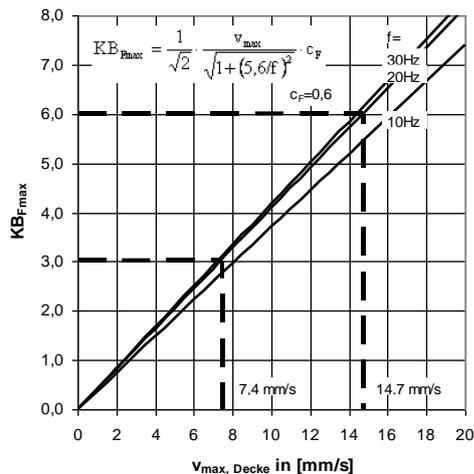


Abbildung 5 Zusammenhang $v_{\max}/KB_{F_{\max}}$

Grafische Darstellung der Gleichung (1) für unterschiedliche Vorzugsfrequenzen bei $c_f=0,6$

3.4 Festlegung der Anhaltswerte für den Betriebszustand

Die Bahnstrecke verläuft entlang von Gewerbegebieten, Mischgebieten und Gebieten, die als allgemeines Wohngebiet oder reines Wohngebiet eingestuft werden.

Daher werden die Anhaltswerte der Zeilen 2, 3 und 4 der Tabelle 4 zur Anwendung kommen.

In Verbindung mit den Zugzahlen aus den Tabellen 1a und 1b ergeben sich daraus folgende Schritte für die Anhaltswert-Festlegungen:

- Für die Prüfung des Immissionsschutzes ist von den Zugzahlen der Tabelle 1b auszugehen. Damit werden tagsüber 64+2 Zugfahrten und nachts 18 Zugfahrten zu Erschütterungsimmissionen in den betroffenen Gebäuden führen.
- Jede Zugvorbeifahrt hat eine wegen der Zuglänge und Fahrgeschwindigkeit eine effektive Einwirkungsdauer von weniger als 30 s.
- Es wird davon ausgegangen, dass die Überführungsfahrten hinsichtlich der Erschütterungswirkung maximal um den Faktor 2,0 intensiver sind als der reguläre Bahnbetrieb. Die Messungen selbst zeigen einen Faktor nur 1,2.
- Tagsüber betragen die oberen Anhaltswerte für die Zeilen {2;3;4} der Tabelle 4 $A_0 = \{6; 5; 3\}$.
Nachts beträgt der obere Anhaltswert 0,6 (siehe Abschnitt 6.5.3.5 der DIN 4150-2)
- Bei Schienenverkehr werden Ruhezeiten nicht gesondert berücksichtigt.

- Für die vorgenannten Randbedingungen in Tabelle 8 wird ein Anhaltswert A_i abgeleitet, der auf den Geschossdecken der an der Bahnstrecke befindlichen Gebäuden einzuhalten ist. Er ergibt sich aus Rückrechnung der Gleichung (3) der DIN 4150-2. In der Spalte 9 der Tabelle 8 sind diese Anhaltswerte aufgeführt. **Sie betragen für den Mitfall (30-Minuten-Takt) 0,37 bis 0,6, je nach Beurteilungszeitraum und Bebauungsgebiet.**
- Bewirkt jede Zugfahrt die auf den Geschossdecken vorgenannten einzuhaltenden Taktmaximalwerte KB_{FTmax} , so ist der Nachweis auf Einhaltung der DIN 4150-2 gegeben.
-

Tabelle 7 Anhaltswert A_i für den Zielzustand (für den Einzugbetrieb)

Zeile gemäß Tabelle 4 (Gebietseinstufung)	Anhaltswert A_i (einzuhaltendes KB_{Fmax} bei einer Zugfahrt)	
	nur tags	tags und nachts
2 (Gewerbegebiet, GE)	0,60 (1,14)	0,60 (0,6)
3 (Mischgebiet, MI)	0,54 (0,76)	0,51 (0,6)
4 (Wohngebiete WA+WR)	0,38 (0,53)	0,37 (0,49)

Tabelle 8 Ermittlung der zu unterschreitenden KB_{Fmax} -Werte auf den Geschossdecken für die Einhaltung des Nachweises auf Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Zeile Tabelle 4 (Gebietseinstufung)	Beurteilungszeitraum	Beurteilungszeit	Einwirkungszeit	Anhaltswert gem. Tabelle 4	max zul. Taktmaximalwert	Anhaltswert A_0 nachts	Maßgebender zul. max. Taktmaximalwert erf KB_{FT} A_i
			T_r	T_e	A_r	KB_{FT}	AO	
Nullfall (60-Minuten-Takt)	2 (GE)	tags	1920	33	0,15	1,14	0,6	0,60
	2 (GE)	nachts	960	10	0,10	0,98	0,6	0,60
	3 (MI)	tags	1920	33	0,10	0,76	0,6	0,60
	3 (MI)	nachts	960	10	0,07	0,69	0,6	0,60
	4 (WA, WR)	tags	1920	33	0,07	0,53	0,6	0,53
	4 (WA, WR)	nachts	960	10	0,05	0,49	0,6	0,49
Mitfall (30-Minuten-Takt)	2 (GE)	tags	1920	65	0,15	0,82	0,6	0,60
	2 (GE)	nachts	960	18	0,10	0,73	0,6	0,60
	3 (MI)	tags	1920	65	0,10	0,54	0,6	0,54
	3 (MI)	nachts	960	18	0,07	0,51	0,6	0,51
	4 (WA, WR)	tags	1920	65	0,07	0,38	0,6	0,38
	4 (WA, WR)	nachts	960	18	0,05	0,37	0,6	0,37

3.5 Anforderungen bei Neubauten, Gebrauchstauglichkeit

Für die Planung von Gebäuden stehen in der [VDI 2038 Blatt 2] „Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen“ Anhaltswerte für Geschossdecken im Wohn- und Industriebau. Sie kommt z.B. in Situationen zur Anwendung, wenn Gebäude an Bahnlinien oder über U-Bahnen errichtet werden. Sie soll sicherstellen, dass in den Räumen ein für die Nutzung entsprechender Komfort herrscht. Die Anhaltswertfestlegung beginnt über die Zuordnung der Geschossdecke zu einer sogenannten Bedeutungskategorie (BK 0..III), welche in Abhängigkeit von Bauwerkstyp und Nutzung festgelegt wird. Nach Tabelle 9 sind Wohnräume in die Bedeutungskategorie II einzuordnen.

Bei der Bemessung nach dem Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wird zwischen drei Einwirkungssituationen/-häufigkeiten unterschieden: „quasi ständig“, „häufig“ und „selten“. Die Einwirkungssituation in einem Aufenthaltsbereich hat entweder „geringen Komfort“, „mittleren Komfort“ oder einen „hohen Komfort“. In Tabelle 10 ist zugeordnet, in welcher dieser Einwirkungssituationen eine Geschossdecke mit einer bestimmten Bedeutungskategorie welches Komfortniveau einhalten muss. Der Versuch einer verbalen Übersetzung der dann vorherrschenden Bedingungen ist in Tabelle 12 gegeben.

Wohn- und Schlafräume (BKII) sollten selbst bei häufig auftretenden Ereignissen immer noch einen hohen Komfort aufweisen ($KB_{F_{max}} < 0,2$). In seltenen Situationen ist ein mittlerer Komfort ($0,2 \leq KB_{F_{max}} \leq 1,0$) zulässig.

Tabelle 9 Bedeutungskategorien von Bauwerken im Hinblick auf Komfort aus [VDI 2038 Blatt 2]

Bedeutungskategorie (BK)		Bauwerkstypen				
	Geschossdecken im Wohn- und Industriebau	Geschossdecken in öffentlichen Gebäuden	Stadien und temporäre Tribünen	Brücken	Treppen	
Hohe Bedeutung → geringe Bedeutung	0	Werkstätten	Flächen mit sehr geringen Anforderungen	temporäre Tribünen	-	-
	I	Arbeitsbereiche mit überwiegend geistiger Tätigkeit (Büros)	Sakralbauten, Konzertsäle, Bibliotheken, Kantinen	Steh- und Sitztribünen in Stadien	Brücken in ländlichen Gebieten mit geringer Nutzung	Treppen in öffentlichen Gebäuden
	II	Wohnräume, Schlafräume	Museen, Kultur- und Mehrzweckräume, Schulen, Diskotheken	Tribünen mit erhöhten Anforderungen	Brücken in geschlossenen Siedlungen	Treppen mit Aufenthaltsmöglichkeit (z.B. Podeste)
	III	Sanitätsräume, Operationsräume, Ruhrräume (Krankenhaus, Kurklinik)	Flächen mit sehr hohen Anforderungen	-	Verkehrswege zu Einrichtungen, deren Nutzer eingeschränkte Beweglichkeit haben (z.B. Krankenhäuser)	Sondertreppen

Tabelle 10 Zuordnung der Bedeutungskategorien (BK) zum Komfortniveau und der Bemessungssituation im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG), aus [VDI 2038 Blatt 2]

Komfortniveau Bemessungssituation GZG	Hoher Komfort	Mittlerer Komfort	Geringer Komfort / Unwohlsein
	$KB_{Fmax} < 0,2$	$0,2 \leq KB_{Fmax} \leq 1,0$	$1,0 \leq KB_{Fmax} \leq 2,5$
Quasiständig	BKI	BK0	
Häufig	BKII	BKI	BK0
Selten (reversible Ausw.)	BKIII	BKII	BKI

Tabelle 11 Anhaltswerte für Geschossdecken im Wohn- und Industriebau,
 aus [VDI 2038 Blatt 2]

Komfortniveau	KB_{Fmax} -Werte
Hoher Komfort	$KB_{Fmax} < 0,2$
Mittlerer Komfort	$0,2 \leq KB_{Fmax} \leq 1,0$
Geringer Komfort/Unwohlsein	$1,0 \leq KB_{Fmax} \leq 2,5$

Tabelle 12 Verbale Beschreibung der Anforderungen an Flächen der unterschiedlichen Bedeutungskategorien 0 bis III

Bedeutungs-Kategorie (BK)	Beschreibung der Anforderung
Allgemein	<p>Jede bauliche Fläche mit einer Nutzung wird einer <i>Bedeutungskategorie 0...III</i> zugeordnet. Erschütterungen bieten je nach Intensität <i>geringen Komfort</i>, <i>mittleren Komfort</i> oder <i>hohen Komfort</i>. Vom zeitlichen Auftreten her können Erschütterungsintensitäten <i>quasi ständig</i> innerhalb eines gewissen Niveaus sein - oder <i>häufig</i> ein gewisses höheres Niveau erreichen – oder <i>selten</i> ein noch höheres Niveau überschreiten.</p> <p>Die zu schaffenden Mindestanforderungen werden über das Zusammenspiel der vorgenannten Aspekte Bedeutungskategorie, Komfortniveau und Auftretenshäufigkeit definiert. Die dann planmäßig vorherrschende Situation wird nachfolgend beschrieben.</p>
III	Für einen Bereich mit einer Nutzung nach der Bedeutungskategorie III (z.B. Krankenhaus) muss stets ein Umfeld mit hohem Komfort vorherrschen. Nur selten (Bemessungssituation im Grenzzustand „selten“) darf die Einwirkung größer sein. Sie darf in keinem Fall ein Maß mit geringen Komfort oder Unwohlsein erreichen.
II	Für einen Bereich mit einer Nutzung nach der Bedeutungskategorie II (z.B. Wohnen, Schlafen) muss ein hoher Komfort vorherrschen. Es dürfen aber häufiger auch Ereignisse mit mittlerem Komfort auftreten. Erschütterungen, die geringen Komfort oder gar Unwohlsein hervorrufen, dürfen nur selten auftreten.
I	Bereiche mit einer Nutzung nach der Bedeutungskategorie I können zwar auch derart gestaltet sein, dass sie hohen Komfort bieten. Es ist aber zulässig, dass quasi ständig die hierfür erforderlichen Grenzen überschritten werden. Ferner dürfen häufig auch Einwirkungen auftreten, die nicht mehr dem mittleren Komfort zuzuordnen sind, sondern geringen Komfort haben und ggf. Unwohlsein hervorrufen. In seltenen Situationen dürfen Ereignisse unkomfortabel und belästigend sein.
0	Bereiche, die der Bedeutungskategorie 0 zugeordnet sind, können zwar auch so sein, dass sie hohen Komfort oder auf mittleren Komfort aufweisen. Es darf aber quasi ständig auch ein nur geringer Komfort vorherrschen. Häufig dürfte es auch zu belästigenden Einwirkungssituationen kommen, die allgemein Unwohlsein hervorrufen können.

Tabelle 13 Einzuhaltende Anhaltswerte für die geplanten Wohngebäude nach [DIN 4150-2] und [VDI 2038 Blatt 2]

	[DIN 4150-2] Wohn- und Bürogebäude (Allgemeines Wohngebiet, reines Wohngebiet)		[VDI 2038 Blatt 2]	
	Tags	Nachts	häufig BKII	selten BKI BKII
A _u unterer Anhaltswert	0,20	0,10		
A _o oberer Anhaltswert	5,00	0,30	0,2	1,0
A _r zeitbewerteter Anhaltswert	0,07	0,05		

In Tabelle 13 sind die Anhaltswerte für Wohn- und Schlafbereiche zusammengestellt. Diese sind zugrunde zu legen, wenn ein Gebäude im Einflussbereich einer im Betrieb befindlichen Bahnstrecke errichtet wird. Neben den Lastfällen Wind, Schnee, Lärm wird damit auch die Gebrauchstauglichkeit hinsichtlich Erschütterungseinwirkungen berücksichtigt.

3.6 Sekundärer Luftschall

Für die Beurteilung der Einwirkungen aus dem sekundären Luftschall gibt es keine einheitlichen Richtwerte. In vielen Fällen, so bei oberirdischen Eisenbahnstrecken, überwiegt in der Regel der gleichzeitig direkt einfallende Luftschall. Unter bestimmten Umständen z.B. hinter einer Lärmschutzwand oder bei Tunnels kann der sekundäre Luftschall, der von den Raumbegrenzungsflächen abgestrahlt wird, einen beträchtlichen Anteil am gesamten Innenraumpegel einnehmen. Die Beurteilung erfolgt daher in den meisten Fällen gemeinsam mit dem primären Luftschall mit folgender Tendenz:

überwiegt der primäre Luftschall kann der Richtwert für den sekundären Luftschall höher gewählt werden, ohne dass es zu Belästigungen kommt.

Nach der TA-Lärm sollte in Wohn- und Schlafräumen während der Tagzeit 35 und während der Nachtzeit den Beurteilungspegel 25 dB(A) nicht überschreiten. Die Immissionsrichtwerte sind in Tabelle 14 wiedergegeben. Kurzzeitige Geräuschspitzen sollen 10 dB(A) nicht überschreiten.

Tabelle 14 Immissionsrichtwerte TA-Lärm

Zeile	Nutzung	Immissionsorte außerhalb von Gebäuden		Immissionsorte innerhalb von Gebäuden oder bei Körperschallübertragung	
		dB(A)		dB(A)	
		tags	nachts	tags	nachts
A	Industriegebiete	70	70	35	25
B	Gewerbegebiete	65	50		
C	Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete	60	45		
D	Allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	55	40		
E	Reine Wohngebiete	50	35		
F	Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35		
	Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen	30	20	10	10

3.7 Erschütterungsprognose

Die Erschütterungsprognose erfolgt auf der Basis der [VDI 3837] und dem [DB Leitfadener Planer] bzw. [Ril 820.2050]. In den dort beschriebenen Verfahren wird die Übertragung der Erschütterungsemissionen in mehrere Teilsysteme unterteilt. Diese Teilsysteme bilden die Ausbreitung der Erschütterungen vom Emissionsort zum Immissionsort modellhaft nach. Die Schritte sind in Tabelle 15 in Kurzform wiedergegeben. Die Berechnungen erfolgen mit den energetisch gemittelten Terz-Max-Hold-Spektren.

Tabelle 15 Kurzbeschreibung des Berechnungsverfahrens

Emissionssystem	$L_{v1}(f_{Tn})$	Ausgehend vom Emissionsspektrum (Terz-Max-Hold)
Transmissionssystem	$+L_{H2}(f_{Tn})$	breiten sich die Erschütterungen im Boden aus
Primäres Immissions-system	$+L_{H3}(f_{Tn})$	werden auf das Gebäudefundament übertragen
Sekundäres Immissi-onssystem	$+L_{H4}(f_{Tn})$	Danach erfolgt die Übertragung vom Fundament zur Gebäudedecke
Immission Geschoss-decke	$=L_{V4}(f_{Tn})$	Die Einwirkungen auf der Decke werden ...
Beurteilungssystem KB	$+L_{KB}(f_{Tn})$ $=L_{vKB}(f_{Tn})$	KB-bewertet und der
Bewertete Schwing-stärke	L_{vges}	Schwingschnelle-Summenpegel
	KB_{FTi}	Über den Taktmaximal-Effektivwert
	$KB_{FTm,j}$ KB_{Fmax} KB_{FTr}	erfolgt die weitere Beurteilung erfolgt mit den Verfahren der [DIN 4150-2] über die Berechnung der Taktmaximal-Effektivwerte für jede Schicht (Fahrzeuggattung, Gleis) und anschließend zusammenfassend die Beurteilungsschwingstärke für die Beurteilungszeiträume tag und nacht.
Beurteilungssystem L_{sek}	$L_{vges}(f_{Tn})+L_A(f_{Tn})$ $=L_{v(A)}(f_{Tn})$	Der Schwingschnelle-Summenpegel wird A-bewertet und
	$L_{v(A)}$	aus dem Spektralbereich 20 Hz bis 315 Hz der energetische Summenpegel ermittelt.
	L_{sek}	Daraus wird über eine Regressionsbeziehung der Mittelungsgesamtpegel in dB(A) berechnet, bezogen auf die jeweilige Schicht (Fahrzeuggattung, Gleis). Das Maximum wird mit dem Immissionsrichtwert verglichen.

5 Erschütterungsmessungen

5.1 Anlage und Durchführung der Schwingungsmessungen

Für die Begutachtung wurden entlang der zu reaktivierenden Bahnstrecke und an einer bereits modernisierten Bahnstrecke bei Test-Zugvorbeifahrten bzw. bei regulären Fahrten Schwingungsmessungen durchgeführt. Ziel der Messungen war es, eine Tatsachenfeststellung zur Einwirkungssituation an einer bereits modernisierten Strecke und Aussagen an der zu reaktivierenden Strecke zu erlangen. Die Zugvorbeifahrten wurden mit einem Triebzug durchgeführt, welcher auch im Regelbetrieb eingesetzt wird. Es wurde ebenfalls eine Vorbeifahrt der regelmäßig fahrenden Überführungsfahrten messtechnisch erfasst.

Die Gleislage ist augenscheinlich erneuerungsbedürftig. Im Vergleich zu einer erneuerten Strecke wurden dadurch erhöhte Erschütterungen messtechnisch erfasst. Für die Messungen musste ferner akzeptiert werden, dass der Gleiszustand keine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h erlaubte, sodass die Messungen bei 30 km/h durchgeführt wurden. Um Messdaten für den bereits erneuerten Zustand zu sammeln wurden am Streckenabschnitt Wensickendorf – Dorf Lubowsee Vergleichsmessungen mit einem 80 km/h fahrenden Zug durchgeführt.

Es wurden insgesamt vier Vorbeifahrten an den jeweiligen Messpunkten durchgeführt. Andere Erschütterungsquellen sind nicht vorhanden gewesen, bzw. wurden bei der Auswertung nicht mitberücksichtigt.

5.2 Messgerätetechnik

Für die Schwingungsmessungen wurden die nachfolgend beschriebenen zwei Messsysteme eingesetzt. Die konkret eingesetzten Messgeräte sind in Tabelle 16 aufgeführt.

- Aufnehmer Syscom MR3000CE hat einem eingebauten Sensor mit triaxialen Schwinggeschwindigkeits-Zeitaufnehmern gemäß den Anforderungen nach DIN 45669-1. Die Messungen erfolgen autark. Das Messgerät zeichnet in zwei Modi auf: Taktmaximalwertaufzeichnung mit eingestelltem 30s-Takt. Kurvenaufzeichnung ab eingestelltem Trigger (hier 0,3 mm/s)
- 8-kanaliger Präzisions-Schwingungsmesser SMK-4812 Dr. Kebe Scientific Instruments GmbH und Registrierung, einem 16-bit A/D-Wandler und Registrierung auf einem Rechner vom Typ HP Elitebook 8560p mit der Software MEDA 2019 der Firma Wölfel Messtechnik. Die Apparatur ist ein Gerät der Klasse 1 DIN 45669-1:2010-09 und liefert schwinggeschwindigkeitsproportionale Signale. Eingestellte Werte: Arbeitsfrequenzbereich 1-315 Hz, Abtastrate: 1250 sps. Aufzeichnungsmodus: vt-Verlauf, Nachträgliche Filterung auf 4-100 Hz.

Tabelle 16 Eingesetzte Messgeräte

Messpunkt	Messgerät + Seriennummer	Sensor-Seriennummer	Letzte Kalibrierung	Nächste Kalibrierung
<i>Zu reaktivierende Bahnstrecke</i>				
BFBHFS10	MR3000_15400036	15400036	21.01.2020	21.01.2023
BFHKBR25	MR3000_17360069	17360069	21.09.2017	20.09.2020
BLNWRD65	MR3000_15443	15400043	04.02.2019	03.02.2022
SDBHFS5a	MR3000_15240073	15240073	01.04.2020	01.04.2023
SDBHFS5b	MR3000_14360024	14360024	22.11.2019	22.11.2022
SDBHFS5c	MR3000_13050111	13050111	28.08.2019	28.08.2022
SDIDR18	MR3000_13050112	13050112	28.08.2019	28.08.2022
SDIDR27a	MR3000_50116	50116	08.11.2019	08.11.2022
SDIDR27b	MR3000_14360026	14360026	21.01.2020	21.01.2023
SDIDR30a	SMK-4812	SMK_SM6_090956	29.11.2018	29.11.2021
SDIDR30b	SMK-4812	SMK_SM6_090959	03.12.2018	03.12.2021
SDIDR30c	SMK-4812	SMK_SM6_090960	30.11.2018	30.11.2021
WLLWS29	MR3000_15400035	15400035	21.01.2020	21.01.2023
<i>Bereits erneuerte Bahnstrecke</i>				
Ein10O	MR3000_14360026	14360026	21.01.2020	21.01.2023
Ein10U	MR3000_15400035	15400035	21.01.2020	21.01.2023
Gar14O	MR3000_13050112	13050112	28.08.2019	28.08.2022
Gar14U	MR3000_15240072	15240072	01.04.2020	01.04.2023
Kie14O	MR3000_15051359	15051359	14.12.2018	14.12.2021
Kie14U	MR3000_13050113	13050113	28.08.2019	28.08.2022
Lin13O	MR3000_15051350	15051350	21.06.2018	21.06.2021
Lin13U	MR3000_15051353	15051353	26.06.2018	26.06.2021

5.3 Messpunkte

Die Schwingungsmessungen entlang der zu reaktivierenden Bahnstrecke Wilhelmsruh-Basdorf wurde in neun Gebäuden durchgeführt. Die Auswahl der Gebäude erfolgte im Hinblick auf die Abbildung der gesamten Strecke und der Lage der Gebäude zum Bahngleis. Alle Messpunkte sind in Tabelle 17 zusammengestellt und in Abbildung 18 in ihrer Lage wiedergegeben. Die Auswahl erfolgte nach Möglichkeit in einem repräsentativen Raum im Erdgeschoss und in zwei Fällen zusätzlich auf einer Obergeschosdecke. In Schildow wurde ein Profil in rund 12 m, 27 m und 38 m Entfernung gemessen. Diese Messpunkte standen unter dem erschütterungserhöhenden Einfluss einer Weiche.

Entlang der bereits erneuerten Strecke wurden in Wensickendorf und in Lubowsee in vier Gebäuden die Erschütterungseinwirkungen messtechnisch erfasst.

Tabelle 17 Messpunkte

Messpunkt	MessgerätID	SensorID	Messort	Standortbeschreibung	Ankopplung
BFBHFS10	MR3000_15400036	MR_15400036	13159 Pankow-Blankenfelde, Bahnhofstraße 10	Erdgeschoss, Schlafzimmer, Deckenmitte neben Bett, Teppichbelag	Spitze
BFHKBR25	MR3000_17360069	MR_17360069	13159 Pankow-Blankenfelde, Heidekrautbahnring 25	Erdgeschoss, Schlafzimmer, Fußboden, Außenwand, Fußbodenbelag	Rundfuß
BLNWRD65	MR3000_15443	MR_15443	13439 Berlin, Wilhelmsruher Damm 65	Kellergeschoss, Treppenhaus, Fußboden unter Treppe, Außenwand	Rundfuß
SDBHFS5a	MR3000_15240073	MR_15240073	19552 Schildow, Bahnhofstraße 5d	Erdgeschoss, Büro 1	Rundfuß
SDBHFS5b	MR3000_14360024	MR_14360024	19552 Schildow, Bahnhofstraße 5d	Erdgeschoss, Wartezimmer	Rundfuß
SDBHFS5c	MR3000_13050111	MR_13050111	19552 Schildow, Bahnhofstraße 7	Erdgeschoss, Waschmaschinenraum, Fußboden, Außenwand	Rundfuß
SDIDR18	MR3000_13050112	MR_13050112	16552 Schildow, In den Ruthen 18	Erdgeschoss, Gäste-WC, Fußboden, Außenwand	Rundfuß
SDIDR27a	MR3000_50116	MR_50116	16552 Schildow, In den Ruthen 27	Erdgeschoss, Wohnküche, Fußboden, Außenwand Wandmitte, Laminat	Rundfuß
SDIDR27b	MR3000_14360026	MR_14360026	16552 Schildow, In den Ruthen 27	1. OG, Schlafzimmer, Deckenmitte neben Bettfuß, Betondecke	Spitze
SDIDR30a	SMK-4812	SM6_090956	16552 Schildow, In den Ruthen 30	Erdgeschoss, Bad, Fußboden an Außenwand, Fliesen	Rundfuß
SDIDR30b	SMK-4812	SM6_090959	16552 Schildow, In den Ruthen 30	Erdgeschoss, Wohnzimmer	Rundfuß
SDIDR30c	SMK-4812	SM6_090960	16552 Schildow, In den Ruthen 30	1. Obergeschoss, Kinderzimmer 1, Fußboden, Deckenfeld	Rundfuß
WLLWS29	MR3000_15400035	MR_15400035	16348 Schönwalde, Leineweberstraße 29	Erdgeschoss, Wohnzimmer, Fußboden, Außenwandecke	Rundfuß
Ein100	MR3000_14360026	MR_14360026	16515 Lubowsee, Eintrachtstraße 10	1. Obergeschoss, Badezimmer, Fußboden, Deckenfeldmitte	Rundfuß
Ein10U	MR3000_15400035	MR_15400035	16515 Lubowsee, Eintrachtstraße 10	Erdgeschoss, Wohnzimmer, Fußboden, Außenwand	Rundfuß
Gar14O	MR3000_13050112	MR_13050112	16515 Lubowsee, Gartenstraße 14	1. Obergeschoss, Wohnzimmer, Fußboden, Deckenfeldmitte	Rundfuß
Gar14U	MR3000_15240072	MR_15240072	16515 Lubowsee, Gartenstraße 14	Erdgeschoss, Kinderzimmer, Fußboden, Außenwand	Rundfuß
Kie14O	MR3000_15051359	MR_15051359	16515 Wensickendorf, Kienweg 14	Dachboden, Balken über tragender Wand, Deckenfeldmitte	Rundfuß
Kie14U	MR3000_13050113	MR_13050113	16515 Wensickendorf, Kienweg 14	Erdgeschoss, Schlafzimmer, Fußboden, Außenwand	Spitze
Lin13O	MR3000_15051350	MR_15051350	16515 Wensickendorf, Lindenweg 13a	1. Obergeschoss, Kinderzimmer, Fußboden, Deckenfeldmitte	Rundfuß
Lin13U	MR3000_15051353	MR_15051353	16515 Wensickendorf, Lindenweg 13a	Erdgeschoss, Wohnzimmer, Fußboden, Außenwand	Rundfuß

Tabelle 18 Lageskizzen [Quelle Lagepläne: Brandenburgviewer]





16515 Wensickendorf, Kienweg 14 (Kie14U+ Kie14O)
16515 Wensickendorf, Lindenweg 13a (Lin13U+ Lin13O)

16348 Schönwalde, Leineweberstraße 29
(WLLWS29)



16515 Lubowsee, Gartenstraße 14 (Gar14U+ Gar14O), 16515 Lubowsee, Eintrachtstraße 10 (Ein10U+ Ein100)

6 Messergebnisse

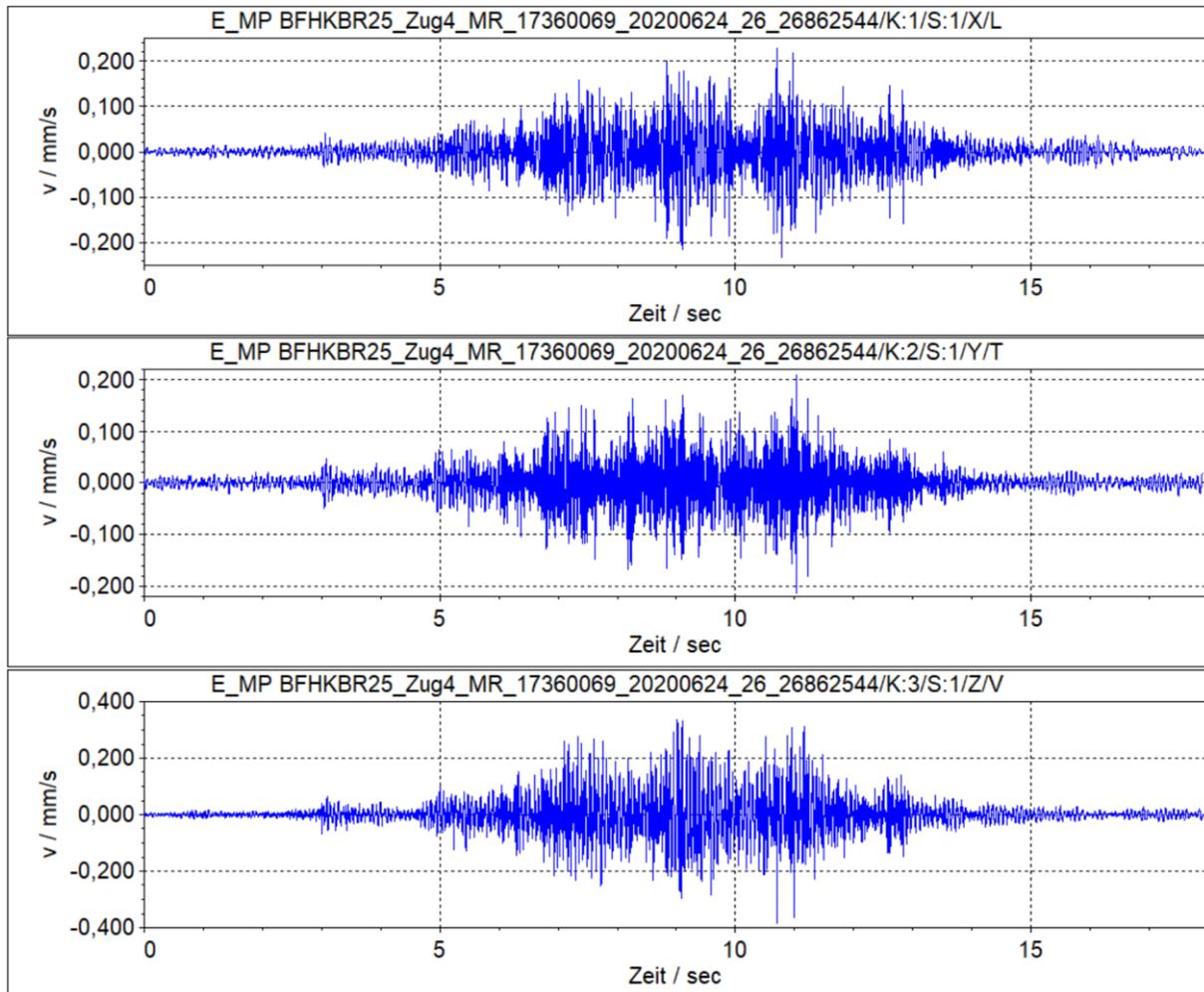
6.1 Messungen an der zu reaktivierenden Bestandsstrecke

Bei den Schwingungsmessungen wurden die Schwinggeschwindigkeits-Zeit-Verläufe bei konkret für diese Begutachtung durchgeführten Zugvorbeifahrten in den in Tabelle 17 aufgeführten Gebäuden aufgezeichnet. In Abbildung 19a ist exemplarisch eine solche Aufzeichnung wiedergegeben. Dargestellt ist der rund 10 Sekunden dauernde Vorgang in den drei Raumrichtungen x, y und z. Die maximalen Schwinggeschwindigkeiten erreichten 0,38 mm/s. Zur graphischen Veranschaulichung ist in der Folgeabbildung 19b die Ermittlung der bewerteten Schwingschnelle für diese Vorbeifahrt wiedergegeben. Der Verlauf aus Abbildung 19a wird mit dem KB-Filter gefiltert und daraus der in Abbildung 19b wiedergegebene gleitende Effektivwert berechnet und das Maximum KBFTi für die weitere Berechnung ermittelt.

Tabelle 20 enthält die Auswertung für alle gemessene Zugvorbeifahrten. Der Messpunkt im Gebäude Wilhelmsruher Damm 65 lieferte kein Trigger Ereignis, deshalb sind für diesen Messpunkt keine Ergebnisse aufgeführt. In Abbildung 6 sind die bewerteten Schwingschnellen KBFmax in Abhängigkeit der Entfernung der Messpunkte von der Bahnstrecke aufgetragen. Die Ergebnisse der Messungen variieren, wobei die extremen Einwirkungen (rot gestrichelt) rund doppelt so groß sind wie die mittleren Einwirkungen je Gebäude (orange gestrichelt).

Neben dem Zeitverlauf ist auch die Betrachtung im Frequenzbereich notwendig. In den Abbildungen 8a bis 8e sind die berechneten Terz-MaxHold-Spektren der einzelnen Messpunkte und Komponenten graphisch wiedergegeben.

Abbildung 19a Exemplarischer Schwinggeschwindigkeit-Zeit-Verlauf einer Zugvorbeifahrt



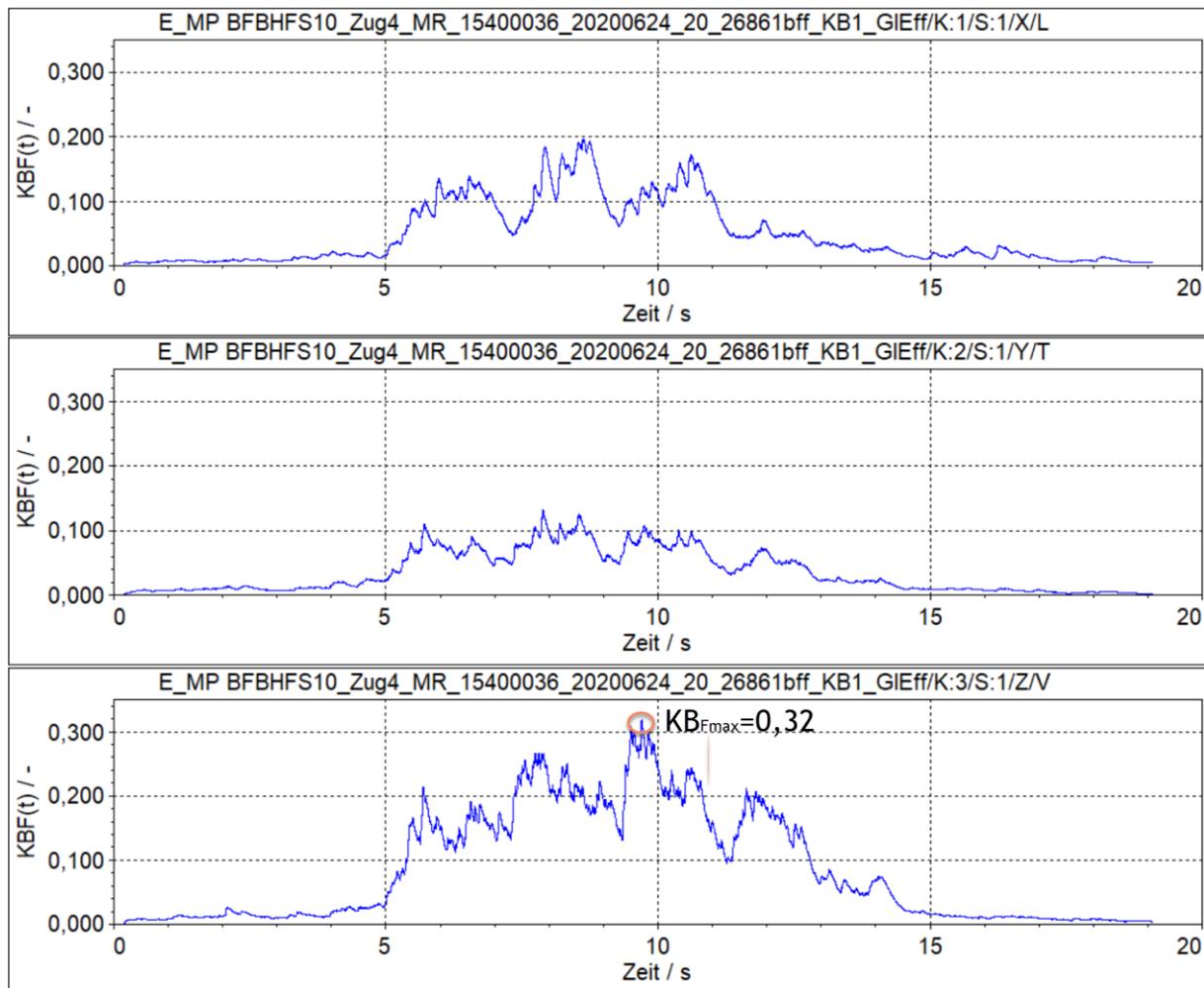
Grün dargestellt sind die Fahrten mit dem Nahverkehrszug, orange eine der gegenwärtig verkehrenden Überführungsfahrt. Eine Zusammenfassung aller Spektren ist in Abbildung 7 gegeben.

6.2 Messungen an der bereits erneuerten Strecke

Nach den Messungen an der zu erneuernden Bestandsstrecke und der Begutachtung wurden Schwingungsmessungen an der Bestandsstrecke zwischen Wensickendorf und Basdorf durchgeführt. Mit den Messungen wird die Ist-Situation erfasst. Es wurden „Normale“ Fahrten erfasst sowie Fahrten mit geringen Geschwindigkeiten, um den Einfluss der Fahrtgeschwindigkeit auf die Intensität der Erschütterungen zu erfassen.

Die Messungen erfolgten an der bereits von der NEB befahrenen Strecke Wensickendorf und Basdorf. Die Durchführung der Messungen erfolgte an den in Tabelle 17 eingetragenen Messpunkten. Überwacht wurden zwei Gebäude in Lubowsee in 13 m bzw. 32 m Entfernung vom Bahngleis.

Abbildung 19b KB-Filterung und Bildung des gleitenden Effektivwertes und Bestimmung der bewerteten Schwingschnelle (KB_{Fmax})



Ferner wurden zwei Gebäude in Wensickendorf in 10 m bzw. 16 m überwacht. Es waren Fahrten mit 30 km/s und 80 km/h vorgesehen. In Wensickendorf wurden wegen des Anfahrens bzw. Bremsens des Zuges Geschwindigkeiten von 50 - 60 km/h erreicht.

Die Messergebnisse der Schwinggeschwindigkeiten und bewerteten Schwingschnellen sind in Tabelle 20a wiedergegeben. Die Spektralanalyse ist in den Diagrammen in den Abbildungen 10a bis e dargestellt. In den Terzspektren sind in roter Farbe die Terzspektren der Vorbeifahrten mit 30 km/h wiedergegeben, grün die Fahrten mit 50-80 km/h. Rot gestrichelt eingetragen ist der theoretische Ansatz des Terzspektrums bei einer Fahrt mit 80 km/h, berechnet aus 30 km/h.

Tabelle 20 Maximale Schwinggeschwindigkeiten v_{max} und bewertete Schwingenschnellen KBFmax der gemessenen Zugvorbeifahrten Wilhelmsruh-ASW Schönwalde

Geschwindigkeit	Zugvorbeifahrt	Uhrzeit	Messpunkt	vx mm/s	vy mm/s	vz mm/s	KBFmax mm/s	Anhaltswert nachts WA/WR mm/s	Nachweis %
32	1	12:48	MP WLLWS29	0,212	0,286	0,585	0,23	0,37	62%
34	2	12:52	MP WLLWS29	0,271	0,287	0,6	0,23	0,37	62%
32	3	15:27	MP WLLWS29	0,19	0,319	0,579	0,23	0,37	62%
31	4	15:24	MP WLLWS29	0,186	0,341	0,557	0,20	0,37	54%
[30]	5	17:19	MP WLLWS29	0,371	0,337	0,729	0,27	0,37	73%
32	1	13:15	MP SDIDR18	0,041	0,067	0,105	0,04	0,37	11%
	1		MP SDIDR18	0,067	0,086	0,139	0,06	0,37	16%
31	2	13:19	MP SDIDR18	0,029	0,062	0,128	0,05	0,37	14%
	2		MP SDIDR18	0,046	0,069	0,15	0,07	0,37	19%
29	3	13:22	MP SDIDR18	0,034	0,07	0,145	0,05	0,37	14%
	3		MP SDIDR18	0,04	0,086	0,175	0,05	0,37	14%
34	4	13:25	MP SDIDR18	0,039	0,056	0,154	0,05	0,37	14%
	4		MP SDIDR18	0,042	0,067	0,221	0,08	0,37	22%
35	5	15:28	MP SDIDR18	0,041	0,079	0,096	0,04	0,37	11%
	5		MP SDIDR18	0,075	0,095	0,166	0,06	0,37	16%
[30]		17:19							
31	1	13:19	MP SDIDR27a	0,435	0,262	0,853	0,33	0,37	89%
	1		MP SDIDR27b	0,446	0,418	1,112	0,39	0,37	105%
29	2	13:22	MP SDIDR27a	0,389	0,211	0,691	0,26	0,37	70%
	2		MP SDIDR27b	0,364	0,436	0,861	0,34	0,37	92%
34	3	13:25	MP SDIDR27a	0,404	0,235	0,823	0,29	0,37	78%
	3		MP SDIDR27b	0,48	0,485	0,986	0,39	0,37	105%
35	4	13:28	MP SDIDR27a	0,281	0,242	0,659	0,21	0,37	57%
	4		MP SDIDR27b	0,391	0,371	0,769	0,29	0,37	78%
[30]	5	17:19	MP SDIDR27a	0,487	0,325	1,045	0,39	0,37	105%
[30]	5		MP SDIDR27b	0,561	0,389	1,621	0,57	0,37	154%
31	1	13:19	MP SDIDR30a	0,29	0,223	1,011	0,38	0,37	103%
29	2	13:22	MP SDIDR30a	0,322	0,197	1,099	0,40	0,37	108%
34	3	13:25	MP SDIDR30a	0,3	0,196	1,038	0,38	0,37	103%
35	4	13:28	MP SDIDR30a	0,322	0,244	1,198	0,40	0,37	109%
[30]	5	17:19	MP SDIDR30a	0,399	0,254	1,541	0,67	0,37	181%
31	1	13:19	MP SDIDR30b	0,393	0,342	0,939	0,29	0,37	79%
29	2	13:22	MP SDIDR30b	0,312	0,449	0,733	0,22	0,37	60%
34	3	13:25	MP SDIDR30b	0,439	0,44	0,726	0,25	0,37	69%
35	4	13:28	MP SDIDR30b	0,416	0,512	1,082	0,35	0,37	96%
[30]	5	17:19	MP SDIDR30b	0,596	0,517	1,224	0,41	0,37	112%
31	1	13:19	MP SDIDR30c	0,221		0,638	0,27	0,37	74%
29	2	13:22	MP SDIDR30c	0,2		0,816	0,25	0,37	69%
34	3	13:25	MP SDIDR30c	0,259		0,659	0,26	0,37	70%
35	4	13:28	MP SDIDR30c	0,234		0,949	0,30	0,37	82%
[30]	5	17:19	MP SDIDR30c	0,403		1,176	0,43	0,37	117%
32	1	13:35	MP SDBHFS5a	0,482	0,333	2,446	0,97	0,37	262%
			MP SDBHFS5b	0,41	0,444	1,21	0,45	0,37	122%
			MP SDBHFS5c	0,249	0,176	0,268	0,11	0,37	30%
30	2	13:39	MP SDBHFS5a	0,089	0,113	0,538	0,21	0,37	57%
			MP SDBHFS5b	0,083	0,082	0,315	0,12	0,37	32%
			MP SDBHFS5c	0,082	0,076	0,249	0,10	0,37	27%
30	3	13:42	MP SDBHFS5b	0,348	0,366	1,044	0,38	0,37	103%
			MP SDBHFS5c	0,297	0,218	0,292	0,11	0,37	30%
			MP SDBHFS5b	0,089	0,037	0,131	0,03	0,37	8%
32	4	13:45	MP SDBHFS5a	0,038	0,062	0,231	0,09	0,37	24%
			MP SDBHFS5b	0,044	0,045	0,158	0,06	0,37	16%
			MP SDBHFS5c	0,045	0,032	0,113	0,05	0,37	14%
[30]	5		-						
30	1	13:51	MP BFHKBR25	0,246	0,229	0,414	0,09	0,37	24%
32	2	13:54	MP BFHKBR25	0,233	0,212	0,411	0,11	0,37	30%
30	3	13:57	MP BFHKBR25	0,235	0,227	0,394	0,09	0,37	24%
33	4	14:52	MP BFHKBR25	0,233	0,214	0,385	0,13	0,37	35%
[30]	5		-						
30		14:04	MP BFBHFS10	0,649	0,671	1,344	0,32	0,37	86%
32		14:07	MP BFBHFS10	0,651	0,47	1,135	0,37	0,37	100%
31		14:10	MP BFBHFS10	0,599	0,598	1,214	0,32	0,37	86%
30		14:12	MP BFBHFS10	0,591	0,404	0,814	0,30	0,37	81%
[30]	5		-						



Tabelle 20a Maximale Schwinggeschwindigkeiten v_{max} und bewertete Schwingschnellen KBFmax der gemessenen Zugvorbeifahrten
 Messung bereits erneuerte Strecke Wensickendorf -Basdorf

Geschwindigkeit	Zugvorbeifahrt	Uhrzeit	Messpunkt	vx mm/s	vy mm/s	vz mm/s	KBFmax mm/s	Anhaltswert nachts WAWR mm/s	Nachweis %
80	1	10:05	MP Ein100	<0,1	<0,1	<0,1			
30	2	10:24	MP Ein100	<0,1	<0,1	<0,1			
30	3	10:34	MP Ein100	<0,1	<0,1	<0,1			
80	4	11:18	MP Ein100	<0,1	<0,1	<0,1			
80	5	12:06	MP Ein100	<0,1	<0,1	<0,1			
80	6	13:14	MP Ein100	<0,1	<0,1	<0,1			
80	1	10:05	MP Ein10U	0,040	0,040	0,100	0,04	0,37	11%
30	2	10:24	MP Ein10U	0,040	0,040	0,110	0,04	0,37	11%
30	3	10:34	MP Ein10U				0,04	0,37	11%
80	4	11:18	MP Ein10U	0,040	0,030	0,110			
80	5	12:06	MP Ein10U				0,08	0,37	22%
80	6	13:14	MP Ein10U	0,070	0,050	0,160	0,01	0,37	3%
80	1	10:05	MP Gar140	0,090	0,110	0,280	0,12	0,37	32%
30	2	10:24	MP Gar140	0,170	0,120	0,340	0,15	0,37	41%
30	3	10:34	MP Gar140	0,140	0,110	0,320	0,15	0,37	41%
80	4	11:18	MP Gar140	0,110	0,130	0,400	0,14	0,37	38%
80	5	12:06	MP Gar140	0,120	0,120	0,330	0,15	0,37	41%
80	6	13:14	MP Gar140	0,260	0,220	0,350	0,14	0,37	38%
80	1	10:05	MP Gar14U	0,260	0,230	0,150	0,06	0,37	16%
30	2	10:24	MP Gar14U	0,300	0,240	0,260	0,08	0,37	22%
30	3	10:34	MP Gar14U	0,270	0,230	0,210	0,07	0,37	19%
80	4	11:18	MP Gar14U	0,250	0,160	0,200	0,07	0,37	19%
80	5	12:06	MP Gar14U	0,220	0,170	0,180	0,07	0,37	19%
80	6	13:14	MP Gar14U	0,280	0,400	0,450	0,18	0,37	49%
55	1	10:03	MP Kie140	<0,1	<0,1	<0,1			
30	2	10:27	MP Kie140	<0,1	<0,1	<0,1			
30	3	10:31	MP Kie140	<0,1	<0,1	<0,1			
50	4	11:21	MP Kie140	<0,1	<0,1	<0,1			
50	5	12:03	MP Kie140	<0,1	<0,1	<0,1			
80	6	13:17	MP Kie140	<0,1	<0,1	<0,1			
55	1	10:03	MP Kie14U	0,050	0,050	0,180	0,09	0,37	24%
30	2	10:27	MP Kie14U	0,090	0,080	0,380	0,15	0,37	41%
30	3	10:31	MP Kie14U	0,090	0,070	0,310	0,13	0,37	35%
50	4	11:21	MP Kie14U	0,060	0,040	0,150	0,07	0,37	19%
50	5	12:03	MP Kie14U	0,060	0,050	0,150	0,07	0,37	19%
60	6	13:17	MP Kie14U	0,120	0,100	0,290	0,11	0,37	30%
55	1	10:03	MP Lin130	0,070	0,080	0,330	0,17	0,37	46%
30	2	10:27	MP Lin130	0,140	0,080	0,570	0,27	0,37	73%
30	3	10:31	MP Lin130	0,140	0,070	0,640	0,28	0,37	76%
50	4	11:21	MP Lin130	0,080	0,050	0,370	0,21	0,37	57%
50	5	12:03	MP Lin130	0,100	0,070	0,290	0,13	0,37	35%
60	6	13:17	MP Lin130	0,110	0,090	0,390	0,18	0,37	49%
55	1	10:03	MP Lin13U						
30	2	10:27	MP Lin13U	0,050	0,070	0,120	0,06	0,37	16%
30	3	10:31	MP Lin13U	0,050	0,050	0,120	0,05	0,37	14%
50	4	11:21	MP Lin13U	<0,1	<0,1	<0,1			
50	5	12:03	MP Lin13U	<0,1	<0,1	<0,1			
60	6	13:17	MP Lin13U	0,070	0,070	0,130	0,06	0,37	16%



Abbildung 6 Entfernungsabhängigkeit (nur Messpunkte im Fundamentbereich)

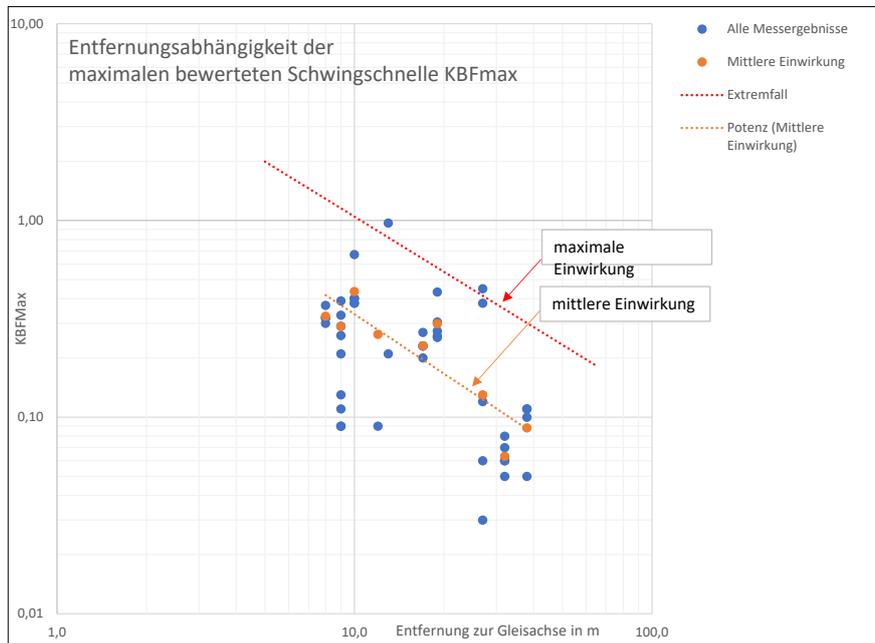


Abbildung 7 Zusammenfassung Terz-MaxHold-Terzspektralen je Messpunkt, Maximum aus allen Vorbeifahrten

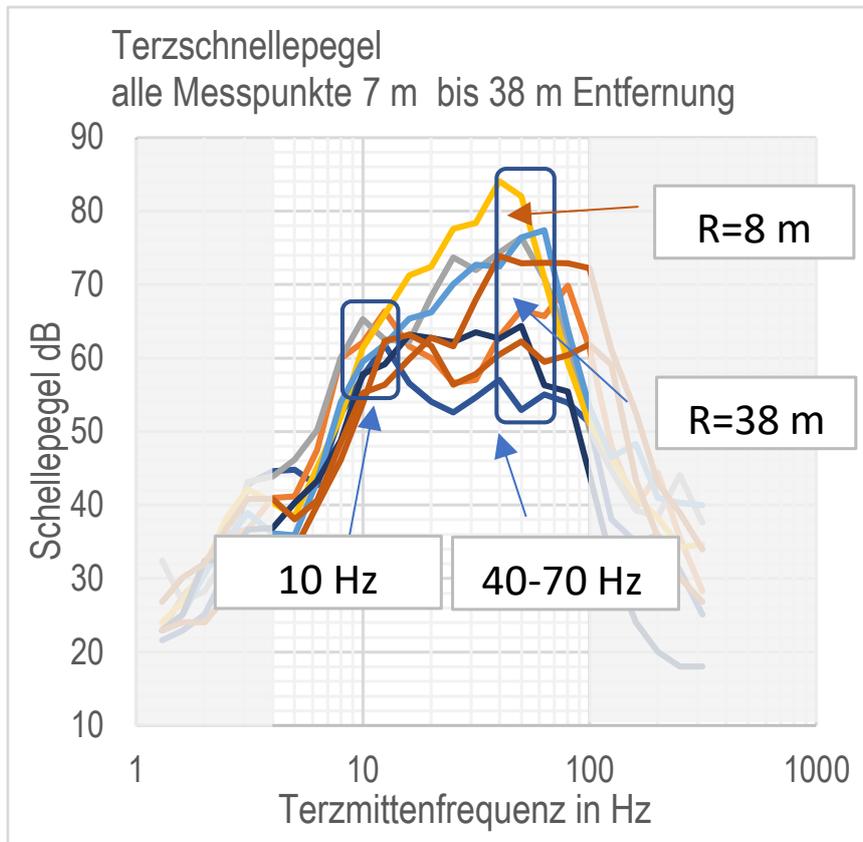


Abbildung 8a Terz-Max-Hold-Spektren [dB]

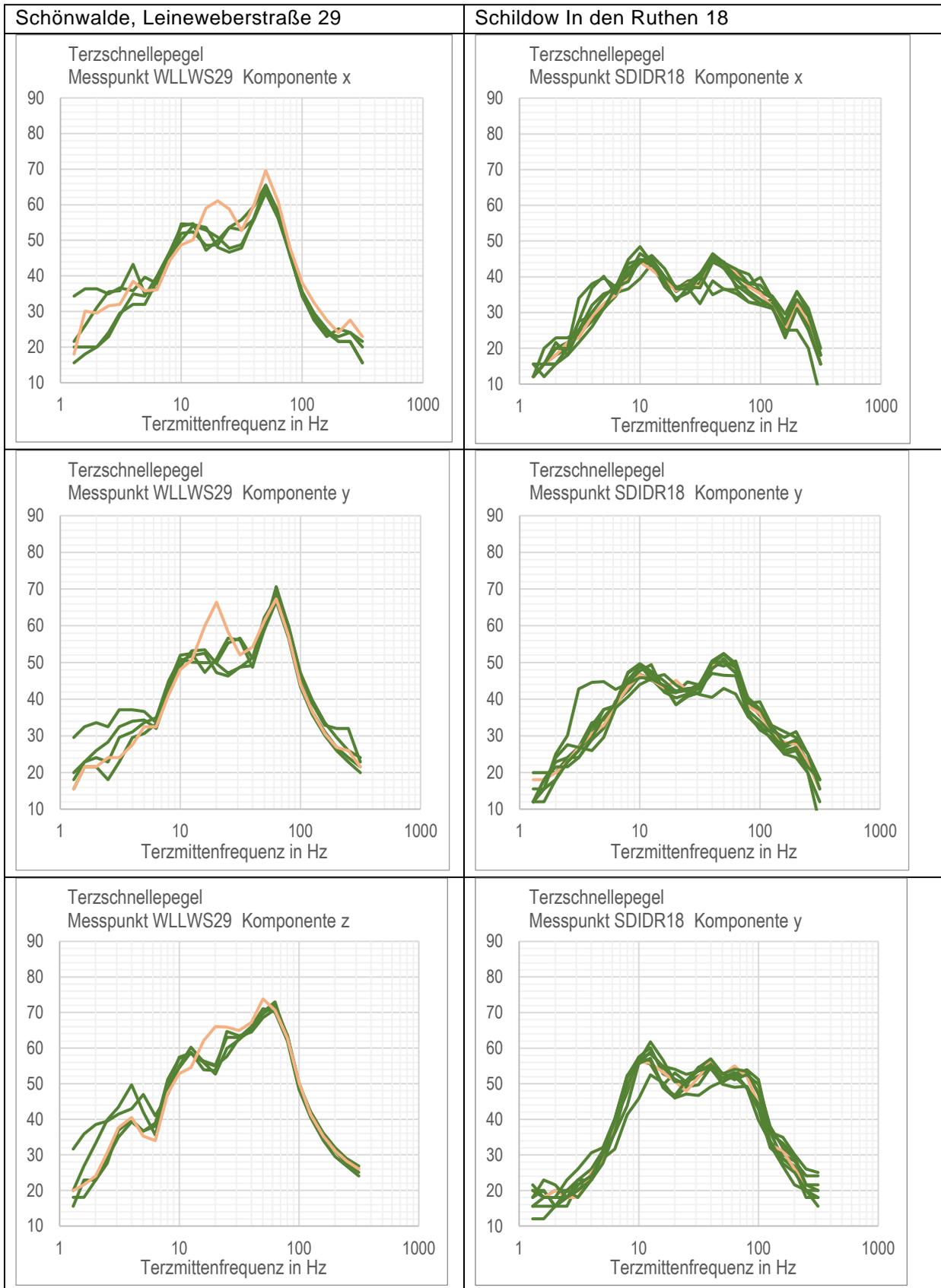


Abbildung 8b Terz-Max-Hold-Spektren [dB]

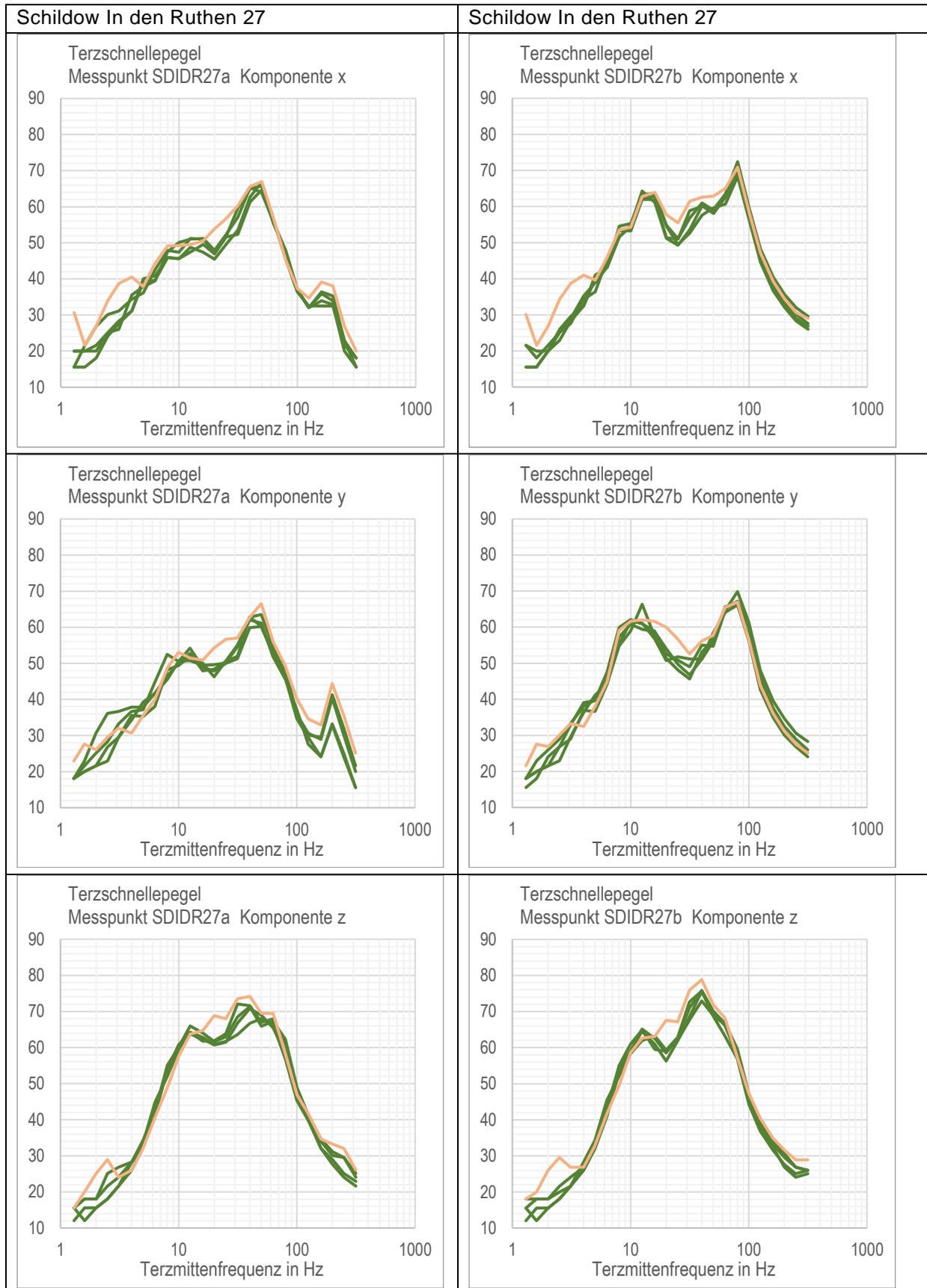


Abbildung 8c Terz-Max-Hold-Spektren [dB]

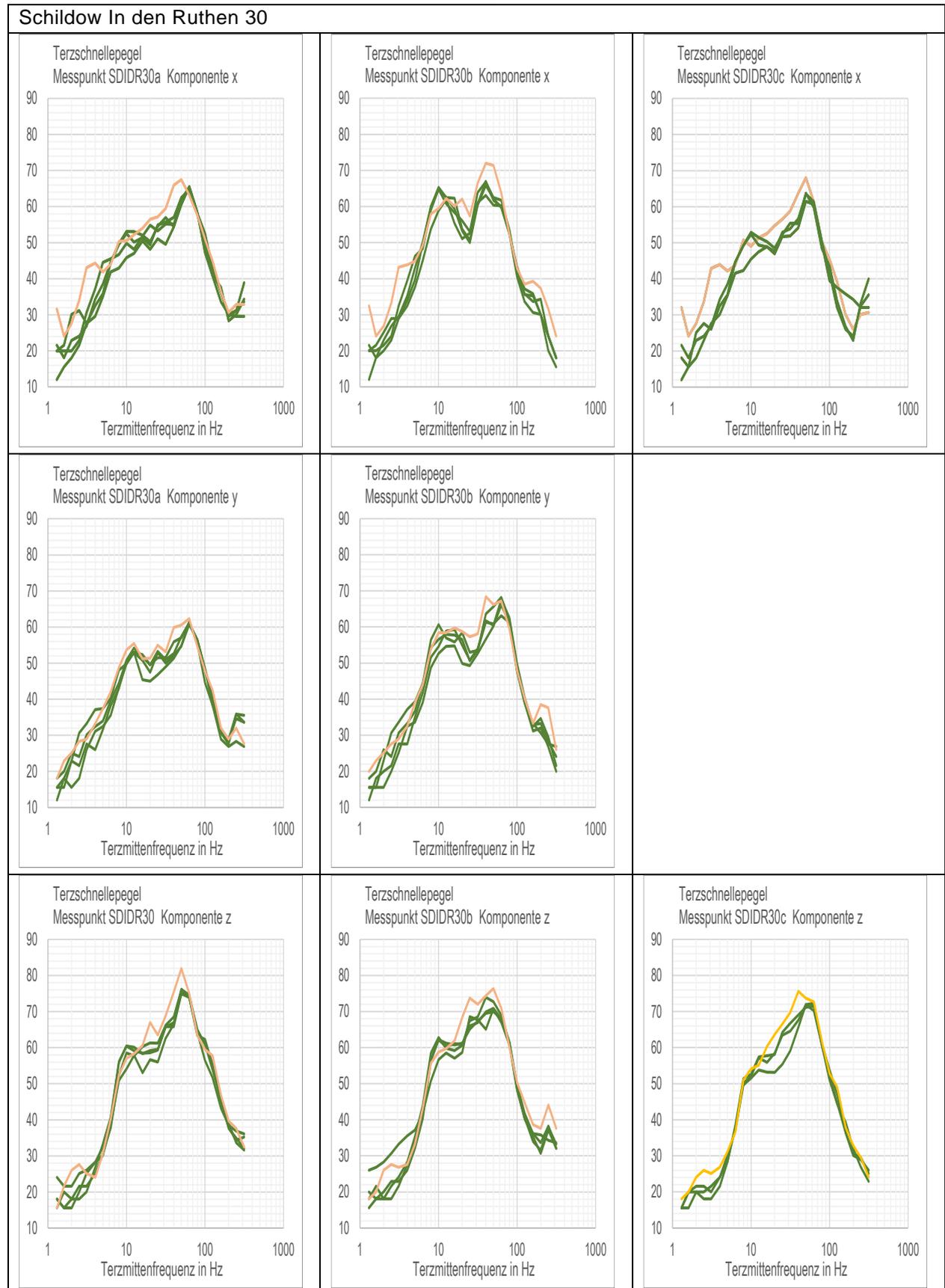


Abbildung 8d Terz-Max-Hold-Spektren [dB]

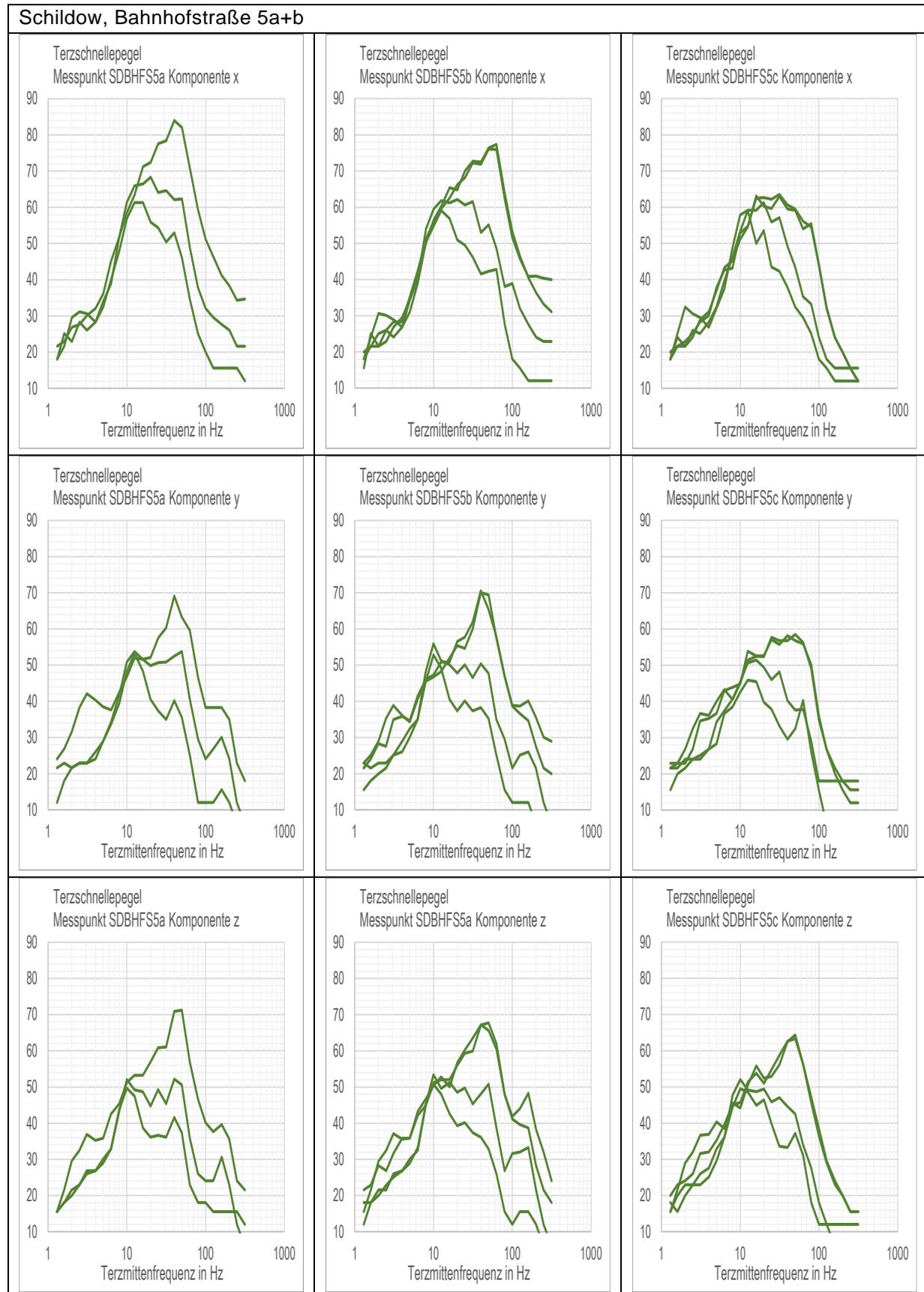


Abbildung 8e Terz-Max-Hold-Spektren [dB]

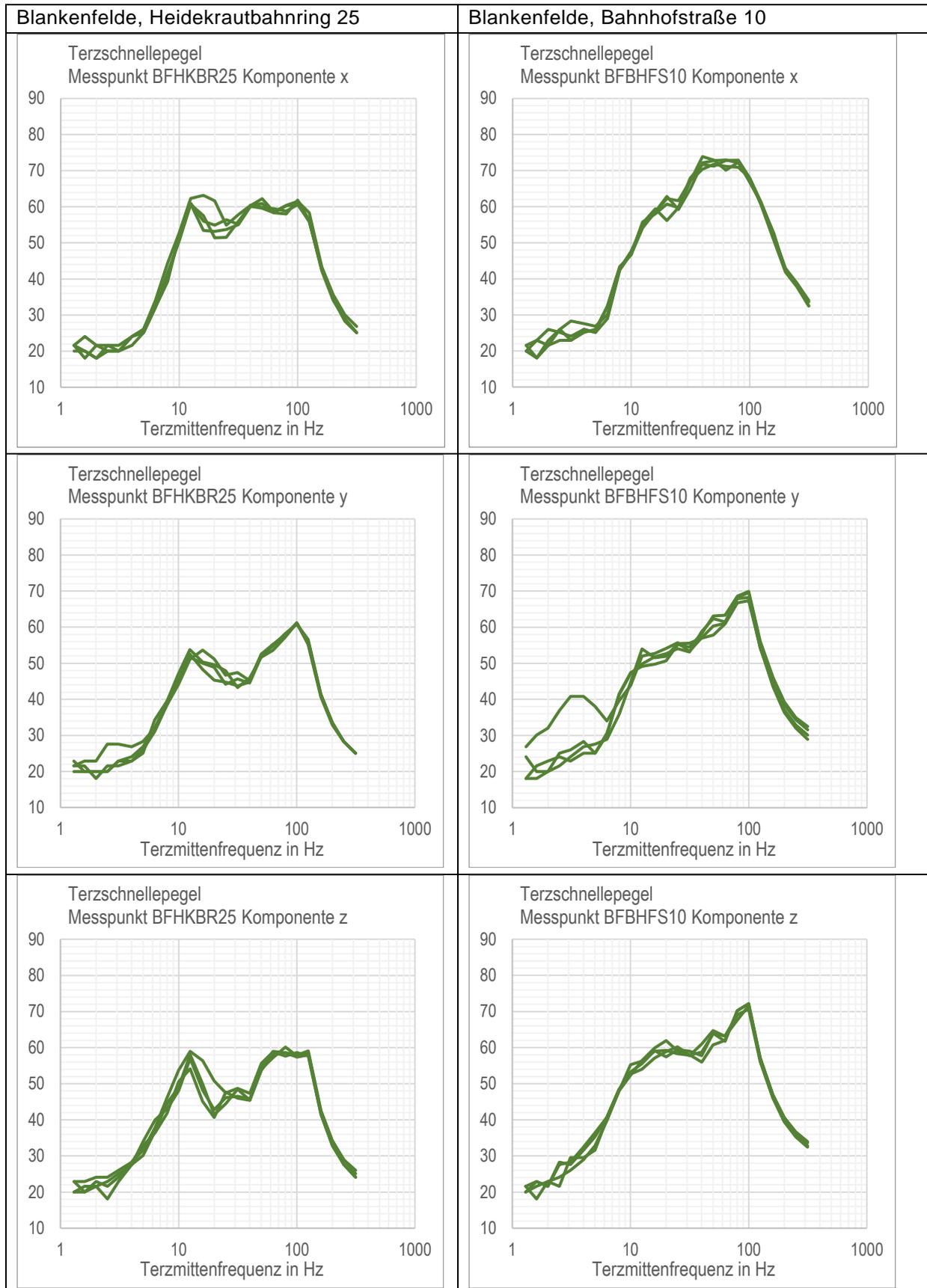
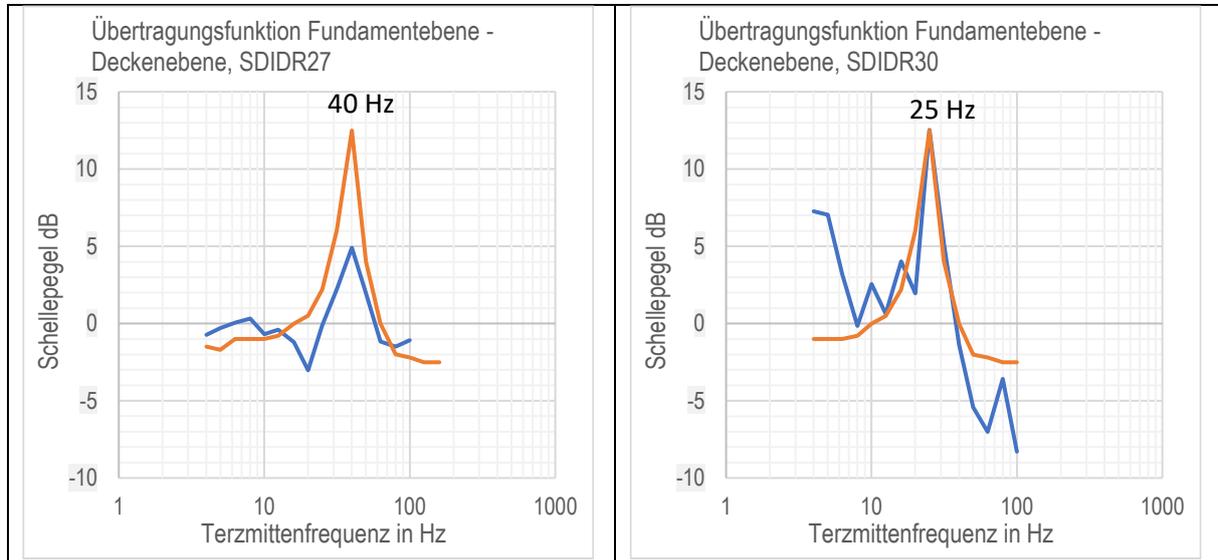


Abbildung 9 Übertragungsfunktion Fundament zu Obergeschosdecke
(blau aus Messergebnissen, orange theoretisch)



In zwei Gebäuden wurden sowohl im Erdgeschoss als auch in einem Raum im 1. Obergeschoss Schwingungsmessungen durchgeführt. Die Übertragungsfunktionen vom Fundamentbereich bezüglich des Obergeschossmesspunktes sind in Abbildung 9 wiedergegeben.

Die Auswertung der Ist-Situation an der zu erneuernden Strecke ergibt folgende Schlussfolgerungen:

Zu erneuernde Strecke

- Die Auswertungen der Terzspektren zeigen in sich eine einheitliche Ausprägung. Die in einigen Diagrammen gelb dargestellten Spektren sind die der Überführungsfahrten. Sie weichen nur geringfügig von den Fahrten mit den Nahverkehrszügen ab und haben eine etwas größere Intensität.
- Eine Ausnahme bilden die Messpunkte in Schildow Bahnhofstraße (SDBHFS5: Kieferorthopädische Praxis und Zahnarztpraxis.). Die Spektren variieren stark. Da die beiden Gebäude direkt am Bahnübergang stehen, ist es möglich, dass die Geschwindigkeit direkt vor den Gebäuden nicht anders waren als die Notation auf dem Protokoll. Wahrscheinlicher ist, dass die Fahrtrichtung über die Weiche vor dem Gebäude eine wichtige Rolle spielt. Fahrten aus dem Bahnhof in Richtung Berlin bewirken größere Erschütterungen wegen des Auffahrens auf das sogenannte Herzstück der Weiche.



- Die Spektren sind in der Regel zweigipflig (10-20 Hz und 50-100 Hz). Im Frequenzbereich unter 20 Hz sind die Spektren sehr einheitlich (Abbildung 7). Der Frequenzbereich über 50 Hz nimmt wie erwartet mit dem Abstand des Messpunktes von der Gleisachse ab.

Bezüglich der Vergrößerung der Geschossdecken wurden an den zwei überwachten Decken die zugehörigen Vergrößerungsfunktionen ermittelt. Sie liegen im erwartbaren Frequenzbereich. Messungen auf anderen Geschossdecken würden analoge Vergrößerungsfunktionen liefern.

- Unter der Annahme, dass sich alle überwachten Objekte in einem allgemeinen bzw. reinen Wohngebiet befinden, beträgt nach Tabelle 8 Seite 20 Anhaltswert A_0 nachts =0,37. Im Vergleich mit diesem Anhaltswert ist an den Messpunkten WLLWS29, SDIDR18, BFHKBR25 und BFBHFS10 dieser Anhaltswert eingehalten.
- In den Gebäuden Schildow, In den Ruthen 27, In den Ruthen 30, Bahnhofstraße 5a wurde dieser Anhaltswert überschritten. Diese Gebäude haben einen Abstand von weniger als 16 m zur Bahnstrecke.

Daraus ist zu schlussfolgern, dass bei einem theoretischen Betrieb unter den gegenwärtigen Bedingungen (noch nicht erneuerte Gleislage, Zugzahlen wie im Zielzustand gemäß Tabelle 1b S. 9 wie geplant) die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2038 an allen Messpunkten eingehalten bleiben würden; da die maximalen Erschütterungen in der Stichprobe unter $KB_{F_{max}} = 0,97$ blieben. Die Anforderungen der DIN 4150-2 (Anhaltswert A_0 nachts =0,37) würden bei der geplanten Zugzahl jedoch überschritten werden.

Bereits erneuerte Strecke (Wensickendorf, Lubowsee)

- Die Auswertungen der Terzspektren zeigen wiederum eine in sich einheitliche Ausprägung. Auffällig ist, dass die Fahrtgeschwindigkeit nur einen untergeordneten Einfluss auf die Erschütterungsintensität hat. Lediglich im Frequenzbereich unter 8-10 Hz sind die Intensitäten höher. Beachtet man, dass Die Erschütterungen unter 4 Hz für die Thematik keine Relevanz haben, ist der Einfluss der Geschwindigkeit nicht relevant.
- Der Bahnbetrieb auf der bereits erneuerten Bahnstrecke bewirkt signifikant geringere Erschütterungen als an der noch nicht erneuerten Strecke Wilhelmsruh-ASW Schönwalde. Der Vergleich der Tabellen 20 und 20a zeigt, dass sowohl im Fundamentbereich als auch auf den Obergeschossen die Anhaltswerte eingehalten werden. In 10 m Abstand lagen die Erschütterungen bei 41% des Anhaltwertniveaus und in 13 m Abstand bei 49% von $A_0=0,37$.
- Die Messungen an der Bestandsstrecke liefern damit drei wesentliche Aussagen:
 - Die Erschütterungseinwirkungen bleiben im regulären Bahnbetrieb im deutlich zulässigen Bereich.
 - Die Geschwindigkeit hat einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Intensität der Erschütterungen (die Dauer reduziert sich bei 80 km/h auf bloß 4 Sekunden).
 - Die Erneuerung des Gleisbettes führt zu einer signifikanten Verringerung der vom Gleis ausgehenden Erschütterungswirkung. Die Anregungsfrequenzen über 40 Hz sind nach einer Instandsetzung deutlich geringer als an der alten, noch nicht erneuerten Strecke.

Abbildung 10a Terz-Max-Hold-Spektren [dB]

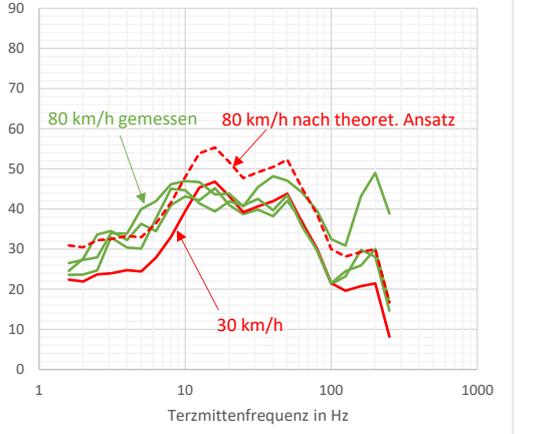
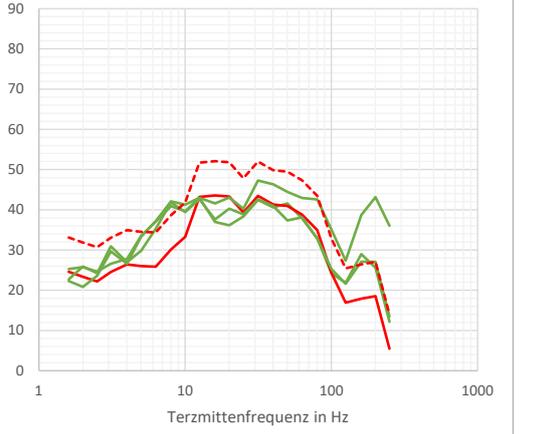
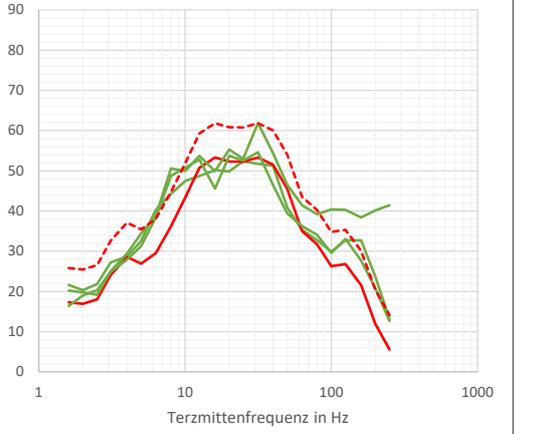
Lubowsee, Eintrachtstraße 10, Fundament	Lubowsee, Eintrachtstraße 10, OG
<p>Terzschnellepegel Messpunkt Ein10U Komponente x</p> 	<p>kein Ereignis, $v < 0,1$ mm/s</p>
<p>Terzschnellepegel Messpunkt Ein10U Komponente y</p> 	<p>kein Ereignis, $v < 0,1$ mm/s</p>
<p>Terzschnellepegel Messpunkt Ein10U Komponente z</p> 	<p>kein Ereignis, $v < 0,1$ mm/s</p>

Abbildung 10b Terz-Max-Hold-Spektren [dB]

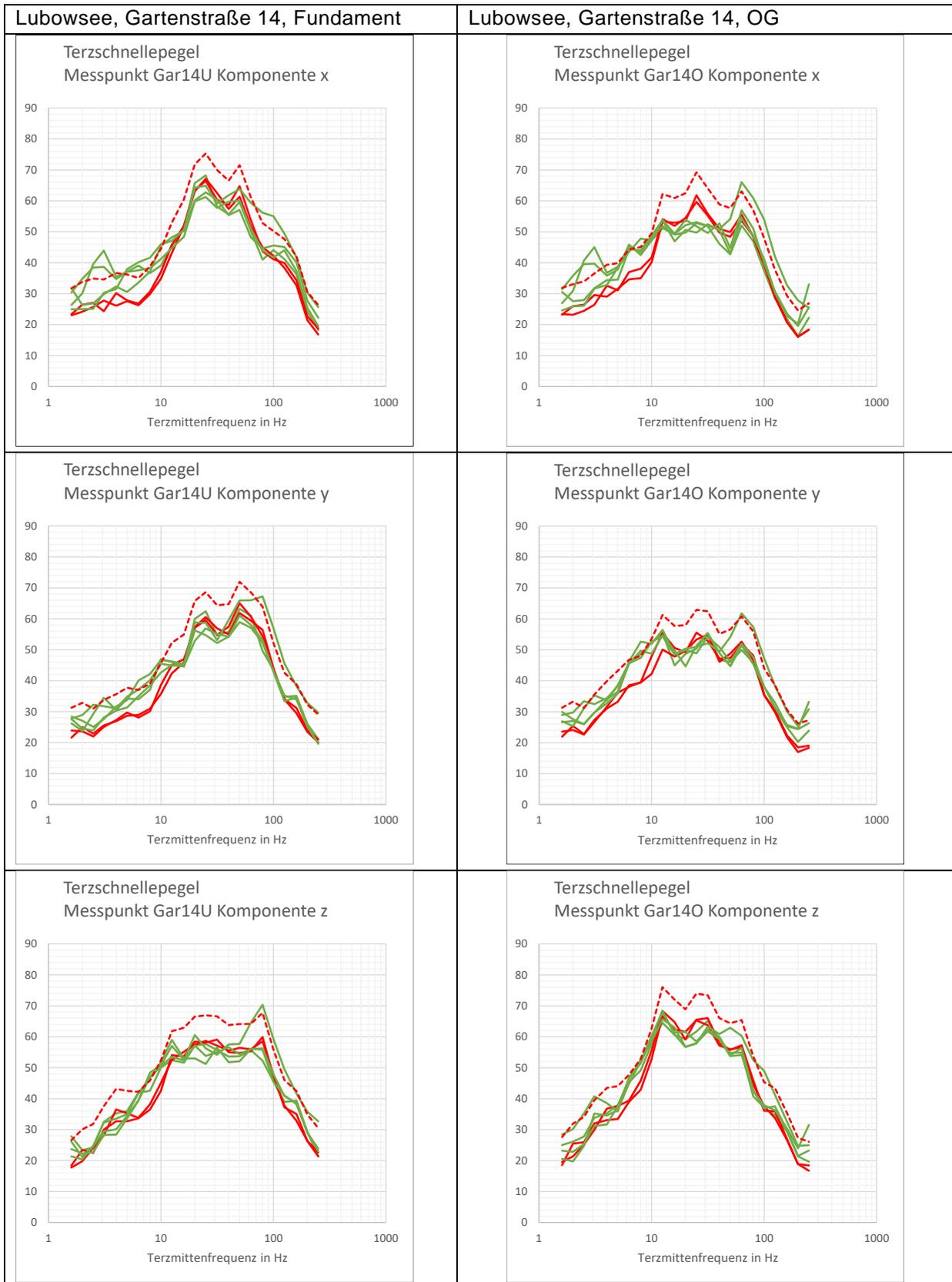


Abbildung 10c Terz-Max-Hold-Spektren [dB]

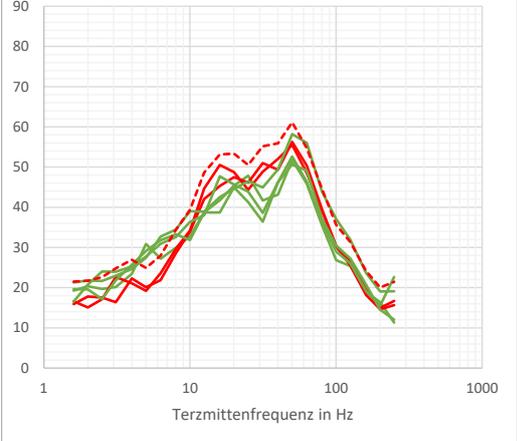
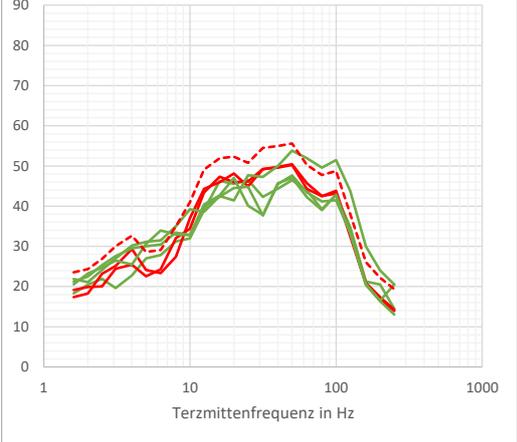
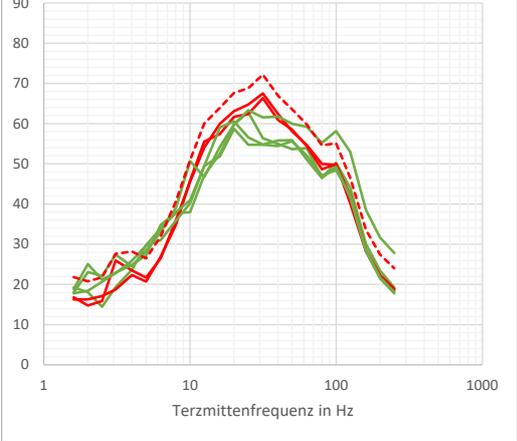
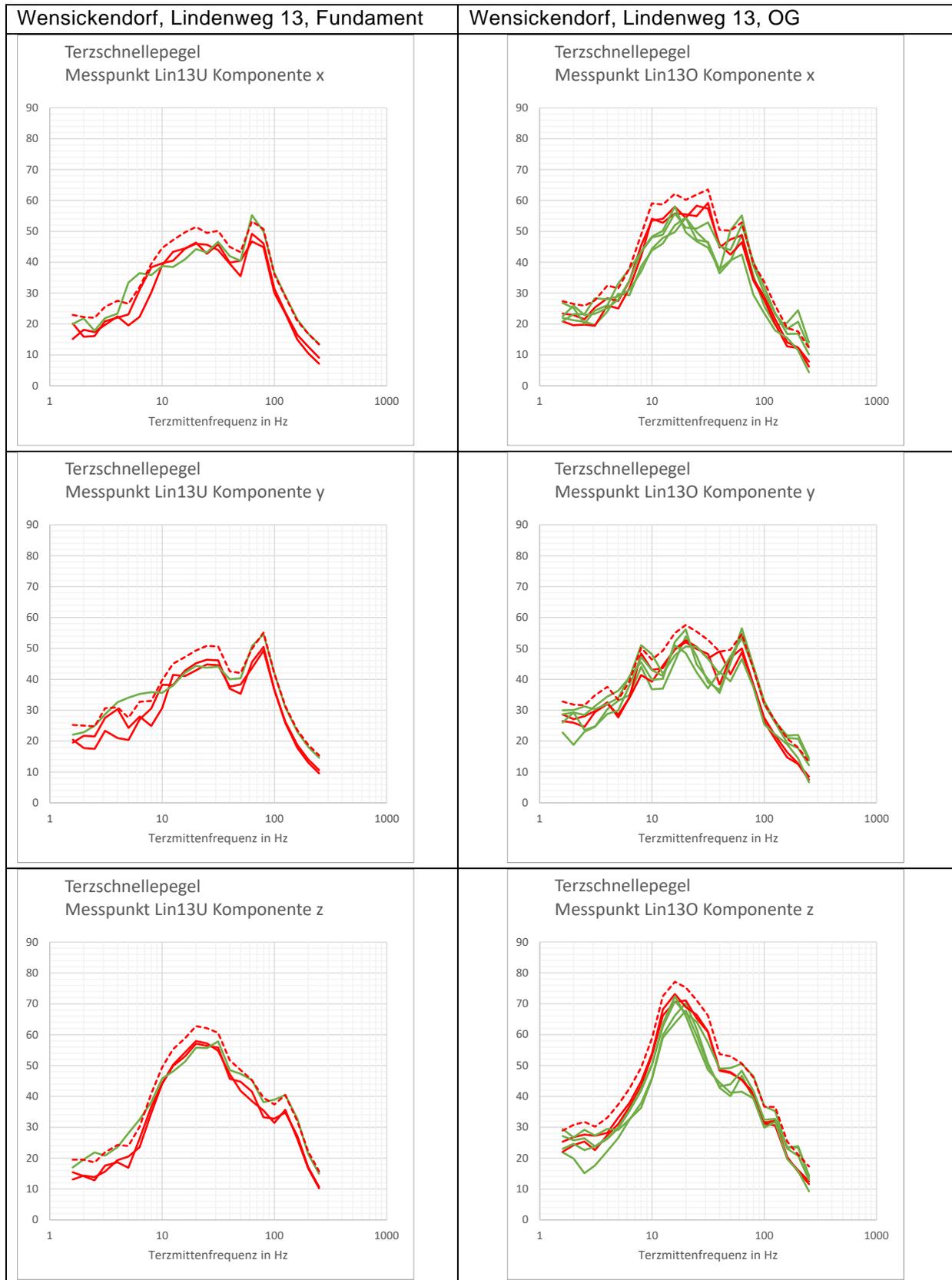
Wensickendorf, Kienweg 14, Fundament	Wensickendorf, Kienweg 14, OG
<p>Terzschnellepegel Messpunkt Kie14U Komponente x</p> 	<p>kein Ereignis, $v < 0,1$ mm/s</p>
<p>Terzschnellepegel Messpunkt Kie14U Komponente y</p> 	<p>kein Ereignis, $v < 0,1$ mm/s</p>
<p>Terzschnellepegel Messpunkt Kie14U Komponente z</p> 	<p>kein Ereignis, $v < 0,1$ mm/s</p>

Abbildung 10e Terz-Max-Hold-Spektren [dB]



7 Erschütterungsprognose

Für den Betrieb der Bahnstrecke mit dem geplanten Betriebsprogramm wurde auf Basis der Messdaten eine ergänzende rechnerische Erschütterungsprognose durchgeführt. Die messtechnisch erfasste Zuggattung entspricht exakt der, wie sie später zum Einsatz kommt. Basis sind die Messergebnisse an der bereits erneuerten Strecke. An dieser zeigt sich der kumulierte Effekt einer Geschwindigkeitserhöhung und der Verbesserung des Gleisbettes. Der Prognoserechnung wurden maximaleinhüllende Terzspektren der Messpunkte Gar14U, Ein10U, Kie14U und Lin13U (Erdgeschossenebene/Fundamentbereich) zugrunde gelegt. Eine Heranziehung der Messergebnisse von der zu reaktivierenden Strecke ist mangels der Möglichkeit, die genaue Minderungswirkung des modernisierten Gleisbettes zu bestimmen, nicht für eine realistische Einschätzung heranzuziehen.

In Tabelle 7 wurden für die gegenständliche Begutachtung Anhaltswerte A_i ermittelt, welche mit der prognostizierten maximalen Schwingschnelle gegenüberzustellen sind. Diese Vereinfachung ist durch die vorgegebene Taktzahl und die quasi einheitliche Anregung mit nur einer Zuggattung sowie einem konservativen Ansatz für die Güterzugfahrt möglich. Die Tabelle wird an dieser Stelle nochmals wiederholt. Bei Wohngebäuden in einem allgemeinen Wohngebiet bzw. reinen Wohngebiet sind KB_{Fmax} -Werte bis 0,37 zulässigen Rahmen, wenn in dem Gebäude gewohnt und geschlafen wird. In Büroräumen, in denen Menschen sich nur tagsüber aufhalten, sind KB_{Fmax} -Werte bis 0,38 zulässig – also marginal mehr. In der Realität werden die Zufahrten zufallsbedingt kleinere und größere Werte haben. Wesentlich ist, dass dieser genannte Mittelwert eingehalten ist.

Wiederholung **Tabelle 7** von Seite 20 Anhaltswert A_i

Zeile Tabelle 4 (Gebiets- einstufung)	Anhaltswert A_i (einzuhaltendes KB_{Fmax} bei einer Zugfahrt)	
	nur tags	tags und nachts
2 (GE)	0,60	0,60
3 (MI)	0,54	0,51
4 (WA, WR)	0,38	0,37

Es wurde eine Erschütterungsprognose für den Zielzustand durchgeführt. Die Berechnungen wurden auf Basis der Erdgeschossmesspunkte und der Vergrößerung zu den Deckenebenen mit unterschiedlichen angenommenen Deckeneigenfrequenzen berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 21 (obere Tabelle) wiedergegeben. Die oberste Zeile „EG“ gibt die Situation in den Wohnräumen im Erdgeschoss wieder.

Die Tabelle 21a zeigt eine Reihe von Ergebnissen mit Einhaltung des Anhaltswertes $A_i = 0,37$. In den Erdgeschossenebenen ist das Anhaltswertniveau eingehalten, für die berechneten Erschütterungen auf Geschossdecken zeigen sich frequenzabhängig Überschreitungen des vorgenannten Anhaltswertes. Im Abstand von 10 m und weniger sind die Überschreitungen moderat (0,39 bis 0,54). Bei Holzbalkendecken fallen sie rechnerisch größer aus.

Tabelle 21b stellt den Berechnungsergebnissen die Messergebnisse auf den Geschossdecken gegenüber. Diese zeigen, dass die Vergrößerungsfunktionen für die Resonanzüberhöhung auf Geschossdecken eine geringere Dämpfung ansetzen, als sie reale Decken haben. Während die Ergebnisse für die Erdgeschossenebene sehr gut passen, sind die rechnerischen Erschütterungen größer, als sie real auftreten. Damit relativieren sich die in Tabelle 21a aufgeführten Werte.

Tabelle 21a Bewertete Schwingschnelle KBF_{max},
rechnerisch für verschiedene Deckeneigenfrequenzen errechnet

Mitfall		Kie14U	Gar14U	Lin13U	EinU
	Abstand:	10 m	13 m	17 m	32 m
	Anhaltswert	0,37	0,37	0,37	0,37
Ebenerdig	EG	0,19	0,19	0,07	0,08
Betondecken	B25	0,44	0,26	0,18	0,15
	B32	0,54	0,26	0,19	0,27
	B40	0,39	0,25	0,12	0,17
	B50	0,32	0,27	0,10	0,11
	B63	0,28	0,41	0,08	0,09
Holzbalkendecken	B80	0,23	0,61	0,07	0,08
	H12	0,42	0,51	0,22	0,29
	H16	0,65	0,49	0,33	0,32
	H20	0,92	0,65	0,48	0,38
	H25	1,15	0,63	0,50	0,40

Tabelle 21b Bewertete Schwingschnelle KBF_{max},
gemessen

		Kie14U	Gar14U	Lin13U	EinU
	Abstand:	10 m	13 m	17 m	32 m
	Anhaltswert	0,37	0,37	0,37	0,37
Ebenerdig	EG	0,15	0,18	0,06	0,08
Betondecken	B25				
	B32				
	B40	<i>Ki140:</i>	<i>Gar140:</i>		<i>Ein0</i>
	B50	<0,1	0,14		<0,1
	B63				
Holzbalkendecken	B80				
	H12			<i>Lin130:</i>	
	H16			0,28	
	H20				
	H25				

Hinsichtlich des Sekundärschalls ergibt die Prognose, dass der Mittelungspegel und der bewertete Schallpegel sowohl tags als auch nachts unter dem Immissionsrichtwert 35 dB bzw. 25 dB(A) liegt. Für den Messpunkt Kie14U in 10 m Entfernung ergibt sich ein Beurteilungspegel von 18,1 dB(A) (tags) und 15,6 dB(A) (nachts).

8 Begutachtung

Die vorangegangenen Untersuchungen erfolgten auf Basis der beidseitig zu erneuernden Bahnlinie messtechnisch überwachten Gebäude (Wilhelmsruh – ASW Schönwalde) sowie von Gebäuden im Streckenabschnitt Basdorf - Wensickendorf, welche sich an der bereits erneuerten Strecke befinden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Erneuerung der Bahnstrecke zu einer Verbesserung der Erschütterungen insbesondere im Bereich oberhalb 40 Hz führen – und damit mit Erschütterungen im zulässigen Rahmen einhergehen. Es muss jedoch angemerkt werden, dass die theoretischen Berechnungen Überschreitungen des anzustrebenden Anhaltwertniveaus ausweisen, wenn mit Dämpfungswerten der Decken gerechnet wird, wie sie für die Planung von Neubauten angenommen werden. Dies zeigt die Gegenüberstellung der Tabellen 21a und 21b.

Das Vorhaben der Erneuerung der Bahnstrecke Berlin-Wilhelmsruh – Awanst Schönwalde, Abschnitt Berlin wird hinsichtlich der zu erwartenden Erschütterungsemissionen folgendermaßen beurteilt:

- Das Vorhaben entlang der Strecke wird als durchführbar eingeschätzt. Erschütterungsmindernde Maßnahmen sind wie beschrieben durchzuführen. Insgesamt kann der Betrieb der vorgesehenen Triebzüge als günstig hinsichtlich der Erschütterungs- und Lärmwirkung betrachtet werden.
- Die zu erneuernde Strecke ist eine Bestandsstrecke und ist unter der Annahme zu beurteilen, dass ein über die Jahre fortwährender Linienbetrieb bestanden hat. Die Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 an Bestandsstrecken ist wünschenswert, bei Nachmessungen jedoch nicht immer der Fall.
- Bei einem Fahrplanbetrieb mit 30 km/h auf dem Bestandsgleis ist in den Gebäuden ≤ 10 m zur Bahnstrecke derzeit vor der Erneuerung mit signifikanten Erschütterungen zu rechnen.

Das bedeutet, dass bei einem Gebäudeneubau an der Strecke grundsätzlich der Lastfall Erschütterungsimmissionen hätte berücksichtigt und erforderlichenfalls konstruktiv berücksichtigt werden müssen.

- Die Fahrtgeschwindigkeit 80 km/h führt nicht zu einer Erhöhung der Erschütterungswirkung gegenüber Fahrten mit 30 km/h. Dies konnte an der bereits erneuerten Strecke nachgewiesen werden.

- Nach der Erneuerung werden die Erschütterungen nicht ansteigen, gemäß den Vergleichsmessungen an der bereits erneuerten Strecke sogar sinken.
- Eine einzelne Zugvorbeifahrt dauert gegenwärtig wegen der Geschwindigkeitsbegrenzung rund 10 Sekunden. Nach der Erneuerung wird eine Zugvorbeifahrt ein Ereignis nur 4 Sekunden dauern, wegen der Erhöhung der Geschwindigkeit auf 80 km/h.
- In dem Bereich der Hertzstraße bis Schillerstraße in Wilhelmsruh sind derzeit keine Bahngleise vorhanden. In diesem Bereich ist ostseitig Büro- und Wohnbebauung und westseitig Gewerbebebauung vorhanden. Es sind in diesem Streckenabschnitt aus fachlicher Perspektive erschütterungsmindernde Maßnahmen notwendig. Die Dimensionierung einer Schwellenbesohlung oder von Unterschottermatten ist separat durchzuführen. Bezüglich der Gebäude neben dem Bahnübergang Hertzstraße werden Aufwendungen zur Einhaltung des Immissionsschutzes erforderlich. Dies erfordert eine genaue Abstimmung Unterschottermatte oder einer Schwellenbesohlung mit Kenntnis der Eigenschaften der Decken der benachbarten Gebäude.
- Das Gutachten befasste sich mit den Emissionen und Immissionen während des Bahnbetriebs auf der Heidekrautbahn vor und nach der Erneuerung der Bahnstrecke. Es ist abschließend darauf hinzuweisen, dass bei den Bautätigkeiten zur Erneuerung Erschütterungsemissionen auftreten und auf erschütterungsarme Verfahren zurückzugreifen ist (z.B. bei Verdichtungsarbeiten, Schottereinbau). Diese sind bei der Bauausführung so zu begrenzen, dass in den Gebäuden die Anhaltswerte nach DIN 4150-3 und DIN 4150-2 (Anhaltswerte für Bautätigkeiten) eingehalten werden. Der betroffene Bereich wird mit 15 m beidseits der Bahnachse angesehen.