

Vorhaben:

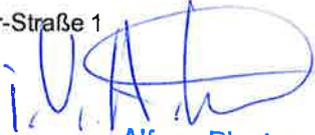
Unterlage 15.2

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

## Erläuterungsbericht zur 3. Planänderung

### Untersuchung der betriebsbedingten Erschütterungs- immissionen

0	3. Planänderungsverfahren: Antragsfassung	14.10.2020
Index	Änderungen bzw. Ergänzungen	Planungsstand
Vorhabenträger:		
DB Netz AG Regionalbereich Süd Sandstraße 38-40 90443 Nürnberg	 DB Station&Service AG Regionalbereich Süd Bahnhofsplatz 9 90443 Nürnberg	DB Energie GmbH  Südwestpark 48 90449 Nürnberg
Vertreter des Vorhabenträgers:		Verfasser:
DB Netz AG Großprojekte Südost Knoten Bamberg Kurt-Schumacher-Straße 1 99084 Erfurt 14.10.2020	  Datum Unterschrift <b>Alfons Plenter</b>	im Auftrag der ARGE Knoten Bamberg  Möhler + Partner Ingenieure AG Mußstraße 18 96047 Bamberg 14.10.2020  Datum Unterschrift
Genehmigungsvermerk Eisenbahn-Bundesamt		

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

## Inhaltsverzeichnis

1	Projektbeschreibung und Aufgabenstellung.....	10
1.1	Vorbemerkung zum Projekt.....	10
1.2	Aufgabenstellung .....	11
1.3	Örtliche Gegebenheiten .....	12
2	Verwendete Unterlagen.....	13
3	Grundlagen .....	14
3.1	Entstehung von Erschütterungen und sekundärem Luftschall.....	14
3.2	Messtechnische Ermittlung von Erschütterungen und sekundärem Luftschall .....	15
3.3	Auswertung von Erschütterungs- sowie Sekundärluftschallimmissionen.....	16
3.4	Beurteilung von Erschütterungen .....	21
3.5	Beurteilung von sekundärem Luftschall.....	26
3.6	Zusammenfassendes Beurteilungsschema.....	30
3.7	Beschreibung von Schutzmaßnahmen.....	31
4	Vorgehensweise zur Behandlung betriebsbedingter Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen .....	35
4.1	Phase 1 – Konfliktanalyse.....	35
4.2	Phase 2 – Korridorgrenzen .....	35
4.3	Phase 3 – Detailuntersuchung .....	36
4.4	Phase 4 – Schutzmaßnahmen .....	36
5	Konfliktanalyse und Korridorgrenzen.....	37
5.1	Durchführung einer Konfliktanalyse.....	38
5.2	Ermittlung von Korridorgrenzen.....	39
6	Durchgeführte Beweissicherungsmessungen.....	40
6.1	Ausgewählte Gebäude.....	40
6.2	Messgeräte .....	42
6.3	Dokumentation der Messdaten .....	42
6.4	Ergebnisse der untersuchten Gebäude.....	42

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

6.5	Ermittlung der Betroffenheiten.....	46
7	Berücksichtigung weitergehender erschütterungsmindernder Maßnahmen...	48
7.1	Ergebnisse der Prognose mit weitergehenden erschütterungsmindernden Maßnahmen.....	48
7.2	Schutzkonzept und Kosten der grundsätzlich erforderlichen Schutzmaßnahmen.....	51
7.3	Schutzfall-bezogene Kostenabwägung .....	53
7.4	Schutzmaßnahmenkonzept mit Berücksichtigung der schutzfall- bezogenen Kostenabwägung.....	55
8	Zusammenfassung.....	56
9	Grundlagenverzeichnis.....	58
10	Anhangverzeichnis .....	60

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

### Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des PFA 22 - Bamberg .....	11
Abbildung 2: Schematische Darstellung der drei Teilbereiche .....	14
Abbildung 3: Schematische Darstellung eines Messaufbaus.....	15
Abbildung 4: Übertragungsfunktion für Gebäude mit Betondecken.....	18
Abbildung 5: Übertragungsfunktion für Gebäude mit Holzbalkendecken .....	18
Abbildung 6: Flussdiagramm zur Beurteilung der Erschütterungen und des Sekundärschalls .....	30

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

### Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zuordnung der Schwingstärke zur Wahrnehmung .....	23
Tabelle 2:	Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2 für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbaren Räumen (für Neubaustrecken ohne Vorbelastung) .....	23
Tabelle 3:	Korrektursummanden D gemäß 24. BImSchV (Ausgabe 1997) .....	29
Tabelle 4:	Erschütterungsreduzierende Maßnahmen und Kostenschätzung .....	33
Tabelle 5:	Einfügedämmwerte erschütterungsreduzierender Maßnahmen (Pegelminderung in dB) .....	34
Tabelle 6:	Übersicht des Belegungsprogramms im Prognose-Nullfall und Prognose-Fall .....	37
Tabelle 7:	Darstellung der allgemeinen Korridor Grenzen .....	40
Tabelle 8:	Übersicht der ausgewählten Referenzgebäude .....	41
Tabelle 9:	Übersicht Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen im PFA 22 ohne Baugrundverbesserung und ohne Einbau von hoch verdichteten Tragschichten.....	43
Tabelle 10:	Übersicht Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen im PFA 22 mit Baugrundverbesserung und mit Einbau von hoch verdichteten Tragschichten .....	45
Tabelle 11:	Übersicht mit Darstellung der potenziellen bzw. möglichen potenziellen Betroffenheiten .....	47
Tabelle 12:	Übersicht Erschütterungsimmissionen PFA 22 mit Schutzmaßnahmenkonzepten .....	49
Tabelle 13:	Übersicht der grundsätzlich erforderlichen erschütterungsmindernden Maßnahmen im PFA 22.....	52
Tabelle 14:	Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse für den Schutzbereich 1 .....	53
Tabelle 15:	Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse für den Schutzbereich 2 .....	54
Tabelle 16:	Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse für den Schutzbereich 3 .....	54
Tabelle 17:	Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse für den Schutzbereich 4 .....	54
Tabelle 18:	Übersicht der Gebäude mit verbleibenden spezifischen Betroffenheiten .....	55
Tabelle 19:	Übersicht der Gebäude mit möglichen verbleibenden spezifischen Betroffenheiten .....	55

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373

Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

### Erklärung der Abkürzungen

Abkürzung	Erklärung
A	äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in m <sup>2</sup>
A, A <sub>u</sub> , A <sub>r</sub> , A <sub>o</sub>	Anhaltswert nach DIN 4150-2
ABS	Ausbaustrecke
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
16. BImSchV	16. Bundes-Immissionsschutzverordnung
24. BImSchV	24. Bundes-Immissionsschutzverordnung
c <sub>m</sub>	Faktor zur Ermittlung des KBF <sub>max</sub> -Wertes aus dem KBFT <sub>m</sub> -Wert
D	Korrektursummand in dB (zur Berücksichtigung der Raumnutzung)
dB	Dezibel (Schwingschnellepegel in dB re5E-8 m/s)
dB(A)	Dezibel (A bewerteter Schallpegel)
DB AG	Deutsche Bahn AG
DG	Dachgeschoss
DIN	Deutsches Institut für Normung
dL	Weichenkorrekturspektrum
E	Korrektursummand in dB (der sich aus dem Spektrum des Außengeräusches und der Frequenzabhängigkeit der Schalldämmmaße von Fenstern ergibt)
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EG	Erdgeschoss
EÜ	Eisenbahnüberführung
f	Frequenz
f <sub>0</sub>	Grenzfrequenz des Hochpasses (5,6 Hz)

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Abkürzung	Erklärung
$f_0$	Abstimmfrequenz der jeweiligen Schutzmaßnahme
FNP	Flächennutzungsplan
FSS	Frostschutzschicht
$g$	Erdbeschleunigung ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )
G	Gewerbliche Nutzung (Nutzungsart) gemäß Flächennutzungsplan
G	Güterzug
GE	Gewerbegebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan
GR	Gegenrichtungsgleis
GOK	Geländeoberkante
Hbf	Hauptbahnhof
Hp	Haltepunkt
Hz	Hertz (Einheit der Frequenz)
ICE	InterCityExpress
IO-E	Messort für Erschütterungen
$KB_F(t)$	bewertete Schwingstärke
$KB_{Fmax}$	maximale bewertete Schwingstärke
$KB_{FTm}$	Taktmaximal-Effektivwert
$KB_{FTr}$	Beurteilungs-Schwingstärke
KG	Kellergeschoss
KG	Kilometer
$l$	Länge der Züge
$L_E(f)$	Terzschnellespektrum der Erschütterungen am Emissionsort
$lg$	Dekadischer Logarithmus (Basis 10)
$L_{I,Tag}$	Innengeräuschpegel Tag
$L_{I,Nacht}$	Innengeräuschpegel Nacht

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373

Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Abkürzung	Erklärung
$L_{r,N}$	Beurteilungspegel für die Nacht in dB(A)
$L_{v\text{-Raum}}(f)$	Terzschnellespektrum am betrachteten Immissionsort
$\Delta L_B(f)$	baugrund- und abstandsbedingte Erschütterungsabnahme (Transmissionsweg)
$\Delta L_G(f)$	Gebäudespezifische Übertragungsfunktion am Immissionsort
$\Delta L_M(f)$	Summe der Einfügedämmung schwingungsmindernder Maßnahmen
M	Mischnutzung (Nutzungsart) gemäß Flächennutzungsplan
MD	Dorfgebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan
MFS	Masse-Feder-System
MI	Mischgebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan
MK	Kerngebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan
MP	Messpunkt
OG	Obergeschoss
PA	Planungsabschnitt
PFA	Planfeststellungsabschnitt
PSS	Planumsschutzschicht
$R'_{W, res}$	bewertetes Schalldämm-Maß
Ri	Richtungsgleis
s	Abstand
$S_g$	vom Raum aus gesehene Gesamtaußenfläche in m <sup>2</sup>
SGV	Schienengüterverkehr
SO	Schienenoberkante
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
UG	Untergeschoss

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373

Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Abkürzung	Erklärung
USM	Unterschottermatte
v	Zuggeschwindigkeit gemäß Betriebsprogramm
v <sub>0</sub>	arithmetisch mittlere gemessene Zuggeschwindigkeit
v <sub>max</sub>	Maximale Geschwindigkeit
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
W	Wohnnutzung (Nutzungsart) gemäß Flächennutzungsplan
WA	Allgemeines Wohngebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan
WR	Reines Wohngebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

## **1 Projektbeschreibung und Aufgabenstellung**

### **1.1 Vorbemerkung zum Projekt**

Für die Maßnahme Ausbaustrecke/Neubaustrecke Nürnberg - Ebensfeld - Erfurt wurde im Jahr 1994 durch die Planungsgesellschaft Deutsche Einheit (PBDE) für den Planfeststellungsabschnitt 22 zwischen Bahn-km 56,165 der Strecke 5900 (südlich von Bamberg) und Bahn-km 2,408 der Strecke 5100 (zwischen Gewerbegebiet Bamberg und Hallstadt) das Planfeststellungsverfahren eingeleitet.

Die Planunterlagen waren nach ortsüblicher Bekanntmachung in der Zeit vom 11.07.1994 bis 11.08.1994 öffentlich zur Einsichtnahme ausgelegt. Aufgrund von Stellungnahmen von Behörden und Einwendungen privater Betroffener waren Änderungen in den Planungen erforderlich (1. Planänderung von 1996 sowie 2. Planänderung von 1997). Im Jahr 1998 wurden die Planungen zum Erlangen des Baurechts im Bereich Bamberg unterbrochen, seit 2010 wird das Verfahren zur Planfeststellung des Planvorhabens im PFA 22 wieder fortgeführt. Aus der weitergeführten Planung mit neun über- und unterirdischen sowie Umfahrungs-Varianten wurde mit Beschluss des Stadtrats vom 06.03.2018 eine ebenerdige Ausbauvariante für die Planfeststellung ausgewählt.

Mit der vorliegenden erschütterungstechnischen Unterlage wurde die Planung an die zwischenzeitlich veränderten Randbedingungen hinsichtlich

- veränderter gesetzlicher Randbedingungen und technischer Normen
- veränderter Aufgabenstellungen
- Veränderung des Zugprogramms und der zugehörigen Erschütterungsemissionen sowie
- veränderter Bestandssituation

angepasst.

Um die Übersichtlichkeit der Unterlagen für die Betroffenen zu wahren und den Verfahrensablauf nachvollziehbar zu gestalten, wird für das 3. Planänderungsverfahren eine vollständig neue Planunterlage aufgestellt. Das Vorhaben ist weiterhin Bestandteil des Bundesverkehrswegeplans (aktuelle Fassung von 2030). Die Planrechtfertigung ist aufgrund der Ausweisung als vordringlicher Bedarf weiterhin gegeben.



Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Neben der Bestimmung von Betroffenheitskorridoren anhand von Emissions- und Ausbreitungsmessungen werden die für diese Untersuchung relevanten Immissionen durch Beweissicherungsmessungen in Referenzgebäuden messtechnisch ermittelt. Dadurch lässt sich die Immissionssituation in Gebäuden für den Zustand nach dem Ausbau prognostizieren und es können gegebenenfalls Maßnahmen zur Einhaltung der Beurteilungskriterien untersucht werden.

Gegenüber der vorhandenen Strecke sind aus erschütterungstechnischer Sicht im Wesentlichen die folgenden Änderungen relevant:

- die zusätzlichen Gleise,
- die geänderte Trassierung,
- Geschwindigkeitsanpassungen
- sowie das geänderte Belegungsprogramm.

### 1.3 Örtliche Gegebenheiten

Der zu untersuchende Planfeststellungsabschnitt Bamberg ist Teil der Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld. Er beginnt im Süden an der Stadtgrenze zur Gemeinde Strullendorf (km 56,165 der Strecke 5900) und endet im Norden an der Stadtgrenze zur Stadt Hallstadt (km 2,408 der Strecke 5100). Die Baumaßnahmen umfassen somit den nördlichen Teil der bestehenden Bahnstrecke Nürnberg – Bamberg sowie den südlichen Teil der bestehenden Bahnstrecke Bamberg – Hof. Ferner sind die bestehende Strecke 5102 Bamberg – Schweinfurt, das bestehende Verbindungsgleis 5103 „Hallstadt- Abzw. Höflein“ und die Hafennordanbindung (Strecke 5107) in die erschütterungstechnische Untersuchung einbezogen.

Im Rahmen der Maßnahme werden die Strecken 5900 im Süden sowie 5100 im Norden um die Trasse 5919 erweitert, so dass sich hier zukünftig eine durchgehend viergleisige Streckenführung ergibt. Die beiden Gleise der Trasse 5919 umschließen dabei jeweils die Gleise der Strecken 5100 sowie 5900.

Das an die ABS angrenzende Gelände ist überwiegend ebenerdig. Die Bahnstrecke verläuft vorrangig in Geländegleichlage bzw. teilweise in Dammlage, z. B. im Bereich kreuzender Bauwerke.

Bebauung ist in der Stadt Bamberg grundsätzlich beidseitig der Trasse vorhanden.

Die Schutzbedürftigkeit der Bebauung wurde aus vorhandenen rechtskräftigen Bebauungsplänen [25] übernommen. Wenn keine Bebauungspläne vorhanden waren, wurde die Schutzbedürftigkeit der betroffenen Gebiete unter Zuhilfenahme des aktuellen Flächennutzungsplans anhand der tatsächlichen Nutzung eingestuft. Die Einstufung wurde im Rahmen von Ortsbesichtigungen vorgenommen.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Im Bereich der Stadt Bamberg wechseln sich entlang der Bahnlinie als Schutzbedürftigkeit Wohn-, Misch-, Sonder- sowie Gewerbe-/Industriegebiete ab. Dabei ist insbesondere die bahnlinke Seite durch Wohn- und Mischgebiete geprägt, bahnrechts liegt ein hoher Anteil an gewerblichen Nutzungen vor.

Die Schutzbedürftigkeit der Bebauung nach BauNVO kann im Einzelnen den Lageplänen zum Erschütterungsschutz (Unterlage 15.2.1) entnommen werden.

## 2 Verwendete Unterlagen

Die Begutachtung der Erschütterungsimmissionen erfolgt unter Verwendung folgender Unterlagen:

- Verkehrsprojekte Deutsche Einheit Scheine Nr. 8, Anlage 13: Schall- und erschütterungstechnische Untersuchung, PB DE Planungsgesellschaft Bahnbau Deutsche Einheit mbH Projektzentrum Erfurt, Mai 1994
- Planung VDE 8.1 ABS Nürnberg – Ebensfeld, PFA 22 Bamberg, Planverfasser: ARGE Knoten Bamberg: Stand: 10/2020
- Zugzahlenprognose vom BMVI im Jahr 2030 für den Planungsabschnitt 22 Bamberg, DB Netz AG, übersandt: Dezember 2018
- Planung VDE 8.1 ABS Nürnberg – Ebensfeld, PFA 22 Bamberg, Regelaufbauten der Richtungsgleise, Auszug aus dem Baugrundgutachten, übersandt: 11.06.2019 von DB E+C
- Normenreihe DIN 4150: Erschütterungen im Bauwesen
- Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung vom 4. Februar 1997 (BGBl. I S. 172, 1253), die durch Artikel 3 der Verordnung vom 23. September 1997 (BGBl. I S. 2329) geändert worden ist
- DB-Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“, gültig ab 15.09.2017
- Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der Planfeststellung, Eisenbahn-Bundesamt Zentrale, 30.01.2017

Weitere Unterlagen sind im Grundlagenverzeichnis unter Kapitel 9 dokumentiert.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

### 3 Grundlagen

Erschütterungsimmissionen bestehen aus - fühlbaren - mechanischen Schwingungen (Vibrationen, Erschütterungen), und - hörbarem - sekundärem Luftschall, der durch die Schallabstrahlung schwingender Raumbegrenzungsflächen entsteht. Die physikalische Größe, die zur Beschreibung der Erschütterungseinwirkungen überwiegend verwendet wird, ist die Schwinggeschwindigkeit (oder Körperschall-Schnelle), die i. d. R. als Pegel (Einheit: dB, bezogen auf  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s) angegeben wird. Sie ist in Festkörpern (Erdboden, Bausubstanz) stark frequenzabhängig und muss daher spektral betrachtet werden.

#### 3.1 Entstehung von Erschütterungen und sekundärem Luftschall

Bei einer Zugvorbeifahrt entstehen dynamische Kräfte, die über das Gleis auf den Untergrund einwirken. Hiervon gehen Erschütterungen aus, die sich über den Baugrund ausbreiten und sich mit zunehmendem Abstand vermindern. Benachbarte Bauwerke werden von den Erschütterungen am Fundament erfasst und zu Schwingungen angeregt, die sich innerhalb der Gebäude aufgrund der Gebäudeeigendynamik verstärken oder abschwächen können.

Diese Erschütterungen werden von Menschen wahrgenommen, wenn sie eine bestimmte „Fühlbarkeitsschwelle“ überschreiten. Man unterscheidet die drei folgenden Teilbereiche, die in nachfolgender Abbildung dargestellt sind:

1. Emission
2. Transmission
3. Immission

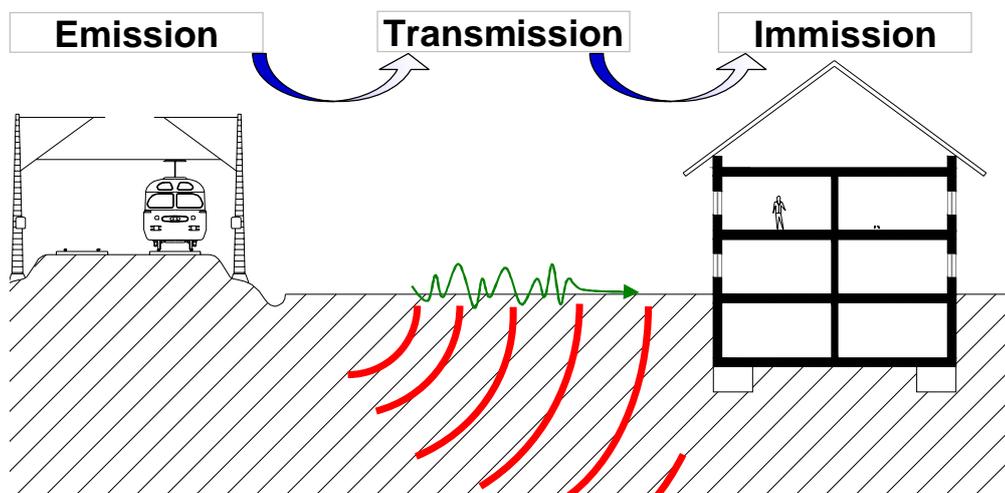


Abbildung 2: Schematische Darstellung der drei Teilbereiche

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Neben Erschütterungseinwirkungen können die über den Baugrund in die Gebäude eingetragenen Schwingungen auch als „sekundärer Luftschall“ bezeichnete Immissionen hervorrufen. Hierunter versteht man den durch die Schwingungsanregung von Umfassungsbauteilen (Wände, Wohnungsdecken) abgestrahlten Schallanteil innerhalb von Räumen. Dieser kann u. U. als tief frequentes Geräusch in den Räumen wahrgenommen werden. Sekundärer Luftschall ist vor allem in Räumen wahrzunehmen, die gegenüber dem von außen einwirkenden Luftschall (Primärschall) abgeschirmt sind.

### 3.2 Messtechnische Ermittlung von Erschütterungen und sekundärem Luftschall

Gemäß dem normativen Verweis in Kapitel 5 der DIN 4150-2 werden Schwingungsmessungen auf der Grundlage der DIN 45669 „Messungen von Schwingungsimmissionen“ ([11], [12]) durchgeführt. Die Schwingungsaufnehmer werden dazu geeignet aufgestellt, um die Schwingungen wirklichkeitsgetreu zu erfassen. Im Erdreich werden dazu Messspieße eingesetzt; auf Gebäudedecken werden lagesichere Aufstellplatten benutzt.

Als Messgeräte werden Geräte der Genauigkeitsklasse 1 oder 2 nach DIN 45669-1 [11] verwendet, mit denen der Schwingungs-Zeitverlauf in ausreichender Auflösung erfasst werden kann. Die Messkette jeder Messung wird detailliert dokumentiert.

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen typischen Messaufbau mit geeigneten Messpunkten, wobei hier in Abhängigkeit von der örtlichen Situation auch zweckmäßige Messungen in den einzelnen Teilbereichen (z. B. ausschließlich Emissionsbereich) durchgeführt werden können.

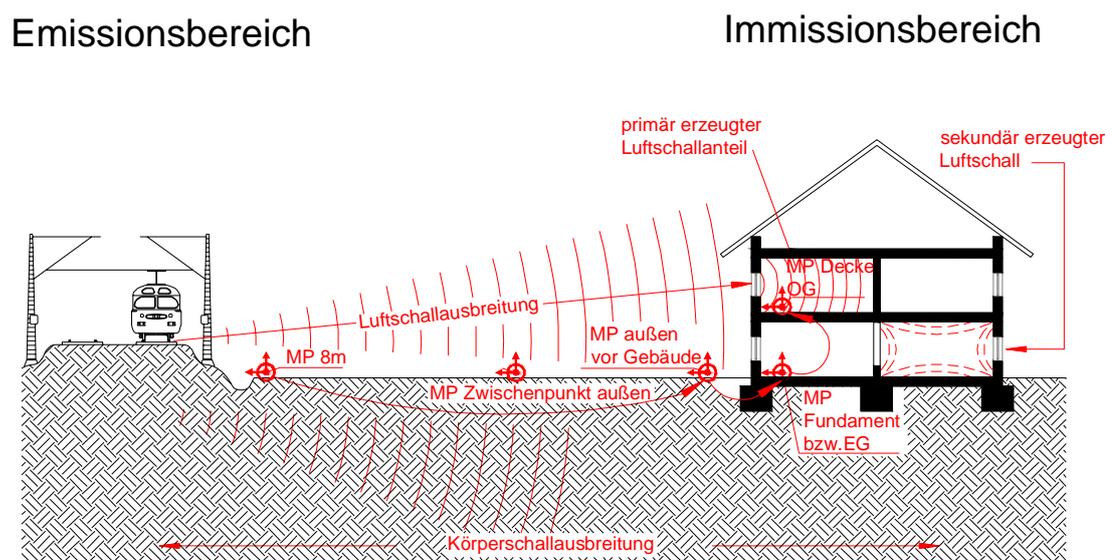


Abbildung 3: Schematische Darstellung eines Messaufbaus

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Die Qualitätssicherung der Messung ist gewährleistet durch:

- Geräte mit gültiger Kalibrierung
- Sensoren mit gültiger Kalibrierung
- Funktionsprüfung vor Ort vor jeder Messung durch „Abklopfen“ der Sensoren
- Onlinebeobachtung des Zeitverlaufes
- Plausibilitätskontrollen in der Dokumentation und der Auswertung

Der sekundäre Luftschall kann nicht auf direktem Wege über Schallmessungen gemessen werden, da bei oberirdischem Verkehr das Umgebungsgeräusch meist dominant ist. Als geeignetes und abgesichertes Verfahren wird der sekundäre Luftschall über die gemessenen Erschütterungspegel am Immissionsort rechnerisch ermittelt [15].

Die Messungen erfolgen getrennt für jede Zugvorbeifahrt. Je Zugtyp und Gleis werden in der Regel mindestens fünf Vorbeifahrten gemessen. In Ausnahmefällen und bei nachgewiesenen geringen Streuungen (z. B. Fahrzeuge der gleichen Baureihe etc.) können auch weniger Vorbeifahrten ausreichend sein.

### 3.3 Auswertung von Erschütterungs- sowie Sekundärluftschallimmissionen

Zunächst liegt für jede Zugvorbeifahrt an jedem Messpunkt ein gemäß DIN 45669-1 bandpass-gefiltertes Zeitsignal der Schwingungen vor. Aus den Zeitsignalen werden Terzschnellespektren nach dem Verfahren „Max-Hold, Fast“ bzw. „Leq, Fast“ ausgewertet. Das bedeutet, dass für jede Zugvorbeifahrt der Maximalwert des „Fast“-bewerteten gleitenden Effektivwertes in jeder Terz berechnet wird. Das so ermittelte Terzschnellespektrum ist die Grundlage für das weiter unten erläuterte genaue spektrale Prognoseverfahren für die Erschütterungen und den sekundären Luftschall.

Terzschnellespektren werden in der Einheit [mm/s] oder [dB] ref.  $5 \cdot 10^{-5}$  mm/s angegeben. Verstärkungen oder Abminderungen werden entweder als Faktoren dimensionslos [-] oder als Differenzpegel in [dB] angegeben.

#### 3.3.1 Emission

An den ausgewählten Emissionspunkten werden die Terzschnellespektren für jede Zuggattung und jedes Gleis getrennt ermittelt. Die Geschwindigkeiten der Zugvorbeifahrten sind jeweils zu erfassen. Für jede Zuggattung und jedes Gleis wird das energetisch gemittelte Spektrum an den Emissionspunkten berechnet.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

### 3.3.2 Transmission

Das Ausbreitungsverhalten der Schwingungen vom Emissions- zum Immissionspunkt wird auf der Basis der ausgewerteten Terzschnellespektren berechnet. Der Ausbreitungsexponent wird terzweise ermittelt, so dass bei der Prognoseberechnung der sich ggf. ändernde Gleisabstand frequenzselektiv berücksichtigt wird.

### 3.3.3 Immission

Am Immissionsort werden die gebäudespezifischen Übertragungsfunktionen gemessen und arithmetisch gemittelt. Änderungen, die nach der Messung am Immissionsort stattfinden, können naturgemäß nicht berücksichtigt werden.

Zur Ermittlung von Korridor Grenzen werden die in [15] angegebenen, statistisch ermittelten Gebäude-Übertragungsfunktionen für Räume mit Betondeckenaufbau bzw. Räume mit Holzbalkendeckenaufbau angesetzt. Das bedeutet, dass die Deckeneigenfrequenzen gemäß der Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“ der Deutschen Bahn AG [15] über einen weiten Frequenzbereich variiert werden. Damit stellt man sicher, dass alle möglicherweise vorhandenen Deckeneigenfrequenzen von Gebäuden im Rahmen einer „worst-case“ Betrachtung berücksichtigt werden. Die untersuchten Deckeneigenfrequenzen variieren zwischen

- 8 Hz – 80 Hz bei Betondecken
- 8 Hz – 80 Hz bei Holzbalkendecken

Nachfolgend sind die angesetzten Übertragungsfunktionen für beide Konstruktionsarten zur Ermittlung der Korridor Grenzen dargestellt. Die Kurvenschar (schwarz) zeigt jeweils die Übertragungsfunktion in Abhängigkeit von der Deckeneigenfrequenz, wobei in blau die Einhüllende der maximalen Verstärkung dargestellt ist.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebersfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

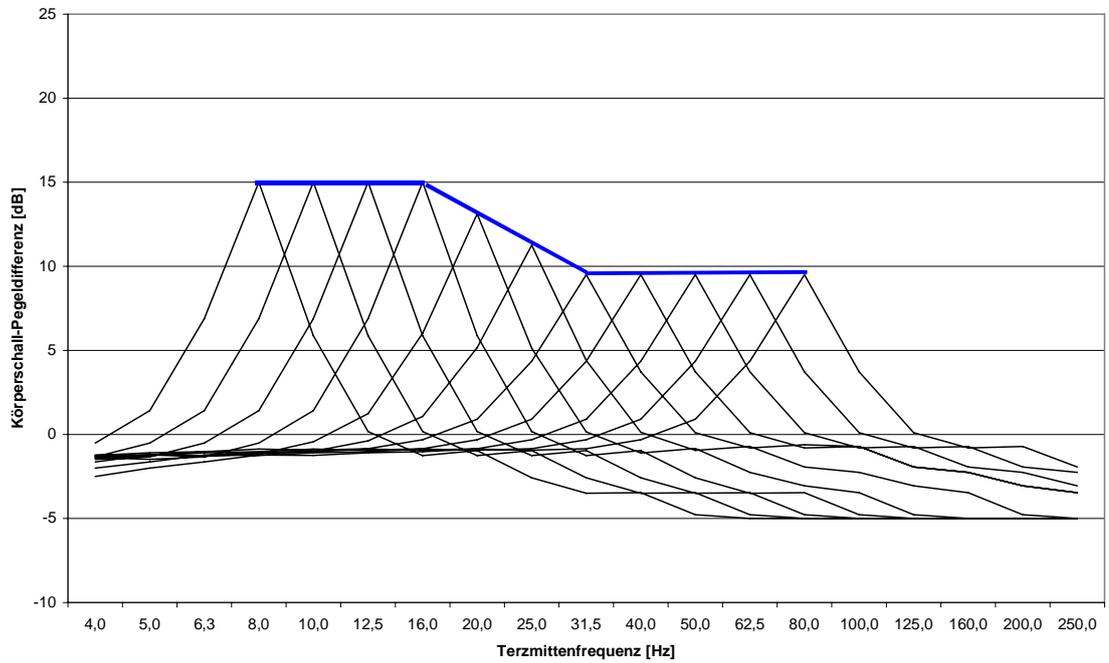


Abbildung 4: Übertragungsfunktion für Gebäude mit Betondecken

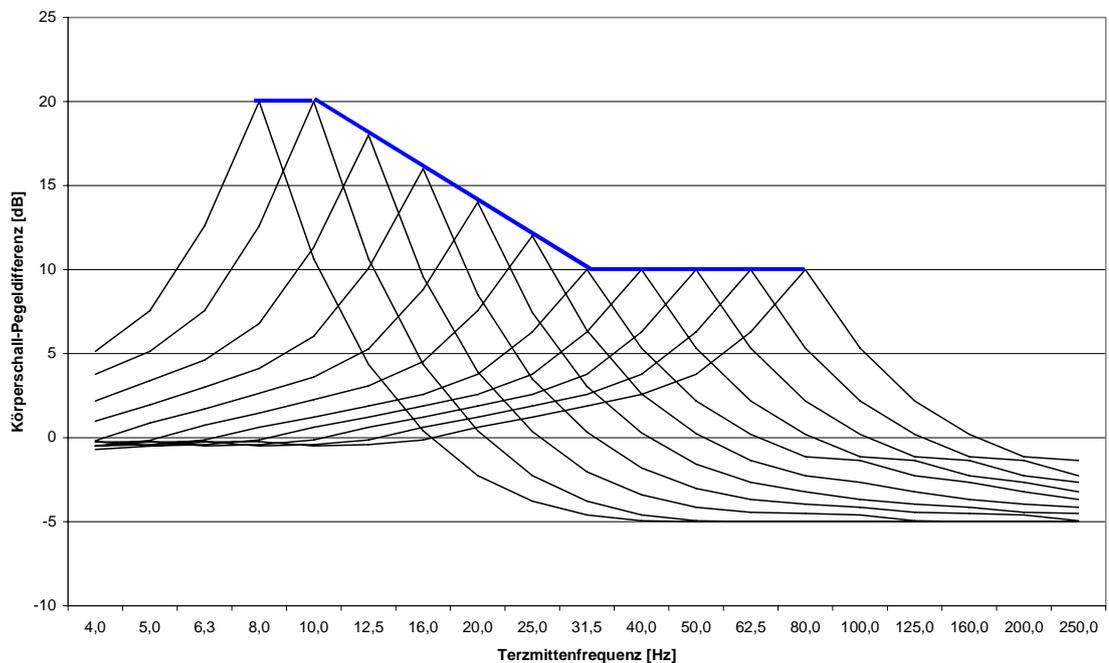


Abbildung 5: Übertragungsfunktion für Gebäude mit Holzbalkendecken

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

### 3.3.4 Prognoseberechnung

Die Prognose der Erschütterungen erfolgt grundsätzlich gemäß folgender Gleichung:

$$L_{V\text{-Raum}}(f) = L_E(f) + \Delta L_B(f) + \Delta L_G(f) + \Delta L_M(f)$$

mit:

- $L_{V\text{-Raum}}(f)$ : Terzschnellespektrum am betrachteten Immissionsort
- $L_E(f)$ : Terzschnellespektrum der Erschütterungen am Emissionsort
- $\Delta L_B(f)$ : baugrund- und abstandsbedingte Erschütterungsabnahme (Transmissionsweg)
- $\Delta L_G(f)$ : gebäudespezifische Übertragungsfunktion am Immissionsort
- $\Delta L_M(f)$ : Summe der Einfügedämmung bei Verbau schwingungsmindernder Maßnahmen (nicht bei Prognose Nullfall)

Die Prognoseformel entspricht auch den Empfehlungen der VDI 3837 [14].

Aus den Terzschnellespektren am Immissionsort werden die Beurteilungsgrößen für die Erschütterungen sowie des sekundären Luftschalls berechnet. Die Berechnung wird in Kapitel 3.4 bzw. 3.5 erläutert.

### 3.3.5 Prognose des Nullfalls

Schwingungsmessungen werden üblicherweise über einen Zeitraum von einigen Stunden durchgeführt und erfassen nur einen Teil der über einen ganzen Tag technisch gesehenen möglichen Vorbeifahrten. Während die Messungen die absoluten Emissionen bzw. Immissionen des einzelnen Zugtyps beschreiben, wird deren Anzahl im Beurteilungszeitraum rechnerisch berücksichtigt. Die Anzahl der Zugvorbeifahrten wird dem jeweils gültigen Belegungsprogramm für den Prognose-Nullfall (d. h. Prognosefall ohne Ausbau der Strecke) entnommen.

Tagesabhängige geringere Zugzahlen während einzelner Messungen werden so in ihrer Häufigkeit korrigiert und wirken sich nicht immissionsmindernd aus.

Das gleiche gilt für eventuell verminderte Zuggeschwindigkeiten während der Messungen. Das energetisch gemittelte Spektrum wird einer Geschwindigkeitskorrektur (für  $v/v_0 > 1,33$ ) gemäß folgender Gleichung unterzogen:

$$\Delta_v = 20 \lg \frac{v}{v_0}$$

mit:

- $v$ : Zuggeschwindigkeit gemäß Belegungsprogramm für den Prognose-Nullfall
- $v_0$ : arithmetisch mittlere gemessene Zuggeschwindigkeit

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Im Nahbereich von Bahnhöfen wird für haltende Züge von einer Geschwindigkeit von 60 km/h ausgegangen. Lassen es die Randbedingungen zu, können auch direkt die gemessenen Schwing-Schnellepegel der ein- und ausfahrenden Züge der Berechnung zugrunde gelegt werden.

### 3.3.6 Prognose des Ausbauzustands

Die Prognose für den Ausbauzustand erfolgt nach der gleichen Rechenvorschrift wie für den Prognose-Nullfall. Zusätzlich werden folgende Effekte berücksichtigt:

- Gleisverschiebungen (Abstandsänderungen)

Die Pegelabnahme  $\Delta L_B(f)$  wird aufgrund des messtechnisch ermittelten Ausbreitungsverhaltens den neuen Abständen für jedes Gleis getrennt angepasst.

- Zusätzliche Gleise

Zusätzliche Gleise gehen in die Gesamtprognose in vollem Umfang ein. Dazu werden die messtechnisch ermittelten Emissionen, die ebenfalls ermittelten Ausbreitungsbedingungen sowie das Übertragungsverhalten im Gebäude herangezogen.

- Geschwindigkeitsänderungen

Sofern sich im Ausbauzustand Geschwindigkeiten ändern, werden diese nach der Gleichung in Absatz 3.3.5. angepasst.

- Oberbauänderungen

Bei der Prognose wird in Ansatz gebracht, dass sich die Emissionen der neuen Gleise aufgrund der Baugrundverbesserung und des Einbaus von hoch verdichteten Tragschichten nach Ril 836.0501 (vgl. [4]) ändern (siehe Kapitel 3.7).

- Maßgebliche Veränderungen der Schienenführung

Veränderungen wie z. B. neue Weichen oder ein anderes Oberbausystem werden durch ein geeignetes Korrekturspektrum berücksichtigt.

Die Auswirkungen von Weichen werden über das gesamte Frequenzspektrum nach folgender Formel abgeschätzt:

$$dL = +6 \text{ dB} - 5 * \lg (s/8\text{m})$$

mit: s: Abstand zwischen Weiche und Gebäude

- Änderungen des Zugmaterials

Sofern sich im Ausbauzustand das Zugmaterial ändert, wird dies nach der Gleichung in Absatz 3.3.4 in Ansatz gebracht.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

### 3.4 Beurteilung von Erschütterungen

Es existieren zurzeit keine gesetzlichen Regelungen zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen aus Schienenverkehrswegen. Art und Grad der individuellen Beeinträchtigung durch Erschütterungen hängen vom Ausmaß der Erschütterungsbelastung und verschiedenster situativer Faktoren ab. Beispielhaft seien genannt:

- Stärke der Schwingungen (Schwingstärke, KB-Wert),
- Einwirkungsdauer,
- Häufigkeit des Auftretens,
- Art der Erschütterungsquelle (Sichtkontakt, Hörkontakt,...),
- Wohlbefinden der Personen,
- Grad der Gewöhnung.

Die in der Norm DIN 4150 festgelegten Beurteilungsverfahren haben den Zweck, die oben genannten Einflüsse bestmöglich zu berücksichtigen. Im vorliegenden Fall erfolgt die Beurteilung der Erschütterungen gemäß dem Teil 2 dieser Norm: „Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, DIN 4150 Teil 2, Ausgabe 1999 [9].

#### 3.4.1 Die Beurteilungswerte $KB_{Fmax}$ und $KB_{FTm}$

Bei dem  $KB_F(t)$ -Wert gemäß DIN 4150 Teil 2 handelt es sich um eine der menschlichen Wahrnehmung angepasste Größe für die Erschütterungen. Bei der Beurteilung der Erschütterungen wird sowohl die bauliche Nutzung der Umgebung, dem so genannten Einwirkungsort, als auch der Tageszeitraum (Tag/Nacht) berücksichtigt.

Die Norm trägt damit dem Effekt Rechnung, dass bei gleicher Erschütterungsintensität der Grad der Belästigung z. B. in Wohngebieten oder Krankenhäusern höher eingeschätzt wird als in Gewerbe- oder Industriegebieten. Die Norm unterscheidet folgende hier wesentliche Beurteilungsgrößen:

- $KB_{Fmax}$ : Maximalwert von  $KB_F(t)$  während des Beurteilungszeitraumes
- $KB_{FTm}$ : Taktmaximal-Effektivwert, ermittelt aus den jeweiligen Taktmaximalwerten  $KB_{FTi}$
- $KB_{FTr}$ : Aus den energetisch gemittelten Taktmaximal-Effektivwerten ( $KB_{FTm}$ ) der einzelnen Zuggattungen und Gleise über den jeweiligen Beurteilungszeitraum (Tag/Nacht) durch energetische Addition berechnete Beurteilungs-Schwingstärke.

Der  $KB_{FTm}$ - und  $KB_{FTr}$ -Wert wird aus den gemessenen bzw. prognostizierten Terzschnellespektren nach folgenden Gleichungen berechnet:

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

$$KB_F(f) = \frac{v(f)}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2}}$$

$$KB_{FTm} = \sqrt{\sum_{f=1\text{Hz}}^{80\text{Hz}} KB_F^2(f)}$$

$$KB_{FTr} = \sqrt{\sum_{n=\text{Zug}1}^{\text{Zug},N} KB_{FTm}^2}$$

Der  $KB_{Fmax}$ -Wert wird gemäß VDI 3837 [14], Abs. 3.2.6 nach folgender Gleichung für jeden Zugtyp und jedes Gleis ermittelt:

$$KB_{Fmax} = c_m \cdot KB_{FTm}$$

mit

$c_m = 1,5$  bei Betondecken

$c_m = 1,7$  bei Holzbalkendecken

Zur Veranschaulichung der  $KB_{Fmax}$ -Werte im Zusammenhang mit der subjektiven Wahrnehmung kann die Tabelle 1 der VDI 2057 [13], Blatt 3 herangezogen werden. Zudem ist ebenfalls im Anhang D der DIN 4150-2 [9] ein Zusammenhang der  $KB_{Fmax}$ -Werte mit der subjektiven Wahrnehmung dargestellt.

Anmerkung: Die VDI-Richtlinie 2057, Blatt 3, „Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen“ vom Mai 1987 wurde im September 2002 zurückgezogen. Der darin beschriebene Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und der subjektiven Wahrnehmung von Erschütterungseinwirkungen kann aber weiterhin als allgemein gültig betrachtet werden.

Bewertete Schwingstärke KB	Beschreibung der Wahrnehmung
VDI 2057 Blatt 3 (nur informativ)	
< 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 – 100	sehr stark spürbar

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Anhang D der DIN 4150-2	
< 0,1	in der Regel nicht fühlbar und in der Berechnung gleich null zu setzen
0,1 – 0,2	Fühlschwelle, kann bereits als störend empfunden werden
0,3	gut spürbar, kann beim ruhigen Aufenthalt stark störend wahrgenommen werden

Tabelle 1: Zuordnung der Schwingstärke zur Wahrnehmung

### 3.4.2 Anhaltswerte

In Absatz 6.5 der DIN 4150, Teil 2 werden Regelungen für unterschiedliche Erschütterungsverursacher getroffen, in Abs. 6.5.3 wird die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr beschrieben.

Seltene Überschreitungen des oberen Anhaltswerts  $A_o$  gelten beim Schienenverkehr nicht als Ausschlusskriterium für die Einhaltung der Anforderungen an den Erschütterungsschutz (siehe Abs. 6.5.3.5 der DIN 4150-2). Treten für einzelne Zugvorbeifahrten hohe  $KB_{FTI}$ -Werte auf, so empfiehlt die Norm, die verursachende Zugeinheit auf Mängel zu untersuchen. Liegt dagegen für eine Zuggattung insgesamt ein hoher  $KB_{FTM}$ -Wert vor, so schlägt sich dies aufgrund des regelmäßigen und mehr als gelegentlichen Auftretens auch in den  $KB_{FTI}$ -Werten nieder. Daher ist es sachgerecht, die Beurteilung anhand der Anhaltswerte  $A_u$  und  $A_r$  durchzuführen.

Nach der DIN 4150, Teil 2, gelten demnach folgende Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen durch neu zu errichtende Bahnstrecken:

Einwirkungsort	tags		nachts	
	$A_u$	$A_r$	$A_u$	$A_r$
<b>Industriegebiet</b>	0,4	0,2	0,3	0,15
<b>Gewerbegebiet</b>	0,3	0,15	0,2	0,1
<b>Kern-, Misch-, Dorfgebiet</b>	0,2	0,1	0,15	0,07
<b>Wohngebiet</b>	0,15	0,07	0,1	0,05
<b>Sondergebiet</b>	0,1	0,05	0,1	0,05

Tabelle 2: Anhaltswerte  $A$  gemäß DIN 4150, Teil 2 für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbaren Räumen (für Neubahnstrecken ohne Vorbelastung)

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Nach Absatz 6.5.3.1 der DIN 4150-2 sind Einwirkungen in Ruhezeiten nicht zusätzlich zu gewichten. Nach Absatz 6.5.3.4 a) gelten die Anhaltswerte für neu zu bauende Strecken: „Als neu im Sinne dieser Norm wird eine Strecke dann angesehen, wenn ihre Trasse so weit von bestehenden Trassen entfernt verläuft, dass die Erschütterungseinwirkungen bestehender Trassen für die Beurteilung vernachlässigbar sind.“ Dies ist beim vorliegenden Vorhaben sicher nicht der Fall.

### 3.4.3 Rechtlicher Rahmen und Berücksichtigung der Vorbelastung

Die Ansprüche betroffener Anwohner auf Schutzvorkehrungen des aktiven oder passiven Erschütterungsschutzes bzw. auf Geldausgleich beurteilen sich in Ermangelung spezialgesetzlicher Vorschriften nach § 74 Abs. 2 Satz 2 und 3 VwVfG. Danach sind Schutzvorkehrungen unter anderem dann anzuordnen, wenn dies zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen auf Rechte Anderer erforderlich ist. Wann dies der Fall ist, wird in der genannten Vorschrift nicht weiter ausgeführt. Deswegen ist auf allgemeine Grundsätze des Immissionsschutzrechts zurückzugreifen. Erschütterungsimmissionen können je nach Ausmaß eine schädliche Umwelteinwirkung darstellen (§ 3 Abs. 1 und 2 BImSchG), indem sie das rechtlich geschützte Interesse an einer ungestörten Wohnnutzung beeinträchtigen. Diese Einwirkungen sind dann zu vermeiden und gegebenenfalls auszugleichen, wenn sie dem Betroffenen nicht mehr zugemutet werden können. Fehlt es an einer normativen Festlegung, ist die Zumutbarkeitsschwelle im Einzelfall zu bestimmen.

Eventuell vorhandene individuelle Befindlichkeiten und Empfindlichkeiten der Betroffenen sind dabei allerdings nach dem differenziert-objektiven Maßstab des Immissionsschutzrechts, das sich am durchschnittlich empfindlichen Menschen einschließlich der Angehörigen überdurchschnittlich empfindlicher Gruppen orientiert, unbeachtlich. Vielmehr kommt es maßgeblich auf die Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit der betroffenen Nutzung am jeweiligen Immissionsort an; diese richtet sich nach der Art des Gebietes, in dem das Grundstück liegt, und den weiteren konkreten tatsächlichen Verhältnissen. Bei dieser Bewertung ist der vorhandene technisch-wissenschaftliche Sachverstand, der insbesondere in technischen Regelwerken zum Ausdruck kommt, heranzuziehen.

Die hier einschlägige DIN 4150 Teil 2 (Erschütterungen im Bauwesen; Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden - Juni 1999) gibt in Tabelle 1 für den Neubau von Eisenbahnstrecken nach Baugebieten sowie für Tag und Nacht unterschiedliche Anhaltswerte vor (Ziff. 6.5.3.4 a). Diese Werte sind sowohl bezogen auf die nach dem Taktmaximalverfahren gemessene maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{F_{max}}$  als auch auf die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{F_{Tr}}$ . Diese kennzeichnet die in der Beurteilungszeit auftretenden Erschütterungsimmissionen durch einen zeitbezogenen Mittelwert im Sinne einer energetischen Addition über die Beurteilungszeit, der die Zughäufigkeit und die mittlere Dauer einer Zugvorbeifahrt entsprechend berücksichtigt.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Die korrelierenden Anhaltswerte  $A_o$  und  $A_r$  bezeichnen dabei nicht die Schwelle des enteignungsrechtlich nicht Zumutbaren, sondern liegen, da sie auf das billigerweise nicht Zumutbare bezogen sind, deutlich darunter. Auf Ausbaumaßnahmen sind diese Anhaltswerte aber nicht unmittelbar anwendbar (Ziffer 6.5.3.4 c). Denn hier ist die immissionsschutzrechtliche Situation entscheidend durch den vorhandenen Bestand geprägt. Aus dem Gebot der gegenseitigen Rücksichtnahme folgen besondere Duldungspflichten, so dass Erschütterungen, die sich im Rahmen einer plangegebenen oder tatsächlichen Vorbelastung halten, deswegen - jedenfalls in aller Regel - zumutbar sind, auch wenn sie die Anhaltswerte übersteigen. Ein Anspruch auf eine Verbesserung der Erschütterungssituation im Sinne einer Erschütterungssanierung besteht folglich nicht. Ein Erschütterungsschutz kann vielmehr nur dann verlangt werden, wenn die Erschütterungsbelastung sich durch den Ausbau in beachtlicher Weise erhöht und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche, dem Betroffenen billigerweise nicht mehr zumutbare Belastung liegt.

Für die Bewältigung des Belanges der Erschütterungsimmissionen in der Planfeststellung bei Ausbaustrecken ist die Erschütterungsbelastung der vorhandenen Schienenwege zu ermitteln, um im Vergleich mit der Prognose im ausgebauten Zustand die Veränderung feststellen zu können. Reale und geldwerte Abwendungs- bzw. Ausgleichsansprüche bestehen folglich nur insoweit, als das Auftreten höherer Erschütterungseinwirkungen als die Belastung aus den vorhandenen Anlagen eine zusätzliche unzumutbare Beeinträchtigung darstellt.

Zur Klärung des Begriffes „spürbare Erhöhung“ oder „wesentliche Änderung“ der Erschütterungsimmissionen wurde eine Laborstudie an Probanden durchgeführt [18]. Ein Ziel dieser Laborstudie war zu ermitteln, welcher Minimalbetrag an Erschütterungsenergieänderung benötigt wird, um wahrgenommen zu werden. Die im Labor untersuchte Erschütterungsdifferenz von 25 %  $KB_{Fmax}$ -Erhöhung wurde als gerade noch erkennbarer Unterschied festgestellt. Diese Laborunterschiedsschwelle ist als untere Grenze zu verstehen und liegt auf der sicheren Seite. Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die in der Richtlinie 820.2050 [15] bzw. die in höchstrichterlichen Rechtsprechungen getroffenen Annahme.

Entsprechend dem Vorstehenden sowie der Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der Planfeststellung [22] werden in der vorliegenden Untersuchung folgende Beurteilungskriterien angewendet:

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

- *Ist  $KB_{Fmax} \leq A_u$ , sind keine weiteren Betrachtungen erforderlich. Die Anforderungen der DIN 4150 Teil 2 sind eingehalten.*
- *Ist  $KB_{Fmax} > A_u$  und  $KB_{FT} \leq A_r$ , dann sind die erschütterungstechnischen Anforderungen ebenfalls eingehalten.*
- *Ist  $KB_{FT} > A_r$ , dann erfolgt die Beurteilung auf Basis der wesentlichen Änderung (spürbare Erhöhung), wie folgt: Ist die Erhöhung der Erschütterungsimmissionen der  $KB_{FT}$ -Werte im Ausbaufall  $\leq 25\%$  gegenüber der Belastung ohne Ausbau, dann liegt keine wesentliche Erhöhung vor und die Anforderungen sind eingehalten.*
- *Wenn der  $KB_{FT}$  sich im Ausbaufall um mehr als 25 % der Belastung gegenüber dem Bestandsfall erhöht, dann liegt eine wesentliche Änderung (spürbare Erhöhung) vor und es müssen Maßnahmen zur Reduzierung der Erschütterungsimmissionen in Betracht gezogen werden.*
- *Abschnitte mit Beurteilungsschwingstärken von  $KB_{FT}$  ab einem Bereich von 1,1 tags und 0,7 nachts als Vorbelastung, die vorhabenbedingt gering (ab dritte Nachkommastelle) ansteigen, sind gutachterlich besonders zu untersuchen und unter Berücksichtigung des Einzelfalls im Hinblick auf den Eigentums- und Gesundheitsschutz in der Abwägung über zu treffende Schutzmaßnahmen zu betrachten.*

#### 3.4.4 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Die DIN 4150, „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 3, vom Dezember 2016 [10] nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung keine Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes zu erwarten sind. Diese Anhaltswerte liegen um ein Vielfaches höher als die Anhaltswerte bei Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.

Im Allgemeinen sind aus dem Schienenverkehr keine Überschreitungen im Sinne dieser Norm zu erwarten.

#### 3.5 Beurteilung von sekundärem Luftschall

Durch Körperschallübertragung bzw. -anregung der Raumbegrenzungsflächen kann in Gebäuden sogenannter „sekundärer Luftschall“ entstehen und einen u. U. nicht zu vernachlässigenden Anteil am gesamten Innenraumpegel hervorrufen. Dieser Effekt kann vor allem dort zu Belästigungen führen, wo der primäre Luftschall (Direktschall), der durch die Außenhaut des Gebäudes nach innen dringt, eine geringe Rolle spielt. Das kann vor allem zutreffen bei von der Bahntrasse abgewandten, gut schalldämmten Räumen, bei Tunnelstrecken und dort, wo umfangreiche Lärmvorsorge getroffen wird.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Die messtechnische Ermittlung des sekundären Luftschalls ist derzeit nicht eindeutig geregelt und nur bei unterirdischen Strecken mit vertretbarem Aufwand durchführbar. Die Prognostizierung beruht auf den (spektralen) Körperschallschnelle-Immissionsberechnungen, welche physikalisch mit dem Abstrahlgrad der Raumbegrenzungsflächen verbunden sind.

Die Ermittlung des Abstrahlverhaltens Körperschall-Luftschall in den betroffenen Gebäuden (von der Bausubstanz abhängig) ist nur mit hohem Aufwand möglich. Es hat sich eine Vorgehensweise entwickelt und bewährt, den Zusammenhang zwischen dem Körperschall-Schnellepegel in Fußbodenmitte und dem im Raum entstehenden sekundären Luftschallpegel bzw. Gesamtinnenschallpegel durch Korrelationsbetrachtungen aus messtechnisch ermittelten und statistisch verwerteten Beziehungen zu bestimmen.

Die Vorgehensweise ist in der Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“ [15] beschrieben. In Abhängigkeit von Gebäude-Bauweise (Betondecken oder Holzbalkendecken) werden für alle Zugattungen aus den prognostizierten oder gemessenen spektralen Körperschall-Schnellepegeln am Fußboden die dazugehörigen sekundären Luftschall-Pegel (mittlerer Pegel über die Vorbeifahrzeit, als Maximalpegel zu verstehen) ermittelt. Die Beurteilungspegel  $L_i$  werden daraus über die Einwirkungsdauer (Vorbeifahrzeiten) im Beurteilungszeitraum bestimmt. Dabei werden auch die im Belegungsprogramm angegebenen unterschiedlichen Zuglängen berücksichtigt.

Zur Beurteilung des sekundären Luftschalls aus Schienenverkehr fehlen gesetzliche Regeln und Grenzwerte. Im Vergleich zu üblichen Verkehrsgeräuschen handelt es sich bei dem sekundären Luftschall um ein Geräusch, das von allen Raumbegrenzungsflächen abgestrahlt wird, nicht richtungsorientiert hörbar ist und sich mit dem vorhandenen Grundgeräusch (Ruhegeräuschpegel) überdeckt, d. h. nur in den tiefen Frequenzen z. T. dazu beiträgt.

Bis zur Festlegung gesetzlich verbindlicher Grenzwerte kommen als Zumutbarkeitsschwellen für die Beurteilung des sekundären Luftschalls die aus den Vorgaben der 24. BImSchV [7] vom Februar 1997 ableitbaren Richtwerte in Betracht, da sie ein für die Beurteilung von Verkehrslärm in Innenräumen geschaffenes Regelwerk sind.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Auch für den sekundären Luftschall gilt: bei Überschreitung der aus den Richtwerten dieser Regelwerke abgeleiteten Zumutbarkeitsschwellen darf in Anlehnung an die Rechtsprechung vor Inkrafttreten der 16.BImSchV [21], durch die Ausbaumaßnahmen bedingt, keine wesentliche Zunahme stattfinden. Bei Luftschall-Immissionen ist allgemein üblich, Pegelerhöhungen ab 3 dB(A) als wesentlich anzusehen. Die Bezugszeiträume sind:

- Tag: 6 – 22 Uhr
- Nacht: 22 – 6 Uhr

Die 24. BImSchV macht Angaben über das erforderliche Schalldämm-Maß der Außenbauteile in Abhängigkeit vom Außenpegel (Direktschall). Sie ist als einzige der Luftschall-Regelwerke für Schienenverkehr einschlägig. In der 24. BImSchV werden zur Bestimmung von Fenster-Schallschutzklassen (aus dem Fenster-Schalldämm-Maß  $R'_{W, res}$ ) zum Schutz vor Außenlärm (Direktschall) Korrektursummanden  $D$  angegeben. Gleichung (1) aus der 24. BImSchV gibt für das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{W, res}$  für Schlafräume an:

$$R'_{W, Res} = L_{R,N} + 10 * \lg\left(\frac{S_G}{A}\right) - D + E$$

mit:

- $L_{r,N}$ : Beurteilungspegel für die Nacht in dB(A) nach Anlage 1 und 2 der 16. BImSchV
- $S_g$ : vom Raum aus gesehene Gesamtaußenfläche in m<sup>2</sup>
- $A$ : äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in m<sup>2</sup>
- $D$ : Korrektursummand in dB (zur Berücksichtigung der Raumnutzung)
- $E$ : Korrektursummand in dB (der sich aus dem Spektrum des Außengeräusches und der Frequenzabhängigkeit der Schalldämm-Maße von Fenstern ergibt)

Der Korrektursummand  $D$  ist der um 3 dB(A) reduzierte, höchstzulässige Innengeräuschpegel (A-bewertete Mittelungspegel) gemäß den angegebenen Raumnutzungen für schutzbedürftige Aufenthaltsräume.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Raumnutzung	Korrektursummand D
Räume, die überwiegend zum Schlafen benutzt werden	27
Wohnräume	37
Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	37
Konferenz- und Vortragsräume, allgemeine Laborräume, Büroräume	42
Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständig Arbeitsplätze vorhanden sind	47
Sonstige Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind	entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen

Tabelle 3: Korrektursummanden D gemäß 24. BImSchV (Ausgabe 1997)

Demnach betragen die höchstzulässigen Innengeräuschpegel  $L_i$  über die Beurteilungszeiten Tag: 6 – 22 Uhr, Nacht: 22 – 6 Uhr:

in Wohnräumen	$L_{i,Tag} = 40 \text{ dB(A)}$ am Tag
in Schlafräumen	$L_{i,Nacht} = 30 \text{ dB(A)}$ in der Nacht

Die aus der 24. BImSchV zumutbaren Innenraumpegel gelten für alle Arten von Verkehrsgeräuschen. Dieser wird jedoch von den betroffenen je nach Emissionsart als unterschiedlich belästigend wahrgenommen. Im vorliegenden Fall ist nach § 4 Absatz 3 der 16. BImSchV für Vorhaben, für die bis zum 31. Dezember 2014 das Planfeststellungsverfahren bereits eröffnet und die Auslegung des Plans öffentlich bekannt gemacht worden ist, weiterhin die bis zum 31. Dezember 2014 gültige Fassung anzuwenden, in welcher ein Belästigungsunterschied in Höhe von 5 dB(A) zwischen verschiedenen Verkehrsträgern zu berücksichtigen ist und auch hier Anwendung findet.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebersfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

### 3.6 Zusammenfassendes Beurteilungsschema

Entsprechend den vorhergehenden Unterkapiteln wird in der nachfolgenden Abbildung die Beurteilung der Erschütterung und des Sekundärschalls in Form eines Flussdiagramms zusammenfassend dargestellt.

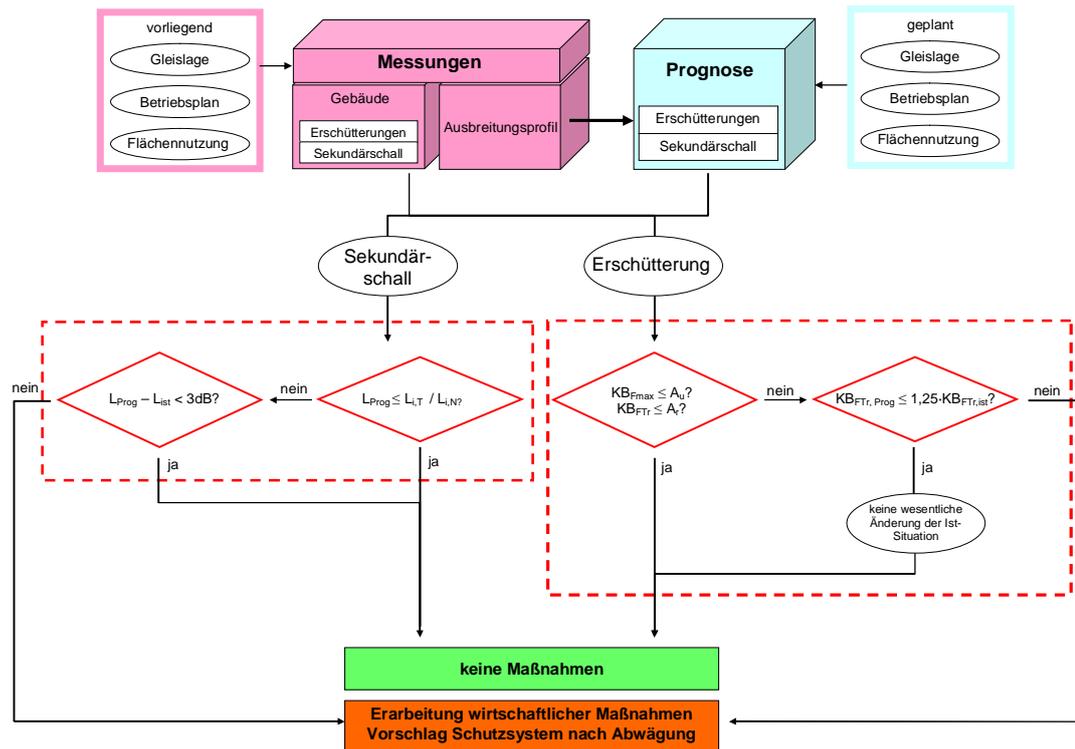


Abbildung 6: Flussdiagramm zur Beurteilung der Erschütterungen und des Sekundärschalls

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

### **3.7 Beschreibung von Schutzmaßnahmen**

Die Maßnahmen zur Reduzierung von Erschütterungen sind begrenzt. Es kommen nur in der Praxis erprobte und dauerhaft wirksame Maßnahmen in Frage. Entsprechend dem aktuellen Stand der Technik existieren folgende Möglichkeiten:

#### **3.7.1 Baugrundverbesserung und Einbau von hoch verdichteten Tragschichten**

Bei dieser Maßnahme wird die Eigensteifigkeit des Unterbaus durch eine Baugrundverbesserung (z. B. Einwalzen von Grobschlag, Einfräsen von Mischbinder, Bodenaustausch etc.) erhöht sowie hoch verdichtete Tragschichten zwischen Ober- und Unterbau des Gleiskörpers (Planums- bzw. Frostschuttschicht) angeordnet. Durch diese Maßnahme können die Körperschallpegel im Bereich tiefer Frequenzen bis ca. 30 Hz erheblich reduziert werden. Im höher frequenten Bereich zwischen etwa 50 Hz und 100 Hz sind durch die Untergrundversteifung grundsätzlich höhere Körperschallpegel nicht auszuschließen. Diese Maßnahme erscheint vor allem bei Gebäuden mit niedrigen Deckeneigenfrequenzen (z. B. Holzbalkendecken bzw. leichte Betondecken o. ä.) vorteilhaft.

#### **3.7.2 Schwellenbesohlung**

Bei dieser Maßnahme werden Elastomermaterialien unterhalb der Betonschwellen angeordnet und dann im herkömmlichen Schotterbett verlegt. Bei dieser Lösung ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine gute Körperschalldämmende Wirkung zu erwarten ist. Diese Maßnahme erscheint vor allem bei Gebäuden mit höheren Deckeneigenfrequenzen (z. B. Betondecken mit schwimmenden Estrich o. ä.) vorteilhaft.

#### **3.7.3 Schottertrog mit Unterschottermatte (USM im Trog)**

Unterschottermatten werden vollflächig zwischen Schotterbett und einem Trogbauwerk verlegt. Aufgrund der fahrdynamisch erforderlichen Steifigkeiten sind Erschütterungsminderungen erst ab ca. 25 – 30 Hz zu erwarten. Unterhalb dieser Frequenz können Verstärkungen der Erschütterungen auftreten. Die negativen Effekte der Unterschottermatte in den tieferen Frequenzen werden durch den Schottertrog neutralisiert, weshalb diese Maßnahme vor allem bei Gebäuden mit niedrigen Deckeneigenfrequenzen (z. B. Holzbalkendecken bzw. leichte Betondecken o. ä.) vorteilhaft erscheint. Der Schottertrog wird zudem dafür benötigt, um das seitliche Fließen des Schotters auf der Unterschottermatte zu verhindern.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

### **3.7.4 Masse-Feder-System (MFS)**

Der Einsatz eines Masse-Feder-Systems (MFS) führt zu den größten Schwingungsminderungen. Der Oberbau kann als Feste Fahrbahn oder Schotteroberbau ausgeführt werden. Diese Maßnahme führt zu einer wirksamen Reduzierung der Erschütterungsimmissionen in Gebäuden mit niedrigen und hohen Deckeneigenfrequenzen. Des Weiteren führen MFS auch zur deutlichen Reduzierung des Sekundären Luftschalls. Beim Einsatz dieses Systems ist mit erheblichen technischen Zwängen und Kosten zu rechnen.

### **3.7.5 Maßnahmen am Ausbreitungsweg**

Maßnahmen zur Erschütterungsreduzierung können am Ausbreitungsweg zwischen den Gleisanlagen und Gebäuden eingesetzt werden, z. B.:

- Isolierschlitz
- Schwere Abschirmwände

Diese Maßnahmen erweisen sich häufig aufgrund ortspezifischer Zwänge und eigentumsrechtlicher Belange als nicht realisierbar oder unverhältnismäßig aufwändig.

### **3.7.6 Maßnahmen am Gebäude**

Auch an den betroffenen Gebäuden können Maßnahmen zur Erschütterungsreduktion eingesetzt werden, z. B.:

- Vollständige elastische Lagerung
- Verstimmung einzelner Decken durch Einbau von Stützen oder Bedämpfung der Decken durch Einbau von Tilgern
- Seitliche Abschirmung des Gebäudes mit elastischen Matten

Diese Maßnahmen sind jeweils nur an einem Immissionsort wirksam und erweisen sich häufig als nicht realisierbar oder unverhältnismäßig aufwändig.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

### 3.7.7 Auswahl der Schutzmaßnahmen

Entsprechend dem aktuellen Stand der Technik können am Emissionsort die in der folgenden Tabelle angegebenen Maßnahmen angewendet werden. Zudem ist nach den Bestimmungen des Verwaltungsverfahrensgesetzes (VwVfG) neben der Prüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen ebenfalls eine Prüfung der Verhältnismäßigkeit der Kosten zum Schutzzweck in Form einer schutzfallbezogenen Kostenabwägung erforderlich. Deshalb enthält die nachstehende Tabelle ebenfalls eine Kostenschätzung der Mehrkosten je Gleis für die jeweilige Maßnahme.

Maßnahme	Wirksamkeit	Mehrkosten je Gleis [€/Meter]
Einbau von hoch verdichteten und bindemittelstabilisierten Tragschichten	mittel bei tiefen Frequenzen	keine Mehrkosten
Schwellenbesohlung	im Einzelfall zu prüfen	90,-
Schottertrog mit Unterschottermatte	mittel	1.200,-
Masse-Feder-System	groß	4.600,-

Tabelle 4: Erschütterungsreduzierende Maßnahmen und Kostenschätzung

Die obenstehende Tabelle enthält Mehrkosten gegenüber dem Bau eines Standardgleises. Sofern die erschütterungsmindernde Maßnahme bei einem eigentlich nicht zu verändernden Bestandsgleis angewendet werden soll, ergeben sich durch den erforderlichen Rückbau des bestehenden Gleises Zusatzkosten. Da im vorliegenden Fall alle Gleiskörper im Endzustand neu errichtet werden, sind etwaige Zusatzkosten für den erforderlichen Rückbau von bestehenden Gleisen nicht anzusetzen.

Anmerkung: Im Bereich von Weichen können sich andere Kosten gegenüber den in der Tabelle 4 angegebenen Kostenschätzungen ergeben, wobei diese ggf. zusätzlichen Kosten bei der durchgeführten Kosten-Nutzen-Analyse (siehe Unterlage 15.2 Anhang II) nicht berücksichtigt wurden.

Die in der Prognoseberechnung verwendeten frequenzabhängigen Pegelminderungen der einzelnen Systeme sind in nachfolgender Tabelle dargestellt ([19], [24]).

Anmerkung: Positive Zahlenwerte in den jeweiligen Terzmittenfrequenzen stellen eine Dämmwirkung der Schutzmaßnahme, d. h. eine Pegelminderung der Immissionen dar. Negative Zahlenwerte in den jeweiligen Terzmittenfrequenzen bedeuten eine Pegelerhöhung der Immissionen.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Terzmitten- frequenz [Hz]	Einbau von hoch verdichteten und bindemittelstabilisierten Tragschichten [dB]	Schwellen- besohlung [dB]	USM im Trog [dB]	Masse-Fe- der-System [dB]
4	0	3	3	3
5	1,7	3	3	2
6,3	3,4	2	3	-2
8	4	2	3	-8
10	4	2	3	2
12,5	4	2	4,45	7
16	4	1	6	10,4
20	3,4	1	6	12,7
25	1,7	1	6	15
31,5	0	1	6	17,2
40	-1	4	5	18
50	-2	6	0	18,8
63,5	-3	7	0	19,5
80	-3,7	10	4	20
100	-4,4	10	4	20
125	-5	10	4	20
160	-5	10	4	20
200	-5	10	2	20
250	-5	10	2	20
315	-5	10	2	20

Tabelle 5: *Einfügedämmwerte erschütterungsreduzierender Maßnahmen (Pegelminderung in dB)*

§ 74 Abs. 2 Satz 3 VwVfG sieht vor, dass erforderliche Vorkehrungen oder Anlagen zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen auf Rechte Dritter nur dann zu realisieren sind, soweit sie „tunlich“ sind. Untunlich sind Schutzvorkehrungen dann, wenn es entweder gar keine Vorkehrungen gibt, die wirksamen Schutz bieten könnten oder wenn die geeigneten Vorkehrungen unzumutbare oder außer Verhältnis zum Schutzzweck stehende, nicht mehr vertretbare Aufwendungen erfordern würden. Um die Verhältnismäßigkeit bzw. Unverhältnismäßigkeit der Kosten einer Maßnahme oder einer Kombination von Maßnahmen zu bewerten, werden die entstehenden Kosten in Relation zum Nutzen der Maßnahme gesetzt.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Als Nutzen wird die Anzahl der Gebäude gesehen, bei denen durch die Maßnahme die ursprüngliche Überschreitung der maßgeblichen Anhaltswerte gelöst werden kann (gelöster Schutzfall). Die Anwendung einer Kosten-Nutzen-Analyse erscheint somit ein praktikabler Umsetzungsmaßstab zur Entscheidungsunterstützung bei einer notwendigen Abwägung.

Neben der Prüfung der Wirksamkeit der jeweiligen Schutzmaßnahme wird demzufolge eine sogenannte schutzfall-bezogene Kostenabwägung durchgeführt. Bei dieser schutzfall-bezogenen Kostenabwägung werden dabei den Kosten der Schutzmaßnahme die Anzahl der dadurch geschützten Objekte gegenüber gestellt. Es ergeben sich dadurch Kosten je gelösten Schutzfall (d. h. geschützten Objekt).

#### **4 Vorgehensweise zur Behandlung betriebsbedingter Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen**

Für die Untersuchung von Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen im Rahmen der Planfeststellung von Bahnstrecken hat sich ein mehrstufiges Vorgehen für die Prognose bewährt (s. a. DB-Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“ [15]), das nachfolgend beschrieben ist:

##### **4.1 Phase 1 – Konfliktanalyse**

In dieser Phase werden die für die Immissionen relevanten baulichen Eingriffe aufgelistet, ebenso wie die Bebauung mit baulicher Nutzung nach BauNVO im Einwirkungsbereich der Maßnahme.

Anhand von Erfahrungswerten wird sich insbesondere aus dem Vergleich der Situation vor bzw. nach der Maßnahme (Zugprogramm, Fahrgeschwindigkeit, Gleislage, zusätzliche Weichen/Richtungsgleise etc.) abgeschätzt, ob eine wesentliche Änderung der Immissionssituation zu erwarten ist.

##### **4.2 Phase 2 – Korridor Grenzen**

Kann nicht mit ausreichender Sicherheit bereits in Phase 1 ausgeschlossen werden, dass es zu keiner wesentlichen Änderung der Immissionssituation kommt, wird in Phase 2 die Anregung und Ausbreitung von Erschütterungen messtechnisch untersucht. Entlang der Maßnahme werden dazu sowohl Emissionsspektren als auch die vorherrschenden bodenspezifischen Abnahmefunktionen ermittelt.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Zusammen mit statistisch abgesicherten Gebäudeübertragungsfunktionen lassen sich damit Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen in Gebäuden in Abhängigkeit vom Abstand zur Bahntrasse ermitteln. Dadurch können Korridore abgeschätzt werden, innerhalb derer eine Überschreitung der von der rechtlich zulässigen Nutzung abhängigen Anspruchskriterien für den Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall nicht ausgeschlossen werden kann.

Ausgehend von ermittelten Korridoren werden in Phase 2 außerdem Referenzgebäude für die weitergehende Untersuchung ausgewählt (siehe Unterlage 15.2 Anhang III).

#### **4.3 Phase 3 – Detailuntersuchung**

Im Rahmen der Detailuntersuchung wird für die zuvor gewählten Referenzgebäude die spezifische Schwingungsübertragung ins Gebäude messtechnisch erfasst. Im Rahmen von Ausbaumaßnahmen werden in dieser Phase außerdem Beweissicherungsmessungen an den Gebäuden durchgeführt.

Mit den ermittelten Gebäudeübertragungsfunktionen/Immissionen in den Gebäuden wird für den Ausbauzustand eine Prognose der Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen durchgeführt und die Ergebnisse mit den Anhalts- bzw. Richtwerten (s. a. Erläuterungen in nachfolgenden Abschnitten) verglichen.

Anhand der Prognoseergebnisse für die Referenzgebäude wird außerdem die Betroffenheit (wesentliche Änderung der Immissionssituation) der übrigen innerhalb der Korridor Grenzen liegenden Gebäude abgeschätzt, die nicht im Detail untersucht wurden.

#### **4.4 Phase 4 – Schutzmaßnahmen**

In Phase 4 wird untersucht, ob die Wirksamkeit verfügbarer Schutzmaßnahmen ausreicht, die Anspruchskriterien für den Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall zu erfüllen. Auf der Grundlage der Prüfung geeigneter Schutzmaßnahmen werden deren Kosten ermittelt, eine schutzfallbezogene Kostenabwägung durchgeführt und ggf. Restbetroffenheiten angegeben.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

## 5 Konfliktanalyse und Korridor Grenzen

Das für die weitergehenden Untersuchungen angesetzte Belegungsprogramm für den Prognose-Nullfall (ohne Streckenausbau) und den Prognose-Fall (mit Streckenausbau) [3] im Planfeststellungsabschnitt 22 ist nachfolgend zusammengefasst. Die detaillierten Parameter sind dem Anhang I zu entnehmen.

Südlich Bamberg Hbf							
Zugart	Anzahl der verkehrenden Züge, PFA 22					Entwurfsge- schwindigkeit v bis [km/h]	Länge bis [m]
	Prognose-Nullfall		Prognose-Fall				
	5900		5900	5919			
Beurteilungszeitraum Tag (06:00 bis 22:00 Uhr)							
SPFV	38		-		80	160 (230)	400
SPNV	96		42		64	160	180
SGV	34		28		36	120	500
Beurteilungszeitraum Nacht (22:00 bis 06:00 Uhr)							
SPFV	2		-		8	160 (230)	400
SPNV	19		8		8	160	180
SGV	28		15		21	120	500
Nördlich Bamberg Hbf							
Zugart	Anzahl der verkehrenden Züge, PFA 22					Entwurfsge- schwindigkeit v bis [km/h]	Länge bis [m]
	Prognose-Nullfall		Prognose-Fall				
	5100	5102	5100	5102	5919		
Beurteilungszeitraum Tag (06:00 bis 22:00 Uhr)							
SPFV	38	-	16	-	64	160 (230)	400
SPNV	136	70	112	76	32	160	180
SGV	18	14	15	14	36	120	500
Beurteilungszeitraum Nacht (22:00 bis 06:00 Uhr)							
SPFV	2	-	-	-	8	160 (230)	400
SPNV	15	10	14	12	4	160	180
SGV	15	14	14	3	21	120	500

Tabelle 6: Übersicht des Belegungsprogramms im Prognose-Nullfall und Prognose-Fall

Anmerkung: Für den Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) wird die Entwurfsgeschwindigkeit im Prognose-Fall mit bis zu  $v = 230$  km/h angesetzt.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

## 5.1 Durchführung einer Konfliktanalyse

Entsprechend der in Kapitel 4 dargestellten Vorgehensweise wird in einem ersten Schritt anhand von Erfahrungswerten eine wesentliche Änderung, d. h. eine signifikante Erhöhung der Erschütterungsimmissionen um mehr als 25 % bzw. eine wesentliche Erhöhung der Sekundärluftschallimmissionen um mehr als 3 dB(A), abgeschätzt.

Eine wesentliche Änderung der Immissionssituation kann insbesondere durch folgende Parameter bedingt sein:

- Änderung der Entwurfsgeschwindigkeiten bzw. der örtlich zul. Geschwindigkeiten (VzG)

Auf Grundlage der im Anhang dargestellten Verkehrsprognosen für den Nullfall bzw. Planfall ist davon auszugehen, dass insbesondere für den Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) relevante Anpassungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten vorgesehen sind und sich demzufolge daraus Erhöhungen in der Immissionssituation ergeben können.

Für die übrigen Zuggattungen des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) bzw. des Schienengüterverkehrs (SGV) sind keine Anpassungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten vorgesehen.

- Änderungen des Zugmaterials

Eine Änderung des Zugmaterials ist anhand der Verkehrsprognosen für den Nullfall bzw. Planfall nicht vorgesehen.

- Änderungen des Belegungsprogramms

Durch die Gesamtzahl der im Nullfall bzw. Planfall verkehrenden Züge lässt sich zwar keine wesentliche Änderung erwarten. Insbesondere im Beurteilungszeitraum Tag erhöht sich jedoch sowohl der lokbespannte Schienengüterverkehr (SGV) als auch der Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) gegenüber dem Schienenpersonennahverkehr (SPNV) signifikant. Erfahrungsgemäß können von diesen beiden Zuggattungen höhere Erschütterungsemissionen als vom SPNV ausgehen, weshalb eine wesentliche Änderung der Immissionssituation nicht per se auszuschließen ist.

- Änderung der Gleislagen

Durch den Anbau von zwei zusätzlichen Gleisen verändern sich insbesondere auch die Gleislagen und somit die Abstände zu den bestehenden Anwesen. Durch das Heranrücken der Gleisachsen an die schutzwürdige Nachbarschaft ist demzufolge eine wesentliche Änderung der Immissionssituation nicht auszuschließen.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

- Einbau oder Rückbau von Weichenverbindungen

Im Rahmen der Ausbaumaßnahmen ist ebenfalls ein Neu- bzw. Rückbau von Weichenverbindungen vorgesehen, die zu einer Änderung der Immissionssituation führen können.

- Neubau zusätzlicher Richtungsgleise

Durch die Ausbaumaßnahmen ist der Neubau zusätzlicher Richtungsgleise vorgesehen.

- Änderungen im Gleisoberbau/-unterbau

Durch die Ausbaumaßnahmen ist zwar keine Änderung des Gleisoberbaus, jedoch sind Änderungen im Gleisunterbau durch den Einbau von hochverdichteten Tragschichten vorgesehen.

Durch die oben beschriebenen Änderungen und hier insbesondere der Anpassung des Belegungsprogramms sowie das teilweise Heranrücken der Gleisanlagen an die schutzwürdige Nachbarschaft ist für den gesamten Planungsabschnitt eine wesentliche Änderung der Immissionssituation nicht auszuschließen.

## 5.2 Ermittlung von Korridor Grenzen

Zur Bestimmung von Korridor Grenzen wurden an einem Querschnitt auf der freien Strecke im Planfeststellungsabschnitt 22 (Strecke 5900 bei ca. Bahn-km 58,87) Emissionsspektren der verkehrenden Zugarten sowie baugrundspezifische und abstandsabhängige Übertragungsfunktionen messtechnisch ermittelt.

Ausgehend von den Emissionsspektren, den baugrundspezifischen und abstandsabhängigen aus Messungen vor Ort sowie den aus [15] in Kapitel 3.3 angegebenen, statistisch ermittelten Gebäude-Übertragungsfunktionen für Räume mit Betondeckenaufbau bzw. für Räume mit Holzbalkendeckenaufbau wurden im Weiteren Korridor Grenzen ermittelt, in welchen die Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall überschritten werden können.

Innerhalb der untenstehend ermittelten Korridor Grenzen ist nicht auszuschließen, dass potenzielle Betroffenheiten auftreten können, sofern Gebäude bzw. Gebäudeteile darin liegen.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Schutzbedürftigkeit des Einwirkungsortes	Betroffenheitskorridor für Gebäude mit	
	Betondecken	Holzbalkendecken
Südlich Bamberg Hbf		
Wohngebiet	20 m	58 m
Mischgebiet	12 m	37 m
Gewerbegebiet	8 m	22 m
Nördlich Bamberg Hbf		
Wohngebiet	22 m	60 m
Mischgebiet	14 m	39 m
Gewerbegebiet	9 m	24 m

Tabelle 7: Darstellung der allgemeinen Korridor Grenzen

Anmerkung: Die Ermittlung der allgemeinen Korridor Grenzen basiert auf einer oberen Abschätzung unter Berücksichtigung von statistisch ermittelten Gebäude-Übertragungsfunktionen, bei welchem Abstand zu den Gleisanlagen die Anforderungen der DIN 4150-2 bzw. der 24. BImSchV in Abhängigkeit von der Schutzbedürftigkeit des Einwirkungsortes nicht eingehalten werden können.

Demnach sind insbesondere anhand der örtlichen Gegebenheiten, der Art der baulichen Nutzungen sowie des Belegungsprogramms im Prognose-Nullfall bzw. Prognose-Planfalls potenzielle Betroffenheiten an den Strecken 5102 (ab SÜ Kronacher Straße), 5103 bzw. 5107 auszuschließen. Im Bereich von ca. Bahn-km 56,16 (bezogen auf Strecke 5900) bis ca. Bahn-km 59,56 (bezogen auf Strecke 5900) können ebenfalls potenzielle Betroffenheiten ausgeschlossen werden. Potenzielle Betroffenheiten können sich demnach ausschließlich im Bereich von ca. Bahn-km 59,56 (bezogen auf Strecke 5900) bis ca. Bahn-km 1,19 (bezogen auf Strecke 5100) ergeben.

Die Korridor Grenzen sind in den Planunterlagen der Unterlage 15.2.1 in Abhängigkeit von der Schutzbedürftigkeit des Einwirkungsortes dargestellt.

## 6 Durchgeführte Beweissicherungsmessungen

### 6.1 Ausgewählte Gebäude

Die Auswahl der messtechnisch zu untersuchenden Referenzgebäude erfolgte auf Basis der ermittelten Korridor Grenzen (d. h. Bereiche, in welchen die Anforderungen des Erschütterungsschutzes nicht verlässlich eingehalten werden können) sowie der angemessenen Würdigung der Planfeststellungsunterlagen zum Schall- und Erschütterungsschutz aus dem Jahr 1994 [1].

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Aufgrund der örtlichen Situation wurden in den ursprünglichen Planfeststellungsunterlagen Anwesen gelistet, die bei der erschütterungstechnischen Beweissicherung besonders zu berücksichtigen sind. Die Auswahl der ursprünglichen Anwesen zur erschütterungstechnischen Beweissicherung war dabei vorrangig auf den Bereich von Bahn-km 60,60 bis 60,92 (Strecke 5900) mit acht der zwölf vorgeschlagenen Anwesen konzentriert. Auf Grundlage der unter Kapitel 5.2 ermittelten Korridor Grenzen wurde die Auswahl der messtechnisch zu untersuchenden Gebäude angepasst, um über den gesamten Planfeststellungsabschnitt eine differenzierte Betrachtung zu gewährleisten.

Die messtechnisch untersuchten Referenzgebäude werden in der nachfolgenden Tabelle dokumentiert und sind auch für die im näheren Umfeld zu den Messorten liegenden Nachbargebäude als repräsentativ zu betrachten.

Die ausführliche Dokumentation der Messungen am jeweiligen Gebäude ist in den Messberichten der Unterlage 15.2.2 Anhang I dargestellt.

Gebäude IO-E	Bahn- km	Adresse	Haustyp	Stock- werke	Schutzbedürf- tigkeit des Einwirkungs- ortes	Abstand zum nächstgel. Durchgangs- gleis [m]	
						IST	PROG
IO-E01	59,85	Distelweg 21	REH	3	Wohngebiet	23	23
IO-E02	59,92	Nürnberger Str. 160	MFH	3	Gewerbegebiet	30,5	16
IO-E03	60,02	Kornstraße 5	MFH	3	Wohngebiet	17,5	17,5
IO-E04	60,62	Theresienstr. 26/28	MFH	3	Wohngebiet	22,5	20
IO-E05	60,71	Theresienstr. 10a	MFH	5	Wohngebiet	24	20
IO-E06	60,86	Theresienstr. 2	MFH	3	Mischgebiet	21	15,5
IO-E07	60,98	Obere Schildstr. 17	MFH	4	Mischgebiet	35,5	31
IO-E08	61,10	Nürnberger Str. 161	MFH	3	Mischgebiet	29,5	18,5
IO-E09	61,26	Moosstr. 9	EFH	2	Wohngebiet	20	30
IO-E10	0,18	Ludwigstr. 16	MFH	2	Mischgebiet	20,5	13,5
IO-E11	0,59	Memmelsdorfer Str. 57	MFH	2	Gewerbegebiet	27	22
IO-E12	0,60	Memmelsdorfer Str. 63	EFH	2	Mischgebiet	27	9

REH: Reihenhendhaus; MFH: Mehrfamilienhaus; EFH: Einfamilienhaus

Tabelle 8: Übersicht der ausgewählten Referenzgebäude

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

## 6.2 Messgeräte

Es wurden folgende Geräte verwendet:

- Seismometer der Fa. SINUS, Model 902102.6,  
Empfindlichkeit 28,8 mV/(mm/s),  
Arbeitsfrequenzbereich 0,5 Hz – 315 Hz,  
untere Bestimmungsgrenze 0,35 µm/s
- Messdatenerfassung und –konditionierung mit Meda 2,  
8-kanaliges Messsystem
- Signalanalyse Software MEDA der Fa. Wölfel, Version 2018-1
- Radarpistole

## 6.3 Dokumentation der Messdaten

Die Angaben zu den ausgewählten Referenzgebäuden sowie deren Gleislage, die Lage der Messpunkte innerhalb und außerhalb des Gebäudes sind in der Dokumentation der Messorte in der Unterlage 15.2.2 Anhang I ausführlich dargestellt.

Die Dokumentation der erfassten verwertbaren Vorbeifahrten während der Messzeit ist ebenfalls in der Unterlage 15.2.2 Anhang I ersichtlich.

## 6.4 Ergebnisse der untersuchten Gebäude

An den in Kapitel 6.1 dargestellten Gebäuden wurden erschütterungstechnische Untersuchungen durchgeführt. Aufgrund weitergehender oberbautechnischer Randbedingungen erfolgt auf allen Richtungsgleisen größtenteils eine Baugrundverbesserung sowie durchgehend der Einbau von hoch verdichteten Tragschichten. Diese Maßnahmen im Gleisaufbau bedingen entsprechende Auswirkungen auf die zukünftige Immissionssituation durch Erschütterungen und Sekundärluftschall.

Die Ergebnisse für den Prognose-Nullfall und den Prognose-Fall werden im Folgenden ohne bzw. mit Berücksichtigung der Baugrundverbesserung sowie dem Einbau von hoch verdichteten Tragschichten zusammengefasst.

### 6.4.1 Ergebnisse ohne Baugrundverbesserung sowie ohne den Einbau von hoch verdichteten Tragschichten

Die Ergebnisse für den Prognose-Nullfall und den Prognose-Fall ohne Baugrundverbesserung sowie ohne den Einbau von hoch verdichteten Tragschichten sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Gebäude	MP	Prognose-Nullfall						Prognose-Fall						Differenz					
		Erschütterung				Sekundärluftschall		Erschütterung				Sekundärluftschall		Erschütterung				Sekundärluftschall	
		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>	
	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	
IO-E01	EG	0,26	0,26	0,03	0,03	8,7	8,8	0,26	0,26	0,04	0,03	10,1	7,9	0%	0%	19%	7%	1,4	-0,9
	OG	0,35	0,35	0,05	0,04	18,8	18,9	0,35	0,35	0,05	0,04	20,2	18,7	0%	0%	15%	1%	1,4	-0,2
	DG	0,60	0,60	0,06	0,04	20,9	20,2	0,48	0,48	0,07	0,05	22,7	20,3	-20%	-20%	20%	5%	1,7	0,1
IO-E02	EG	0,16	0,16	0,02	0,02	14,3	13,8	0,38	0,38	0,05	0,04	20,7	18,4	131%	131%	154%	104%	6,4	4,5
	1. OG (1)	0,31	0,31	0,04	0,03	18,2	17,8	0,89	0,89	0,11	0,07	24,6	22,0	186%	186%	165%	115%	6,3	4,2
	1. OG (2)	0,13	0,13	0,02	0,02	13,7	14,4	0,33	0,33	0,05	0,03	19,4	17,9	153%	153%	148%	91%	5,7	3,5
IO-E03	DG	0,39	0,39	0,05	0,04	13,0	13,0	1,03	1,03	0,13	0,08	18,9	16,9	167%	167%	146%	103%	5,9	3,9
	EG	0,80	0,80	0,10	0,07	21,2	20,4	0,91	0,91	0,12	0,07	22,6	20,0	14%	14%	19%	-1%	1,4	-0,4
	1. OG	0,60	0,60	0,07	0,05	19,4	19,4	0,63	0,63	0,09	0,06	20,5	18,4	4%	4%	22%	4%	1,1	-1,0
IO-E04	2. OG	0,68	0,68	0,09	0,07	19,3	18,5	0,79	0,79	0,11	0,07	20,8	18,1	16%	16%	25%	6%	1,6	-0,4
	EG	0,95	0,95	0,13	0,10	20,3	20,2	1,44	1,44	0,19	0,14	22,5	20,9	51%	51%	55%	35%	2,2	0,7
	1. OG	1,51	1,51	0,16	0,12	15,3	15,6	1,45	1,45	0,23	0,15	17,4	16,1	-4%	-4%	40%	26%	2,1	0,5
IO-E05	2. OG	1,46	1,46	0,19	0,14	16,0	16,2	1,75	1,75	0,27	0,18	18,2	16,8	20%	20%	43%	28%	2,2	0,6
	EG	0,94	0,94	0,13	0,10	18,1	18,0	1,35	1,35	0,19	0,12	20,4	18,9	43%	43%	45%	28%	2,4	0,9
	2. OG	1,49	1,49	0,19	0,14	20,6	20,4	1,73	1,73	0,27	0,18	22,7	20,9	16%	16%	41%	27%	2,2	0,5
IO-E06	EG	0,27	0,27	0,03	0,02	18,4	18,2	0,39	0,39	0,05	0,04	21,7	19,9	46%	46%	71%	52%	3,3	1,7
	1. OG	0,28	0,28	0,04	0,03	18,3	18,5	0,49	0,49	0,07	0,05	21,4	20,0	71%	71%	66%	51%	3,1	1,5
	2. OG	0,18	0,18	0,03	0,02	13,4	13,3	0,32	0,32	0,04	0,03	16,4	15,0	80%	80%	63%	49%	3,0	1,7
IO-E07	3. OG	0,19	0,19	0,03	0,02	13,7	14,1	0,33	0,33	0,05	0,03	16,1	14,8	75%	75%	62%	45%	2,4	0,8
	4. OG	0,23	0,23	0,03	0,02	13,8	14,4	0,40	0,40	0,05	0,04	16,3	15,4	72%	72%	66%	49%	2,6	1,0
	EG	1,43	1,43	0,12	0,08	15,9	16,4	1,06	1,06	0,17	0,12	19,1	17,9	-26%	-26%	48%	45%	3,2	1,5
IO-E08	1. OG	1,49	1,49	0,12	0,08	15,5	15,7	1,15	1,15	0,18	0,12	18,8	17,3	-23%	-23%	49%	44%	3,3	1,6
	2. OG	1,99	1,99	0,17	0,11	17,5	17,8	1,85	1,85	0,27	0,18	20,9	19,4	-7%	-7%	59%	59%	3,4	1,7
	EG	0,50	0,50	0,05	0,04	21,4	21,5	0,55	0,55	0,08	0,06	24,3	22,5	10%	10%	54%	31%	3,0	0,9
IO-E09	1. OG	1,14	1,14	0,14	0,11	15,0	15,0	1,33	1,33	0,20	0,14	17,7	15,9	17%	17%	44%	28%	2,8	0,9
	2. OG	1,00	1,00	0,10	0,08	13,7	13,7	1,02	1,02	0,15	0,10	16,4	14,6	1%	1%	48%	30%	2,7	0,9
	DG	0,33	0,33	0,03	0,03	13,4	13,7	0,34	0,34	0,05	0,04	16,0	14,5	3%	3%	51%	30%	2,6	0,9
IO-E10	EG	0,48	0,48	0,05	0,03	20,2	20,5	0,96	0,96	0,13	0,08	25,8	24,0	101%	101%	180%	140%	5,6	3,5
	1. OG	0,76	0,76	0,08	0,06	15,3	16,0	1,48	1,48	0,17	0,11	19,5	18,6	94%	94%	114%	85%	4,2	2,7
	DG	1,31	1,31	0,12	0,09	14,7	15,2	1,92	1,92	0,24	0,16	19,1	17,9	47%	47%	106%	83%	4,4	2,7
IO-E11	EG	0,43	0,43	0,05	0,04	21,6	21,6	0,23	0,23	0,04	0,03	19,4	17,5	-47%	-47%	-25%	-36%	-2,2	-4,2
	OG	1,45	1,45	0,17	0,14	17,4	17,5	0,94	0,94	0,15	0,10	15,9	14,2	-35%	-35%	-16%	-27%	-1,4	-3,3
IO-E12	EG	0,85	0,85	0,08	0,08	21,8	23,1	0,99	0,99	0,12	0,10	24,3	24,1	16%	16%	51%	30%	2,5	1,0
	OG	0,92	0,92	0,11	0,09	19,3	20,0	1,03	1,03	0,15	0,11	21,6	20,6	12%	12%	34%	23%	2,2	0,6
	EG (1)	0,26	0,26	0,04	0,03	17,5	18,1	0,64	0,64	0,09	0,06	22,1	20,7	144%	144%	120%	121%	4,6	2,6
IO-E11	OG (1)	1,65	1,65	0,22	0,16	17,4	17,5	3,99	3,99	0,48	0,31	21,4	19,8	142%	142%	117%	96%	4,0	2,3
	EG (2)	0,50	0,50	0,06	0,03	18,3	18,2	1,59	1,59	0,16	0,10	23,8	21,9	217%	217%	191%	177%	5,5	3,6
	OG (2)	0,93	0,93	0,11	0,08	15,7	15,8	2,56	2,56	0,27	0,17	19,8	18,4	175%	175%	142%	126%	4,2	2,6
IO-E12	EG	0,49	0,49	0,05	0,04	17,4	17,3	5,65	5,65	0,48	0,34	30,5	29,3	1061%	1061%	807%	746%	13,1	12,0
	OG (1)	0,66	0,66	0,07	0,06	15,8	16,1	5,50	5,50	0,47	0,39	25,4	24,9	735%	735%	552%	568%	9,6	8,8
IO-E12	OG (2)	1,41	1,41	0,13	0,10	18,1	18,3	8,65	8,65	0,83	0,62	27,6	26,9	514%	514%	526%	501%	9,4	8,5

Erschütterung

- 0 Überschreitung des Anhaltswertes
- 25 Überschreitung des Anhaltswertes **und** signifikante Erhöhung (> 25 %) der Immissionsbelastung

Sekundärluftschall

- Überschreitung des Zumutbarkeitswertes
- 3 dB(A) Überschreitung des Zumutbarkeitswertes **und** wesentliche Erhöhung (> 3 dB(A)) der Immissionsbelastung

Tabelle 9: Übersicht Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen im PFA 22 ohne Baugrundverbesserung und ohne Einbau von hoch verdichteten Tragschichten

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Demnach werden bereits vor dem Streckenausbau (Prognose-Nullfall) an neun der zwölf untersuchten Gebäude die Anforderungen der DIN 4150-2 nicht eingehalten.

Die höchstzulässigen Innenraumpegel für den Sekundärluftschall werden vor dem Streckenausbau an allen Gebäuden eingehalten.

Für den Prognose-Fall wurde gegenüber dem Prognose-Nullfall an nachfolgenden Messorten ohne die Baugrundverbesserung und ohne den Einbau von hoch verdichteten Tragschichten eine signifikante Erhöhung der Erschütterungsimmissionen oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-2 festgestellt:

- IO-E03: Kornstraße 5
- IO-E04: Theresienstr. 26/28
- IO-E06: Theresienstr. 2
- IO-E07: Obere Schildstr. 17
- IO-E08: Nürnberger Str. 161
- IO-E10: Ludwigstr. 16
- IO-E11: Memmelsdorfer Str. 57
- IO-E12: Memmelsdorfer Str. 63

Für diese acht Gebäude werden die definierten Anforderungen an den Erschütterungsschutz nicht eingehalten. An den weiteren vier untersuchten Messorten im PFA 22 werden die Anforderungen der DIN 4150-2 eingehalten.

Die prognostizierten Sekundärluftschallimmissionen unterschreiten sowohl für den Prognose-Nullfall als auch für den Prognose-Fall die definierten Zumutbarkeitsschwellen tagsüber um mindestens 9 dB(A), nachts werden die definierten Zumutbarkeitsschwellen eingehalten.

#### **6.4.2 Ergebnisse mit Baugrundverbesserung und Einbau von hoch verdichteten Tragschichten**

Die Baugrundverbesserung und der Einbau von hoch verdichteten Tragschichten bedingen unter anderem auch Änderungen der Immissionssituation durch Erschütterungen und Sekundärluftschall.

Die Ergebnisse für den Prognose-Nullfall und den Prognose-Fall mit Berücksichtigung dieser Maßnahmen sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Gebäude	MP	Prognose-Nullfall						Prognose-Fall						Differenz					
		Erschütterung				Sekundärluftschall		Erschütterung				Sekundärluftschall		Erschütterung				Sekundärluftschall	
		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>	
		tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
IOE-01	EG	0,26	0,26	0,03	0,03	8,7	8,8	0,17	0,17	0,02	0,02	11,8	9,6	-35%	-35%	-21%	-30%	3,1	0,8
	OG	0,35	0,35	0,05	0,04	18,8	18,9	0,30	0,30	0,05	0,03	22,2	20,7	-14%	-14%	3%	-12%	3,5	1,8
	DG	0,60	0,60	0,06	0,04	20,9	20,2	0,62	0,62	0,08	0,05	24,8	22,4	3%	3%	28%	3%	3,8	2,1
IOE-02	EG	0,16	0,16	0,02	0,02	14,3	13,8	0,37	0,37	0,05	0,04	22,4	19,8	127%	127%	152%	97%	8,0	6,0
	1. OG (1)	0,31	0,31	0,04	0,03	18,2	17,8	0,84	0,84	0,11	0,06	26,3	23,7	170%	170%	151%	101%	8,1	5,9
	1. OG (2)	0,13	0,13	0,02	0,02	13,7	14,4	0,31	0,31	0,04	0,03	20,9	19,4	141%	141%	133%	78%	7,2	5,0
IOE-03	EG	0,39	0,39	0,05	0,04	13,0	13,0	0,73	0,73	0,09	0,06	19,8	17,8	90%	90%	77%	47%	6,8	4,8
	1. OG	0,80	0,80	0,10	0,07	21,2	20,4	0,93	0,93	0,12	0,07	24,2	21,7	17%	17%	23%	2%	3,0	1,3
	2. OG	0,60	0,60	0,07	0,05	19,4	19,4	0,54	0,54	0,08	0,05	22,3	20,3	-10%	-10%	8%	-10%	3,0	0,9
IOE-04	EG	0,68	0,68	0,09	0,07	19,3	18,5	0,69	0,69	0,09	0,06	22,4	19,5	2%	2%	11%	-8%	3,1	1,0
	1. OG	0,95	0,95	0,13	0,10	20,3	20,2	1,01	1,01	0,14	0,10	24,3	22,7	6%	6%	11%	-4%	4,0	2,5
	2. OG	1,51	1,51	0,16	0,12	15,3	15,6	0,96	0,96	0,15	0,10	18,5	17,3	-36%	-36%	-8%	-17%	3,2	1,7
IOE-05	EG	1,46	1,46	0,19	0,14	16,0	16,2	1,15	1,15	0,17	0,12	19,2	17,8	-21%	-21%	-7%	-16%	3,1	1,6
	1. OG	0,94	0,94	0,13	0,10	18,1	18,0	0,90	0,90	0,13	0,08	22,0	20,4	-5%	-5%	-2%	-12%	3,9	2,4
	2. OG	1,49	1,49	0,19	0,14	20,6	20,4	1,19	1,19	0,18	0,12	24,4	22,5	-20%	-20%	-3%	-13%	3,8	2,1
IOE-06	EG	0,27	0,27	0,03	0,02	18,4	18,2	0,48	0,48	0,06	0,04	23,3	21,3	78%	78%	102%	72%	4,9	3,1
	1. OG	0,28	0,28	0,04	0,03	18,3	18,5	0,51	0,51	0,07	0,05	22,8	21,3	82%	82%	75%	57%	4,5	2,8
	2. OG	0,18	0,18	0,03	0,02	13,4	13,3	0,27	0,27	0,04	0,03	17,5	16,2	56%	56%	41%	26%	4,1	2,9
IOE-07	EG	0,19	0,19	0,03	0,02	13,7	14,1	0,26	0,26	0,04	0,03	17,1	15,9	37%	37%	29%	15%	3,5	1,8
	1. OG	0,23	0,23	0,03	0,02	13,8	14,4	0,28	0,28	0,04	0,03	18,3	17,4	21%	21%	18%	6%	4,5	3,1
	2. OG	1,43	1,43	0,12	0,08	15,9	16,4	0,81	0,81	0,12	0,08	20,4	19,3	-44%	-44%	3%	2%	4,5	2,9
IOE-08	EG	1,49	1,49	0,12	0,08	15,5	15,7	0,81	0,81	0,12	0,08	20,0	18,4	-45%	-45%	2%	-1%	4,5	2,7
	1. OG	1,99	1,99	0,17	0,11	17,5	17,8	1,33	1,33	0,19	0,12	22,2	20,7	-33%	-33%	11%	12%	4,7	3,0
	2. OG	0,50	0,50	0,05	0,04	21,4	21,5	0,65	0,65	0,09	0,06	25,9	24,0	30%	30%	74%	47%	4,5	2,5
IOE-09	EG	1,14	1,14	0,14	0,11	15,0	15,0	0,85	0,85	0,13	0,09	19,2	17,5	-25%	-25%	-7%	-18%	4,3	2,4
	1. OG	1,00	1,00	0,10	0,08	13,7	13,7	0,69	0,69	0,10	0,07	17,0	15,3	-31%	-31%	-2%	-15%	3,3	1,6
	DG	0,33	0,33	0,03	0,03	13,4	13,7	0,27	0,27	0,04	0,03	16,8	15,4	-19%	-19%	15%	-1%	3,4	1,7
IOE-10	EG	0,48	0,48	0,05	0,03	20,2	20,5	1,17	1,17	0,15	0,09	27,4	25,6	144%	144%	238%	182%	7,2	5,1
	1. OG	0,76	0,76	0,08	0,06	15,3	16,0	0,99	0,99	0,12	0,08	20,8	19,9	30%	30%	46%	28%	5,6	4,0
	DG	1,31	1,31	0,12	0,09	14,7	15,2	1,30	1,30	0,16	0,11	19,6	18,4	0%	0%	38%	24%	5,0	3,3
IOE-11	EG	0,43	0,43	0,05	0,04	21,6	21,6	0,21	0,21	0,03	0,02	21,4	19,4	-52%	-52%	-34%	-46%	-0,2	-2,2
	OG	1,45	1,45	0,17	0,14	17,4	17,5	0,60	0,60	0,09	0,06	17,1	15,5	-59%	-59%	-47%	-54%	-0,2	-2,1
IOE-12	EG	0,85	0,85	0,08	0,08	21,8	23,1	0,89	0,89	0,11	0,09	25,8	25,8	4%	4%	34%	16%	4,0	2,7
	OG	0,92	0,92	0,11	0,09	19,3	20,0	0,73	0,73	0,10	0,08	22,6	21,9	-20%	-20%	-5%	-14%	3,2	1,9
	EG (1)	0,26	0,26	0,04	0,03	17,5	18,1	0,59	0,59	0,08	0,06	23,7	22,3	126%	126%	103%	102%	6,2	4,2
IOE-12	OG (1)	1,65	1,65	0,22	0,16	17,4	17,5	2,63	2,63	0,31	0,20	22,2	20,7	59%	59%	43%	29%	4,8	3,2
	EG (2)	0,50	0,50	0,06	0,03	18,3	18,2	1,43	1,43	0,15	0,08	25,4	23,5	184%	184%	160%	147%	7,1	5,3
	OG (2)	0,93	0,93	0,11	0,08	15,7	15,8	1,67	1,67	0,18	0,11	22,0	21,0	80%	80%	60%	51%	6,3	5,2
IOE-12	EG	0,49	0,49	0,05	0,04	17,4	17,3	6,97	6,97	0,54	0,36	32,0	30,7	1332%	1332%	929%	798%	14,6	13,4
	OG (1)	0,66	0,66	0,07	0,06	15,8	16,1	4,89	4,89	0,42	0,34	26,2	25,7	642%	642%	484%	492%	10,4	9,6
	OG (2)	1,41	1,41	0,13	0,10	18,1	18,3	7,45	7,45	0,73	0,56	28,2	27,5	428%	428%	452%	440%	10,1	9,2

Erschütterung

- 0 Überschreitung des Anhaltswertes
- 25 Überschreitung des Anhaltswertes und wesentliche Erhöhung (> 25 %) der Immissionsbelastung

Sekundärluftschall

- Überschreitung des Zumutbarkeitswertes
- 3 dB(A) Überschreitung des Zumutbarkeitswertes und wesentliche Erhöhung (> 3 dB(A)) der Immissionsbelastung

Tabelle 10: Übersicht Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen im PFA 22 mit Baugrundverbesserung und mit Einbau von hoch verdichteten Tragschichten

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Durch die Baugrundverbesserung und des Einbaus von hoch verdichteten Tragschichten werden die Erschütterungsimmissionen in der Regel bereits wesentlich reduziert.

An nachfolgenden Messorten wurde selbst unter Berücksichtigung der Baugrundverbesserung und des Einbaus von hoch verdichteten Tragschichten für den Prognose-Fall gegenüber dem Prognose-Nullfall weiterhin eine signifikante Erhöhung der Erschütterungsimmissionen oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-2 festgestellt:

- IO-E01: Distelweg 21
- IO-E08: Nürnberger Str. 161
- IO-E10: Ludwigstr. 16
- IO-E11: Memmelsdorfer Str. 57
- IO-E12: Memmelsdorfer Str. 63

Für diese fünf Gebäude werden die definierten Anforderungen an den Erschütterungsschutz selbst unter Berücksichtigung der beschriebenen Maßnahmen nicht eingehalten. An den weiteren sieben untersuchten Messorten im PFA 22 werden die Anforderungen der DIN 4150-2 eingehalten.

Die prognostizierten Sekundärluftschallimmissionen unterschreiten in der Regel sowohl im Prognose-Nullfall als auch im Prognose-Fall die definierten Zumutbarkeitsschwellen tagsüber/nachts um mindestens 12/4 dB(A).

Einzig am Immissionsort IO-E12 (Memmelsdorfer Str. 63) treten in der Nacht Überschreitungen von bis zu 1 dB(A) auf.

## 6.5 Ermittlung der Betroffenheiten

Wie den Tabellen 9 und 10 zu entnehmen ist, werden mit der beschriebenen Maßnahme (Baugrundverbesserung und Einbau von hoch verdichteten Tragschichten) die potenziellen Betroffenheiten durch die Ausbaumaßnahmen im PFA 22 bereits erheblich reduziert. In einzelnen Streckenbereichen ist jedoch nicht auszuschließen, dass im Zuge der Ausbaumaßnahmen eine signifikante Erhöhung der Erschütterungsimmissionen oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4250-2 auftritt.

Die maßgebliche Beurteilungsgröße für die signifikante Änderung der Erschütterungsimmissionen ist dabei vorrangig die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTf}$  im Tagzeitraum. Hier können sich insbesondere auf der westlichen Bahnseite mit heranrückenden Gleisachsen an die bahnnahen Bestandsgebäude die Erschütterungsimmissionen erhöhen.

Neben dem Heranrücken der beiden neu zu errichtenden Gleisachsen an bestehende Bebauung sind ebenfalls die Geschwindigkeitsanpassungen sowie die Kapazitätserhöhungen ursächlich für diese Betroffenheiten.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Auf Basis der dargestellten Messwerte, der durchgeführten Prognoseberechnungen, Vor-Ort-Erhebungen sowie weitergehender pauschaler Annahmen wurde die Gesamtzahl von Gebäuden mit Betroffenheiten abgeschätzt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Anzahl der Gebäude mit potenziellen bzw. möglichen potenziellen Betroffenheiten in den jeweiligen Bereichen. Potenzielle Betroffenheiten bestehen dabei bei den messtechnisch untersuchten Gebäuden. Mögliche weitere potenzielle Betroffenheiten können sich bei den im näheren Umfeld zu den Messorten liegenden Nachbargebäuden aufgrund ähnlicher geometrischer Abstände sowie ähnlicher konstruktiver Bauweise ergeben, wobei diese Gebäude nicht messtechnisch untersucht wurden.

Schutzbereich	Schutzabschnitt	Streckenabschnitt ca.	Anzahl der Gebäude mit	
			potenziellen Betroffenheiten (Messorte)	möglichen potenziellen Betroffenheiten (Nachbargebäude)
1	Gereuth	km 59,565 bis 60,250	1	13
2	Theresienstr./Nürnberger Str.	km 60,565 bis 61,315	1	13
3	Ludwigstraße	km 0,100 bis 0,200	1	1
4	Memmelsdorfer Straße	km 0,550 bis 0,650	2	4
Gesamt			5	31

Tabelle 11: Übersicht mit Darstellung der potenziellen bzw. möglichen potenziellen Betroffenheiten

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

## **7 Berücksichtigung weitergehender erschütterungsmindernder Maßnahmen**

### **7.1 Ergebnisse der Prognose mit weitergehenden erschütterungsmindernden Maßnahmen**

Sofern die Prognoseberechnungen unter Kapitel 6.4 ergaben, dass an einem Messort selbst unter Berücksichtigung der Baugrundverbesserung sowie des Einbaus von hoch verdichteten Tragschichten eine wesentliche Erhöhung der Erschütterungsimmissionen oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-2 im Ausbauzustand auftritt, werden im Folgenden weitergehende erschütterungsmindernde Maßnahmen für die betroffenen Messorte geprüft.

#### **7.1.1 Ergebnisse mit Schutzmaßnahme „Schwellenbesohlung“**

In den nachfolgenden Tabellen werden die Ergebnisse der Prognoseberechnungen unter Berücksichtigung der Schutzmaßnahme „Schwellenbesohlung“ für diejenigen fünf Gebäude dargestellt, bei welchen eine signifikante Erhöhung oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-2 bzw. wesentliche Erhöhung oberhalb der Zumutbarkeitschwellen der 24. BImSchV prognostiziert wurde.

Es werden dabei folgende drei Schutzmaßnahmenkonzepte untersucht:

- Schutzmaßnahmenkonzept „Schwellenbesohlung“ auf dem westlichen Streckengleis (5919GRi) für Bereich 1 (Gereuth) und Bereich 2 (Theresienstr./Nürnberger Str.) zum Schutz von:
  - IO-E01: Distelweg 21
  - IO-E08: Nürnberger Str. 161
- Schutzmaßnahmenkonzept „Schwellenbesohlung“ auf Gleis 2 (5919GRi) und Gleis 3 (5102GRi) für Bereich 3 (Ludwigstraße) zum Schutz von:
  - IO-E10: Ludwigstr. 16
- Schutzmaßnahmenkonzept „Schwellenbesohlung“ auf allen sieben Streckengleisen für Bereich 4 (Memmelsdorfer Straße) zum Schutz von:
  - IO-E11: Memmelsdorfer Str. 57
  - IO-E12: Memmelsdorfer Str. 63

Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen für die untersuchten Schutzmaßnahmenkonzepte sind in der nachfolgenden Tabelle 12 zusammengefasst.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Schutzbereich 1 und Schutzbereich 2: „Schwellenbesohlung“ auf dem westlichen Streckengleis (5919GRi)

Gebäude	MP	Prognose-Nullfall						Prognose-Fall						Differenz					
		Erschütterung				Sekundärluftschall		Erschütterung				Sekundärluftschall		Erschütterung				Sekundärluftschall	
		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>	
		tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
IOE-01	EG	0,26	0,26	0,03	0,03	8,7	8,8	0,15	0,15	0,02	0,02	8,9	7,5	-43%	-43%	-30%	-37%	0,1	-1,3
	OG	0,35	0,35	0,05	0,04	18,8	18,9	0,24	0,24	0,04	0,03	19,6	18,7	-31%	-31%	-16%	-25%	0,9	-0,2
	DG	0,60	0,60	0,06	0,04	20,9	20,2	0,33	0,33	0,05	0,04	21,7	20,1	-46%	-46%	-11%	-21%	0,8	-0,1
IOE-08	EG	0,48	0,48	0,05	0,03	20,2	20,5	0,63	0,63	0,09	0,06	25,0	23,8	31%	31%	100%	87%	4,9	3,4
	1. OG	0,76	0,76	0,08	0,06	15,3	16,0	0,81	0,81	0,10	0,07	19,3	18,7	6%	6%	23%	10%	4,0	2,7
	DG	1,31	1,31	0,12	0,09	14,7	15,2	1,12	1,12	0,15	0,10	18,4	17,5	-14%	-14%	22%	11%	3,8	2,3

Schutzbereich 3: „Schwellenbesohlung“ auf Gleis 2 (5949GRi) und Gleis 3 (5102GRi)

Gebäude	MP	Prognose-Nullfall						Prognose-Fall						Differenz					
		Erschütterung				Sekundärluftschall		Erschütterung				Sekundärluftschall		Erschütterung				Sekundärluftschall	
		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>	
		tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
IOE-10	EG	0,85	0,85	0,08	0,08	21,8	23,1	0,76	0,76	0,10	0,09	24,3	24,3	-11%	-11%	26%	8%	2,5	1,1
	OG	0,92	0,92	0,11	0,09	19,3	20,0	0,63	0,63	0,10	0,07	21,6	20,7	-31%	-31%	-10%	-19%	2,2	0,7

Schutzbereich 4: „Schwellenbesohlung“ auf allen sieben Streckengleisen

Gebäude	MP	Prognose-Nullfall						Prognose-Fall						Differenz					
		Erschütterung				Sekundärluftschall		Erschütterung				Sekundärluftschall		Erschütterung				Sekundärluftschall	
		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>		KB <sub>Fmax</sub>		KB <sub>FTr</sub>		L <sub>m,ges</sub>	
		tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
IOE-11	EG (1)	0,26	0,26	0,04	0,03	17,5	18,1	0,44	0,44	0,06	0,04	19,6	18,2	69%	69%	53%	54%	2,1	0,1
	OG (1)	1,65	1,65	0,22	0,16	17,4	17,5	2,16	2,16	0,26	0,17	19,7	18,1	31%	31%	17%	6%	2,3	0,6
	EG (2)	0,50	0,50	0,06	0,03	18,3	18,2	1,14	1,14	0,12	0,07	21,4	19,4	128%	128%	105%	93%	3,2	1,2
	OG (2)	0,93	0,93	0,11	0,08	15,7	15,8	1,38	1,38	0,15	0,10	18,0	16,6	49%	49%	33%	26%	2,3	0,8
IOE-12	EG	0,49	0,49	0,05	0,04	17,4	17,3	3,62	3,62	0,32	0,23	28,1	26,9	644%	644%	508%	472%	10,7	9,6
	OG (1)	0,66	0,66	0,07	0,06	15,8	16,1	3,76	3,76	0,32	0,26	23,8	23,3	470%	470%	345%	355%	8,0	7,2
	OG (2)	1,41	1,41	0,13	0,10	18,1	18,3	5,55	5,55	0,56	0,42	26,1	25,4	294%	294%	323%	308%	8,0	7,1

Erschütterung

- 0 Überschreitung des Anhaltswertes
- 25 Überschreitung des Anhaltswertes **und** wesentliche Erhöhung (> 25 %) der Immissionsbelastung

Sekundärluftschall

- Überschreitung des Zumutbarkeitswertes
- 3 dB(A) Überschreitung des Zumutbarkeitswertes **und** wesentliche Erhöhung (> 3 dB(A)) der Immissionsbelastung

Tabelle 12: Übersicht Erschütterungsimmersionen PFA 22 mit Schutzmaßnahmenkonzepten

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Durch die Schutzmaßnahmenkonzepte in den Schutzbereichen 1 bis 3 können die Erschütterungsimmissionen wesentlich reduziert werden. Für die Messorte IO-E01 (Distelweg 21), IO-E08 (Nürnberger Str. 161) und IO-E10 (Ludwigstr. 16) können die definierten Anforderungen an den Erschütterungsschutz mit diesen Schutzmaßnahmenkonzepten eingehalten werden.

Zudem werden die Sekundärluftschallimmissionen wesentlich reduziert und unterschreiten grundsätzlich die Zumutbarkeitsschwellen tagsüber/nachts um mindestens 15/5 dB(A).

Für den Messort IO-E11 (Memmelsdorfer Str. 57) können die definierten Anforderungen an den Erschütterungsschutz mit dem vorgeschlagenen Schutzmaßnahmenkonzept ebenfalls eingehalten werden.

Für den Messort IO-E12 (Memmelsdorfer Str. 63) können die Betroffenenheiten mit dem beschriebenen Schutzmaßnahmenkonzept weiterhin nicht gelöst werden.

Durch die Schutzmaßnahme werden zudem die Sekundärluftschallimmissionen wesentlich reduziert und unterschreiten die Zumutbarkeitsschwellen tagsüber/nachts um mindestens 11/3 dB(A).

Zusammenfassend zeigen die Prognoseberechnungen mit der Schutzmaßnahme „Schwellenbesohlung“, dass die Erschütterungsimmissionen zwar wesentlich reduziert werden. Auf der bahnrechten Seite können jedoch im Bereich der Memmelsdorfer Straße die definierten Anforderungen an den Erschütterungsschutz an einzelnen Gebäuden nicht verlässlich eingehalten werden.

Die Einhaltung der entsprechenden Anforderungen ist dabei stark von den jeweiligen gebäudespezifischen Parametern (z. B. Deckeneigenfrequenz und Deckenüberhöhungen), der Lage der bestehenden Gebäude zu den Gleisachsen sowie im Bereich der Memmelsdorfer Straße insbesondere von der relativen Veränderung der geometrischen Abstände der Gleisachsen zu den bestehenden Gebäuden abhängig. Bei den verbleibenden Betroffenenheiten handelt es sich vorrangig um Gebäude mit Holzbalkendecken in exponierter Lage zu den Gleisanlagen.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

### **7.1.2 Bewertung der Schutzmaßnahme „USM im Trog“ und Masse-Feder-System**

Wie die Prognoseberechnungen unter Kapitel 7.1.1 ergaben, können mit der Schutzmaßnahme „Schwellenbesohlung“ die potenziellen Betroffenheiten an einem Gebäude nicht gelöst werden.

Als weitergehende Maßnahmen könnten demzufolge die Schutzmaßnahmen „USM im Trog“ und „Masse-Feder-System“ auf einzelnen bzw. allen Richtungsgleisen in Betracht gezogen werden.

Das zu schützende Anwesen (IO-E12: Memmelsdorfer Straße 63) liegt dabei unmittelbar an der EÜ Memmelsdorfer Straße. Die oben beschriebenen Schutzmaßnahmen erscheinen demzufolge aus fachtechnischer Sicht aufgrund der notwendigen Konstruktionshöhen solcher Systeme nicht umsetzbar, da hier entweder die Gleisgradienten oder die Straßengradienten anzupassen wäre. Sowohl eine Anpassung der Gleisgradienten als auch der Straßengradienten erscheinen dabei als nicht verhältnismäßig zum angestrebten Schutzzweck und werden demzufolge nicht weitergehend detailliert untersucht.

### **7.2 Schutzkonzept und Kosten der grundsätzlich erforderlichen Schutzmaßnahmen**

Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen ergaben in den Bereichen Gereuth (ca. km 59,565 bis 60,250), Therensienstr./Nürnberger Str. (ca. km 60,565 bis 61,315), Ludwigstraße (ca. km 0,100 bis 0,200) und Memmelsdorfer Str. (ca. km 0,550 bis 0,650) potenzielle und mögliche potenzielle Betroffenheiten durch Erschütterungsimmissionen (vgl. Tabelle 11). Das teilweise Heranrücken der Gleisanlagen an die schutzbedürftige Nachbarschaft sowie die Erhöhung des Belegungsprogramms sind im vorliegenden Fall ursächlich für die signifikante Erhöhung der Erschütterungsimmissionen oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-2.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen ist das grundsätzlich erforderliche Schutzmaßnahmenkonzept zur Einhaltung der definierten Anforderungen an den Schutz vor Erschütterungen und Sekundärluftschall in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Aus der Länge der erforderlichen Schutzmaßnahme ergeben sich die dargestellten geschätzten Kosten für den Erschütterungsschutz.

Anmerkung: Die Veränderungen im Oberbau durch den Einbau einer Schutzmaßnahme und einhergehend mit den sich dadurch verändernden dynamischen Verhältnissen bei der Zugüberfahrt bedingen für die Bereiche zwischen einer Schutzmaßnahme und dem normalen Schotteroberbau entsprechende Übergangsbereiche, die sich jeweils in der notwendigen Länge sowie der Art der Ausbildung unterscheiden. Die notwendigen Übergangsbereiche sind im Rahmen der weitergehenden Planungen mit den Fachstellen der DB AG abzustimmen.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Strecke	Gleis-Nr.	ab km	bis km	Länge [m]	Minderungs- maßnahme	Kosten [€]
5919	Gleis 2	59,565	59,895	330	Schwellenbesohlung	29.700
5919	Gleis 2	61,070	61,360	290	Schwellenbesohlung	26.100
5919 5102	Gleis 2 Gleis 3	0,090	0,230	140	Schwellenbesohlung	25.200
5919 5102 5100	alle Gleise	0,465	0,675	210	Schwellenbesohlung	132.300
<b>Gesamt</b>						<b>213.300,00</b>

Tabelle 13: Übersicht der grundsätzlich erforderlichen erschütterungsmindernden Maßnahmen im PFA 22

Die entsprechenden Schutzbereiche sind im Anhang II tabellarisch und in der Unterlage 15.2.1 grafisch dargestellt.

Die Gesamtkosten für das grundsätzlich erforderliche erschütterungstechnische Schutzmaßnahmenkonzept werden auf etwa €213.300,- abgeschätzt.

Mit dem dargestellten Schutzmaßnahmenkonzept können nahezu sämtliche potenzielle bzw. mögliche potenziellen Betroffenheiten im PFA 22 gelöst werden. Einzig im Bereich der Memmelsdorfer Straße (ca. km 0,550 bis 0,650) können die sich ergebenden Betroffenheiten mit diesem Schutzmaßnahmenkonzept nicht vollständig gelöst und damit der Vollschutz gewährleistet werden.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

### 7.3 Schutzfall-bezogene Kostenabwägung

Neben der Prüfung der Wirksamkeit einer Schutzmaßnahme ist den entstehenden Kosten zudem der entstandene Nutzen (vgl. § 74 Abs. 2 Satz 3 VwVfG) gegenüber zu stellen.

Demzufolge ist das grundsätzlich erforderliche Schutzmaßnahmenkonzept anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse zu prüfen. Diese Prüfung wird mit einer schutzfall-bezogenen Kostenabwägung durchgeführt, wobei den Kosten für die jeweilige Schutzmaßnahme die Anzahl der dadurch geschützten Objekte gegenüber gestellt wird. Es ergeben sich dadurch Kosten je gelösten Schutzfall (d. h. geschützten Objekt).

Für die schutzfallbezogene Kostenabwägung wurde der Planfeststellungsabschnitt in insgesamt vier Teilabschnitte unterteilt. Die Einteilung der Teilabschnitte erfolgte in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Prognoseberechnungen sowie auf Basis der örtlichen Gegebenheiten, wie z. B. Veränderung der Gleislage, Lage von bebauten Bereichen zur Bahnstrecke und der Schutzbedürftigkeit der Bebauung. Die detaillierte Kosten-Nutzen-Analyse ist im Anhang II dokumentiert.

Die Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse für die jeweiligen Teilabschnitte sind in den folgenden Tabellen 14 bis 17 zusammengefasst, wobei in der Spalte 1 der jeweiligen Tabelle das untersuchte Schutzmaßnahmenkonzept dargestellt wird. In der Spalte 2 sind die im Teilabschnitt vorhandenen bzw. jeweils verbleibenden Schutzfälle sowie in der Spalte 3 die durch das Schutzmaßnahmenkonzept gelösten Schutzfälle dokumentiert. In der Spalte 4 sind die Kosten für das jeweilige Schutzmaßnahmenkonzept zusammengefasst. In der Spalte 5 sind die mittleren Kosten je gelösten Schutzfall ermittelt.

Die mittleren Kosten je gelösten Schutzfall ergeben sich dabei aus dem Quotienten der Kosten für das Schutzmaßnahmenkonzept und den gelösten Schutzfällen.

#### 7.3.1 Schutzbereich 1: km 59,565 bis 60,250 (Bereich Gereuth)

Die schutzfallbezogene Kostenabwägung für den Schutzbereich 1 ist in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Schutzmaßnahmenkonzept	vorhandene bzw. verbleibende Schutzfälle	gelöste Schutzfälle	Kosten für das Schutzmaßnahmenkonzept	mittlere Kosten je gelösten Schutzfall
1	2	3	4	5
ohne Maßnahme	14	0	0 €	0 €
Schwellenbesohlung (Gleis 2)	0	14	29.700 €	2.121 €

Tabelle 14: Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse für den Schutzbereich 1

Mit dem Schutzmaßnahmenkonzept „Schwellenbesohlung (Gleis 2)“ ergeben sich Gesamtkosten von ca. € 29.700,- und mittlere Kosten je gelösten Schutzfall von ca. € 2.100,-. Für insgesamt vierzehn Gebäude erscheint damit das erforderliche Schutzmaßnahmenkonzept im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse verhältnismäßig.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

### 7.3.2 Schutzbereich 2: 60,565 bis 61,315 (Bereich Theresienstr./Nürnberger Str.)

Die schutzfallbezogene Kostenabwägung für den Schutzbereich 2 ist in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Schutzmaßnahmenkonzept	vorhandene bzw. verbleibende Schutzfälle	gelöste Schutzfälle	Kosten für das Schutzmaßnahmenkonzept	mittlere Kosten je gelösten Schutzfall
1	2	3	4	5
ohne Maßnahme	14	0	0 €	0 €
Schwellenbesohlung (Gleis 2)	0	14	26.100 €	1.864 €

Tabelle 15: Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse für den Schutzbereich 2

Mit dem Schutzmaßnahmenkonzept „Schwellenbesohlung (Gleis 2)“ ergeben sich Gesamtkosten von ca. € 26.100,- und mittlere Kosten je gelösten Schutzfall von ca. € 1.900,-. Für insgesamt vierzehn Gebäude erscheint damit das erforderliche Schutzmaßnahmenkonzept im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse verhältnismäßig.

### 7.3.3 Schutzbereich 3: km 0,100 bis 0,200 (Bereich Ludwigstraße)

Die schutzfallbezogene Kostenabwägung für den Schutzbereich 3 ist in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Schutzmaßnahmenkonzept	vorhandene bzw. verbleibende Schutzfälle	gelöste Schutzfälle	Kosten für das Schutzmaßnahmenkonzept	mittlere Kosten je gelösten Schutzfall
1	2	3	4	5
ohne Maßnahme	2	0	0 €	0 €
Schwellenbesohlung (Gleis 2 und 3)	0	2	25.200 €	12.600 €

Tabelle 16: Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse für den Schutzbereich 3

Mit dem Schutzmaßnahmenkonzept „Schwellenbesohlung (Gleis 2 und 3)“ ergeben sich Gesamtkosten von ca. € 25.200,- und mittlere Kosten je gelösten Schutzfall von ca. € 12.600,-. Für insgesamt zwei Gebäude erscheint damit das erforderliche Schutzmaßnahmenkonzept im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse verhältnismäßig.

### 7.3.4 Schutzbereich 4: km 0,550 bis 0,650 (Bereich Memmelsdorfer Str.)

Die schutzfallbezogene Kostenabwägung für den Schutzbereich 4 ist in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Schutzmaßnahmenkonzept	vorhandene bzw. verbleibende Schutzfälle	gelöste Schutzfälle	Kosten für das Schutzmaßnahmenkonzept	mittlere Kosten je gelösten Schutzfall
1	2	3	4	5
ohne Maßnahme	6	0	0 €	0 €
Schwellenbesohlung (alle Gleise)	2	4	132.300 €	33.075 €

Tabelle 17: Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse für den Schutzbereich 4

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
 Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
 Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
 Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

Mit dem Schutzmaßnahmenkonzept „Schwellenbesohlung (alle Gleise)“ ergeben sich Gesamtkosten von € 132.300,- und mittlere Kosten je gelösten Schutzfall von ca. € 33.100,-. Für insgesamt vier Gebäude erscheint damit das erforderliche Schutzmaßnahmenkonzept im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse verhältnismäßig.

Es verbleiben durch das vorgeschlagene Schutzmaßnahmenkonzept zwei nicht gelöste Schutzfälle.

#### 7.4 Schutzmaßnahmenkonzept mit Berücksichtigung der schutzfall-bezogenen Kostenabwägung

Das sich unter Berücksichtigung der schutzfall-bezogenen Kostenabwägung ergebende Schutzmaßnahmenkonzept entspricht dem grundsätzlich erforderlichen Schutzmaßnahmenkonzept, das bereits in der Tabelle 13 unter Kapitel 7.2 beschrieben ist und an dieser Stelle nicht nochmals dargestellt wird.

An nachfolgendem Gebäude wurde anhand der bereits durchgeführten messtechnischen Untersuchungen und Prognoseberechnungen festgestellt, dass die zukünftig zu erwartenden Erschütterungsimmissionen aufgrund der umfangreichen erschütterungsmindernden Maßnahmen bereits erheblich reduziert werden können, jedoch nicht auszuschließen ist, dass potenzielle Betroffenheiten verbleiben können:

Gebäude	Flur-Nr.	ca. km
Memmelsdorfer Str. 63	5671	0,60 (Strecke 5100)

Tabelle 18: Übersicht der Gebäude mit verbleibenden spezifischen Betroffenheiten

Für das in Tabelle 18 dargestellte messtechnisch untersuchte Gebäude wird deshalb vorgeschlagen, die verbleibende Betroffenheit dem Grunde nach (d. h. sofern sie sich bei einer Nachmessung nach Inbetriebnahme der Strecken bestätigen) durch Entschädigung auszugleichen.

Für ein im näheren Umfeld liegendes Nachbargebäude ist ebenfalls nicht auszuschließen, dass trotz des Schutzmaßnahmenkonzepts mögliche potenzielle Betroffenheiten durch Erschütterungsimmissionen verbleiben können.

Gebäude	Flur-Nr.	ca. km
Memmelsdorfer Str. 65	5672	0,60 (Strecke 5100)

Tabelle 19: Übersicht der Gebäude mit möglichen verbleibenden spezifischen Betroffenheiten

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

Für das in Tabelle 19 dargestellte Gebäude wird vorbehaltlich von zusätzlichen Messungen über die tatsächliche Höhe der Erschütterungsimmissionen vor bzw. nach den Ausbaumaßnahmen vorgeschlagen, die ggf. verbleibende Betroffenheit dem Grunde nach (d. h. sofern sie sich bei einer Nachmessung nach Inbetriebnahme der Strecken bestätigen) durch Entschädigung auszugleichen.

Im Rahmen von Nachmessungen nach Inbetriebnahme der Strecken ist an den ausgewählten Referenzgebäuden das Schutzmaßnahmenkonzept zu verifizieren und die Einhaltung der definierten Anforderungen an den Erschütterungs- bzw. Sekundärluftschallschutz zu gewährleisten.

## **8 Zusammenfassung**

In der vorliegenden Unterlage wurde anhand eines mehrstufigen Vorgehens die Belange betriebsbedingter Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen untersucht.

Dabei wurde anhand von Messungen für zwölf ausgewählte Referenzgebäude mögliche Betroffenheiten durch Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen ermittelt und teilweise eine Überschreitung der definierten Anforderungen an den Erschütterungsschutz festgestellt.

Auf Basis von Vor-Ort-Erhebungen sowie von allgemeinen Betroffenheitskorridoren wurden die Ergebnisse auf die im näheren Umfeld zu den Messorten liegenden Nachbargebäude übertragen und somit weitere mögliche Betroffenheiten abgeschätzt. Demnach können an insgesamt 36 Gebäuden Betroffenheiten durch den geplanten Streckenausbau auftreten.

Im Weiteren wurde unter Berücksichtigung einer schutzfall-bezogenen Kostenabwägung ein Schutzmaßnahmenkonzept ausgearbeitet. Mit dem vorgeschlagenen Schutzmaßnahmenkonzept können die durch den Streckenausbau entstehenden Betroffenheiten an der Mehrzahl der betroffenen Gebäude gelöst werden. Es ergeben sich mittlere Kosten je gelösten Schutzfall von ca. € 6.270,-, so dass die Kosten für das erforderliche Schutzmaßnahmenkonzept verhältnismäßig erscheinen.

An einem bereits messtechnisch untersuchtem Gebäude mit spezifischer Betroffenheit ergab die Prüfung von Schutzmaßnahmen, dass aufgrund der exponierten Lage des Gebäudes zu den Gleisanlagen eine Betroffenheit durch Erschütterungsimmissionen verbleiben kann. Sofern sich diese Prognoseergebnisse bei einer Nachmessung nach Inbetriebnahme der Strecken bestätigen, wird eine weitergehende Entschädigung dem Grunde nach vorgeschlagen.

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

An einem weiteren im näheren Umfeld liegenden Nachbargebäude ist ebenfalls nicht auszuschließen, dass trotz des Schutzmaßnahmenkonzepts eine mögliche spezifische Betroffenheit verbleiben kann. Vorbehaltlich von zusätzlichen Messungen über die tatsächliche Höhe der Erschütterungsimmissionen vor bzw. nach den Ausbaumaßnahmen wird für dieses Gebäude ebenfalls vorgeschlagen, die ggf. verbleibende Betroffenheit dem Grunde nach (d. h. sofern sie sich bei einer Nachmessung nach Inbetriebnahme der Strecken bestätigen) durch Entschädigung dem Grunde nach auszugleichen.

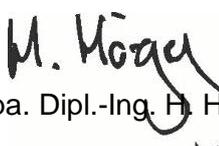
Im Rahmen von Nachmessungen nach Inbetriebnahme der Strecken ist an den ausgewählten Referenzgebäuden das Schutzmaßnahmenkonzept zu verifizieren und die Einhaltung der definierten Anforderungen an den Erschütterungs- bzw. Sekundärluftschallschutz zu gewährleisten.

Diese Untersuchung umfasst 60 Seiten und drei Anhänge. Die Lagepläne zum Erschütterungsschutz sind in der Unterlage 15.2.1 enthalten. Die Dokumentation der durchgeführten Messungen ist in der Unterlage 15.2.2 dargestellt.

Bamberg, 14.10.2020

Im Auftrag der ARGE Knoten-Bamberg:

Möhler + Partner  
Ingenieure AG

  
ppa. Dipl.-Ing. H. Högg

  
i. A. M.Sc. D. Littwin

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

## 9 Grundlagenverzeichnis

Die Begutachtung der Erschütterungsimmissionen erfolgt unter Verwendung folgender Unterlagen:

- [1] Verkehrsprojekte Deutsche Einheit Scheine Nr. 8, Anlage 13: Schall- und erschütterungstechnische Untersuchung, PB DE Planungsgesellschaft Bahnbau Deutsche Einheit mbH Projektzentrum Erfurt, Mai 1994
- [2] Planung VDE 8.1 ABS Nürnberg – Ebensfeld, PFA 22 Bamberg, Planverfasser: ARGE Knoten Bamberg; Stand: 10/2020
- [3] Zugzahlenprognose vom BMVI im Jahr 2030 für den Planungsabschnitt 22 Bamberg, DB Netz AG, übersandt: Dezember 2018
- [4] Planung VDE 8.1 ABS Nürnberg – Ebensfeld, PFA 22 Bamberg, Regelaufbauten der Richtungsgleise, Auszug aus dem Baugrundgutachten, übersandt: 11.06.2019 von DB E+C
- [5] Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 103 des Gesetzes vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist
- [6] Verkehrslärmschutzverordnung vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2269) geändert worden ist
- [7] Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung vom 4. Februar 1997 (BGBl. I S. 172, 1253), die durch Artikel 3 der Verordnung vom 23. September 1997 (BGBl. I S. 2329) geändert worden ist
- [8] DIN 4150 Teil 1: Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- [9] DIN 4150 Teil 2: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [10] DIN 4150 Teil 3: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2016
- [11] DIN 45669: Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1, Schwingungsmesser; Anforderungen und Prüfungen, Sept. 2019
- [12] DIN 45669: Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2, Messverfahren, Juni 2005

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

- [13] VDI-Richtlinie 2057, Blatt 3, „Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen“ 05/1987, zurückgezogen 09/2002
- [14] VDI-Richtlinie 3837: Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen – Spektrales Prognoseverfahren, Ausgabedatum: Januar 2013
- [15] DB-Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“, gültig ab 15.09.2017
- [16] Ril 836, Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instandhalten, DB AG, 6. Aktualisierung, 01.12.2018
- [17] Ril 820, Grundlagen des Oberbaus, DB AG, 9. Aktualisierung, 15.03.2018
- [18] Said et al.: „Zur Bewertung von Erschütterungsimmissionen aus Schienenverkehr“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 48 (2001) Nr. 6, November 2001
- [19] Taschenbuch der Technischen Akustik, 3., erweiterte und überarbeitete Auflage, G. Müller et. al., Springer Berlin 2004
- [20] Urteil des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofes 20 A 93 40080 vom 21.02.1995
- [21] Urteil des BVerwG 7 A 14.09, 7. Senat, vom 21.10.2010
- [22] Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der Planfeststellung, Eisenbahn-Bundesamt Zentrale, 30.01.2017
- [23] Erschütterungsreduzierende Maßnahmen und Kostenschätzung, Deutsche Bahn AG, Akustik und Erschütterungen (VTZ 112), 16. Juli 2009
- [24] Einfügedämmung von Schutzmaßnahmen, Deutsche Bahn AG, Akustik und Erschütterungen (VTZ 112), 10. Juli 2009
- [25] Rechtskräftige Bebauungspläne der Stadt Bamberg, Stand: 11/2019
- [26] Verwaltungsverfahrensgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 2003 (BGBl. I S. 102), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 25 des Gesetzes vom 21. Juni 2019 (BGBl. I S. 846) geändert worden ist
- [27] Flächennutzungsplan der Stadt Bamberg, Stand: 02/2020

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt 22 – Bamberg

Strecke 5900 km 56,165 - 62,373  
Strecke 5100 km 0,000 - 2,408

---

## **10 Anhangverzeichnis**

- |             |   |
|-------------|---|
| Anhang I:   | Dokumentation des angesetzten Belegungsprogramms im Prognose-Nullfall bzw. Prognose-Planfall                      |
| Anhang II:  | Dokumentation der schutzfallbezogenen Kostenabwägung  |
| Anhang III: | Beschreibung und Begründung der ausgewählten Referenzgebäude und Dokumentation der potenziell betroffenen Anwesen |