

**ANLAGE 12.4.2.0.1**  
**- Nur zur Information -**

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

# **S-Bahn Rhein-Main, Nordmainische S-Bahn**

## **Planfeststellungsabschnitt 1 - Frankfurt**

### **(oberirdischer Streckenabschnitt)**

#### **ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG**

zur Ermittlung und Beurteilung der schienenverkehrsinduzierten  
Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall

**Bericht-Nr.**

08500-VVE-8

**Datum:**

29.01.2013

**Auftraggeber:**

DB ProjektBau GmbH  
Hahnstraße 49  
60528 Frankfurt am Main

**Bearbeitung:**

ARGE S-E-Nordmainische S-Bahn

FRITZ GmbH  
Beratende Ingenieure VBI  
Fehlheimer Straße 24  
64683 Einhausen  
Telefon: 06251 – 9646 0  
Telefax: 06251 – 9646 46  
E-Mail: [info@fritz-ingenieure.de](mailto:info@fritz-ingenieure.de)

Dipl.-Phys. Peter Fritz  
Dipl.-Ing. Rolf Schneider

**Umfang des Dokumentes:**

Textteil: 30 Seiten  
Anhänge: 22 Seiten  
Plananlagen: 2 Blatt

## INHALT

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	
<b>2</b>	<b>Sachverhalt und Aufgabenstellung</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Bearbeitungsgrundlagen</b>	<b>8</b>
3.1	Rechtsgrundlagen und Regelwerke	8
3.2	Planungsunterlagen	10
<b>4</b>	<b>Beschreibung des Planvorhabens</b>	<b>10</b>
4.1	Projektbeschreibung	10
4.2	Einwirkungsbereich	11
4.3	Immissionsschutzrechtliche Einstufung	11
<b>5</b>	<b>Anforderungen</b>	<b>11</b>
5.1	<b>Erschütterungen</b>	<b>11</b>
5.1.1	Beurteilungsverfahren	12
5.1.2	Anhaltswerte	13
5.1.3	Kriterien einer wesentlichen Änderung	13
5.2	<b>Sekundärer Luftschall</b>	<b>15</b>
5.2.1	Grundlagen der Beurteilung	15
5.2.2	Anforderungswerte	16
5.2.3	Anwendung des „Schienenbonus“	17
5.2.4	Kriterien einer wesentlichen Änderung	17
<b>6</b>	<b>Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise</b>	<b>18</b>
6.1	<b>Emission</b>	<b>21</b>
6.2	<b>Transmission</b>	<b>22</b>
6.2.1	Transferfunktion 1	22
6.2.2	Transferfunktion 2	22
6.2.3	Transferfunktion 3	23
6.3	<b>Immissionen</b>	<b>23</b>
6.3.1	Erschütterungen	23
6.3.2	Sekundärer Luftschall	23
6.4	<b>Betriebsparameter</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>Untersuchungsergebnisse</b>	<b>26</b>

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

<b>7.1</b>	<b>Immissionen im Nullfall</b>	<b>26</b>
7.1.1	Erschütterungen	
7.1.2	Sekundärer Luftschall	
<b>7.2</b>	<b>Immissionen im Planfall</b>	<b>27</b>
7.2.1	Erschütterungen	27
7.2.2	Sekundärer Luftschall	28
<b>7.3</b>	<b>Prüfung auf wesentliche Änderung</b>	<b>28</b>
<b>7.4</b>	<b>Extrapolation der Untersuchungsergebnisse</b>	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>Abschließende Bemerkungen</b>	<b>29</b>
 <b>Abbildungsverzeichnis</b>		
Abbildung 1:	Prognose verkehrsinduzierter Erschütterungen .....	19
Abbildung 2:	Übertragung von Erschütterungen .....	20
 <b>Tabellenverzeichnis</b>		
Tabelle 1:	Anhaltswerte A für Erschütterungen .....	13
Tabelle 2:	Immissionsrichtwerte für sekundären Luftschall .....	17
 <b>Anhänge</b>		
ANHANG 1	Angabe zu den Gebäuden	
ANHANG 2	Emissionen	
ANHANG 3	Transmission	
ANHANG 4	Erschütterungsimmissionen	
ANHANG 5	Sekundäre Luftschallimmissionen	
 <b>Plananlagen</b>		
ANLAGE 12.4.1	Übersichtslageplan	

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

## Abkürzungsverzeichnis

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

A	Anhaltswert
$\alpha$	Abklingkoeffizient [ $m^{-1}$ ]
$A_o$	oberer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
$A_r$	Beurteilungs-Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
$A_u$	unterer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-]
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
c	Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle [m/s]
dB	Dezibel
$\Delta L$	Pegeldifferenz
D	Korrektursummand zur Berücksichtigung der Raumnutzung [dB]
ET 423	S-Bahnfahrzeug der Baureihe 423
F	äquivalente Absorptionsfläche des Raumes [ $m^2$ ].
f	Frequenz [Hz]
FGZ	Ferngüterverkehr
$f_0$	Deckeneigenfrequenz [Hz]
GE	Gewerbegebiet gemäß § 8 BauNVO
GI	Industriegebiet gemäß § 9 BauNVO
Hz	Hertz, Schwingung je Sekunde
IC	InterCity
ICE	InterCityExpress
IP	Immissionspunkt
IRW	Immissionsrichtwert [dB(A)]
$KB_{Fmax}$	maximale bewertete Schwingstärke [-]
$KB_{FTi}$	Taktmaximalwert
$KB_{FTm}$	Taktmaximal-Effektivwert
$KB_{FTr}$	Beurteilungsschwingstärke [-]
$L_{AF}$	A-bewerteter Schalldruckpegel
$L_{CF}$	C-bewerteter Schalldruckpegel
$L_i$	A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)]
$L_{r,sek}$	Beurteilungspegel für den sekundären Luftschall [dB(A)]
$L_{vA}$	A-bewerteter Körperschallschnellepegel in Fußbodenmitte [dB(A)]
MI	Mischgebiet gemäß § 6 BauNVO
n	Exponent der Wellenart nach DIN 4150-1
r, R	Abstand

R <sub>1</sub>	Bezugsabstand
RB	Regionalbahn
RE	RegionalExpress
RMS	Root mean square (quadratischer Mittelwert)
S	Fläche des betrachteten Bauteils [m <sup>2</sup> ]
σ	Abstrahlgrad des betrachteten Bauteils
T	Übertragungsfunktion
T <sub>e</sub>	Einwirkungszeit einer Zugvorbeifahrt
T <sub>i</sub>	Transferfunktion
T <sub>1</sub>	Übertragung im Erdreich
T <sub>2</sub>	Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament
T <sub>3</sub>	Übertragung vom Gebäudefundament auf die Geschossdecken
VDI	Verein deutscher Ingenieure
v <sub>0</sub>	Referenzwert für die Schwingschnelle [5·10 <sup>-8</sup> m/s]
v <sub>max</sub>	Höchstgeschwindigkeit [km/h]
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
WA	Allgemeines Wohngebiet gemäß § 4 BauNVO

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

## 1 Zusammenfassung

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

Die erschütterungstechnische Untersuchung im Rahmen der Planung zur „Nordmainischen S-Bahn“ im oberirdischen Streckenabschnitt Frankfurt (PFA 1) hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

- ❑ Im gesamten Untersuchungsbereich besteht eine erschütterungstechnische **Vorbelastung** durch die vorhandene Bahnstrecke. Relevante Erschütterungsimmissionen treten dabei lediglich an den nächstgelegenen Gebäuden auf. Für diese wurde geprüft, ob es durch den Betrieb der geplanten S-Bahn-Strecke zu einer Erhöhung der gegenwärtig auftretenden Erschütterungsimmissionen kommt und ob diese eine „wesentlichen Änderung“ im Hinblick auf den Immissionsschutz darstellen, die erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen erforderlich machen.
- ❑ Unter Berücksichtigung der messtechnisch analysierten Ausbreitungsbedingungen im Boden ergeben sich durch den zukünftigen Betrieb der geplanten S-Bahn-Strecke in den messtechnisch untersuchten exemplarischen Gebäuden **keine** Überschreitungen der Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2**. Die Anhaltswerte in den 7 untersuchten Gebäuden werden größtenteils deutlich unterschritten. Somit kommt es in diesen exemplarischen Gebäuden auch zu **keinen** Erschütterungsimmissionen, die den Sachverhalt einer „**wesentlichen**“ Änderung erfüllen. Erhebliche Belästigungen infolge schienenverkehrsinduzierter Erschütterungsimmissionen sind somit auch nach dem Ausbau der Strecke **nicht** zu erwarten..
- ❑ Hinsichtlich sekundärer Luftschallimmissionen werden die, in Anlehnung an die 24. BImSchV zulässigen Immissionsrichtwerte lediglich in einem der 7 messtechnisch untersuchten Gebäude geringfügig überschritten. Im gesamten Untersuchungsbereich ergibt sich durch die S-Bahn-Strecke jedoch **keine** „wesentliche Änderung“ der bestehenden Einwirkungen. Diesbezügliche erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen werden demnach ebenfalls nicht erforderlich.
- ❑ Die Bebauungsdichte im Nahbereich der Trasse ( $r \leq 25$  m) ist relativ gering. Da im Rahmen der erschütterungstechnischen Untersu-

chung hier bereits ca. 43 % der vorhandenen schutzbedürftigen Gebäude messtechnisch untersucht wurden und haltswerte der **DIN 4150-2** mit Abstand eingehalten. Die Untersuchungsergebnisse der exemplarischen Gebäude auf die Gesamtheit aller im Einwirkungsbereich der Nordmainischen S-Bahn extrapoliert werden. Der Sachverhalt einer „**wesentlichen Änderung**“ wird sowohl hinsichtlich der Erschütterungen als auch hinsichtlich der sekundären Luftschallimmissionen nicht erfüllt. Es besteht somit für den gesamten oberirdischen Bereich des PFA 1 der geplanten Nordmainischen S-Bahn kein Erfordernis für erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen.

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

## 2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Beim Betrieb schienengebundener Fahrzeuge kommt es im Kontaktbereich zwischen Rad und Schiene zu Schwingungsanregungen, die auf Störungen des stationären Abrollvorganges zurückzuführen sind. Verantwortlich hierfür sind einerseits Inhomogenitäten der Schiene, andererseits auch das Rad selbst, welches in der Regel einen ungleichmäßigen Verschleiß erfährt. Die impulsförmige Anregung des Radsatzes und des Gleiskörpers wiederum hat die Anregung von Eigenschwingungen des Gesamtsystems zur Folge. Auch schwankende Vertikalsteifigkeiten bei Schotteroberbauten mit Schwellen oder bei festen Fahrbahnen sind ursächlich für einen instationären Abrollvorgang.

Die aus den dynamischen Lasten resultierenden Schwingungen des Gleisoberbaus werden über das Erdreich auf nahe stehende Gebäude übertragen, die ihrerseits zu Schwingungen angeregt werden. Die auftretenden Schwingungsamplituden sind in der Regel so gering, dass Bauwerksschäden als Folge der dynamischen Beanspruchung ausgeschlossen werden können. Dennoch können Schwingungen bereits bei geringen Schwingstärken zu Beeinträchtigungen des Wohlbefindens von Menschen in Gebäuden führen. Über die Geschossdecken werden Schwingungen des Gebäudekörpers auf den Menschen übertragen, die vom Körper direkt als mechanische Schwingungsimmissionen wahrgenommen werden. Weiterhin führen die in ein Bauwerk eingeleiteten Schwingungen zu einer Schallabstrahlung der Raumbegrenzungsflächen in Form von hörbarem (sekundärem) Luftschall. Selbst Immissionen, die als mechanische Schwingungen nicht mehr spürbar sind, können dann akustisch wahrnehmbar sein.

Geräusche und Erschütterungen zählen gemäß § 3 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (**BImSchG**) je nach Stärke und Dauer der Immissionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

Im Rahmen der Planung für das Planvorhaben „Nordmainische S-Bahn“ ist daher zu prüfen, ob die Einwirkungen aus Erschütterungen bzw. sekundärem Luftschall, hervorgerufen vom zukünftigen Betrieb, zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden führen können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im gesamten Untersuchungsraum eine erschütterungstechnische Vorbelastung durch die vorhandene Bahnstrecke besteht. Sofern zukünftig Erschütterungs- oder sekundäre Luftschallimmissionen zu erwarten sind, die die Beurteilungsanhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** bzw. die Immissionsrichtwerte in Anlehnung an die **24. BImSchV** überschreiten, sind die Belastungen im Planfall der gegebenen Vorbelastung (Nullfall) gegenüberzustellen. Anhand dieses Vergleichs wird dann geprüft, ob die geplante Baumaßnahme zu einer „**wesentlichen Änderung**“ führt, das heißt zu einer erheblichen Erhöhung der Immissionen gegenüber der Vorbelastungssituation.

Soweit relevante Konfliktpotentiale festgestellt werden, sind geeignete Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung bzw. zur Minimierung der Immissionskonflikte zu erarbeiten.

### 3 Bearbeitungsgrundlagen

#### 3.1 Rechtsgrundlagen und Regelwerke

Der durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchung liegen die folgenden Gesetze, Verordnungen und Richtlinien zu Grunde:

- /1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- /2/ 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990



- /3/ 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahme BImSchV) vom 04. Februar 1997 in ihrer berichtigen Fassung vom 16. Mai 1997
- /4/ Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) in der aktuell gültigen Fassung
- /5/ Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 21.12.2010, Az: BVerwG 7 A 14.09
- /6/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- /7/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen“, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- /8/ DIN 4150, Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen“, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Februar 1999
- /9/ DIN 45669, Teil 1 "Messung von Schwingungsimmissionen" Anforderungen an Schwingungsmesser vom September 2010
- /10/ DIN 45669, Teil 2 "Messung von Schwingungsimmissionen"; Messverfahren vom Juni 2005
- /11/ DIN 45672, Teil 1 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“, Messverfahren vom Dezember 2009
- /12/ DIN 45672, Teil 2 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen“, Teil 2: Auswerteverfahren vom Juli 1995
- /13/ Messbericht – Erschütterungen, Messtechnische Erhebung der Ausbreitungsbedingungen im Planfeststellungsabschnitt Frankfurt (oberirdischer Streckenabschnitt), Anlage 12.4.2 - Teil 2, Bericht Nr. 08500-VME-5 vom 28.01.2013, FRITZ GmbH Beratende Ingenieure VBI, Einhausen
- /14/ Bodendynamik, Grundlagen und Anwendungen, Herausgeber Wolfgang Haupt; 1986
- /15/ DB-Leitfaden für den Planer, Körperschall- und Erschütterungsschutz, in der aktuell gültigen Fassung

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

## 3.2 Planungsunterlagen

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

- /16/ Achskleinpunktlisten der Strecken 3660, 3685, Stand Oktober. 2009, zur Verfügung gestellt von DB Projektbau GmbH, Bautechnik, Berlin
- /17/ Betriebskonzept auf Basis der Bedarfsplanüberprüfung 2010 – Prognose für das Jahr 2025, DB Netz AG, Regionalbereich Mitte, Frankfurt am Main
- /18/ ALK-Daten für das Umfeld der Nordmainischen S-Bahn, zur Verfügung gestellt von DB Projektbau GmbH, Regionalbereich Mitte, Frankfurt am Main
- /19/ Angaben zu den Bebauungsplänen im Umfeld der Planung sowie Auszüge aus dem Flächennutzungsplan 2007, Planungsauskunftssystem des Stadtplanungsamtes Frankfurt am Main, Stand Juli 2009

## 4 Beschreibung des Planvorhabens

### 4.1 Projektbeschreibung

Der regionale Nahverkehrsplan 2004 bis 2009 des Rhein-Main-Verkehrsverbundes sieht im Maßnahmenbereich der S-Bahn und des Regionalverkehrs unter anderem den Vollausbau der Nordmainischen S-Bahn zwischen dem Anschluss an die Konstablerwache in Frankfurt am Main (Abzweig Grüne Straße) und Hanau Hbf vor. Dieser umfasst den Neubau einer unterirdischen Streckenführung (2-gleisig) zwischen dem vorhandenen Abzweig „Grüne Straße“ bis östlich des „Danziger Platzes“ in Frankfurt-Ost sowie den Neubau von zwei gesonderten S-Bahn-Gleisen in oberirdischer Streckenführung bis Wilhelmsbad. Der oberirdische Streckenabschnitt wird bis Wilhelmsbad nördlich der vorhandenen Fernbahnstrecke (3660) geführt. In Teilbereichen sind hierzu auch bauliche Eingriffe in die vorhandenen Fernbahngleise erforderlich. Im Bereich ab Wilhelmsbad wird eine zweigleisige Verbindung südlich der vorhandenen Strecke gebaut, auf der künftig die Fernbahnstrecke geführt wird. Die S-Bahn wird in diesem Bereich die bestehende Fernbahnstrecke nutzen.

Der in dieser Untersuchung zu betrachtende Abschnitt „Frankfurt am Main“ bezieht sich auf die oberirdisch verlaufende Strecke von Frankfurt-Ostend

(S-Bahn-km 54,3+50) über Frankfurt-Riederwald und Frankfurt-Fechenheim bis ca. S-Bahn-km 60,2+94.

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

## 4.2 Einwirkungsbereich

In den Übersichtslageplan in **Anlage 12.4.1** sind die im Einwirkungsbereich der Bahnanlage gelegenen Siedlungsflächen in den Ortslagen Frankfurt-Ostend, Frankfurt-Riederwald und Frankfurt-Fechenheim dargestellt.

Die Gebietsnutzungen von Siedlungsflächen wurden in den Plänen farblich gekennzeichnet. Weiterhin wurden dort besonders schützenswerte Sondernutzungen, das heißt Krankenhäuser, Altenheime, Schulen oder Kindergärten, entsprechend hervorgehoben soweit diese im Untersuchungsraum vorhanden sind.

Die Einstufung der Gebietsnutzungen wurde auf der Grundlage rechtskräftiger Bebauungspläne oder ersatzweise nach der Schutzwürdigkeit von Siedlungsflächen unter Berücksichtigung der tatsächlichen Nutzung vorgenommen.

## 4.3 Immissionsschutzrechtliche Einstufung

Im gesamten Untersuchungsraum besteht eine erschütterungstechnische Vorbelastung durch die vorhandene Bahnstrecke. Sofern zukünftig Erschütterungs- oder sekundäre Luftschallimmissionen zu erwarten sind, die die Beurteilungsanhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** /7/ bzw. die Immissionsrichtwerte in Anlehnung an die **24. BImSchV** /3/ überschreiten, sind die Belastungen im Planfall der gegebenen Vorbelastung (Bestand bzw. Prognose-Nullfall) gegenüberzustellen. Anhand dieses Vergleichs wird dann aufgezeigt, ob die geplante Baumaßnahme zu einer „**wesentlichen Änderung**“ führt, das heißt zu einer erheblichen Erhöhung der Immissionen gegenüber der Vorbelastungssituation.

# 5 Anforderungen

## 5.1 Erschütterungen

Im Gegensatz zur schalltechnischen Problemstellung existieren derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen, in denen Grenzwerte für Erschütte-

rungsimmissionen festgelegt sind. Daher werden die in Fachkreisen anerkannten Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** /7/ herangezogen. Die Einhaltung dieser Anhaltswerte kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen keine erheblich belästigenden Einwirkungen darstellen, die als niedrigste Qualifikationsstufe schädlicher Umwelteinwirkungen anzusehen sind.

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

Die Rechtsgrundlage für Ansprüche auf Schutzmaßnahmen ist in **§ 74 (2) Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG)** /4/ begründet. Hiernach sind dem Träger eines Vorhabens Vorkehrungen oder die Einrichtung und Unterhaltung von Anlagen aufzuerlegen, die zum Wohl der Allgemeinheit oder zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen erforderlich sind. Sind solche Vorkehrungen oder Anlagen untunlich, das heißt mit angemessenem Aufwand zum Schutzzweck nicht realisierbar, oder sind die Maßnahmen mit dem Vorhaben nicht vereinbar, so besteht ein entsprechender Entschädigungsanspruch.

In dem hier zu beurteilenden Einwirkungsbereich besteht bereits eine erschütterungstechnische Vorbelastung. Bei Überschreitung der Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** /7/ ist daher der Sachverhalt zu klären, ob die geplante Baumaßnahme zu einer wesentlichen Erhöhung der Erschütterungsimmissionen im Sinne des derzeitigen Kenntnisstandes und der gültigen Rechtsprechung führt und sich hieraus ein Anspruch auf Schutzmaßnahmen ergibt.

### 5.1.1 Beurteilungsverfahren

Zur Bewertung der Erschütterungsimmissionen sind gemäß **DIN 4150-2** zwei Beurteilungsgrößen heranzuziehen:

- ☐ die maximale zeit- u. frequenzbewertete Schwingstärke **KB<sub>Fmax</sub>**,
- ☐ die Beurteilungsschwingstärke **KB<sub>FTr</sub>**.

Beide Beurteilungsgrößen sind getrennt für die drei Richtungskomponenten X, Y (horizontal) und Z (vertikal) zu ermitteln. Der jeweils größte der drei Werte ist der Beurteilung zu Grunde zu legen.

Die Beurteilung erfolgt anhand der Kriterien **A<sub>u</sub>** (für **KB<sub>Fmax</sub>**) und **A<sub>r</sub>** (für **KB<sub>FTr</sub>**). Ist **KB<sub>Fmax</sub>** kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert **A<sub>u</sub>**, so werden die Anforderungen der Norm erfüllt. Dann gilt als nachgewiesen, dass die schienenverkehrsinduzierten Erschütterungsimmissionen **nicht**

als „**erheblich belästigend**“ einzustufen sind. Übersteigt die maximale bewertete Schwingstärke den unteren Anhaltswert, erfolgt die Beurteilung in einem weiteren Prüfschritt auf Basis der Beurteilungswerte  $KB_{FT}$  im Vergleich zu dem Beurteilungsanhaltswert  $A_r$ .

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

### 5.1.2 Anhaltswerte

Die Anhaltswerte **A** zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen werden in der **DIN 4150-2** jeweils in Abhängigkeit von der Art der baulichen Nutzung der Umgebung des Einwirkungsortes sowie für den Tag- und den Nachtzeitraum unterschieden. In **Tabelle 1** sind die Anhaltswerte angegeben.

**Tabelle 1:** Anhaltswerte A für Erschütterungen

Zeile	Einwirkungsort	tags		nachts	
		$A_u$	$A_r$	$A_u$	$A_r$
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichtspersonal und Bereitschaftspersonen untergebracht sind	0,40	0,20	0,30	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	0,30	0,15	0,20	0,10
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	0,20	0,10	0,15	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	0,15	0,07	0,10	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,10	0,05	0,10	0,05

### 5.1.3 Kriterien einer wesentlichen Änderung

Nach der aktuellen Rechtsprechung /5/ müssen sich Betroffene vorhandene Vorbelastungen aus Erschütterungsimmissionen zurechnen lassen, d.h. dass die Vorbelastung bei der Prüfung möglicher Vorsorgeansprüche und bei der Abwägung geeigneter Schutzvorkehrungen zu berücksichtigen ist. In diesem Zusammenhang wird auf die Rechtsprechung des Gerichtes zum primären Luftschall vor Inkraftsetzung der **16. BImSchV** /2/ verwiesen.

sen. Demgemäß können nach der gegenwärtigen Rechtslage reale und geldwerte Ausgleichsansprüche beim Vorhandensein einer genger Erschütterungsimmissionen an baulich geänderten Verkehrswegen nur dann bestehen, wenn die Vorbelastung durch bestehende Bahnanlagen durch das Hinzutreten weiterer Erschütterungseinwirkungen in beachtlicher Weise erhöht wird und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche, unzumutbare Beeinträchtigung liegt. Dies wird auch durch das aktuelle Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes /5/ bestätigt. Unter Punkt 14 des Urteils wird angeführt, dass ein Erschütterungsschutz nur dann verlangt werden kann, wenn die Erschütterungsbelastung durch den Ausbau in **beachtlicher** Weise erhöht und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche, dem Betroffenen billigerweise nicht mehr zumutbare Belastung liegt.

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

Im Zusammenhang mit der Frage, welche Erhöhung der Erschütterungsimmission eine unzumutbare Beeinträchtigung darstellt, bestätigt das Gericht dass eine Verstärkung der Erschütterungen dann wesentlich ist, wenn diese sich gegenüber der Vorbelastung um mindestens **25 %** erhöht. Hierbei wird die Festsetzung der Größe dieser Wahrnehmungsschwelle durch empirische hinreichend abgesicherte Erkenntnisse gestützt. Die Ergebnisse einer Laborstudie im Auftrag der Deutschen Bahn AG können hierzu herangezogen werden.

Die Untersuchungen der Laborstudie kommen zu dem Ergebnis, dass eine Erschütterungsdifferenz von 25 % Erhöhung "praktisch als Labor-Unterschiedsschwelle" anzusehen ist. Bei der Durchführung der Laboruntersuchungen, bei denen mehreren Probanden Erschütterungssignale zur Beurteilung angeboten wurden, wurden strenge Vergleichsbedingungen mit kurzen Pausen (ca. 3 Sekunden) zwischen den beiden angebotenen Signalen (Reiz- und Vergleich) angewendet. Es wird darauf hingewiesen, dass unter realen Bedingungen die Pausenstruktur zwischen den einzelnen Zugvorbeifahrten wesentlich größer ist, so dass die Wahrnehmung von Erschütterungsdifferenzen bei größeren Reizdifferenzen zu erwarten ist.



## 5.2 Sekundärer Luftschall

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

### 5.2.1 Grundlagen der Beurteilung

Zur Ermittlung und Beurteilung von Geräuschemissionen aus sekundärem Luftschall gibt es derzeit weder normative Festsetzungen noch gültige Rechtsverordnungen. Daher ist es erforderlich, sich für eine sachgerechte Beurteilung an andere Gesetze, Verordnungen und Regelwerke auf Grundlage von Plausibilitätsbetrachtungen anzulehnen.

Bei der Beurteilung schienenverkehrsinduzierter sekundärer Luftschallimmissionen ist zunächst zu berücksichtigen, dass es sich hierbei – wenn auch im weiteren Sinne – um Verkehrslärmimmissionen handelt. Demzufolge kann das Bundes-Immissionsschutzgesetz herangezogen werden, das sich in den §§ 41 bis 43 mit Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgereusche befasst. In § 43 BImSchG /1/ wird die Bundesregierung ermächtigt, erforderliche Vorschriften zu erlassen. Hierbei wird explizit darauf hingewiesen, dass den Besonderheiten des Schienenverkehrs Rechnung zu tragen ist. Dies ist für primäre Luftschallimmissionen mit Erlass der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV /2/) geschehen. Eine Regelung zum sekundären Luftschall gibt es derzeit nicht.

Ein Anhaltspunkt für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen ergibt sich aus der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (24. BImSchV /3/), die – wenn auch indirekt – Vorgaben für zulässige Innenraumpegel aus Verkehrslärmimmissionen in Abhängigkeit von der Raumnutzung angibt - auch wenn der sekundäre Luftschall streng genommen nicht den Regelungen der 24. BImSchV unterliegt, da deren Anwendung die Überschreitung der Immissionsgrenzwerte nach § 2 der 16. BImSchV durch den Bau oder die wesentliche Änderung einer öffentlichen Straße oder eines Schienenverkehrsweges voraussetzt. In Anlehnung an die 24. BImSchV scheint es dennoch gerechtfertigt, den aus Tabelle 1 der 24. BImSchV (Korrektursummand D zur Berücksichtigung der Raumnutzung) abgeleiteten Innenpegel (Korrektursummand D zuzüglich 3 dB(A)) als Beurteilungsmaßstab auch hinsichtlich sekundären Luftschalls heranzuziehen (siehe hierzu auch Kapitel 5.2.2).

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass das Heranziehen von Anforderungswerten gemäß Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen implizit die in der Rechtsprechung allgemein anerkannten Zumutbarkeitsschwellen

bei Innenraumpegeln tags von 40 dB(A) für Wohnräume und nachts von 30 dB(A) für Schlafräume berücksichtigt. Der Verordnung **BImSchV** hat diese Zumutbarkeitsschwellen ebenfalls

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

Diese wurden vom Bundesverwaltungsgericht bereits in der Zeit vor Inkrafttreten der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BImSchV**) am Maßstab des **§ 74 (2) Satz 2 VwVfG** /4/ bestimmt. Da die **24. BImSchV** nicht nur Anforderungswerte für Wohn- und Schlafräume nennt, sondern ebenfalls Anforderungen für andere Nutzungen, sollen diese Anforderungswerte für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen hilfsweise herangezogen werden. Ungeachtet dessen ist die maßgebliche Grundlage der Beurteilung die von der Rechtsprechung entwickelte Zumutbarkeitsschwelle, von denen auch der Verordnungsgeber der **24. BImSchV** ausgegangen ist.

### 5.2.2 Anforderungswerte

In der Anlage zur **24. BImSchV** /3/ sind die mathematischen Beziehungen angegeben, nach denen das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß der gesamten Außenfläche eines Raumes rechnerisch zu ermitteln ist, wenn auf Grund von Grenzwertüberschreitungen dem Grunde nach ein Rechtsanspruch auf Lärmvorsorgemaßnahmen besteht. Zur Vermeidung von Kommunikations- bzw. Schlafstörungen wurde festgelegt, dass die Beurteilungspegel in Wohnräumen tags 40 dB(A) bzw. in Schlafräumen nachts 30 dB(A) nicht überschreiten sollten. Für andere schutzbedürftige Räume gelten entsprechende Innenschallpegel. Im Korrektursummanden **D** sind zum einen die Innenraumpegel für die jeweilige Raumart einbezogen, zum anderen eine Korrektur von **3 dB**, die berücksichtigt, dass die Dämmwirkung von Außenbauteilen bei gerichtet einfallendem Schall geringer ausfällt als im diffusen Schallfeld. Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes können die in **Tabelle 2** angegebenen Immissionsrichtwerte für eine Beurteilung des Innenschallpegels gemäß **24. BImSchV** abgeleitet werden. Der für den Tag und die Nacht zulässige Beurteilungspegel berechnet sich aus dem Korrektursummanden **D** wie folgt:

$$L_{r,NT} = D + 3 \text{ dB.}$$



**Tabelle 2:** Immissionsrichtwerte für sekundären Luftschall

Zeile	Raumnutzung	$L_{ri,T}$	$L_{ri,N}$
		[dB(A)]	[dB(A)]
1	Räume, die überwiegend zum Schlafen genutzt werden	-	30
2	Wohnräume	40	-
3	Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	40	-
4	Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	45	-
5	Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind	50	-
6	Sonstige Räume, die zum nicht nur Vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind	entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen	

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

$L_{ri,T}$  = Beurteilungspegel innen tags in dB(A)

$L_{ri,N}$  = Beurteilungspegel innen nachts in dB(A)

### 5.2.3 Anwendung des „Schienenbonus“

Die 24. BImSchV sieht mit dem „Schienenbonus“ einen Lästigkeitsabschlag bei der Ermittlung des Beurteilungspegels von schienenverkehrsinduziertem Lärm vor. Die Anwendung des Schienenbonus in Höhe von 5 [dB(A)] wird von dem Bundesverwaltungsgericht in einem aktuellen Urteil /5/ bestätigt, in dem sich das Gericht mit der Beurteilung von sekundären Luftschallimmissionen befasst. So führt das Gericht aus, dass die Berücksichtigung eines Lästigkeitsunterschieds zu Gunsten des Schienenverkehrs im Rahmen der Anwendung von Anforderungswerten der 24. BImSchV für sekundäre Luftschallimmissionen nicht die normative Verankerung fehlt. Der Schienenbonus ist vielmehr ein Teil eines in sich schlüssigen Regelungskonzeptes. Daher ist auch in diesem Zusammenhang der Schienenbonus anzuwenden.

### 5.2.4 Kriterien einer wesentlichen Änderung

Für den sekundären Luftschall wird in Anlehnung an die schalltechnische Problemstellung bei der Bewertung nach **16. BImSchV** /2/ eine Erhöhung

der Beurteilungspegel von mindestens **3 dB(A)** als wesentlich erachtet. Ein Anspruch auf Vorsorgemaßnahmen ergibt sich der wesentlichen Erhöhung der Beurteilungspegel bei Immissionsrichtwertüberschreitung.

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

## 6 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

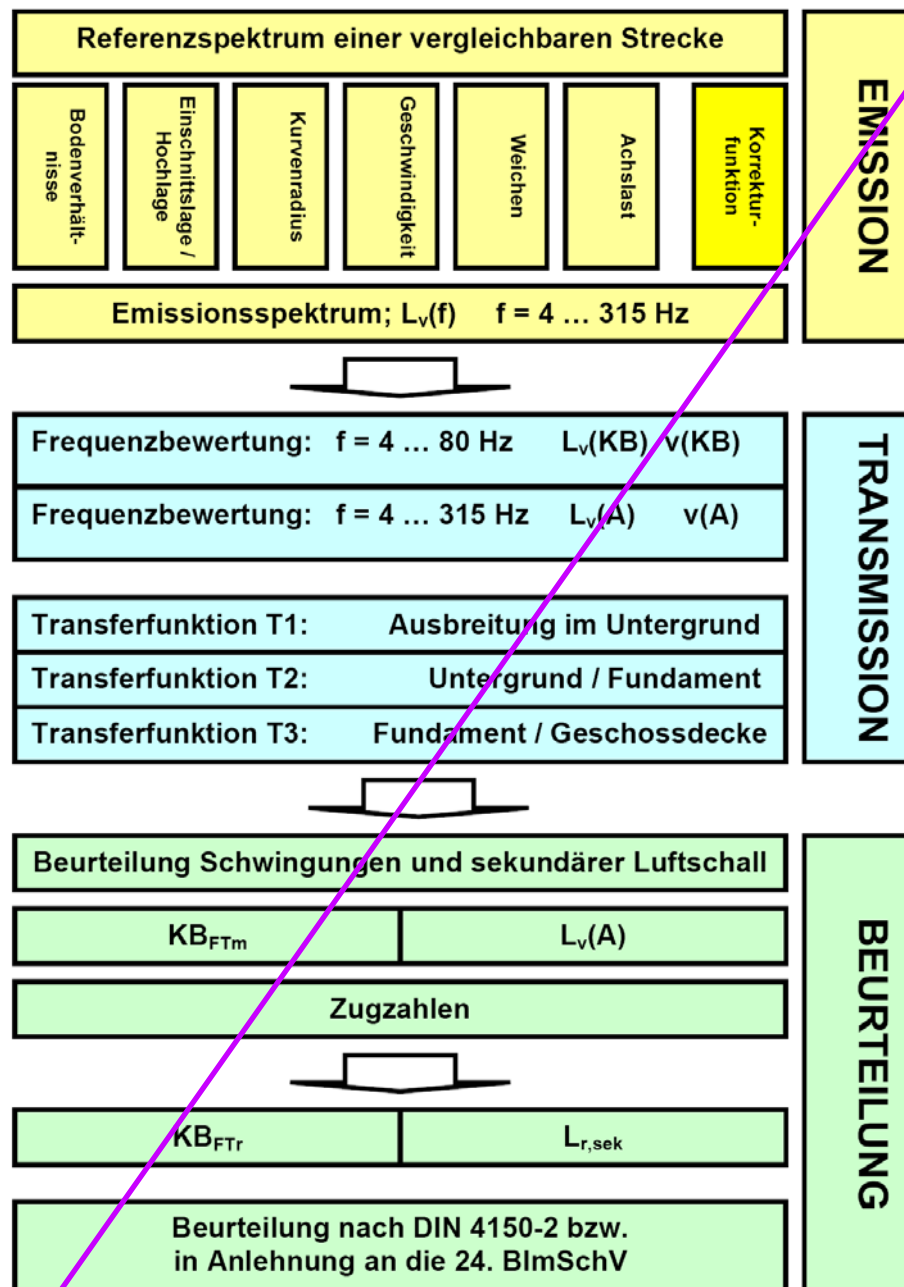
Ausgangspunkt der erschütterungstechnischen Untersuchung ist die Festlegung repräsentativer Untersuchungsobjekte. Im vorliegenden Fall wurden 7 Gebäude im Abschnitt Frankfurt der Nordmainischen S-Bahn ausgewählt, die sich im direkten Einwirkungsbereich der Bahnstrecke befinden. Die Bebauungsdichte im Einwirkungsbereich der Bahntrasse ist im oberirdischen Bereich des Abschnitts Frankfurt gering. In einer Korridorbreite von bis zu **25 m** befinden sich insgesamt lediglich 7 schutzbedürftige Gebäude. Von den insgesamt 7 messtechnisch untersuchten Objekten liegen **3 Gebäude** innerhalb dieses Korridors. Dies bedeutet eine Quote von **43 %**. 4 ausgewählte Gebäude haben einem Abstand im Bereich von 33 m bis 58 m. Die ausgewählten Gebäude wurden so festgelegt, dass auf Grund der gegebenen Abstandsverhältnisse zur Trasse und der vorhandenen Bausubstanz, ein mögliches Konfliktpotential nicht ausgeschlossen werden kann. Die Gebäude wurden ferner unter dem Aspekt ausgewählt, dass diese repräsentativ für die umliegende Gebäudestruktur sind.

Im Falle einer Konfliktfreiheit bei diesen „kritischen“ Immissionsorten kann davon ausgegangen werden, dass auch an der übrigen Bebauung keine erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen und sekundären Luftschall auftreten werden. Die untersuchten Objekte sind im Übersichtslageplan in **Anlage 12.4.1** farbig gekennzeichnet.

Bei allen ausgewählten Gebäuden wurden, soweit dies möglich war, jeweils drei Räume in verschiedenen Geschossebenen untersucht. Die tatsächlich vorhandene Nutzung der untersuchten Räume, deren Geschosslage sowie die jeweilige Deckenkonstruktion sind in **Anhang 1** angegeben.

**Abbildung 1:** Prognose verkehrsinduzierter Erschütterungen

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

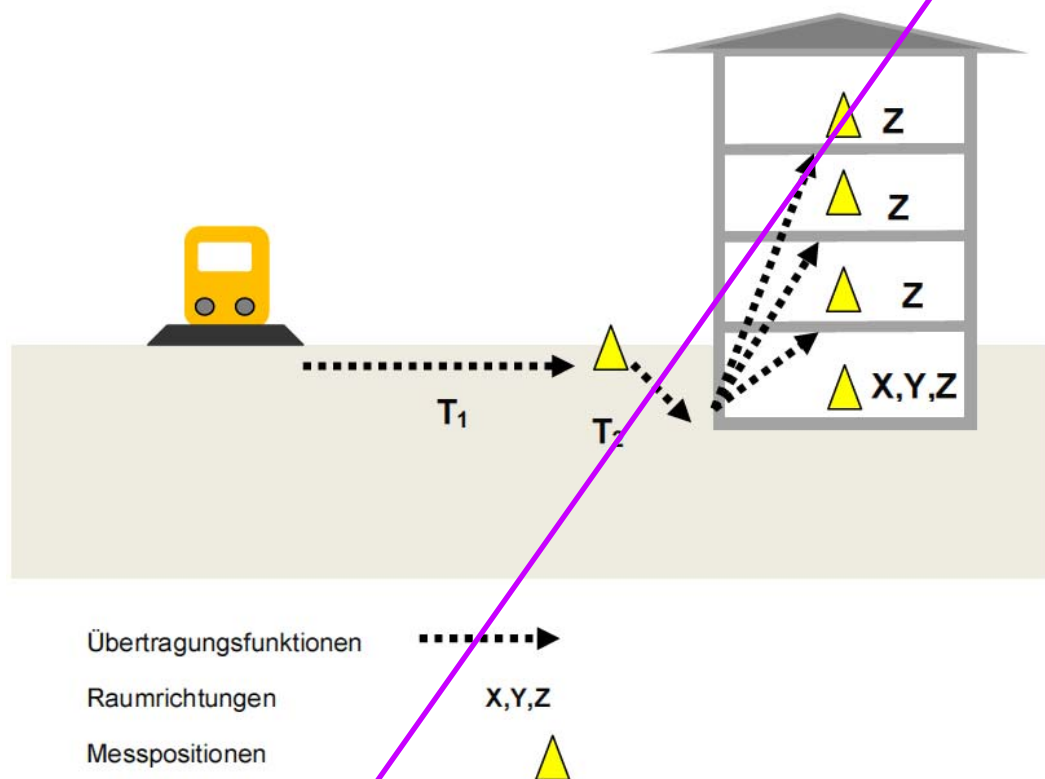


Der prinzipielle Aufbau des Prognosemodells ist in der schematischen Darstellung in **Abbildung 1** erläutert. Die Untersuchungsergebnisse für die exemplarischen Objekte werden anschließend auf die Gesamtheit aller im Einwirkungsbereich des Vorhabens gelegenen Gebäude extrapoliert. Hierbei werden Einwirkungsmatrizen berechnet, die Auskunft über die Beurteilungsschwingstärken für unterschiedliche Abstände von Gebäuden

zur Bahnstrecke und für alle dem Grunde nach möglichen Deckeneigenfrequenzen geben.

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

**Abbildung 2:** Übertragung von Erschütterungen



**Ep,0** Emissionspunkt im Abstand 8m zur Gleisachse  
**IP** Immissionspunkt

**T<sub>0</sub>** **Transferfunktion 0:** Übertragung vom Gleisoberbau zum 8m Punkt  
**T<sub>1</sub>** **Transferfunktion 1:** Übertragung im Erdreich  
**T<sub>2</sub>** **Transferfunktion 2:** Übertragung Erdreich auf das Gebäudefundament  
**T<sub>3</sub>** **Transferfunktion 3:** Übertragung Gebäudefundament Erdreich auf die Geschossdecken

Bei der Prognose der Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall in den repräsentativen Untersuchungsobjekten wird von der in **Abbildung 2** skizzierten Übertragungskette ausgegangen. Diese berücksichtigt neben den erschütterungstechnischen Quellstärken (Emissionen) und der Ausbreitung der Schwingungen im Untergrund (Transmission T1) das Schwingungsverhaltens, der zu untersuchenden Gebäude (Transmission T2 und T3). Die der Prognose zu Grunde gelegten Komponenten werden im Folgenden in Kapitel 6.1 bis 6.3 beschrieben.

Da die Übertragungsfunktionen zum Teil stark frequenzabhängig sind, ist für die Prognose ein Berechnungsverfahren anzuwenden, das die spektrale Zusammensetzung sowohl der Schwingungsemissionen als auch der einzelnen Transferfunktionen berücksichtigt. Die spektrale Auflösung erfolgt hierbei in Form von Terzbändern im Bereich von 4 bis 315 Hz.

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

## 6.1 Emission

Bei oberirdischen Schienenverkehrswegen wird die Emission durch die in einem festgelegten Abstand zur Gleisachse im Erdboden gemessenen Schwingstärke charakterisiert. Die Auswahl geeigneter Emissionen für die Erstellung der Erschütterungsprognose erfolgt empirisch, indem Emissionsspektren mit vergleichbaren emissionsrelevanten Parametern aus vorliegenden Messergebnissen für bereits gebaute und in Betrieb befindliche Strecken herangezogen werden. Dem Grunde nach ist bei diesem Verfahren das Prinzip der größtmöglichen Annäherung zu praktizieren, wobei vorrangig Fahrzeugtyp, Fahrgeschwindigkeiten und die Oberbauform übereinstimmen sollten. Im Regelfall sind jedoch weitere Korrekturen an den Emissionen auf der Grundlage allgemeiner Erkenntnisse über Erschütterungsemissionen und -immissionen vorzunehmen. Korrekturen sind z. B. zur Berücksichtigung des Messverfahrens oder von Geschwindigkeitsdifferenzen erforderlich.

Grundsätzlich gilt bei der Ermittlung des Emissionsansatzes der Grundsatz der oberen Abschätzung. Alle Emissionsansätze sind so zu treffen, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit gewährleistet werden kann, dass die nach Inbetriebnahme tatsächlich auftretenden Immissionen an betroffenen Gebäuden geringer sein werden als die prognostizierten Einwirkungen.

Die für die Prognose herangezogenen Emissionsspektren sind in **Anhang 2.1** tabellarisch und graphisch dokumentiert. Als Oberbaukonzept ist wie im Bestand ein Schotteroberbau mit Betonschwellen vorgesehen. Die angewandten Korrekturfunktionen sind ebenfalls in **Anhang 2.1** dokumentiert. Die je nach Streckenabschnitt korrigierten Emissionsspektren, die jeweils für die untersuchten Immissionsorte zu Grunde gelegt werden, finden sich in **Anhang 2.1**.

## 6.2 Transmission

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

Der Übertragungsweg von schienenverkehrsinduzierten Schwingungen auf die für die Beurteilung relevanten Geschossdecken eines Gebäudes wird in einzelne Übertragungsfunktionen (Transferfunktionen) untergliedert:

### 6.2.1 Transferfunktion 1

Als Transferfunktion  $T_1(f)$  wird die entfernungsbedingte Amplitudenabnahme der Schwingschnelle als Funktion der Frequenz  $f$  zwischen Emis-sionsort und einem Ort im Erdreich unmittelbar vor einem Gebäude bezeichnet. Diese wird im vorliegenden Fall aus den durchgeführten Ausbreitungsmessungen /13/ entnommen. Die angewandten Exponenten der Ab-nahmebedingung sind in **Anhang 3.1** tabellarisch und graphisch darge-stellt. Hierbei sind die Exponenten für jede Terzmittenfrequenz im maßge-benden Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz angegeben. Die Exponen-ten werden hierbei für jede Ortslage gemittelt. Die Berechnung der T1-Funktion erfolgt dann spektral nach der folgenden Gleichung:

$$T_1(f) = 20 \cdot \text{LOG}(R_0/R)^{-n(f)} \quad [\text{dB}]$$

mit:

$R_0$  Bezugsabstand [m]

$R$  Abstand Gebäude zur Gleisachse [m]

$n(f)$  Exponent der Abnahmebeziehung als Funktion der Frequenz [-]

### 6.2.2 Transferfunktion 2

Die Transferfunktion  $T_2$  beschreibt das Übertragungsverhalten vom Boden auf das Gebäudfundament. Sie unterliegt selbst bei verschiedenen Ge-bäudetypen relativ geringen Schwankungen und weist keine ausgeprägte spektrale Abhängigkeit auf. Erschütterungen werden umso leichter auf ein Gebäude übertragen, je geringer die Gebäudemasse ist. Eine messtech-nische Ermittlung des Übertragungsverhaltens vom Boden auf das Fun-dament war im vorliegenden Fall nicht möglich. Daher wurde die Transfer-funktion 2 aus Messungen an vergleichbaren Gebäudetypen übernom-men. Eine grafische und tabellarische Darstellung findet sich in **Anhang 3.2**.

### 6.2.3 Transferfunktion 3

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

Die Transferfunktion  $T_3$  beschreibt das Übertragungsverhalten des Gebäudes vom Fundament auf die Geschossdecken schutzwürdiger Räume. Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen im Hinblick auf die Störwirkung von Menschen beim Aufenthalt in Gebäuden sind die Schwingungseinwirkungen in der Raummitte maßgebend. Die Transferfunktion 3 kennzeichnet im Wesentlichen das Resonanzverhalten einer Decke und weist neben starken spektralen Abhängigkeiten ausgeprägte Maxima im Bereich der Deckeneigenfrequenz auf. Sie ist in hohem Maße gebäudeabhängig und kann stark variieren. Ursächlich hierfür sind vor allem Spannweiten und Konstruktionsweise der Decken.

Da die Transferfunktion 3 maßgebend Einfluss auf das Prognoseergebnis nimmt, werden diese Übertragungsfunktionen an den exemplarischen Gebäuden aus den Ergebnissen der Beweissicherungsmessungen ermittelt. Hierzu wurden an bis zu 3 Geschossdecken der untersuchten Gebäude die Biegeeigenfrequenzen der Geschossdecken messtechnisch bestimmt. Es wurde in 3 Räumen das Übertragungsverhalten der Gebäude vom **Fundament** auf die **Geschossdecken** der Gebäude bei Zugvorbeifahrten auf der bestehenden Strecke bestimmt. Die Erschütterungsmessungen zur Erhebung der bauphysikalischen Eigenschaften der Gebäude wurden im Zeitraum vom 09.09.2008 bis 25.09.2008 durchgeführt.

## 6.3 Immissionen

### 6.3.1 Erschütterungen

Als Erschütterungsimmissionen werden die bauwerksbezogenen, gemäß **DIN 4150-2** in der Mitte von Räumen ermittelten KB-bewerteten Schwingstärken bezeichnet. Da hier die Vertikalkomponente (Z-Richtung) die Horizontalkomponenten (X-, Y-Richtung) übersteigt, werden die Prognoseberechnungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungsimmissionen durchgeführt. Der relevante Frequenzbereich wird in der DIN 4150-2 auf 80 Hz begrenzt.

### 6.3.2 Sekundärer Luftschall

Die Prognose des sekundären Luftschallpegels im Innenraum  $L_1$  basiert auf dem zuvor berechneten maximalen zeitbewerteten Körperschallschnellepegel  $L_v$ . Dieser entspricht dem Maximalpegel der Schwingstärke, der jedoch im Gegensatz zum  $KB_{Fmax}$ -Wert keiner KB-Bewertung, sondern



einer A-Bewertung unterzogen wird. Der theoretische Zusammenhang zwischen ermittelter Körperschallschnelle und sekundärer Luftschallpegel wie folgt beschrieben werden:

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

$$L_{\text{sek}} = L_v + 10 \log \sigma + 10 \log (4 S/F)$$

mit

- L<sub>sek</sub>** sekundärer Luftschallpegel des betrachteten Bauteils [dB<sub>v</sub>(A)],  
**L<sub>v</sub>** mittlerer A-bewerteter Körperschallschnellepegel des betrachteten Bauteils [dB<sub>v</sub>(A)],  
**σ** Abstrahlgrad des betrachteten Bauteils,  
**S** Fläche des betrachteten Bauteils [m<sup>2</sup>],  
**F** äquivalente Absorptionsfläche des Raumes [m<sup>2</sup>].

In der Praxis lässt sich die genannte Beziehung jedoch nur schwer anwenden, da die Körperschallschnelle nicht nur in Deckenmitte, sondern an allen betrachteten Bauteilen (also auch an Wänden und Raumdecken) gemessen werden müsste. Weiterhin ist die Bestimmung des Abstrahlgrades mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Im vorliegenden Fall wurde daher zur Bestimmung des Beurteilungspegels für den sekundären Luftschall der Leitfaden „Körperschall und Erschütterungsschutz“ der DB AG /15/ herangezogen. Hierin wird ein linearer Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Körperschallschnellepegel und dem sekundären Luftschallpegel genannt. Die Abhängigkeiten wurden dabei für verschiedene Zuggattungen und Deckenkonstruktionsformen (Stahlbetondecken, Holzbalkendecken) beschrieben. Demnach kann zur Ermittlung der Einwirkungen aus sekundärem Luftschall, hervorgerufen durch schienengebundenen Personennahverkehr, in erster Näherung folgende Beziehung herangezogen werden:

- ☐ **L<sub>i</sub> = 17,6 + 0,62 L<sub>vA</sub>** für Stahlbetondecken,  
☐ **L<sub>i</sub> = 27,5 + 0,34 L<sub>vA</sub>** für Holzbalkendecken,

für den Fernverkehr nennt der Leitfaden folgende Beziehung

- ☐ **L<sub>i</sub> = 26,2 + 0,46 · L<sub>vA</sub>** [dB(A)] bei Betondecken,  
☐ **L<sub>i</sub> = 24,5 + 0,59 · L<sub>vA</sub>** [dB(A)] bei Holzbalkendecken.

mit



$L_I$  A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)],  
 $L_{vA}$  A-bewerteter Körperschallschnellepegel in Fußboden

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

Entgegen der Vorgehensweise bei der Ermittlung der maximalen bewerteten Schwingstärke  $KB_{Fmax}$ , bei der ein Frequenzbereich von 4 Hz bis 80 Hz untersucht wird, wird der A-bewertete Körperschallschnellepegel  $L_{vA}$  in einem Frequenzbereich bis zu 315 Hz berechnet.

## 6.4 Betriebsparameter

Für die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärken ist die Kenntnis der Intensität von Schwingungsimmissionen sowie deren Einwirkdauer erforderlich. Die Intensität am Einwirkungsort wird maßgeblich durch die zugspezifische Emission sowie die gelände- und gebäudespezifische Übertragung geprägt. Hinsichtlich der Erschütterungen ist bei der Ermittlung der Einwirkdauer das 30-Sekunden-Taktverfahren gemäß **DIN 4150-2** zu beachten. Die vorliegende Untersuchung wurde auf der Grundlage eines für den Ausbau prognostizierten Betriebskonzeptes für das Jahr 2025 auf der Basis des Bedarfsplanüberprüfung 2010 erstellt. /17/ Eine Zusammenfassung der relevanten Verkehrsdaten für den Bestand 2008, Null- und Planfall findet sich differenziert nach Strecken in **Anhang 2.2**.

Die Einwirkzeit, jeweils bezogen auf den Beurteilungszeitraum Tag (06.00 bis 22.00 Uhr) bzw. Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr), ergibt sich aus der Gesamtzahl der in dem betreffenden Streckenabschnitt innerhalb des Beurteilungszeitraumes verkehrenden Schienenfahrzeuge und deren geschwindigkeitsabhängiger Vorbeifahrtzeit. Um zu berücksichtigen, dass Fahrzeuge bereits vor und auch nach der Vorbeifahrt wahrgenommen werden können, wird bei der Bestimmung der signifikanten Einwirkungszeit einer Zugvorbeifahrt mit der 1,5-fachen Zuglänge gerechnet. Die Einwirkungszeit  $T_e$  einer Zugvorbeifahrt beträgt dabei

$$T_e = 1,5 \cdot \text{Zuglänge} \cdot 3,6 / v_{\max}$$

mit

$v_{\max}$  maximale Strecken- bzw. zugspezifische Höchstgeschwindigkeit  
[km/h]

Die Einwirkzeiten sind für jede Zuggattung ebenfalls im **Anhang 2.2** dokumentiert.

## 7 Untersuchungsergebnisse

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

Maßgeblich für die Beurteilung der Frage, ob schiene Erschütterungsimmissionen bzw. sekundäre Luftschallimmissionen im Bereich der vorhandenen bzw. geplanten Bahnanlage geeignet sind, erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden hervorzurufen, werden die zu den Gleisachsen nächstgelegenen Gebäude.

Die im Abschnitt Frankfurt untersuchten Gebäude weisen im Nullfall einen Abstand zur nächstgelegenen Gleisachse von

$$d = 19 \dots 69 \text{ m}$$

auf. Zukünftig werden durch den Neubau der S-Bahn Strecke bzw. durch die in Teilbereichen erforderliche Eingriffe in die bestehende Trasse diese Abstände auf zwischen

$$d = 14 \dots 58 \text{ m}$$

im Planfall verringert. Die Ergebnisse der Immissionsprognosen für Erschütterungen und sekundären Luftschall im Null- und Planfall sind in **Anhang 4** und **Anhang 5** tabellarisch aufgeführt. Die Immissionen werden für alle untersuchten Räume getrennt für den Tag- und Nachtzeitraum ausgewiesen und beurteilt. **Grün** hinterlegte Felder bedeuten, dass die jeweils gültigen Anforderungen an den Immissionsschutz erfüllt werden. Bei **rot** hinterlegten Feldern sind die Anforderungen nicht erfüllt. Sind Felder **gelb** gekennzeichnet, so sind weitere Beurteilungsschritte erforderlich.

Sofern die prognostizierten betriebsbedingten Immissionen das Erfordernis von Schutzmaßnahmen ausweisen, werden diese anschließend diskutiert.

### 7.1 Immissionen im Nullfall

#### 7.1.1 Erschütterungen

Die Erschütterungsimmissionen für den Nullfall sind in **Anhang 4.1** dargestellt. In der Tabelle auf Seite 1 des Anhangs werden die maximalen bewerteten Schwingstärken  $KB_{Fmax}$  ausgewiesen. Es ergeben sich maximale bewertete Schwingstärken für die untersuchten Gebäude von bis zu

$$KB_{Fmax} = 0,197.$$

Die gemäß **DIN 4150-2** für die jeweiligen Gebietsnutzungen geltenden unteren Anhaltswerte für den Tag- bzw. Nachtzeitraum größtenteils überschritten. Zur Beurteilung der Erschütterung wird der zweite Schritt gemäß DIN 4150-2, d.h. die Bildung der Beurteilungsschwingstärke, erforderlich.

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

In der Tabelle auf Seite 2 des **Anhangs 4.1** sind die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken zusammengefasst. Für den Nullfall ergeben sich maximale Schwingungsimmersionen von

$$KB_{FT} = 0,046 / 0,047$$

für den Tag- bzw. Nachtzeitraum. Dies bedeutet eine maximale Ausschöpfung der Beurteilungsanhaltswerte von bis **47%** bzw. **62%**. Das Ergebnis zeigt, dass die Beurteilungsanhaltswerte gemäß DIN 4150-2 für den Nullfall in allen untersuchten Gebäuden mit einem sicheren Abstand zum Anhaltswert eingehalten werden.

### 7.1.2 Sekundärer Luftschall

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen sind in **Anhang 5.1** dargestellt. Für den Nullfall werden Beurteilungspegel in den Innenräumen der untersuchten Gebäude von bis zu

$$L_{r,i} = 28,7 / 30,6 \text{ dB(A)}$$

für den Tag- bzw. Nachtzeitraum prognostiziert. Somit werden die in Anlehnung an die 24. BImSchV abgeleiteten Immissionsrichtwerte für den Nachtzeitraum in einem Gebäude im Nullfall überschritten. Somit werden die in Anlehnung an die 24. BImSchV abgeleiteten Immissionsrichtwerte in 1 der 7 untersuchten Gebäude im Nachtzeitraum geringfügig überschritten.

## 7.2 Immissionen im Planfall

### 7.2.1 Erschütterungen

In **Anhang 4.2** sind die prognostizierten Erschütterungsimmersionen für den Planfall dargestellt. In der Tabelle auf Seite 1 des Anhangs werden die maximalen bewerteten Schwingstärken **KB<sub>Fmax</sub>** ausgewiesen. Ohne

Schutzmaßnahmen ergeben sich zukünftig maximale bewertete Schwingstärken von bis zu

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

$$KB_{Fmax} = 0,260.$$

Die unteren Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 werden in 3 der 7 untersuchten Gebäude überschritten. Zur weiteren Beurteilung der Einwirkungen wird der zweite Schritt gemäß DIN 4150-2, d.h. die Bildung der Beurteilungsschwingstärke, erforderlich. Auf Seite 2 des **Anhangs 4.2** sind die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken zusammengefasst. Die Schwingungsimmersionen für den Planfall erreichen maximale Beurteilungsschwingstärken von

$$KB_{FTr} = 0,063 / 0,048$$

tags bzw. nachts. Dies bedeutet eine Ausschöpfung von **63 %** bzw. **46 %**. Das Ergebnis zeigt, dass zukünftig die Beurteilungsanhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** an allen messtechnisch untersuchten Gebäuden unterschritten werden. Der Sachverhalt einer „wesentlichen Änderung“ ist daher **nicht** gegeben.

### 7.2.2 Sekundärer Luftschall

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen für den Planfall ohne Schutzmaßnahmen sind in **Anhang 5.2** dargestellt. Es ergeben sich Beurteilungspegel in den untersuchten Gebäuden von bis zu

$$L_{r,l} = 35,3 / 32,9 \text{ dB(A)}$$

für den Tag- bzw. Nachtzeitraum. Somit werden die in Anlehnung an die 24. BImSchV abgeleiteten Immissionsrichtwerte, wie bereits für den Nullfall prognostiziert, für den Nachtzeitraum überschritten. Demzufolge ist auch hinsichtlich der sekundären Luftschallimmissionen zu prüfen, ob sich durch die zukünftige S-Bahn-Strecke eine wesentliche Erhöhung der Immissionen ergibt.

## 7.3 Prüfung auf wesentliche Änderung

Durch den Neubau der S-Bahn-Strecke sind wie in Kapitel 7.2 dargestellt wesentliche Erhöhungen der zukünftigen Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall **nicht** zu erwarten. Eine Prüfung auf „we-

„**wesentliche Änderung**“ wird daher nicht erforderlich. Die Ausweisung der Änderungen der Beurteilungsschwingstärken des Prognose-Nullfalls und der sekundären Immissionen hat in diesem Zusammenhang daher rein informativen Charakter. (siehe hierzu **Anhang 4.3** und **Anhang 5.3**)

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

## 7.4 Extrapolation der Untersuchungsergebnisse

Da sich die dargestellten Prognosen zunächst nur auf exemplarische Gebäude beziehen, sind die Ergebnisse auf die Gesamtheit **aller** im Einwirkungsbereich des Vorhabens vorhandenen Gebäude zu extrapolieren.

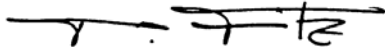
Im vorliegenden oberirdischen Bereich des Planfeststellungsabschnittes Frankfurt besteht im bahnnahe Bereich eine geringe Bebauungsdichte. In einer Korridorbreite von bis zu **25 m** befinden sich insgesamt lediglich **7** schutzbedürftige Gebäude. Von den insgesamt 7 messtechnisch untersuchten Objekten liegen bereits **3 Gebäude** innerhalb dieses Korridors. Dies bedeutet eine Quote von ca. **43 %**. 4 ausgewählte Gebäude haben einen Abstand im Bereich von 33 m bis 58 m. Für alle ausgewählten Gebäude werden die Anhaltswerte der **DIN 4150-2** deutlich unterschritten. Die Immissionsrichtwerte in Anlehnung an die **24 BImSchV** werden ebenfalls eingehalten. Eine „**wesentliche Änderung**“, die einen Anspruch auf Vorsorgemaßnahmen auslösen würde, ist daher nicht zu erwarten. Aufgrund der teilweise deutlichen Unterschreitungen der gültigen Anhaltswerte und der relativ hohen Quote untersuchter Gebäude im Nahbereich der Bahntrasse können die Ergebnisse der exemplarischen messtechnisch untersuchten Objekte auf die Gesamtheit aller im Einwirkungsbereich der Baumaßnahme gelegenen Gebäude extrapoliert werden. Ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen besteht somit für den gesamten PFA 1 nicht.

## 8 Abschließende Bemerkungen

Die durchgeführten Untersuchungen belegen, dass auch nach Ausbau der vorhandenen Bahnanlage an nahezu allen im Einwirkungsbereich gelegenen Gebäuden erwartet werden kann, dass es zu keinen "erheblich belästigenden" Immissionen aus Erschütterungen und sekundären Luftschallimmissionen kommen wird. Es wurde aufgezeigt, dass mit Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass es zu keiner Erhöhung der Immissionen im Prognose-Planfall kommen wird, die das Kriterium einer "wesent-

lichen Änderung" erfüllt. Somit wurde nachgewiesen, dass für den oberirdischen Bereich des Planfeststellungsabschnitt 1 der Bahn **keine** erschütterungstechnischen Vorsorgemaßbau erforderlich sind.

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt



**Dipl.-Phys. Peter Fritz**



**Dipl.-Ing. Rolf Schneider**

Anlage 12.4.2.0.1  
entfällt

# ANHANG

---

**Projekt:**  
**Auftraggeber:**

08500-VVE-8 □ Fassung vom 29.01.2013 □ Nordmainische S-Bahn  
DB ProjektBau GmbH □ Hahnstraße 49 □ 60528 Frankfurt am Main