

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8  
Ausbaustrecke Nürnberg – Ebensfeld  
Planfeststellungsabschnitt PFA 21 Altendorf – Hirschaid – Strullendorf  
km 46,000 – km 56,165  
Strecke 5900 Nürnberg – Bamberg, Strecke 5919 Eltersdorf – Leipzig – Neuwiederitzsch  
Strecke 5110 Strullendorf – Frensdorf

---

## Planänderung nach § 73 Abs. 8 VwVfG

ersetzt die 1. Auslegung des Planfeststellungsverfahrens

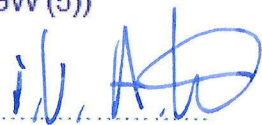
### Anlage 13.6

## SCHALL- UND ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

### Bewertungsbericht zu baubedingten Erschütterungs- immissionen

geändert  
DB Netz AG  
Regionalbereich Südost (I.NGW (5))

Nürnberg, den 02.11.2018

  
Alfons Pleuter

Regierungsbezirk Oberfranken  
Landkreis Bamberg und Forchheim  
Markt Eggolsheim, Altendorf, Markt Hirschaid, Strullendorf, Stadt Bamberg und Stadt Scheßlitz

Träger des Vorhabens:  
DB Netz Aktiengesellschaft (DB Netz AG)  
DB Station&Service Aktiengesellschaft (DB Station&Service AG)  
DB Energie GmbH

Eingereicht durch  
DB ProjektBau GmbH  
Regionalbereich Südost  
Großprojekt VDE 8  
Im Namen und für Rechnung der  
Träger des Vorhabens

Aufgestellt im Auftrag der  
DB ProjektBau GmbH  
INGE Planung  
ABS Nürnberg-Ebensfeld PA 21  
Hyder Consulting GmbH Deutschland  
Leonhardt, Andrä und Partner  
Beratende Ingenieure VBI AG  
Mitwirkung: Möhler + Partner Ingenieure AG  
/ WGF GmbH

Nürnberg, den

  
Alfons Pleuter  
08. AUG. 2014

Nürnberg, den 30.06.2014



<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung und örtliche Gegebenheiten .....</b>	<b>9</b>
1.1	Aufgabenstellung.....	9
1.2	Örtliche Gegebenheiten .....	10
<b>2</b>	<b>Grundlagen bei baubedingten Erschütterungsimmissionen .....</b>	<b>12</b>
2.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.....	13
2.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen .....	17
<b>3</b>	<b>Baubetriebsablauf.....</b>	<b>19</b>
3.1	Vorgezogene Baumaßnahmen .....	20
3.2	Hauptbaumaßnahmen.....	20
<b>4</b>	<b>Erschütterungsquellen .....</b>	<b>22</b>
4.1	Gleis- und Tiefbau .....	23
4.2	Gleis-Mittelverbau.....	24
4.3	Ingenieur- und Hochbau.....	25
4.4	Baustelleneinrichtungsflächen (BE-Flächen) .....	26
<b>5</b>	<b>Prognosemodell .....</b>	<b>27</b>
5.1	Emission.....	27
5.2	Transmission .....	28
5.3	Immission .....	29
<b>6</b>	<b>Erschütterungsimmissionen und Bewertung .....</b>	<b>30</b>
6.1	Erschütterungsimmissionen .....	30
6.2	Bewertung der Erschütterungsimmissionen.....	35
<b>7</b>	<b>Minderung der baubedingten Immissionen .....</b>	<b>36</b>
7.1	Beschreibung .....	36
7.2	Maßnahmen .....	37
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>38</b>
<b>9</b>	<b>Grundlagenverzeichnis.....</b>	<b>39</b>
<b>10</b>	<b>Beilagen .....</b>	<b>41</b>

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Tab. 1: Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen tags durch Baumaßnahmen außer Sprengungen nach DIN 4150-2, Tabelle 2 .....	16
Tab. 2: Anhaltswerte A für Erschütterungsimmissionen nachts in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen nach DIN 4150-2, Tabelle 1 .....	16
Tab. 3: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-3 für Dauererschütterungen .....	18
Tab. 4: Zusammenstellung vorgezogener Baumaßnahmen an Kreuzungsbauwerken im PFA 21 .....	20
Tab. 5: Zusammenstellung der relevanten Hauptbaumaßnahmen im PFA 21 .....	20
Tab. 6: Zusammenstellung des Baufortschritts beim Gleis- und Tiefbau.....	23
Tab. 7: Zusammenstellung der Bereiche zur Lärmschutzwandgründung .....	24
Tab. 8: Übersicht über die zu erstellenden Ingenieurbauwerke innerhalb geschlossener Ortschaften während den Hauptbaumaßnahmen.....	25
Tab. 9: Zusammenstellung potenzieller Betroffenheitsbereiche durch Ingenieur- und Hochbau .....	33

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Abb. 1: Darstellung des PFA 21 Altendorf – Hirschaid - Strullendorf .....	9

## Abkürzungsverzeichnis

### A

$\alpha$	Abklingkoeffizient ( $\alpha = 2\pi \cdot D/\lambda$ )
A, A <sub>u</sub> , A <sub>r</sub> , A <sub>o</sub>	Anhaltswert nach DIN 4150-2
ABS	Ausbaustrecke

### B

BauNVO	Baunutzungsverordnung
BE	Baustelleneinrichtung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BVWP	Bundesverkehrswegeplan

### C

c	Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle (in m/s)
---	--

### D

D	Dämpfungsgrad
dB	Dezibel (Schwingschnellepegel in dB re5E-8 m/s)
DB AG	Deutsche Bahn AG

### E

EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBR	Eisenbahnbrücke
EÜ	Eisenbahnüberführung

**F**

f	Frequenz
$f_0$	Grenzfrequenz des Hochpasses (5,6 Hz)
Fa.	Firma
FNP	Flächennutzungsplan

**G**

g	Erdbeschleunigung ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )
ggf.	gegebenenfalls
G	Gewerbliche Nutzung (Nutzungsart) gemäß Flächennutzungsplan
GE	Gewerbegebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan
GOK	Geländeoberkante

**H**

Hz	Hertz (Einheit der Frequenz)
----	------------------------------

**I**

i. d. R	in der Regel
---------	--------------

**K**

$KB_F(t)$	bewertete Schwingstärke
$KB_{Fmax}$	maximale bewertete Schwingstärke
$KB_{FTm}$	Taktmaximal-Effektivwert
$KB_{FTm1}$	der Taktmaximal-Effektivwert außerhalb der Ruhezeit
$KB_{FTm2}$	der Taktmaximal-Effektivwert während der Ruhezeit
$KB_{FTr}$	Beurteilungs-Schwingstärke
km	Kilometer

**L**

$\lambda$	Wellenlänge ( $\lambda = c / f$ ) in m
lg	Dekadischer Logarithmus (Basis 10)
$L_E(f)$	Terzschnellespektrum der Erschütterungen am Emissionsort
$L_{I,Tag}$	Innengeräuschpegel Tag
$L_{I,Nacht}$	Innengeräuschpegel Nacht
$L_{v-Raum}(f)$	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**

M	Maßstab
M	Mischnutzung (Nutzungsart) gemäß Flächennutzungsplan
MD	Dorfgebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan
MI	Mischgebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan
MK	Kerngebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan

**N**

n	Exponent in Abhängigkeit von der Wellenart, Quellengeometrie und Art der Schwingung
N	Anzahl der Takte

**O**

o. ä.	oder ähnliches
-------	----------------

**P**

PA	Planungsabschnitt
PFA	Planfeststellungsabschnitt
PSS	Planumschutzschicht

**R**

$R_1$	Bezugsabstand (in m)
R	Entfernung von der Quelle (in m)

**S**

s	Abstand
SBR	Straßenbrücke
SO	Schienenoberkante
SÜ	Straßenüberführung

**T**

t	Tonnen
$T_{e1}$	Einwirkungszeit außerhalb der Ruhezeiten
$T_{e2}$	Einwirkungszeit während der Ruhezeiten
$T_r$	Beurteilungszeit

**U**

u. a.	unter anderem
-------	---------------

**V**

$\overline{VDI}$	Verein deutscher Ingenieure
$\overline{v}$	Amplitude der Schwinggeschwindigkeit (in mm/s)
$v_1$	Amplitude der Schwinggeschwindigkeit in der Entfernung $R_1$ (in mm/s)
$v_i$	Schwinggeschwindigkeit
$v_{max}$	maximale unbewertete Schwinggeschwindigkeit
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz

**W**

- W Wohnnutzung (Nutzungsart) gemäß Flächennutzungsplan
- WA Allgemeines Wohngebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan
- WR Reines Wohngebiet (Nutzungsart) gemäß Bebauungsplan

**Z**

- z.B. zum Beispiel



## 1 Aufgabenstellung und örtliche Gegebenheiten

Der untersuchte Planfeststellungsabschnitt 21 Altendorf – Hirschaid - Strullendorf befindet sich zwischen Erlangen und Bamberg bei km 46,000 bis km 56,165 der derzeit zweigleisigen elektrifizierten Hauptstrecke Bamberg – Hof (5900). Die bestehende zweigleisige Strecke wird im Zuge der Ausbaumaßnahmen durch zwei neue durchgehende Gleise erweitert. Im Wirkungsbereich (im Sinne des BImSchG) der Ausbaustrecke befinden sich die Gemeinden Altendorf, Hirschaid und Strullendorf.

Die Gleise des Streckenausbaus erhalten die Bezeichnung 5919. Von Beginn des Planungsabschnitts (km 46,000 bezogen auf die Strecke 5900) bis zur südlichen Gemeindegrenze von Strullendorf werden die neuen Gleise östlich an die Bestandsgleise der Strecke 5900 angebaut. Ab der südlichen Gemeindegrenze von Strullendorf bis zum Ende des Planfeststellungsabschnitts bei km 56,165 werden die neuen Gleise westlich an die Bestandsgleise der Strecke 5900 angebaut

Zur räumlichen Einordnung von Bauwerken und Gebäuden in den Planungskorridor wird die Bahn-Kilometrierung der Bestandsachse der Strecke 5900 verwendet.

### 1.1 Aufgabenstellung

Die örtliche Lage des Planfeststellungsabschnitts 21 Altendorf – Hirschaid - Strullendorf ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.

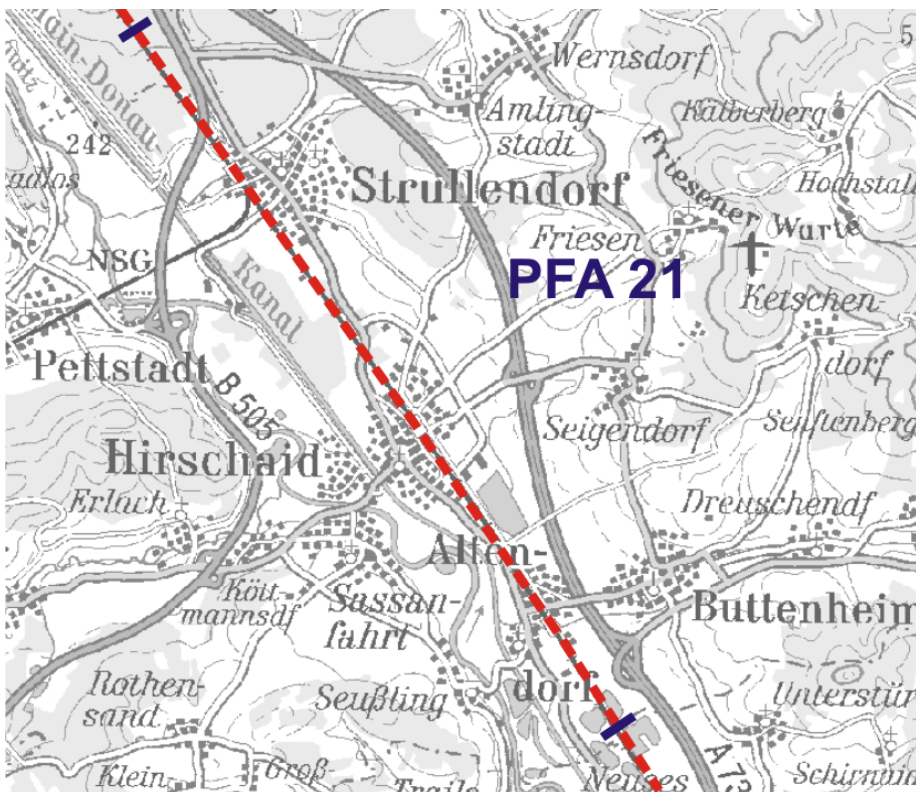


Abb. 1: Darstellung des PFA 21 Altendorf – Hirschaid - Strullendorf

Die geplanten Hauptbaumaßnahmen sollen in dem vorliegenden Abschnitt innerhalb eines Zeitraumes von ca. 4,5 Jahren durchgeführt werden. Dabei werden für den Gleis- und Tiefbau in einem ersten Schritt die beiden neuen Streckengleise gebaut bzw. in einem zweiten Schritt die beiden bestehenden Streckengleise erneuert. Ebenfalls werden während den Hauptbaumaßnahmen Kreuzungsbauwerke neu gebaut bzw. erneuert.

Vor den eigentlichen Hauptbaumaßnahmen in diesem Planfeststellungsabschnitt sind vorgezogene Baumaßnahmen an einzelnen Kreuzungsbauwerken vorgesehen (siehe Kapitel 3.1).

In einem Bewertungsbericht sind auf Basis der gegenwärtig vorliegenden Datenlage zu den geplanten Bautätigkeiten potenzielle Betroffenheitsbereiche aufgrund der baubedingten Erschütterungsimmissionen zu ermitteln.

## **1.2 Örtliche Gegebenheiten**

Das unmittelbar an die Ausbaustrecke angrenzende Gelände ist überwiegend eben; die geplante Trasse wird vorrangig in Geländegleichlage, teilweise auch in Einschnitten und auf Dämmen verlaufen.

Wohnbebauung ist grundsätzlich beidseitig der Trasse vorhanden. Einzig im Bereich von Strullendorf befindet sich westlich der Trasse nur eine Einzelhausbebauung bzw. gewerbliche Nutzungen.

Die Schutzbedürftigkeit der Bebauung wurde aus vorhandenen rechtskräftigen Bebauungsplänen [11] übernommen. Wenn keine Bebauungspläne vorhanden waren, wurde die Schutzbedürftigkeit der betroffenen Gebiete unter Berücksichtigung des rechtskräftigen Flächennutzungsplans [10] anhand der tatsächlichen Nutzung eingestuft. Die Einstufung wurde im Rahmen von Ortsbesichtigungen vorgenommen.

Der bahnahe Bereich ist insbesondere auch durch Wohnnutzung geprägt, wobei teilweise auch Mischnutzung bzw. gewerbliche Nutzung unmittelbar an die Bahnstrecke angrenzen.

Der Untergrund ist der geologischen Raumeinheit Albrand Nord zwischen der Westgrenze der Fränkischen Schweiz (nördliche Frankenalb) und der Ostgrenze zur Sandsteinkeuper-Region zuzuordnen. Die Verhältnisse im Bereich der bestehenden bzw. der geplanten Bahntrasse sind im vorliegenden Planungsabschnitt überwiegend quartär, hier größtenteils fluviatil geprägt.

Generell verläuft der größte Trassenanteil auf (jung-)pleistozänen Nieder- bzw. Mittelterrassenschottern und v. a. –sandten. Im Bereich des südlichen Altendorfs muss mit alluvialen Schwemmsedimenten des Mühlbachs gerechnet werden, im nördlichen Altendorf (nördlich der Jurastraße) werden pleistozäne äolische Sedimente (Flugsande) ausgewiesen. Nördlich von Strullendorf quert die Trasse pleistozäne bis holozäne Sedimente des Ziegenbachs.

Zum Ausgleich von Höhendifferenzen beim Bau der bestehenden Trasse wurden zudem anthropogene Auffüllungen, z.B. nördlich und südlich von Strullendorf geschaffen.

Unterlagert werden die quartären Bereiche von annähernd horizontal gelagerten, triassischen Keupersedimenten (ungegliederter Keuper, Feuerletten etc.). Besondere tektonische Verhältnisse sind nicht ersichtlich.

## 2 Grundlagen bei baubedingten Erschütterungsimmissionen

Baustellen gelten nach § 3 Abs. 5 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes BImSchG [1] als nicht genehmigungsbedürftige Anlagen. Nach BImSchG [1] wird vom Betreiber gefordert, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind und dass unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Es existieren zurzeit keine expliziten gesetzlichen Regelungen zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen auf Menschen bzw. auf bauliche Anlagen. In einschlägigen Sachverständigenäußerungen werden jedoch Beurteilungsmaßstäbe zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen beschrieben. Die Bewertung der Erheblichkeit von Belästigungen bzw. Nachteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne des BImSchG [1] ist daher anhand von Regelwerken sachverständiger Organisationen oder von einzelfallbezogenen Gutachten vorzunehmen, wobei die Normenreihen der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ ([2] bis [4]) als antizipierte Sachverständigengutachten zur Konkretisierung des Begriffs der schädlichen Umwelteinwirkung herangezogen, aber nicht schematisch angewandt werden können.

Der Teil 1 der DIN 4150 gibt eine Anleitung für die Vorermittlung von Erschütterungen und enthält Verfahren, Angaben und Hinweise, auf deren Grundlage die Werte von Erschütterungsgrößen vorausgesagt und beurteilt werden können.

Zweck der DIN 4150 Teil 2 ist es insbesondere, Anforderungen und Anhaltswerte aufzuzeigen, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden vermieden werden können.

Die DIN 4150 Teil 3 legt ein Verfahren für die Ermittlung und Beurteilung der durch Erschütterungen verursachten Einwirkungen auf bauliche Anlagen fest. Sie gilt für Bauwerke, die nicht nach spezifischen Normen und Richtlinien für dynamische Einwirkungen auszulegen sind. Insbesondere finden sich hierin Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken nicht zu erwarten sind.

## 2.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen auf Menschen in Gebäuden erfolgt nach der DIN 4150, Teil 2. Bei der Einhaltung der entsprechenden Anhaltswerte ist in der Regel zu erwarten, dass erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden vermieden werden.

### 2.1.1 Beurteilungsgrößen

Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden mittels der bewerteten Schwingstärke  $KB_F(t)$  bewertet. Das  $KB(t)$ -Signal ist das durch Frequenzbewertung und Normierung des unbewerteten Schnellesignals entstandene Signal. Nach der DIN 4150-2 [3] ist das  $KB_F(t)$ -Signal als der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals durch die Zeitbewertung FAST (0,125 s) definiert.

Hinsichtlich der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150, Teil 2 [3] werden zwei Beurteilungsgrößen gebildet:

- maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$

Die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke  $KB_F(t)$ , der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist.

- Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$

Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  berücksichtigt die Dauer und die Häufigkeit des Auftretens von Erschütterungen. Hinsichtlich der Dauer der Erschütterungseignisse werden jeweils 30-s-Takte (Taktmaximalwertverfahren) gebildet.

Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  errechnet sich unter Berücksichtigung der Einwirkungszeiten nach Gleichung (5) der DIN 4150-2 [3] mit folgender Formel:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} (T_{e1} * KB_{FTm1}^2 + 2 * T_{e2} * KB_{FTm2}^2)}$$

Dabei ist:

- $T_r$  die Beurteilungszeit
- $T_{e1}$  die Einwirkungszeit außerhalb der Ruhezeiten
- $T_{e2}$  die Einwirkungszeit während der Ruhezeiten
- $KB_{FTm1}$  der Taktmaximal-Effektivwert außerhalb der Ruhezeit
- $KB_{FTm2}$  der Taktmaximal-Effektivwert während der Ruhezeit

Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen gelten nach DIN 4150-2 folgende Besonderheiten:

Erschütterungseinwirkungen während der Ruhezeiten führen in Wohnungen zu erhöhten Störwirkungen. Bei der Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  wird dies dadurch berücksichtigt, dass diese Zeiten mit dem Faktor 2 gewichtet werden. Entsprechend DIN 4150-2 werden innerhalb der Beurteilungszeit tags folgende Ruhezeiten definiert:

- werktags von 6.00 bis 7.00 Uhr und von 19.00 bis 22.00 Uhr
- sonn- und feiertags von 6.00 bis 22.00 Uhr

Der Taktmaximal-Effektivwert  $KB_{FTm}$  wird aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte  $KB_{FTi}$  nach Gleichung (3) der DIN 4150-2<sup>1</sup> [3] mit folgender Formel ermittelt:

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

Dabei ist:

- $N$  die Anzahl der Takte
- $KB_{FTi}$  Taktmaximalwert

Der Taktmaximalwert  $KB_{FTi}$  beschreibt den in jedem Takt  $T$  ( $T = 30s$ ) erreichten Maximalwert der bewerteten Schwingstärke  $KB_{\tau}(t)$ , wobei als Zeitkonstante  $\tau$  die Zeitbewertung  $F$  ( $\tau = 0,125 s$ ) verwendet wird.

---

<sup>1</sup> Bei der Berechnung der Taktmaximal-Effektivwerte  $KB_{FTm}$  werden Werte  $KB_{FTi} \leq 0,1$  mit dem Wert 0 angesetzt. Die mit Null belegten Takte gehen jedoch auch in die Anzahl  $N$  ein.

### 2.1.2 Beurteilungsverfahren

Das Beurteilungsverfahren unterscheidet zwischen selten auftretenden kurzzeitigen bzw. häufigen Einwirkungen. Entsprechend Punkt 6.5.1 der DIN 4150-2 sind bis zu drei Ereignisse je Tag als selten einzustufen. Aufgrund der Erregerquellen beim Baubetrieb ist im vorliegenden Fall grundsätzlich von häufigen Einwirkungen auszugehen.

Die Beurteilung nach DIN 4150-2 erfolgt für häufige Einwirkungen nach folgender Vorgehensweise:

- Ist  $KB_{Fmax}$  kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert  $A_u$ , dann sind die Anforderungen der Norm eingehalten.
- Ist der  $KB_{Fmax}$  größer als der (obere) Anhaltswert  $A_o$ , dann sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.
- Ist  $KB_{Fmax}$  größer als der untere Anhaltswert  $A_u$  und kleiner als der obere Anhaltswert  $A_o$ , gilt die Anforderung der Norm als eingehalten, wenn der  $KB_{FTr}$  kleiner als der Anhaltswert  $A_r$  ist. Ist der  $KB_{FTr}$  größer als der Anhaltswert  $A_r$ , gilt die Anforderung der Norm als nicht eingehalten.

Das beschriebene Verfahren ist dabei grundsätzlich bei allen Arten von Erschütterungseinwirkungen anzuwenden, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Anhaltswerte nicht schematisch anzuwenden sind und eine Beurteilung im Einzelfall zu erfolgen hat. Dabei ist im Einzelfall zu prüfen, ob die entsprechenden Werte aufgrund von Art, Ausmaß und Dauer der Erschütterungseinwirkungen geeignet sind, deren Erheblichkeit und Zumutbarkeit sachgerecht zu beurteilen.

### 2.1.3 Anhaltswerte zur Beurteilung

Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen durch baubedingte Erschütterungen wird in Kapitel 6.5.4 der DIN 4150-2 beschrieben.

Bei der Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden durch Baumaßnahmen sind tags (06:00 bis 22:00 Uhr) die durch den Baustellenbetrieb verursachten Erschütterungen nach den nachfolgend dargestellten Anhaltswerten der Tabelle 2 in der DIN 4150-2 [3] gebietsunabhängig zu bewerten.

Dauer	D ≤ 1Tag			6 Tage < D ≤ 26Tage			26 Tage < D ≤ 78Tage		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	A <sub>U</sub>	A <sub>O</sub> *	A <sub>R</sub>	A <sub>U</sub>	A <sub>O</sub> *	A <sub>R</sub>	A <sub>U</sub>	A <sub>O</sub> *	A <sub>R</sub>
Stufe 1	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
Stufe 2	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe 3	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6

\*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt A<sub>O</sub>=6

Tab. 1: Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen tags durch Baumaßnahmen außer Sprengungen nach DIN 4150-2, Tabelle 2

Die jeweiligen Stufen beschreiben den Grad einer potenziellen Belästigung und stellen die Basis für Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen dar.

Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkung in der Tabelle 1 ist die Anzahl von Tagen zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten. Tage mit Erschütterungseinwirkungen, die unter diesen Anhaltswerten (siehe Tab. 1) liegen, sind nicht mitzuzählen.

Liegt die Dauer der Erschütterungseinwirkungen im Zeitraum zwischen 2 und 78 Tagen, werden die Anhaltswerte entsprechend interpoliert.

Baubedingte Erschütterungen nachts (22:00 bis 06:00 Uhr) werden anhand der nachfolgend dargestellten Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 [3] beurteilt:

Zeile	Einwirkungsort	Nachts		
		A <sub>U</sub>	A <sub>O</sub>	A <sub>R</sub>
1	Industriegebiete	0,3	0,6	0,15
2	Gewerbegebiete	0,2	0,4	0,1
3	Misch-, Kerngebiete	0,15	0,3	0,07
4	Allgemeine bzw. Reine Wohngebiete	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte	0,1	0,15	0,05

Tab. 2: Anhaltswerte A für Erschütterungsimmissionen nachts in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen nach DIN 4150-2, Tabelle 1



## 2.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude erfolgt nach der DIN 4150, Teil 3 [4]. Dabei nennt die Norm Anhaltswerte, bei deren Einhaltung keine Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes zu erwarten sind.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne dieser Norm ist z.B.:

- Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen
- Verminderung der Tragfähigkeit von Decken

Bei Wohngebäuden, in ihrer Nutzung gleichartigen Bauten oder besonders erschütterungsempfindlichen Gebäuden nach Tabelle 1, Zeilen 2 und 3 der DIN 4150, Teil 3 [4] (siehe auch nachfolgende Tabelle 3) ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z.B.

- Risse im Putz von Wänden auftreten,
- bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden
- Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen

Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

### 2.2.1 Beurteilungsgrößen

Einwirkungen auf bauliche Anlagen werden mittels der unbewerteten Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  bewertet, wobei in Abhängigkeit von der Lage des Messortes innerhalb des Gebäudes bzw. der Dauer der Erschütterungen unterschiedliche Anhaltswerte in der DIN 4150, Teil 3 definiert sind.

### 2.2.2 Beurteilungsverfahren

Das Beurteilungsverfahren unterscheidet zwischen kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen. Dabei werden als Dauererschütterungen jene Einwirkungen bezeichnet, bei denen die Definition von kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft. Erschütterungen gelten als kurzzeitig, wenn sie für jedes Ereignis höchstens wenige Sekunden andauern und keine Materialermüdungen oder Resonanzerscheinungen in den betroffenen Strukturen erzeugen.

Werden beispielsweise Rammträger eingerüttelt, Pfahlwände gebohrt, Flächen verdichtet etc., ist vom Belastungsfall durch Dauererschütterungen auszugehen. Bei der Beurteilung nach der DIN 4150-3 [4] werden folglich die messtechnisch erfassten maximalen Schwinggeschwindigkeiten  $v_{max}$  mit den jeweiligen Anhaltswerten für Dauererschütterungen verglichen.

### 2.2.3 Anhaltswerte zur Beurteilung

In Abhängigkeit von der Gebäudeart erfolgt die Beurteilung nach unterschiedlich hohen Anhaltswerten. Die Zuordnung der Gebäude erfolgt grundsätzlich durch Inaugenscheinnahme. Die zulässigen Anhaltswerte der DIN 4150-3 [4] für die Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen werden in nachfolgender Tabelle 3 dargestellt.

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_i$ in mm/s	
		oberste Gebäudedede- cke, horizontal [mm/s]	vertikale Decken- schwingungen [mm/s]
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5	10*

\* hierzu ist der Unterabschnitt 6.1.2 der DIN 4150-3 zu beachten

Tab. 3: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150-3 für Dauererschütterungen

Werden die Anhaltswerte eingehalten oder unterschritten, ist davon auszugehen, dass keine schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des BImSchG [1] vorliegen.

### 3 Baubetriebsablauf

Der geplante Baubetriebsablauf wurde den gegenwärtig vorhandenen Bauphasenkonzepten entnommen. Aus den Bauphasenkonzepten wurde eine räumliche und zeitliche Zuordnung geräuschrelevanter Bautätigkeiten vorgenommen.

Bei der Baumaßnahme des viergleisigen Ausbaus handelt es sich um eine ca. 10 km lange und voraussichtlich ca. viereinhalb Jahre dauernde Hauptbaumaßnahme, die in mehrere Bauphasen untergliedert ist. Dabei werden für den Gleis- und Tiefbau in den ersten Bauphasen die beiden neuen Streckengleise gebaut bzw. in den nachfolgenden Bauphasen die beiden bestehenden Streckengleise erneuert. Ebenfalls werden während den Hauptbaumaßnahmen Kreuzungsbauwerke neu gebaut bzw. erneuert.

Die Gesamtdauer der Baumaßnahmen ist zwar aufgrund der räumlichen Ausdehnung der Baustelle verhältnismäßig lang. Die tatsächliche zeitliche Dauer von möglichen erheblichen Belastungen eines einzelnen Anwohners im Umfeld der Baustelle wird aber ganz erheblich geringer sein.

Die Bauphasen unterscheiden sich in ihrer Dauer, Tätigkeit und folglich auch in ihrer Erschütterungsintensität. Betrachtet werden insbesondere die vorgezogenen Baumaßnahmen an einzelnen Kreuzungsbauwerken ~~von 2016 bis 2019~~ (siehe Kap. 3.1) sowie die Hauptbaumaßnahmen in diesem Planfeststellungsabschnitt ~~von 2020 bis 2024~~ (siehe Kap. 3.2).

Die konkreten Bauverfahren und -abläufe für jede einzelne Baumaßnahme, die tatsächlich eingesetzten Maschinen und Geräte, deren emittierte Schwingungsamplituden, die tatsächlichen Einsatzzeiten sowie die tag- und stundengenaue Verteilung der Einsatzzeiten werden letztendlich erst mit Abschluss des Vergabeverfahrens und der Auftragserteilung feststehen. Abschließende Rückschlüsse auf die tatsächlich zu erwartenden Emissionen und Immissionen, die zeitliche und räumliche Verteilung, Dauer und Intensität können daher gegenwärtig nicht verlässlich gezogen werden.

### 3.1 Vorgezogene Baumaßnahmen

Die vorgezogenen Baumaßnahmen sind im über einen Zeitraum von 2016 bis 2019 ca. drei Jahren vorgesehen. Die einzelnen Maßnahmen an den Kreuzungsbauwerken im Ortsbereich von Altendorf und Strullendorf sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Ingenieurbauwerk	Strecken – km	Dauer der Maßnahme
SÜ St 2260 neu	47,589	ca. 12 Monate
EÜ Jurastraße	48,503	ca. 25 Monate
Ersatz-Neubau EÜ Auweg	53,839	bis zu 36 Monate (entfällt)
EÜ Stockweg	54,293	bis zu 36 Monate (entfällt)

Tab. 4: Zusammenstellung vorgezogener Baumaßnahmen an Kreuzungsbauwerken im PFA 21

Die Bautätigkeiten an den Kreuzungsbauwerken sind vorrangig in der Tagzeit (06:00 bis 22:00 Uhr) vorgesehen. Etwaige Nacharbeiten besitzen im Vergleich zur geschätzten Dauer der Maßnahme eine zeitlich untergeordnete Bedeutung, wobei deren Dauer auf maximal 5 % der Gesamtdauer abgeschätzt werden kann.

### 3.2 Hauptbaumaßnahmen

Die Hauptbaumaßnahmen sind im über einen Zeitraum von 2020 bis 2024 ca. 4,5 Jahren vorgesehen. In nachfolgender Tabelle sind die relevanten erschütterungsintensiven Bautätigkeiten zusammengefasst:

Dauer der Bauphase	Gleis- und Tiefbau	Ingenieur- und Hochbau
Bauphase 1 - 5: ca. 27 Monate	Neubau Str. 5919 ca. von km 46,0 bis 53,0	Arbeiten an ca. 18 Ingenieurbauwerken
Bauphase 6: ca. 1 Monat	Anschwenkung Str. 5919 ca. von km 53,0 bis 56,2	-
Bauphase 7 - 9: ca. 23 Monate	Erneuerung Str. 5900 ca. von km 46,0 bis 55,5	Arbeiten an ca. 5 Ingenieurbauwerken
Bauphase 10: ca. 1 Monat	Anschwenkung Str. 5900 ca. km 53,0 und 56,2	-

Tab. 5: Zusammenstellung der relevanten Hauptbaumaßnahmen im PFA 21

Bei den Baumaßnahmen sind gegenwärtig für den Gleis- und Tiefbau Bautätigkeiten in der Nachtzeit (20:00 bis 07:00 Uhr) bzw. an Sonn- und Feiertagen, meist mit Sperrpausen, nicht auszuschließen.

Etwaige Nacharbeiten an Ingenieurbauwerken in innerörtlichen Bereichen besitzen im Vergleich zur geschätzten Dauer der Gesamtbaumaßnahme von ca. 4,5 Jahren eine zeitlich untergeordnete Bedeutung. Die Dauer von Nacharbeiten beläuft sich auf maximal 5 % der Gesamtdauer einer Baumaßnahme.

Etwaige Nacharbeiten an Ingenieurbauwerken in außerörtlichen Bereichen haben im Vergleich zur Dauer der Gesamtbaumaßnahme ebenfalls eine zeitlich untergeordnete Bedeutung. Zudem beträgt der räumliche Abstand zu den jeweiligen Gemeindebereichen mindestens 250 m, weshalb potenzielle Betroffenheitsbereiche, d.h. Bereiche, in welchen die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 bzw. 3 nicht eingehalten werden, nicht zu erwarten sind.

## 4 Erschütterungsquellen

Signifikante Erschütterungen können bei Baumaßnahmen insbesondere z.B. beim Rütteln, Rammen und Ziehen von Spundbohlen, Profilträgern, dem Bohren von Pfahlwänden und dergleichen sowie bei Bodenverdichtungen auftreten. Die in das Erdreich übertragenen Erschütterungen hängen von einer Vielzahl von Parametern, wie z.B. den eingesetzten Baumaschinen, der in das Erdreich eingeleiteten Kräfte und deren Anregungsfrequenzen, den Untergrundbeschaffenheiten, der Bodenschichtung bzw. dessen Konsolidierungsgrad, Grundwasserständen und den Abmessungen des einzubringenden Körpers, etc., ab.

Aufgrund der Vielzahl von Einzelmaßnahmen in Zusammenhang mit den Ausbaumaßnahmen sowie der gegenwärtig noch fehlenden Detailschärfe erweist sich eine erschütterungstechnische Betrachtung der einzelnen Bauphasen momentan als nicht zweckmäßig. In Folge dessen wurden die entsprechenden Baumaßnahmen in relevante Bautätigkeiten gegliedert, um somit potenzielle Betroffenheitsbereiche, d. h. Bereiche, in welchen die Anforderungen der DIN 4150 nicht eingehalten werden, ermitteln zu können.

Aus der Zusammenstellung der vorgezogenen Baumaßnahmen an Kreuzungsbauwerken (siehe Tabelle 4 in Kapitel 3) und den erschütterungsrelevanten Hauptbaumaßnahmen in den jeweiligen Bauphasen (siehe Tabelle 5 in Kapitel 3) ist erkennbar, dass bestimmte Bautätigkeiten (Gleis- und Tiefbau, Ingenieurbau etc.) in den unterschiedlichen Bauphasen wiederholt auftreten.

Während den Bauzeiten können relevante Erschütterungsemissionen bei folgenden Bautätigkeiten auftreten:

- Gleis- und Tiefbau mit Rammarbeiten
- Gleis-Mittelverbau
- Ingenieur- und Hochbau

Relevante Erschütterungsemissionen können überdies von den BE-Flächen ausgehen, wobei hier letztendlich die Höhe etwaiger Erschütterungsemissionen von der jeweiligen Nutzung der BE-Fläche als Produktions-, Transport-, Lager- und sonstige Einrichtungen abhängig sein wird.

#### 4.1 Gleis- und Tiefbau

Die Gleis- und Tiefbauarbeiten können in verschiedene Bautätigkeiten gegliedert werden, wobei für die einzelnen Tätigkeiten von jeweils unterschiedlichen Baufortschritten auszugehen ist. Die entsprechenden Ansätze sind in nachfolgender Tabelle 6 zusammengefasst:

Bautätigkeit	Baufortschritt [m/Tag]
Erdbau	150
Tiefbau + Kabel-Tiefbau	150
Gleisbau	800

Tab. 6: Zusammenstellung des Baufortschritts beim Gleis- und Tiefbau

Maßgebliche Erschütterungsemissionen können dabei bei folgenden Bautätigkeiten auftreten:

- Bodeneinbau, Fräsarbeiten beim Einbringen von bindemittelstabilisierten Tragschichten oder Verdichtungsarbeiten beim Einsatz von Rüttelwalzen etc.

Der Erdbau ist relativ zu den übrigen Bautätigkeiten beim Gleis- und Tiefbau die zeitlich umfangreichste Tätigkeit. Diese Arbeiten werden nach dem derzeit geplanten Baufortschritt (siehe Tab. 6) an jedem separat betrachteten Anwesen nicht länger als zehn Arbeitstage in den jeweiligen Bauphasen dauern.

In den Streckenbereichen der Gemeinden Altendorf, Hirschaid und Strullendorf sind zudem für die Gründung der Lärmschutzwände und die Ausrüstung der Leit- und Sicherungstechnik Rammarbeiten vorgesehen. Die jeweiligen Gründungen lassen sich in Abhängigkeit von Einschnitts- und Dammlagen der Trassenführung in zwei unterschiedliche Ausführungen (Rohrgründung bzw. Spundwandgründung) unterscheiden, wobei aufgrund der durchzuführenden Rammarbeiten die gleichen Schwingungsemissionen, jedoch mit unterschiedlichem Baufortschritt (Rohrgründung: ca. 150 m/Tag bzw. Spundwandgründung: ca. 15 m/Tag), angesetzt werden.

Die jeweiligen Bereiche sowie deren geschätzte Dauer für die Lärmschutzwandgründungen sind in nachfolgender Tabelle dargestellt:

Bereich ca. km	Bahnseite	Dauer
<b>Bereich Altendorf</b>		
48,180 bis 48,984	östlich	ca. 5 Wochen
48,049 bis 49,149	mittig	ca. 2 Wochen
48,249 bis 49,099	westlich	ca. 2 Wochen
<b>Bereich Hirschaid</b>		
50,849 bis 51,999	östlich	ca. 2 Wochen
50,416 bis 51,056	mittig	ca. 1 Woche
51,196 bis 51,999	mittig	ca. 1 Woche
49,946 bis 51,181	westlich	ca. 3 Tage
51,203 bis 51,949	westlich	ca. 1 Woche
<b>Bereich Strullendorf</b>		
53,649 bis 55,099	östlich	ca. 1 Woche
53,649 bis 54,730	mittig	ca. 1 Tag

Tab. 7: Zusammenstellung der Bereiche zur Lärmschutzwandgründung

## 4.2 Gleis-Mittelverbau

Im Zuge der Gleis- und Tiefbauarbeiten ist für das Arbeiten ohne langfristige Total-sperrung über die komplette Strecke ein Gleis-Mittelverbau in Form eines Berliner Verbaus vorgesehen. Diese Bautätigkeit findet zeitlich vor dem eigentlichen Streckenbau statt und wird daher separat untersucht und beurteilt. Für den Baufortschritt ist hier von ca. 100 m/Tag auszugehen.

Relevante Erschütterungsquellen beim Errichten des Gleis-Mittelverbaus können insbesondere bei

- Rammarbeiten
- Verdichtungsarbeiten
- Bohrarbeiten, Verankerungen, falls erforderlich

entstehen.



### 4.3 Ingenieur- und Hochbau

Nachfolgend werden die Ingenieurbauwerke aufgelistet, die während den Hauptbaumaßnahmen aufgrund ihrer geographischen Lage zur schutzbedürftigen Nachbarschaft potenzielle Betroffenheiten durch Erschütterungsimmissionen gegenwärtig nicht ausschließen lassen.

Bezeichnung	Lage [Bahn-km]
Bereich Altendorf	
EÜ Deichselbach	km 48,288
Bereich Hirschaid	
SÜ Griesweg	km 50,406
EÜ Maximilianstraße	km 51,030
EÜ Fußgängerunterführung Hirschaid	km 51,121
EÜ Fußgängerunterführung Hp Hirschaid alt	km 51,239
EÜ Friesnitzgraben	km 51,310
Bereich Strullendorf	
EÜ Fußgängerunterführung Bahnhofstraße	km 54,717
EÜ Strullendorfer Bach	km 54,909
SÜ Gewerbeanbindung Nord	km 55,113

Tab. 8: Übersicht über die zu erstellenden Ingenieurbauwerke innerhalb geschlossener Ortschaften während den Hauptbaumaßnahmen

Die Gesamtdauer der jeweiligen Baumaßnahmen zur Erstellung der Ingenieurbauwerke wird vorrangig von den durchzuführenden Betonarbeiten bestimmt und kann dabei zwischen 4 Monaten und bis zu ca. 45 Monaten variieren.

Relevante Erschütterungsquellen beim Ingenieur- und Hochbau sind nachfolgend dargestellt:

- Rammarbeiten, Rüttelarbeiten
- Abbrucharbeiten, Meißelarbeiten
- Bohrarbeiten, Verankerungen, falls erforderlich

Die Dauer von erschütterungsintensiven Tätigkeiten bei den jeweiligen Bauwerken ist gegenwärtig noch nicht näher bestimmt. Unter Berücksichtigung einer Gesamtdauer der jeweiligen Baumaßnahmen von bis zu 45 Monaten werden sich diese Tätigkeiten jeweils auf wenige Tage bzw. Wochen beschränken. Nachtarbeiten sind zum derzeitigen Planungsstand für die jeweiligen Ingenieurbauwerke an weniger als 5 % der Gesamtbauzeit vorgesehen.

#### **4.4 Baustelleneinrichtungsflächen (BE-Flächen)**

Zur Abwicklung der Baumaßnahme sind gegenwärtig in dem Planfeststellungsabschnitt 21 insgesamt ca. 30 BE-Flächen mit unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung und Lage zu bebauten Bereichen vorgesehen.

In der Regel sind relevante Erschütterungsemissionen, die von den Baustelleneinrichtungsflächen ausgehen, nicht zu erwarten. Einzig etwaige Anlagen zur Aufbereitung von Baumaterialien auf den BE-Flächen können ggf. höhere Erschütterungsemissionen verursachen.

## 5 Prognosemodell

Bei der Ausbreitung von Erschütterungen von der Quelle zum Einwirkungsort können die drei Teilbereiche Emission, Transmission und Immission unterschieden werden.

In Anlehnung an diese Teilbereiche erfolgt die Prognose von Erschütterungen grundsätzlich gemäß folgender Gleichung [5]:

$$L_v\text{-Raum}(f) = LE(f) + \Delta LB(f) + \Delta LG(f) + \Delta LM(f)$$

mit:

$L_v\text{-Raum}(f)$ :	Terzschnellespektrum am betrachteten Immissionsort
$LE(f)$ :	Terzschnellespektrum der Erschütterungen am Emissionsort
$\Delta LB(f)$ :	baugrund- und abstandsbedingte Erschütterungsabnahme (Transmissionsweg)
$\Delta LG(f)$ :	gebäudespezifische Übertragungsfunktion am Immissionsort
$\Delta LM(f)$ :	Summe der Einfügedämmung bei Verbau schwingungsmindernder Maßnahmen

Die Prognoseformel entspricht auch den Empfehlungen der VDI 3837 [6].

Aus den Terzschnellespektren am Immissionsort können im Weiteren die relevanten Beurteilungsgrößen gemäß DIN 4150 berechnet werden.

### 5.1 Emission

Bei baubedingten Erschütterungen können vor der Baumaßnahme grundsätzlich sog. „in situ“ Messungen durchgeführt werden bzw. es kann auf Angaben in der einschlägigen Literatur oder auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden. Die tatsächliche Höhe der Erschütterungsemissionen verschiedener Baugeräte hängt von einer Vielzahl von verschiedenen Parametern (Werkzeugzustand, Untergrundbeschaffenheit, eingesetztes Material, etc.) ab, weshalb im Rahmen von Literaturdaten nur grobe pauschale Annahmen getroffen werden können. Die Einwirkdauer bzw. die Einwirkzeit von Erschütterungsemissionen ergeben sich aus dem Baubetriebsablauf.

## 5.2 Transmission

Die Erschütterungen werden auf ihrem Ausbreitungsweg zwischen Erschütterungsquelle und Einwirkungsort in Abhängigkeit von der Entfernung reduziert. Verantwortlich hierfür ist die Amplitudenabnahme auf Grund der Geometrie und der Materialdämpfung des Erdreichs.

Entsprechend der DIN 4150-1 [2] wird die Abnahme der Amplitude der Schwinggeschwindigkeit  $\bar{v}$  näherungsweise durch folgende Gleichung beschrieben:

$$\bar{v} = \bar{v}_1 * \left(\frac{R}{R_1}\right)^{-n} * \exp[-\alpha * (R - R_1)]$$

mit:

$\bar{v}$  Amplitude der Schwinggeschwindigkeit (in mm/s)

$\bar{v}_1$  Amplitude der Schwinggeschwindigkeit in der Entfernung  $R_1$  (in mm/s)

$R_1$  Bezugsabstand (in m)

$R$  Entfernung von der Quelle (in m)

$n$  Exponent in Abhängigkeit von der Wellenart, Quellengeometrie und Art der Schwingung

$\alpha$  Abklingkoeffizient ( $\alpha = 2\pi * D / \lambda$ )

$D$  Dämpfungsgrad

$\lambda$  Wellenlänge ( $\lambda = c / f$ ) in m

$c$  Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle (in m/s)

$f$  Frequenz (in Hz)

Im Rahmen von messtechnischen Untersuchungen vor Ort oder durch Annahmen für die jeweiligen Parameter aufgrund der geologischen Untergrundverhältnisse kann die Pegelabnahme der Schwingungen im Ausbreitungsweg ermittelt bzw. abgeschätzt werden.

### 5.3 Immission

Die Anregung des Gebäudes wird i. d. R. mit überhöhten Schwingschnellen auf den Geschossdecken beantwortet. Die durch Resonanz bei den Eigenfrequenzen der Decken auftretenden Vergrößerungsfaktoren hängen insbesondere auch vom zeitlichen Verlauf (harmonisch/stationär oder impulsförmig) der Schwingungen ab.

Im vorliegenden Fall wurde im Rahmen der Prognose für eine Betroffenheitsanalyse die immissionsseitige Übertragung der Erschütterungen vom Erdreich in Gebäude anhand von statistisch ermittelten Gebäudeübertragungsfunktionen gemäß Literaturangaben [15] sowie aus den bahnbetriebsbedingten Erschütterungsuntersuchungen [5] angenommen.

## **6 Erschütterungsimmissionen und Bewertung**

Aufgrund der Vielzahl von Einzelmaßnahmen in Zusammenhang mit Ausbaumaßnahmen erweist sich eine erschütterungstechnische Betrachtung der einzelnen Bauphasen gegenwärtig als nicht zweckmäßig. Insofern werden die erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten getrennt voneinander bewertet. Um im Vorfeld der Maßnahme etwaige Betroffenheiten abzuschätzen, werden Annahmen zu den erwartenden Immissionen anhand eigener Erfahrungswerte (u. a. [14]) bzw. aus Literaturangaben (u. a. [15]) herangezogen.

Wie bereits ausgeführt, kann zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht abgesehen werden, welche Geräte, Bauverfahren, Bauabläufe oder Maschineneinsatzzeiten letztendlich mit Abschluss des Vergabeverfahrens und der Auftragserteilung zur Anwendung kommen oder ob auch im Rahmen von Sondervorschlägen vollkommen von den Grundlagen dieser Abschätzung abweichende Parameter zugrunde zu legen sind. Zudem sind die Höhe der durch die diversen Quellen entstehenden Erschütterungsemissionen sowie deren Weiterleitung im Erdreich stark von den entsprechenden spezifischen geotechnischen Parametern abhängig.

In Folge dessen wurde auf Basis der geplanten Bautätigkeiten beispielhaft verwendbare Geräte angesetzt und deren Erschütterungsemissionen abgeschätzt.

### **6.1 Erschütterungsimmissionen**

#### **6.1.1 Gleis- und Tiefbau**

Bei der Herstellung des Gleis- und Tiefbaus können relevante Erschütterungsimmissionen insbesondere durch Verdichtungsarbeiten (z.B. Bodenverdichterwalze der Fa. Hamm, Typ 3412, 12,2 t o. ä.) auftreten.

In Abhängigkeit von den Bautätigkeiten sowie des Zeitraums zur Durchführung der Tätigkeiten (tags/nachts) sind folgende potenzielle Betroffenheitsbereiche nicht auszuschließen:

Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (nach Teil 2 der DIN 4150):

tags: bei Gebäuden mit geringerem Abstand als 10 m zum Gleisbau

nachts: bei Gebäuden mit geringerem Abstand als 30 m zum Gleisbau

Aufgrund des Baufortschritts (siehe Tab. 6) und der damit verbundenen abstandsbedingten Pegelabnahme sind Erschütterungsimmissionen oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 für jeweils ein separat betrachtetes Anwesen an maximal zehn Arbeitstagen in den jeweiligen Bauphasen zu erwarten. Aufgrund der wandernden Bautätigkeiten ist während der restlichen Zeit in der jeweiligen Bauphase davon auszugehen, dass aufgrund des räumlichen Abstands keine relevanten Erschütterungsimmissionen auftreten werden.

Einwirkungen auf bauliche Anlagen (nach Teil 3 der DIN 4150):

Ausgehend von den geplanten Bauverfahren lässt sich selbst bei exponierter Lage von Gebäuden zur Bahnstrecke erwarten, dass unter Berücksichtigung der Anhaltswerte der DIN 4150-3 generell etwaige Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes nicht zu erwarten sind.

Bei den erschütterungsintensiven Gründungsarbeiten für die Lärmschutzwände sowie für die Leit- und Sicherungstechnik können relevante Erschütterungsimmissionen insbesondere durch die notwendigen Rammarbeiten (z.B. Vibrationsramme der Fa. PTC Vibrofonceur o. ä.) auftreten.

In Abhängigkeit von den durchzuführenden Bautätigkeiten sowie dessen geplanten Zeitraum (tags/nachts) sind nachfolgend dargestellte potenzielle Betroffenheitsbereiche anzunehmen:

Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (nach Teil 2 der DIN 4150):

tags: bei Gebäuden mit geringerem Abstand als 50 m zum Gleisbau

nachts: bei Gebäuden mit geringerem Abstand als 100 m zum Gleisbau

Aufgrund des Baufortschritts und der damit verbundenen entfernungsbedingten Pegelabnahme sind Erschütterungsimmissionen oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 für jeweils ein separat betrachtetes Anwesen an bis zu ca. einer Woche zu erwarten. Während der restlichen Zeitdauer ist bei der Erstellung der Gründungen davon auszugehen, dass aufgrund der Abstandsgeometrie und der dadurch verursachten Pegelabnahme keine relevanten Erschütterungsimmissionen auftreten werden.

Einwirkungen auf bauliche Anlagen (nach Teil 3 der DIN 4150):

Ausgehend von den geplanten Bauverfahren können insbesondere bei den durchzuführenden Rammarbeiten potenzielle Betroffenheitsbereiche bis zu ca. 50 m nicht ausgeschlossen werden.

#### 6.1.2 Gleis-Mittelverbau

Bei der Herstellung des Gleis-Mittelverbaus können relevante Erschütterungsimmissionen ebenfalls insbesondere durch Ramm- bzw. Rüttelarbeiten (z.B. Vibrationsramme der Fa. PTC Vibrofonceur o. ä.) auftreten.

In Abhängigkeit von den Bautätigkeiten sowie des Zeitraums zur Durchführung der Tätigkeiten (tags/nachts) sind folgende potenzielle Betroffenheitsbereiche nicht auszuschließen:

Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (nach Teil 2 der DIN 4150):

tags: bei Gebäuden mit geringerem Abstand als 50 m zum Gleis-Mittelverbau

nachts: bei Gebäuden mit geringerem Abstand als 100 m zum Gleis-Mittelverbau

Aufgrund des Baufortschritts und der damit verbundenen abstandsbedingten Pegelabnahme sind Erschütterungsimmissionen oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 für jeweils ein separat betrachtetes Anwesen an maximal zwei Arbeitstagen in der jeweiligen Bauphase zu erwarten. Während der restlichen Zeit in der jeweiligen Bauphase ist davon auszugehen, dass aufgrund des räumlichen Abstands keine relevanten Erschütterungsimmissionen auftreten werden.

Einwirkungen auf bauliche Anlagen (nach Teil 3 der DIN 4150):

Ausgehend von den geplanten Bauverfahren können insbesondere bei den durchzuführenden Rammarbeiten (z.B. zur Herstellung von Baugrubenumschließungen o. ä.) potenzielle Betroffenheitsbereiche bis zu ca. 50 m nicht ausgeschlossen werden.

#### 6.1.3 Ingenieur- und Hochbau

Bei der Erstellung von Ingenieurbauwerken können relevante Erschütterungsimmissionen insbesondere durch Rammarbeiten (z.B. Vibrationsramme der Fa. PTC Vibrofonceur o. ä.) bzw. Bohrpfahlarbeiten (z.B. Drehbohrgerät der Fa. Bauer, Typ BG o. ä.) auftreten.

In Abhängigkeit von den durchzuführenden Bautätigkeiten sowie dessen geplanten Zeitraum (tags/nachts) sind in nachfolgender Tabelle potenzielle Betroffenheitsbereiche angegeben:



Bezeichnung	Bahn-km	Potenzieller Betroffenheitsbereich bei Bewertung nach DIN 4150		
		Teil 2 (Einwirkungen auf Menschen)		Teil 3 (Ein- wirkungen auf bauliche Anlagen)
		tags	nachts	
<b>Bereich Altendorf</b>				
<i>SÜ St 2260 neu</i>	km 47,589	≤ 50 m	≤ 100 m	≤ 50 m
EÜ Deichselbach	km 48,288	≤ 50 m	≤ 100 m	≤ 50 m
<i>Neubau EÜ Jurastraße</i>	km 48,503	≤ 50 m	≤ 100 m	≤ 50 m
<b>Bereich Hirschaid</b>				
SÜ Griesweg	km 50,406	≤ 50 m	≤ 100 m	≤ 50 m
EÜ Maximilianstraße	km 51,030	≤ 50 m	≤ 100 m	≤ 50 m
EÜ Fußgängerunterführung Hirschaid	km 51,121	≤ 50 m	≤ 100 m	≤ 50 m
EÜ Fußgängerunterführung Hp Hirschaid alt	km 51,239	≤ 50 m	≤ 100 m	≤ 50 m
EÜ Friesnitzgraben	km 51,310	≤ 50 m	≤ 100 m	≤ 50 m
<b>Bereich Strullendorf</b>				
<del><i>Ersatz-Neubau EÜ Auweg</i></del>	<del>km 53,839</del>	<del>≤ 50 m</del>	<del>≤ 100 m</del>	<del>≤ 50 m</del>
<del><i>EÜ Stockweg</i></del>	<del>km 54,293</del>	<del>≤ 50 m</del>	<del>≤ 100 m</del>	<del>≤ 50 m</del>
EÜ Fußgängerunterführung Bahnhofstraße Strullendorf	km 54,732	≤ 50 m	≤ 100 m	≤ 50 m
EÜ Strullendorfer Bach	km 54,909	≤ 50 m	≤ 100 m	≤ 50 m
SÜ Gewerbeanbindung Nord	km 55,113	≤ 50 m	≤ 100 m	≤ 50 m

*Kursivdruck: vorgezogene Baumaßnahmen (ca. 2016 bis 2019)*

~~*Kursivdruck: entfällt*~~

Tab. 9: Zusammenstellung potenzieller Betroffenheitsbereiche durch Ingenieur- und Hochbau

Demnach können insbesondere bei durchzuführenden Rammarbeiten (z.B. zur Herstellung von Baugrubenumschließungen o. ä.) potenzielle Betroffenheitsbereiche bis zu ca. 100 m nicht ausgeschlossen werden.

Die Dauer von potenziellen Betroffenheiten wird sich für jeweils ein separat betrachtetes Anwesen auf jeweils wenige Tage oder Wochen beschränken, in denen erschütterungsrelevante Tätigkeiten durchgeführt werden.

#### 6.1.4 Baustelleneinrichtungsflächen

Durch die BE-Flächen sind grundsätzlich potenzielle Betroffenheiten auszuschließen, wobei Anlagen zur Aufbereitung von Baumaterialien außerorts bzw. in einem ausreichenden räumlichen Abstand von mind. 100 m zur schutzbedürftigen Nachbarschaft anzuordnen sind.

## 6.2 Bewertung der Erschütterungsimmissionen

Die Abschätzung von Art, Umfang und Dauer von potenziellen Betroffenheiten durch baubedingte Erschütterungsimmissionen beruht auf Annahmen zum voraussichtlichen Bauablauf.

Unter Berücksichtigung der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 bzw. Teil 3 ist zu erwarten, dass die Bautätigkeiten zeitlich als auch räumlich begrenzte potenzielle Betroffenheiten auslösen können.

Eine Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 für die Tagzeit (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) und insbesondere auch für die Nachtzeit (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) kann unter Berücksichtigung der beschriebenen Bautätigkeiten letztendlich erst bei Abständen von ca. hundert Meter zur Baustelle erwartet werden.

Insbesondere durch die Gründungsarbeiten beim Gleis- und Tiefbau (Gleis-Mittelverbau, Lärmschutzwände, Leit- und Sicherungstechnik) sowie im Bereich von Ingenieurbauwerken kann bei dem geplanten Bauverfahren eine mögliche Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150-3 (Einwirkungen auf bauliche Anlagen) im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswerts bei Gebäuden innerhalb eines 50m – Korridors gegenwärtig nicht ausgeschlossen werden. Für diesen Korridorbereich erscheinen gebäudetechnische Beweissicherungen an ausgewählten Gebäuden zweckmäßig.

## **7 Minderung der baubedingten Immissionen**

### **7.1 Beschreibung**

Die Bauphasen zur Realisierung des Vorhabens sind im Hinblick auf den Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen als nicht unproblematisch zu bewerten. Den nahe gelegenen Wohngebäuden ist besonders bei Tätigkeiten in der Nacht (22:00 bis 06:00 Uhr) und während den Ruhezeiten am Tag (werktags: 6 bis 7 Uhr bzw. 19 bis 22 Uhr sowie sonn- und feiertags: 6 bis 22 Uhr) eine höhere Schutzbedürftigkeit einzuräumen.

Zur Feststellung der zumutbaren Belästigungen von Bauerschütterungen kann dabei als Maßstab die DIN 4150 Teil 2 herangezogen werden.

Die Erheblichkeit der Belastung hängt nicht ausschließlich vom Ausmaß der Erschütterungen, sondern auch von individuellen und situativen Faktoren ab, die die Zumutbarkeit für den betroffenen Menschen bestimmen.

Hierzu zählen u. a.:

- der Gesundheitszustand
- die Tätigkeit während der Erschütterungsbelastung
- der Grad der Gewöhnung
- die Einstellung zum Erschütterungserzeuger
- die Erwartungshaltung in Bezug auf ungestörtes Wohnen, die unter Umständen von der Art des Wohnumfelds abhängig ist.
- die Einwirkungsdauer
- die Häufigkeit und Tageszeit des Auftretens und deren Auffälligkeit

Belästigungen sind dabei grundsätzlich nur auszuschließen, wenn die einwirkenden Erschütterungen nicht wahrnehmbar sind. Erhebliche Belästigungen liegen im Allgemeinen nicht vor, wenn die Anhaltswerte der DIN 4150-2 eingehalten sind.

Die Durchführung gebäudetechnischer Beweissicherungen vor bzw. nach Durchführung der Baumaßnahmen dient zur Feststellung potenzieller Verminderungen des Gebrauchwertes von baulichen Anlagen.

## 7.2 Maßnahmen

Da die prognostizierten Erschütterungsimmissionen auf Annahmen zum vorläufigen Bauphasenkonzept sowie zum voraussichtlichen Bauablauf basieren, dabei jedoch nur beispielhafte bzw. üblicherweise verwendbare Geräte und Bauverfahren herangezogen werden konnten, erscheinen zeitliche und örtliche konkretisierte Maßnahmen zur Minderung des Bauerschütterungen erst bei genauerer Kenntnis des Bauablaufs sowie der geplanten einzusetzenden Maschinen sinnvoll.

Grundsätzlich zeigen die bisherigen Bewertungen, dass es durchaus sinnvoll erscheint, nachfolgende von Bauzeiten und Bauphasen unabhängige Maßnahmen ausreichend zu berücksichtigen:

- Verwendung von erschütterungsarmen Baumaschinen und Bauverfahren  
Im Rahmen der Ausschreibung ist darauf hinzuweisen, dass von den beauftragten Bauunternehmen ausschließlich Bauverfahren und Baugeräte eingesetzt werden, die hinsichtlich ihrer Schall- und Erschütterungsemissionen dem Stand der Technik entsprechen. Ebenfalls ist darauf hinzuweisen, dass die Baustellen so geplant, eingerichtet und betrieben werden, dass Erschütterungen weitestgehend verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind.
- umfassende Information der betroffenen Gemeinden und Anwohner im Vorfeld der Baumaßnahmen (insbesondere über die Art und Dauer von Bauarbeiten in der Nacht und an Sonn- und Feiertagen)
- Einsatz eines Immissionsschutzbeauftragten mit u. a. folgenden Aufgabenbereichen:
  - Ansprechpartner bei Beschwerdefällen
  - Überwachung der Baustellen mit Durchführung von Messungen
  - Vorschlag von ggf. notwendigen Minderungsmaßnahmen zum Schutz der Nachbarschaft
- Durchführung von gebäudetechnischen Beweissicherungen vor bzw. nach Ende der Baumaßnahmen für ausgewählte Gebäude innerhalb potenzieller Betroffenheitskorridore:

Um unzumutbare Belästigungen auf ein Mindestmaß zu beschränken, ist unabhängig von der Notwendigkeit von Bauarbeiten während der Nachtzeit (22:00 bis 06:00 Uhr) darauf hinzuwirken, dass in einer nächtlichen Kernzeit (z.B. 23:00 bis 05:00 Uhr) erschütterungsintensive Bautätigkeiten in den innerörtlichen Bereichen weitestgehend reduziert werden.

## 8 Zusammenfassung

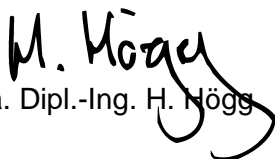
In vorliegendem Bericht wurden die baubedingten Erschütterungsimmissionen im Planfeststellungsabschnitt 21 Altendorf – Hirschaid - Strullendorf für die schutzbedürftige Nachbarschaft bewertet.


Die Abschätzungen kommen zu dem Ergebnis, dass basierend auf Annahmen zu einem vorläufigen Bauphasenkonzept sowie zum voraussichtlichen Bauablauf der Baubetrieb zu relevanten Erschütterungsbelastungen führen kann. Um einen Anhaltswert über die potenziellen Betroffenheiten durch Bauerschütterungen in der Nachbarschaft zu erhalten, wurde die Größenordnung der einwirkenden Belastungen abgeschätzt und mit den entsprechenden Anhaltswerten der DIN 4150, Teil 2 (Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden) und Teil 3 (Einwirkungen auf bauliche Anlagen) verglichen. Hierbei wurden für die verschiedenen erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten zeitlich und örtlich die potenziellen Betroffenheitsbereiche dargestellt und beschrieben.

Tatsächliche Betroffenheiten durch die Baumaßnahmen, die Notwendigkeit und der Umfang von Maßnahmen werden insbesondere auch von den zur Ausführung kommenden Bauverfahren und Baugeräten abhängen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wurden demzufolge ausschließlich mögliche organisatorische Maßnahmen im Vorfeld der Baumaßnahmen aufgezeigt, um die Erheblichkeit potenzieller Belästigungen durch Bauerschütterungen so weit wie möglich zu reduzieren. Darüber hinausgehende Maßnahmen sind letztendlich erst bei genauerer Kenntnis zum geplanten Bauablauf bzw. Bauausführung zweckmäßig.

Diese Untersuchung umfasst 41 Seiten und eine Beilage.

bearbeitet:

  
ppa. Dipl.-Ing. H. Högg

  
i. A. B. Sc. M. Crljenkovic

Möhler + Partner Ingenieure AG

Paul-Heyse-Straße 27

80336 München

München, den ~~30.06.2014~~ 02.11.2018

## 9 Grundlagenverzeichnis

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- [2] DIN 4150 Teil 1: Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- [3] DIN 4150 Teil 2: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [4] DIN 4150 Teil 3: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2016
- [5] Erschütterungen und sekundärer Luftschall. DB AG-Richtlinien 800.2501 bis 800.2504, Entwurf vom 10.12.2009
- [6] VDI-Richtlinie 3837: Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen – Spektrales Prognoseverfahren, NALS/VDI C 15 „Schwingungsminderung in der Umgebung von Schienenverkehrserschütterungen“ . Ausgabedatum: 03/2006
- [7] DIN 45669: Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1, Schwingungsmesser; Anforderungen und Prüfungen, Sept. 2008
- [8] DIN 45669: Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2, Messverfahren, Juni 2005
- [9] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauNVO)
- [10] Flächennutzungsplan der Gemeinden Altendorf, Hirschaid und Strullendorf
- [11] Rechtskräftige Bebauungspläne der Gemeinden Altendorf, Hirschaid und Strullendorf
- [12] Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S.2414), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) geändert worden ist
- [13] VDE 8.1: Eingangsdaten Baulärm PA 21 für PFV, Hyder Consulting GmbH, Stand: 21.02.2013

- [14] Überwachungsmessungen zum Ausbau der Flughafen S-Bahn – Tunnel Unterführung, Möhler+Partner Bericht Nr. 800-1545, im Auftrag der DB Projekt Bau GmbH, April 2003
- [15] Gerhard Müller, Michael Möser (Hrsg.): Taschenbuch der technischen Akustik, 3. erweiterte und überarbeitete Auflage, Springer Verlag 2004



**10 Beilagen**

Beilage 1: Übersichtslageplan mit Darstellung potenzieller Betroffenheitsbereiche