

## ANLAGE 17.1

Nur zur Information

### ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

zu den Einwirkungen aus dem zukünftigen  
Betrieb der Neu- und Ausbaustrecken im  
Planfeststellungsabschnitt 1.6 a/b des Projektes  
„Stuttgart 21“



**FRITZ** GmbH

BERATENDE INGENIEURE VBI

SCHALLSCHUTZ

BAU- und RAUMAKUSTIK

MASCHINENAKUSTIK

MASCHINENDYNAMIK

ERSCHÜTTERUNGEN

Messstelle zur Ermittlung  
der Emission und Immission  
von Geräuschen und Erschütterungen

Fehlheimer Str. 24 □ 64683 Einhausen  
Telefon (06251) 9646-0  
Telefax (06251) 9646-46

e-mail: Info@Fritz-Ingenieure.de

Bericht Nr.: **97590**

Datum: **14.05.2004**

Auftraggeber:

**DB Netz AG**  
vertreten durch  
**DB ProjektBau GmbH**  
Wolframstraße 20  
70191 Stuttgart

Sachbearbeiter:

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

Dieser Bericht ist nur für den Gebrauch des Auftraggebers bestimmt.  
Eine darüber hinausgehende Verwendung, vor allem durch Dritte, unterliegt  
dem Schutz des Urheberrechts gemäß UrhG.

## I N H A L T

1	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	4
2	<b>SACHVERHALT UND AUFGABENSTELLUNG</b> .....	5
3	<b>BESCHREIBUNG DES PLANVORHABENS</b> .....	6
3.1	DIE BAUMAßNAHME .....	6
3.2	IMMISSIONSSCHUTZRECHTLICHE BEHANDLUNG.....	6
4	<b>BEARBEITUNGSGRUNDLAGEN</b> .....	7
4.1	GESETZE, NORMEN, LITERATURQUELLEN.....	7
4.2	PLANUNTERLAGEN .....	10
4.3	BETRIEBSPARAMETER .....	10
4.3.1	Zugzahlen, Zuglängen und Zuggeschwindigkeiten .....	10
4.3.2	Angaben zum Fahrweg.....	11
5	<b>ARBEITSGRUNDSÄTZE UND VORGEHENSWEISE</b> .....	11
5.1	PROGNOSE DER ERSCHÜTTERUNGSSIMMISSIONEN .....	12
5.1.1	Emission .....	13
5.1.2	Transmission .....	14
5.1.3	Immission.....	16
5.2	PROGNOSE DES SEKUNDÄREN LUFTSCHALLS.....	17
5.3	PROGNOSE MIT SCHUTZMAßNAHMEN.....	18
5.4	PROGNOSEGENAUIGKEIT.....	19
6	<b>ANFORDERUNGEN</b> .....	20
6.1	ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ.....	20
6.1.1	Beurteilungsverfahren .....	21
6.1.2	Anhaltswerte.....	21
6.1.3	Kriterien einer wesentlichen Änderung.....	23
6.2	SCHALLSCHUTZ .....	25
6.2.1	Grundlagen der Beurteilung.....	25
6.2.2	Anforderungswerte.....	27
6.2.3	Anwendung des „Schienenbonus“ .....	28
7	<b>UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE</b> .....	30
7.1	BERGSTRASSE (BEREICH A) .....	32
7.1.1	Bebauung im Einwirkungsbereich.....	32
7.1.2	Emissionsbedingungen .....	32
7.1.3	Erschütterungsimmissionen.....	32
7.1.4	Sekundärer Luftschall .....	32
7.2	IM DEGEN, NÄHTERSTRASSE, VIEHWASENSTRASSE, ULMER STRASSE (BEREICH B).....	33
7.2.1	Bebauung im Einwirkungsbereich.....	33
7.2.2	Emissionsbedingungen .....	33
7.2.3	Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen.....	33
7.2.4	Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen.....	33
7.2.5	Schutzmaßnahmen .....	34
7.2.6	Erschütterungsimmissionen mit Schutzmaßnahmen .....	34
7.2.7	Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen.....	34
7.3	INSELSTRASSE, POSTWIESENSTRASSE, LINDENSCHULSTRASSE (BEREICH C) .....	34
7.3.1	Bebauung im Einwirkungsbereich.....	34
7.3.2	Emissionsbedingungen .....	35
7.3.3	Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen.....	35

7.3.4	Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen.....	35
7.3.5	Schutzmaßnahmen .....	35
7.3.6	Erschütterungsimmissionen mit Schutzmaßnahmen .....	36
7.3.7	Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen.....	36
7.4	MERCEDESSTRAÙE (BEREICH D).....	36
7.4.1	Bebauung im Einwirkungsbereich .....	36
7.4.2	Emissionsbedingungen .....	36
7.4.3	Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen.....	37
7.4.4	Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen.....	37
7.4.5	Schutzmaßnahmen .....	37
7.4.6	Erschütterungsimmissionen mit Schutzmaßnahmen .....	37
7.4.7	Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen.....	38
7.5	IMWEG (BEREICH E).....	38
7.5.1	Bebauung im Einwirkungsbereich .....	38
7.5.2	Emissionsbedingungen .....	38
7.5.3	Derzeitige Erschütterungsimmissionen .....	38
7.5.4	Erschütterungsimmissionen im Prognose-Planfall.....	38
7.5.5	Sekundärer Luftschall .....	39
7.6	HEINRICH-EBNER-STRAÙE, VEIELBRUNNENWEG, DECKERSTR., TAUBENHEIMSTR. (BEREICH F) 39	
7.6.1	Bebauung im Einwirkungsbereich.....	39
7.6.2	Emissionsbedingungen .....	39
7.6.3	Derzeitige Erschütterungsimmissionen .....	39
7.6.4	Erschütterungsimmissionen im Prognose-Planfall.....	40
7.6.5	Sekundärer Luftschall .....	40
7.7	GEBÄUDE ZENTRALVERSAND ÜBERSEE (ZVÜ) DER DAIMLER-CHRYSLER AG.....	40
7.7.1	Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen.....	41
7.7.2	Sekundärer Luftschall .....	42
8	ABSCHLIEßENDE BEMERKUNGEN.....	42

<b>ANLAGE I</b>	<b>Lagepläne</b>
<b>ANLAGE II</b>	<b>Angaben zu den Immissionspunkten</b>
<b>ANLAGE III</b>	<b>Betriebsdaten</b>
<b>ANLAGE IV</b>	<b>Emissionsdaten</b>
<b>ANLAGE V</b>	<b>Übertragungsfunktionen typischer Schutzmaßnahmen</b>
<b>ANLAGE VI</b>	<b>Untersuchungsergebnisse</b>
<b>ANLAGE VI.1</b>	<b>Legende</b>
<b>ANLAGE VI.2</b>	<b>Erschütterungen ohne Schutzmaßnahmen</b>
<b>ANLAGE VI.3</b>	<b>Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen</b>
<b>ANLAGE VI.4</b>	<b>Erschütterungen mit Schutzmaßnahmen</b>
<b>ANLAGE VI.5</b>	<b>Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen</b>
<b>ANLAGE VI.6</b>	<b>Empfohlene Schutzmaßnahmen</b>
<b>ANLAGE VI.7</b>	<b>Vorbelastung - Erschütterung</b>
<b>ANLAGE VI.8</b>	<b>Differenz <math>KB_{FT}</math> Prognose - Bestand</b>

# 1 Zusammenfassung

Die durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchungen für den Planfeststellungsabschnitt 1.6 a/b des Projektes „Stuttgart 21“ haben zu den folgenden Ergebnissen geführt:

- Durch den Einsatz der in **Anlage VI.6** aufgeführten Masse-Feder-Systemen in den Tunnelbauwerken kann im gesamten Einwirkungsbereich der geplanten unterirdisch verlaufenden Neubaustrecke gewährleistet werden, dass die Anforderungen an den Immissionsschutz (Erschütterungsschutz, Schutz gegenüber sekundärem Luftschall) erfüllt werden.
- Im oberirdisch geführten Streckenabschnitt in Obertürkheim kann eine Überschreitung der Anhaltswerte an der Wohnbebauung im Imweg nicht ausgeschlossen werden. Durch die gegebenen erschütterungstechnischen Vorbelastungen der derzeit dort vorhandenen Schienenverkehrswege ergeben sich Erhöhungen der bestehenden Erschütterungsimmissionen um bis zu 24%. Eine gleichzeitige Erhöhung der Immission um mindestens 25% **und** Überschreitung der Anhaltswerte ist nicht gegeben. Somit ist für die geplante Baumaßnahme in diesem Bereich der Sachverhalt einer „wesentlichen Änderung“ **nicht** gegeben. Es bestehen somit keine Ansprüche auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen trotz Anhaltswertüberschreitungen.
- Im oberirdisch geführten Streckenabschnitt im Bereich Stuttgart Bad Cannstatt zum Abstellbahnhof kann davon ausgegangen werden, dass es zu Überschreitungen der Anhaltswerte an der Wohnbebauung in der Deckerstraße und im Veielbrunnenweg kommt. Aufgrund der gegebenen erschütterungstechnischen Vorbelastung durch die derzeit dort vorhandenen Schienenverkehrswege ergeben sich Erhöhungen der bestehenden Erschütterungsimmissionen um bis zu 20%. Dadurch ist für die geplante Baumaßnahme in diesem Bereich der Sachverhalt einer wesentlichen Änderung **nicht** gegeben. Es bestehen somit keine Ansprüche auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen trotz Anhaltswertüberschreitungen.
- Es wird empfohlen, in den Planfeststellungsbeschluss den Vorbehalt aufzunehmen, dass beim nachträglichen Nachweis der Wirksamkeit alternativer Schutzsysteme in den Tunnelbauwerken auf diese ausgewichen werden darf. Hierbei ist der Nachweis z.B. nach Fertigstellung der Tunnelrohbauten zu führen, dass auch mit den alternativen Schutzsystemen die Anforderungen des Immissionsschutzes in vollem Umfang erfüllt werden.

## 2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Beim Betrieb von schienengebundenen Fahrzeugen kommt es im Kontaktbereich zwischen Rad und Schiene zu Schwingungsanregungen, die auf Störungen des stationären Abrollvorganges zurückzuführen sind. Zum einen sind hierfür Inhomogenitäten der Schiene zum anderen das Rad (ungleichmäßiger Verschleiß), verantwortlich. Hierdurch kommt es zu einer Folge impulsförmiger Anregungen des Radsatzes und des Gleiskörpers, was die Anregung der Eigenschwingungen des Systems zur Folge hat.

Des Weiteren sind die entlang eines Gleises schwankenden Vertikalsteifigkeiten, wie dies bei Schotteroberbauten mit Schwellen und auch bei Festen Fahrbahnen (FF) der Fall ist, für den instationären Abrollvorgang verantwortlich.

Die hieraus resultierenden Schwingungen des Gleisoberbaus werden über das Erdreich auf nahestehende 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 von Menschen in Gebäuden führen. Es werden Schwingungen über das Gebäude häufig über Geschossdecken auf Menschen übertragen, die unter Umständen von diesen wahrgenommen werden. Die auftretenden Schwingungsmissionen können vom menschlichen Körper direkt als mechanische Schwingungen wahrgenommen werden. Andererseits führen die in ein Bauwerk eingeleiteten Schwingungen zu einer Schallabstrahlung der Raumbegrenzungsflächen, die in hörbaren Luftschall (sekundären Luftschall) umgewandelt werden. Hierbei können Schwingungsmissionen, die als mechanische Schwingungen nicht mehr spürbar sind, akustisch wahrnehmbar sein.

Geräusche und Erschütterungen zählen je nach Stärke und Wahrnehmbarkeit gemäß § 3 BImSchG zu den Immissionen, die Gefahren, erhebliche Nachteile oder Belästigungen für die Allgemeinheit und Nachbarschaft hervorrufen können.

Demgemäß ist im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für den PFA 1.6 a/b zu prüfen, ob die Einwirkungen aus Erschütterungsmissionen bzw. ob die Einwirkungen durch sekundäre Luftschallmissionen, hervorgerufen vom zukünftigen Betrieb der neuen Bahnanlagen, zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden führen können. Ggf. sind geeignete Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung von Immissionskonflikten zu erarbeiten.

---

## 3 Beschreibung des Planvorhabens

### 3.1 Die Baumaßnahme

Das Projekt „Stuttgart 21“ hat die Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart sowie den Bereich Stuttgart-Wendlingen (mit Flughafenanbindung) der Aus- und Neubaustrecke (ABS/NBS) Stuttgart-Augsburg zum Gegenstand. Des Weiteren ist eine verkehrstechnische Anbindung des neuen Hauptbahnhofes an das vorhandene Schienenverkehrsnetz in Feuerbach, Bad Cannstatt und Ober-/Untertürkheim vorgesehen. Insgesamt umfasst das Projekt „Stuttgart 21“ eine Gesamtstreckenlänge von ca. 57 km, wovon ca. 32 km in Tunneln geführt werden.

Der **Planfeststellungsabschnitt 1.6 a/b** umfasst die Zuführung Fernbahn Unter-/ Obertürkheim, die Zuführung Fernbahn Bad Cannstatt und den Abstellbahnhof Untertürkheim. Der Planfeststellungsabschnitt beginnt am Ende des Verzweigungsbauwerkes am Südkopf des Stuttgarter Hauptbahnhofes und endet an den vorhandenen Bahnanlagen in Ober- und Untertürkheim. Die Strecke wird bis auf die Übergangsbereiche in Ober- und Untertürkheim auf einer Länge von ca. 5,8 km in Tunnelbauwerken unterirdisch geführt. In den Anbindungsbereichen an das vorhandene Schienenverkehrsnetz in Obertürkheim bzw. im Untertürkheimer Abstellbahnhof werden die Gleisanlagen über Trogbauwerke auf die Höhen der vorhandenen Verkehrsanlagen geführt. Die Tunnelabschnitte im Übergangsbereich zu den Trogbauwerken werden in offener Bauweise erstellt. Am Ende dieser Tunnelbauwerke sind Druckausgleichsöffnungen zur Vermeidung von Einwirkungen durch Mikrodruckwellen vorgesehen.

### 3.2 Immissionsschutzrechtliche Behandlung

Bei den geplanten Baumaßnahmen innerhalb des Geltungsbereiches des **PFA 1.6 a/b** handelt es sich für die unterirdisch geführten Streckenabschnitte um einen Neubau. Dort gibt es keine Vorbelastung durch bestehende Schienenverkehrswege. Dies bedeutet, dass die resultierenden Erschütterungsimmissionen unmittelbar mit den Anforderungswerten der DIN 4150-2 zu vergleichen sind.

In den oberirdischen Abschnitten im Bereich Obertürkheim und der Zuführung zum Abstellbahnhof Untertürkheim gibt es eine Vorbelastung durch bestehende Schienenverkehrswege. Für die Immissionsorte dieser beiden Bereiche wird geprüft, ob das Planvorhaben zu einer „**wesentlichen Änderung**“ der Bestandssituation führt.

## 4 Bearbeitungsgrundlagen

### 4.1 Gesetze, Normen, Literaturquellen

Zur Durchführung der Untersuchung wurden folgende Gesetze, Normen und Literaturquellen herangezogen:

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV), Juni 1990
- 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 04.02.1997
- Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) in der aktuell gültigen Fassung
- Urteil des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofes vom 21.02.1995, Az: 20 A 93.40080 u.a.
- Urteil des Verwaltungsgerichtshofes Baden-Württemberg vom 21.10.1997, Az: 5 S 2298/97
- Urteil des Verwaltungsgerichtes Stuttgart vom 06.09.1998
- Urteil des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofes vom 12. April 2002, Az: 20 A 01.40016
- Urteil des Oberverwaltungsgerichtes Nordrhein-Westfalen vom 18.01.2001, Az: 20 D 74/98.AK
- Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 13.11.2001, Az: 9 B 57.01
- DIN 4150, Teil 1  
„Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- DIN 4150, Teil 2  
„Erschütterungen im Bauwesen“, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999

- DIN 4150, Teil 3  
„Erschütterungen im Bauwesen“, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Februar 1999
- DIN 45669 Teil 1, „Messung von Schwingungsimmissionen“  
Anforderungen an Schwingungsmesser, Juni 1995
- DIN 45669 Teil 2, „Messung von Schwingungsimmissionen“,  
Messverfahren, Juni 1995
- DB-Leitfaden „Körperschall- und Erschütterungsschutz“ Deutsche Bahn AG, ZBT 511, Arnulfstr. 19, 80335 München
- DB-Bericht „Körperschallmessungen am „Forster Tunnel“ und am „Langesfeld Tunnel“. Bericht Nr. 256001, Deutsche Bundesbahn, Versuchsanstalt München, Abt. für Elektrophysik, 1992
- DB-Bericht „Körperschallmessungen im Erdboden an der NBS bei Burgsinn“, Deutsche Bundesbahn, Versuchsanstalt München, Abtl. für Elektrophysik, 1993
- DB-Bericht „Körperschallmessungen bei Gessertshausen“, Bericht Nr. 256029; Deutsche Bundesbahn, Versuchsanstalt München, Abt. Elektrophysik, 1992
- DB-Bericht „Körperschallemissionen im Einmalbergtunnel und Mühlbergtunnel, Bericht Nr. 156005, DB Versuchsanstalt München, Abtl. Elektrophysik, 1991
- DB-Bericht „Körperschallausbreitung von ET 420 im freien Gelände bei München“, Bericht Nr. 95600312; Deutsche Bundesbahn, Versuchsanstalt München, Abt. Elektrophysik, 1989
- STUVA-Bericht „Handbuch Schall und Erschütterungen beim Schienennahverkehr“, Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V., Dr. Ing. Friedrich Krüger, August 1990
- Baudynamik Praxisgerecht, Rainer Flesch, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1993
- Bodendynamik, Grundlagen und Anwendungen  
Herausgeber Wolfgang Haupt; 1986
- Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen  
Bericht Nr. 107, „Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen“

- Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen  
Materialien Nr. 22, „Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs“
- Erschütterungen durch Eisenbahnverkehr  
Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE-Nr. 60.340/1998  
Peter Fritz, FRITZ GmbH, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn
- Ermittlung der Belästigung durch Verkehrslärm in Abhängigkeit von Verkehrsmittel und Verkehrsdichte in einem Ballungsgebiet ( Straße und Eisenbahnverkehr), Gerhard Heimerl und Ekkhard Holzmann, Zeitschrift Kampf dem Lärm, Ausgabe 26, Springer-Verlag 1997
- Geräuschbelästigung durch unterirdische Verkehrsanlagen (U-Bahnen), U. Uderstädt, G. Eckermann, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 28, Springer-Verlag 1981
- Vergleich der Lästigkeit von Schienen- und Straßenverkehrslärm in städtischen und ländlichen Regionen, A. Schümer-Kohrs, R. Schümer, V. Knall, W. Kasubek, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 28, Springer-Verlag 1991
- Vergleich der Lästigkeit von Schienen- und Straßenverkehrslärm, U. Möhler, R. Schuemer, V. Knall, A. Schümer-Kohrs, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 33, Springer-Verlag 1986
- Vergleich der Pausenstruktur von Schienenverkehrslärm und Straßenverkehrslärm, U. Möhler, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 35, Springer-Verlag 1988
- Lästigkeit von Schienenverkehrslärm im Vergleich zu anderen Lärmquellen – Überblick über Forschungsergebnisse, R. Schuemer, A. Schümer-Kohrs, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 38, Springer-Verlag 1991
- Lästigkeitsunterschied zwischen den Geräuschen des Straßenverkehrs und des Schienenverkehrs, G. Hauck, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 38, Springer-Verlag 1991

## 4.2 Planunterlagen

Zur Durchführung der Untersuchung standen folgende Planunterlagen zur Verfügung:

- Lagepläne Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart, PFA 1.6 a, Zuführung Fernbahn Ober-/Untertürkheim; Arbeitsgemeinschaft BUNG/DE-Consult/ Fichtner, Maßstab 1:1.000
- Höhenpläne Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart, PFA 1.6 a, Zuführung Fernbahn Ober-/Untertürkheim; Arbeitsgemeinschaft BUNG/DE-Consult/ Fichtner, Maßstab 1:5.000/500
- Lagepläne Abstellbahnhof Untertürkheim, PFA 1.6 b, Arbeitsgemeinschaft BUNG/DE-Consult/Fichtner, Maßstab 1:1.000
- Querschnitte Achse 215, Abstellbahnhof Untertürkheim, PFA 1.6 b, Arbeitsgemeinschaft BUNG/DE-Consult/Fichtner, Maßstab 1:200
- Ingenieurgeologische Längsschnitte, PFA 1.6, Maßstab 1:5.000/500, igi Niedermeyer Institute
- Verkehrsdaten der S- und Fernbahnstrecken; DB ProjektBau GmbH Stuttgart 21, Juni 1998
- Angaben zu den Gebietsnutzungen im Bereich Obertürkheim, Untertürkheim, Wangen und Gablenberg; Stadtplanungsamt Stuttgart, September 1998

## 4.3 Betriebsparameter

### 4.3.1 Zugzahlen, Zuglängen und Zuggeschwindigkeiten

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.

Die Einwirkzeit für jede Zuggattung ergibt sich aus der Anzahl der Züge pro Beurteilungszeitraum (Tag = 6:00 - 22:00 Uhr, Nacht = 22:00 - 6:00 Uhr) und deren Vorbeifahrtdauer.

Bei der Ermittlung der Einwirkdauer ist für **Erschütterungen** das 30-Sekunden-Taktverfahren gemäß DIN 4150 Teil 2 zu beachten. Bei den vorliegenden Zuglängen

und Geschwindigkeiten kann davon ausgegangen werden, dass jede Zugvorbeifahrt innerhalb eines 30-Sekunden-Taktes erfolgt.

Bei der Bestimmung des Mittelungspegels für den **sekundären Luftschall** wird die Einwirkdauer der Züge aus deren Zuglänge und Zuggeschwindigkeit berechnet. Zur Zuglänge wurden hier jedoch 200 m hinzuaddiert, um zu berücksichtigen, dass der Zug bereits vor und noch nach der Vorbeifahrt wahrgenommen werden kann.

Eine Zusammenstellung der maßgeblichen zukünftigen Verkehrsdaten findet sich in **Anlage II**.

Die oben benannten Betriebsparameter wurden im Sinne einer **oberen Abschätzung** ermittelt. Hierdurch soll erreicht werden, dass die prognostizierten erschütterungstechnischen Beurteilungsgrößen sowie die prognostizierten schalltechnischen Beurteilungsgrößen nach Inbetriebnahme der Strecke mit hoher Wahrscheinlichkeit **unterschritten** werden.

#### 4.3.2 Angaben zum Fahrweg

In den neu zu errichtenden DB-Tunneln der Fernbahnstrecken ist als Oberbaukonzept jeweils eine Feste Fahrbahn vorgesehen. In oberirdischen Bereichen kommt hingegen ein Schotteroberbau mit Betonschwellen zum Einsatz.

## 5 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

Ausgangspunkt der erschütterungstechnischen Untersuchung ist die Festlegung repräsentativer Untersuchungsobjekte. Hierbei werden für die Durchführung von Erschütterungsprognosen in den nachfolgend benannten Immissionsbereichen **A** bis **F** Gebäude ausgewählt, die sich im Einwirkungsbereich des Planvorhabens befinden. Die Fragen des Immissionsschutzes werden für diese repräsentativen Objekte geprüft und gegebenenfalls Schutzmaßnahmen dimensioniert. In **Tabelle 1** ist eine Gliederung der relevanten Untersuchungsgebiete angegeben.

Die ausgewählten Untersuchungsbereiche kennzeichnen Bereiche, in denen Immissionskonflikte aus Erschütterungen und sekundären Luftschallimmissionen dem Grunde nach nicht auszuschließen sind. Alle übrigen außerhalb dieser Bereiche liegenden Siedlungsflächen, die von der Neubaustrecke unterfahren werden, weisen deutlich größere Tunnelüberdeckungen auf, so dass hierfür a priori Immissionskonflikte ausgeschlossen werden können. Detaillierte Nachweise sind hierfür nicht erforderlich.

Für den Bereich des Abstellbahnhofs in Untertürkheim können durch die gegebenen Abstandsverhältnisse Immissionskonflikte infolge Erschütterungen und sekundärem Luftschall ausgeschlossen werden. Das Gleisfeld des Abstellbahnhofs weist einen Abstand von mindestens 40 m zur nächstgelegenen Wohnbebauung in der Augsburgstraße auf. Diese Gleise dienen ausschließlich zur Abstellung bzw. zum Rangieren der

dort einfahrenden Züge. Entsprechend niedrig sind die in diesem Bereich gefahrenen Geschwindigkeiten und somit die zu erwartenden Erschütterungsemissionen. Die Durchgangsgleise von und nach Bad Cannstatt befinden sich auf der westlichen Seite des vorgenannten Gleisfeldes. Der Abstand zur Wohnbebauung in der Augsburger Straße beträgt über 100 m. Dieser Abstand ist als unkritisch einzustufen. Somit ist der Bereich des Abstellbahnhofs in Untertürkheim in erschütterungstechnischer Hinsicht als unkritisch anzusehen. Auf eine detaillierte Untersuchung wird für diesen Bereich deshalb verzichtet.

**Tabelle 1: Gliederung der Untersuchungsgebiete**

Name	Einwirkende Bahnstrecken	Immissionsbereich
A	unterirdische Zuführung Fernbahn Stuttgart Hauptbahnhof - Wangen	Bergstraße
B	unterirdische Zuführung Fernbahn Abzweig Wangen	Im Degen, Nähterstr., Viehwasenstr., Ulmer Str.
C	unterirdische Zuführung Fernbahn Obertürkheimer Kurve	Inselstr., Postwiesenstr., Lindenschulstr.
D	unterirdische Zuführung Fernbahn Untertürkheimer Kurve	Mercedesstr.
E	oberirdische Zuführung Fern- + S-Bahn Obertürkheim - Untertürkheim	Imweg
F	oberirdische Zuführung Fernbahn Bad Cannstatt - Wartungsbahnhof-Untertürkheim	Heinrich-Ebner-Straße Veielbrunnenweg Deckerstraße
	oberirdische Zuführung Fern- und S-Bahn Bad Cannstatt - Waiblingen	Taubenheimstraße
	oberirdische Zuführung S-Bahn Bad Cannstatt - Untertürkheim	

## 5.1 Prognose der Erschütterungsimmissionen

Für die Prognostizierung der nach Inbetriebnahme einer Bahnstrecke auftretenden Erschütterungsimmissionen ist neben der Kenntnis der zukünftigen **Emissionen** auch die Kenntnis der **Schwingungs-Übertragungsverhältnisse** vom Gleiskörper zum Raum, in dem sich Menschen aufhalten, erforderlich.

Bei der Erstellung der Erschütterungsprognosen wird von der in **Abbildung 1** skizzierten Übertragungskette ausgegangen. Die dargestellten Übertragungswege werden separat ermittelt und dann zu einer Gesamtübertragungsfunktion überlagert.

Da die Übertragungsfunktionen zum Teil stark frequenzabhängig sind, ist für die Prognose ein Berechnungsverfahren anzuwenden, das sowohl die spektrale Zusammensetzung der Schwingungsemission als auch die spektrale Zusammensetzung der einzelnen Transferfunktionen berücksichtigt. Emissionen und Transferfunktionen werden daher als Terzspektren im Frequenzbereich von 6,3 bis 315 Hz angegeben.

Im Folgenden wird die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Einzelkomponenten des Übertragungsweges erläutert.

### 5.1.1 Emission

Die Emission eines Schienenverkehrsweges, der in einem Tunnelbauwerk geführt wird, wird durch die Schwingschnelle an der Tunnelwand in horizontaler Richtung oder die Schwingschnelle der Tunneldecke bzw. Tunnelfirste in vertikaler Richtung angegeben. Welche der beiden Größen zu präferieren ist, hängt von der Lage des Immissionsortes (schützenswertes Gebäude) zum Tunnelbauwerk ab. In Grenzfällen, in denen beide Angaben herangezogen werden könnten (z. B. das Gebäude liegt in einem Winkel von ca. 45 ° zur Vertikalen über dem Tunnel), ist von der höheren Emissionsangabe, im Regelfall die Schwingschnelle an der Tunnelwand (horizontale Richtung), auszugehen. Bei oberirdischen Schienenverkehrswegen stellen die in einem Abstand von 8 m zur Gleisachse im Erdboden gemessenen Schwingstärken die Emission der betrachteten Zuggattung dar.

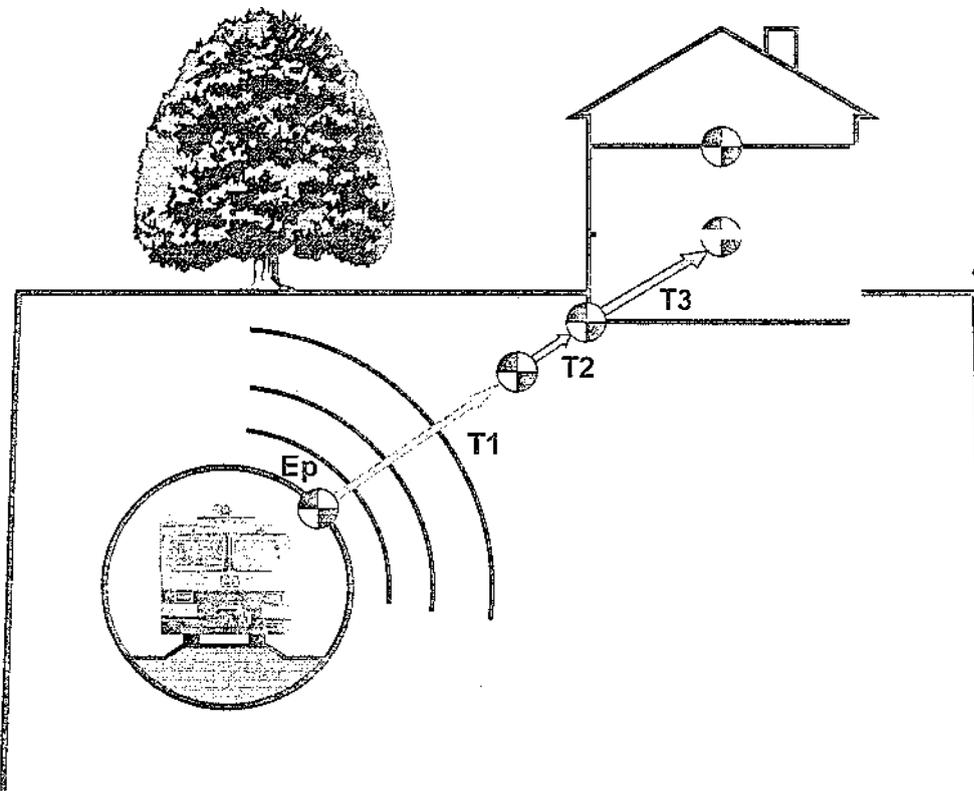
Bei der Auswahl geeigneter Emissionsdaten für die Erstellung einer Erschütterungs-Immissionsprognose wird empirisch vorgegangen, d. h. man wählt aus vorliegenden Messergebnissen für bereits gebaute und in Betrieb befindliche Tunnelbauwerke / oberirdische Bahnstrecken die oben genannten Emissionsspektren aus und überprüft, ob alle emissionsrelevanten Parameter deckungsgleich sind. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass z.B. auch im selben Tunnelbauwerk die Emissionen für unterschiedliche Zuggattungen und in derselben Zuggattung für unterschiedliche Geschwindigkeiten differieren. Demgemäß sollten bei den verfügbaren Emissionsdaten Zuggattungen und -geschwindigkeiten übereinstimmen. Dem Grunde nach ist bei dem Verfahren das Prinzip der größtmöglichen Annäherung zu praktizieren. Dies bedeutet, dass die Betriebsparameter und ggf. die Tunnelbauweise übereinstimmen sollten. Im Regelfall sind jedoch Korrekturen an den Emissionsdaten auf der Grundlage allgemeiner Erkenntnisse über Erschütterungsemissionen und -immissionen an unterirdisch geführten Verkehrswegen vorzunehmen. So sind z. B. für Streckenabschnitte, die in Kurvenbereichen geführt werden, Zuschläge auf die Emission anzuwenden, wenn die verfügbaren Emissionsdaten an einem gerade geführten Tunnelbauwerk vorgenommen wurden. Ebenso ist beim Emissionsansatz zu berücksichtigen, dass beim Überfahren von Weichen erhöhte Erschütterungsemissionen resultieren.

Weiterhin sind auf der Grundlage allgemeiner Erfahrungswerte zum Erschütterungsschutz insbesondere die Tunnelform, die Tunnelgründung sowie die Bodenverhältnisse zu berücksichtigen. Die im Rahmen der Prognoseberechnungen angewendeten Emissions-Korrekturfunktionen sind in **Anlage IV.3** beigefügt. Die Ausgangsspektren sind in **Anlage IV.1** grafisch dargestellt. Grundsätzlich gilt bei der Ermittlung des Emissionswertes der Grundsatz der oberen Abschätzung. Alle Annahmen sind so zu treffen, so dass mit hoher Wahrscheinlichkeit gewährleistet werden kann, dass die zukünftig auftretenden Erschütterungs-Immissionen an betroffenen Gebäuden geringer sein werden als die prognostizierten Einwirkungen.

### 5.1.2 Transmission

Der maßgebliche Emissionspunkt ist in **Abbildung 1** als **Ep** gekennzeichnet. Ferner ist in der Abbildung der Übertragungsweg auf die für die Beurteilung relevante Geschossdecke eines Gebäudes in einzelne Übertragungsfunktionen (Transferfunktionen) untergliedert, deren Bedeutung im folgenden erläutert wird.

**Abb. 1: Übertragung von Erschütterungen**



#### Legende

- Ep:** Emissionspunkt an der Tunnelwand.
- T<sub>1</sub>:** Transferfunktion 1; Übertragung im Erdboden.
- T<sub>2</sub>:** Transferfunktion 2; Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament
- T<sub>3</sub>:** Transferfunktion 3; Übertragung vom Gebäudefundament auf die einzelnen Geschossdecken

c **Transferfunktion 1:**

Als Transferfunktion 1 wird die entfernungsbedingte Amplitudenabnahme der Schwingschnelle zwischen **Emissionsort** und einem Punkt im Erdreich **unmittelbar an einem Gebäude** bezeichnet. Sie wird rechnerisch unter Berücksichtigung der gegebenen Bodenverhältnisse ermittelt. mit Hilfe nachfolgender mathematischer Formel berechnet:

$$T_1 = \left( \frac{R}{R_1} \right)^{-n} \cdot e^{(-\alpha(R-R_1))}$$

Es bedeuten

- n: der Exponent, der von Wellenart, Quellengeometrie und Art der Schwingungen abhängt
- $\alpha$ : der Abklingkoeffizient in  $m^{-1}$ ,  $\alpha \approx 2 \cdot \pi \cdot D / \lambda$
- D: der Dämpfungsgrad
- $\lambda$ : die maßgebende Wellenlänge, in m,  $\lambda = c/f$
- c: die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle in m/s
- f: die Frequenz, in Hz
- $R_1$ : der Bezugsabstand in m
- R die Entfernung von der Quelle in m

Die entfernungsbedingte Amplitudenabnahme setzt sich zusammen aus geometrischer Ausbreitungsdämpfung und frequenzabhängiger Materialdämpfung.

Für die unterirdisch geführten Bereiche wurden folgende Parameter berücksichtigt:

- n: = 0,5
- c: = 400 m/s
- D: = 1%

Für die oberirdischen Bereiche sind dies

- n: = 0,2
- c: = 150 m/s
- D: = 2%

- **Transferfunktion 2:**

Die Transferfunktion 2 beschreibt das Übertragungsverhalten vom **Boden** auf das **Gebäudfundament**. Sie unterliegt für bestimmte Gebäudetypen relativ geringen Schwankungen und weist keine ausgeprägte spektrale Abhängigkeit auf. Erschütterungen werden um so leichter auf das Gebäude übertragen, je geringer die Gebäudemasse ist. Eine messtechnische Ermittlung des Übertragungsverhaltens vom Boden auf das Fundament war in der derzeitigen Bestandssituation vielfach nicht möglich. In diesen Fällen wurde die Transferfunktion 2 aus Messungen an vergleichbaren Gebäuden übernommen. Eine grafische Darstellung der Funktionen findet sich in **Anlage IV.3.7**.

- **Transferfunktion 3:**

Die Transferfunktion 3 beschreibt das Übertragungsverhalten des Gebäudes vom **Fundament** auf die **Geschossdecken** eines Gebäudes. Die Schwingungseinwirkungen auf Geschossdecken sind für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen hinsichtlich Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden maßgebend. Die Transferfunktion 3 ist in hohem Maße gebäudeabhängig und kann entsprechend den unterschiedlichen Decken stark variieren. Verantwortlich hierfür ist vor allem die Spannweite und die Deckenkonstruktion. Die Transferfunktion 3 kennzeichnet im wesentlichen das Resonanzverhalten einer Decke. Diese Funktion weist eine starke spektrale Abhängigkeit (ausgeprägte spektrale Maxima bei den Deckeneigenfrequenzen) auf. So ist es keine Seltenheit, dass die Schwingstärke auf Geschossdecken einen Faktor 10 über der Schwingstärke am Gebäudfundament liegt.

Da die Transferfunktion 3 in hohem Maße Einfluss auf das Prognoseergebnis nimmt, werden diese Übertragungsfunktionen an den zu untersuchenden Gebäuden messtechnisch ermittelt. Hierzu wird im Außenbereich eines Gebäudes an verschiedenen Positionen relativ zum Gebäude eine Schwingungsanregung in den Boden eingebracht (z. B. mit einer Rüttelplatte) und sowohl am Gebäudfundament als auch auf einzelnen Geschossdecken die Schwingschnelle gemessen. Diese Messanordnung entspricht der bei Beweissicherungsmessungen an im Betrieb befindlichen Bahnstrecken üblichen Messanordnungen. Aus dem Verhältnis der Schwingschnelle am Gebäudfundament zur Schwingschnelle auf den Geschossdecken wird die Transferfunktion 3 ermittelt.

### 5.1.3 Immission

Als Schwingungsimmission werden die bauwerksbezogenen, gemäß **DIN 4150-2** in der Mitte von Wohnräumen und vergleichbar genutzten Räumen ermittelten Schwingstärken bezeichnet.

Da für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden der Messpunkt in der Mitte einer Geschossdecke, d. h. in Raummitte, relevant ist und

hier überwiegend die Schwingungsimmissionen in Z-Richtung (Vertikalkomponente) die anderen beiden Raumrichtungen übersteigt, werden die Prognoseberechnungen ausschließlich für Z-Komponenten der Erschütterungseinwirkung durchgeführt.

## 5.2 Prognose des sekundären Luftschalls

Die Prognostizierung des sekundären Luftschallpegels im Innenraum  $L_i$  basiert auf dem zuvor berechneten maximalen zeitbewerteten Körperschallschnellepegel  $L_v$ . Dies ist der Maximalpegel der Schwingstärke der im Gegensatz zum  $KB_{Fmax}$ -Wert jedoch keiner KB-Bewertung, sondern einer A-Bewertung unterzogen wird. Der theoretische Zusammenhang zwischen ermittelter Körperschallschnelle und sekundärem Luftschall kann wie folgt beschrieben werden:

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

Darin bedeuten

$L_{sek}$ :	sekundärer Luftschallpegel des betrachteten Bauteils in dB(A)
$L_v$ :	mittlerer A-bewerteter Körperschallschnellepegel des betrachteten Bauteils in dB(A)
$\sigma$ :	Abstrahlgrad des betrachteten Bauteils
$S$ :	Fläche des betrachteten Bauteils in $m^2$
$A$ :	äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in $m^2$

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

Im vorliegenden Fall wurde daher zur Bestimmung des sekundären Luftschalls der Leitfaden „Körperschall und Erschütterungsschutz“ der DB AG herangezogen. Hierin ist ein linearer Zusammenhang zwischen A-bewerteter Körperschallschnelle und sekundärem Luftschallpegel angegeben. Der ermittelte Zusammenhang wurde für verschiedene Zuggattungen und Deckenkonstruktionsformen beschrieben. Demnach gelten für den sekundären Luftschall aus dem Betrieb von Fernbahnzügen folgende Beziehungen:

Für Betondecken:

$$L_i = 26,2 + 0,46 \cdot L_{vA} \quad \text{in dB(A)}$$

Für Holzbalkendecken:

$$L_i = 24,5 + 0,59 \cdot L_{vA} \quad \text{in dB(A)}$$

Für S-Bahn-Strecken gelten folgende Beziehungen:

Für Betondecken:

$$L_i = 17,6 + 0,62 \cdot L_{vA} \quad \text{in dB(A)}$$

Für Holzbalkendecken:

$$L_i = 27,5 + 0,34 \cdot L_{vA} \quad \text{in dB(A)}$$

Dabei bedeuten

$L_i$ :	A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel
$L_{vA}$ :	A-bewerteter Körperschallschnellepegel

Bei der Ermittlung des A-bewerteten Körperschallschnellepegels  $L_{vA}$  wird das gleiche Verfahren angewandt wie bei der Ermittlung der maximalen bewerteten Schwingstärke  $KB_{Fmax}$ . Anstelle der Bewertungsfunktion  $T_{KB}$ , mit der die KB-Bewertung des Signals vorgenommen wird, wird die Funktion  $T_A$  angewendet, die die A-Bewertung darstellt. Im Gegensatz zur Ermittlung der maximalen bewerteten Schwingstärke  $KB_{Fmax}$ , bei der ein Frequenzbereich bis 80 Hz untersucht wird, wird der A-bewertete Körperschallschnellepegel  $L_{vA}$  in einem Frequenzbereich bis 315 Hz berechnet.

### 5.3 Prognose mit Schutzmaßnahmen

Bei der Schwingungsentstehung am Fahrweg-Oberbau spielen Masse-Feder-Effekte eine entscheidende Rolle. Bei einem Schienenverkehrsweg, der auf einem Schotteroberbau geführt wird, resultieren derartige Masse-Feder-Effekte aus dem Schwingungsverhalten der Masse, die sich aus der Schiene und der ungefederten Fahrzeugmasse (im wesentlichen Radsatzmasse) rekrutiert, und der Feder dem „elastischen“ Schotterbett. Ähnliche Effekte treten auch bei Festen Fahrbahnen (FF) auf. Als „Feder“ fungiert in diesem Fall die Gleistragplatte, deren elastische Eigenschaften häufig durch elastische Zusatzkomponenten wie Stützpunktlagern erhöht wird.

Dieser Masse-Feder-Effekt führt z. B. bei ebenerdig geführten Strecken zu Oberbau-Übertragungsfunktionen, die im Bereich von 40 bis 60 Hz spektrale Maxima aufweisen. Dieses spektrale Maximum kann durch das Hinzufügen weiterer elastischer Elemente verschoben werden. Durch den Einsatz einer **Unterschottermatte** bzw. im Fall einer Festen Fahrbahn eines **leichten Masse-Feder-Systems** wird die dynamische Gesamtsteifigkeit des Oberbaus reduziert, was dazu führt, dass das spektrale Maximum der Oberbau-Übertragungsfunktion sich in den Bereich von 20 bis 40 Hz verschiebt. Von einem leichten Masse-Feder-System spricht man, wenn die Gleistragplatte einer festen Fahrbahn durch eine vollflächig verlegte elastische Zwischenlage vom Untergrund entkoppelt wird. Die Wirkungsweise entspricht der einer klassischen Unterschottermatte. Da aufgrund der flächigen Lastverteilung bei der festen Fahrbahn die Materi-

albeanspruchung derartiger elastischer Unterlagen (Matten) deutlich geringer ist als die von Unterschottermatten, können hierfür andere, in der Regel kostengünstigere Materialien angewendet werden.

Alternativ kann eine elastische Abfederung des Oberbaus durch eine Streckenführung in Schottertrögen, die gegenüber dem Untergrund abgedeutert sind, oder im Fall einer festen Fahrbahn über eine auf Einzellagern (Elastomerlager, Stahlfedern) elastisch gelagerte Gleistragplatte erfolgen. Diese Oberbausysteme werden als **schwere Masse-Feder-Systeme** bezeichnet. Hiermit lassen sich Oberbaueigenfrequenzen bis herunter zu 6 bis 7 Hz realisieren. In **Anlage V** sind Einfügungsdämmkurven von leichten Masse-Feder-Systemen dargestellt. Die Übertragungsfunktionen sind idealisiert dargestellt, d.h. im Regelfall ergeben sich bei messtechnischen Überprüfungen nicht diese dargestellten „glatten“ Kurvenverläufe. Die dargestellten Kurven stellen jedoch eine untere Einhüllende dar, was bedeutet, dass im Regelfall höhere Dämmwirkungen mit derartigen Systemen zu erreichen sind. Dieses Vorgehen wurde wiederum gewählt, um bei Prognoseberechnungen mit Schutzmaßnahmen auch dem Grundsatz der oberen Abschätzung Rechnung zu tragen.

## 5.4 Prognosegenauigkeit

Eine Erhebung des derzeitigen Standes der Erkenntnisse zur Prognosegenauigkeit von Erschütterungsprognosen ist im Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Erschütterungen durch Eisenbahnverkehr“, Abschnitt 4.2 dokumentiert. Demgemäß liegen keine statistisch abgesicherten Ergebnisse zur Genauigkeit von Erschütterungsprognosen vor. Bei der Ermittlung von KB-bewerteten Größen treten gemäß DIN 4150-2 erfahrungsgemäß messtechnisch bedingte Unsicherheiten von bis etwa 15% auf. Da im Rahmen der Erstellung von Prognosen ebenfalls auf messtechnisch erhobene Ausgangsgrößen (zum Beispiel Emissionsspektren) zurückgegriffen wird, ist davon auszugehen, dass der Prognosefehler deutlich höher liegt.

Aufgrund von Erkenntnissen an Einzelprojekten kann die Prognose im günstigen Fall mit 3 dB angenommen werden. Dies bedeutet, dass die Spannbreite der Beurteilungswerte von – 30% bis + 41% reicht. Zur Erlangung dieser Prognosegenauigkeit ist es erforderlich, dass die wesentlichen Übertragungsfunktionen, das heißt insbesondere die Übertragung der Erschütterungen vom Boden auf das Bauwerk und die Übertragung innerhalb des Bauwerkes, messtechnisch erfasst werden. Dies ist im vorliegenden Fall erfolgt. Bei Neubauprojekten werden die maßgeblichen Übertragungsfunktionen durch geeignete Fremdanregung gemessen. Vergleichsmessungen von Übertragungsfunktionen bei Anregungen durch Schienenverkehr und bei Fremdanregung machen deutlich, dass auch mit Fremdanregung eine Bestimmung der maßgeblichen Übertragungsfunktionen mit hoher Genauigkeit möglich ist.

Grundsätzlich gilt bei der Ermittlung des Emissionsansatzes der Grundsatz der oberen Abschätzung. Alle Annahmen werden so getroffen, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit gewährleistet werden kann, dass die zukünftig auftretenden Erschütterungsimmissio-

nen an betroffenen Gebäuden geringer sein werden als die prognostizierten Einwirkungen. Die Prognosegenauigkeit der Erschütterungsimmissionen wird mit + 0 / - 3 dB abgeschätzt. Da die Prognoseberechnungen der sekundären Luftschallimmissionen auf den erschütterungstechnischen Berechnungsergebnissen beruhen und die Abstrahlbedingungen von Raumbegrenzungswänden nicht individuell berücksichtigt werden können, wird der Fehler der Prognoseberechnungen für sekundäre Luftschallimmissionen mit + 0 / - 5 dB(A) höher abgeschätzt.

Auch wenn der Umgang mit systembedingten Prognosefehlern im Sinne des Immissionsschutzes erfolgt, resultiert hieraus keineswegs eine systematische Überdimensionierung von Vorsorgemaßnahmen. Darüber hinaus wird empfohlen, in den Planfeststellungsbeschluss einen Vorbehalt aufzunehmen, der es gestattet den nachträglichen Nachweis der Wirksamkeit alternativer Schutzsysteme zu führen. Werden derartige Nachweise nach Fertigstellung der Tunnelrohbauten geführt, so lassen sich durch die dann möglichen Ausbreitungsmessungen Prognosetoleranzen weiter reduzieren.

## 6 Anforderungen

### 6.1 Erschütterungsschutz

Im Gegensatz zur schalltechnischen Problemstellung gibt es derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen in denen Grenzwerte für Erschütterungsimmissionen festgelegt sind. Daher werden die in Fachkreisen anerkannten Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** („Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“) herangezogen. Bei Einhaltung der hierin angegebenen Anhaltswerte kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen keine erheblich belästigenden Einwirkungen, die als niedrigste Qualifikationsstufe schädlicher Umwelteinwirkungen anzusehen sind, darstellen. Die Rechtsgrundlage für Ansprüche auf Schutzmaßnahmen ist in §74(2) Verwaltungs-Verfahrensgesetz (VwVfG) 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.

Für die hier untersuchten Bereiche, bei denen bereits eine erschütterungstechnische Vorbelastung besteht, ist 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. Dieser Sachverhalt ist für die oberirdischen Abschnitte im Bereich Obertürkheim und der Zuführung zum Abstellbahnhof Untertürkheim zu klären. Für die unterirdisch geführten Streckenabschnitte besteht keine Vorbe-

lastung. Somit sind die resultierenden Erschütterungsimmissionen unmittelbar mit den Anforderungswerten der DIN 4150-2 zu vergleichen. Bei Überschreitung der Anforderungswerte ergeben sich Anspruchsberechtigungen auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen.

### 6.1.1 Beurteilungsverfahren

Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen sind zwei Beurteilungsgrößen heranzuziehen:

$KB_{Fmax}$  : die maximale zeit- u. frequenzbewertete Schwingstärke  
 $KB_{FTr}$  : die Beurteilungsschwingstärke

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

Die Beurteilung erfolgt anhand der Kriterien  $A_u$  (für  $KB_{Fmax}$ ) und  $A_r$  (für  $KB_{FTr}$ ). Ist  $KB_{Fmax}$  kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert  $A_u$ , dann ist die Anforderung dieser Norm eingehalten. Immer wenn  $KB_{Fmax}$  größer  $A_u$  ist, erfolgt die Beurteilung auf der Basis der Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr}$  im Vergleich zu dem Beurteilungsanhaltswert  $A_r$ . Die Anhaltswerte der DIN 4150-2 werden in der Tabelle 1 jeweils in Abhängigkeit von der baulichen Nutzung der Umgebung des Einwirkungsortes, sowie für den Tag- und Nachtzeitraum unterschieden. Die oberen Anhaltswerte  $A_o$  erhalten beim Schienenverkehr eine andere Bedeutung als in der übrigen Norm. Die abweichende Bedeutung des oberen Anhaltswertes wird in Abschnitt 6.5.3.5 der DIN 4150-2 erläutert (siehe hierzu Fußnote zu Tabelle 2).

### 6.1.2 Anhaltswerte

In **Tabelle 2** sind die Anhaltswerte **A** für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen angegeben.

**Tabelle 2** Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen.

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>o</sub>	A <sub>r</sub>
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	6	0,20	0,30	0,60*	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	0,30	6	0,15	0,20	0,40*	0,10
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	0,20	5	0,10	0,15	0,30*	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	0,15	3	0,07	0,10	0,20*	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,10	3	0,05	0,10	0,15*	0,05

\*) Für den Schienenverkehr hat der obere Anhaltswert nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen jedoch nachts einzelne  $KB_{FTI}$ -Werte bei oberirdischen Strecken gebietsunabhängig über  $A_o = 0,6$  und bei unterirdischen Strecken gebietsunabhängig über  $A_o = 0,3$ , so ist nach der Ursache für die Erschütterungen zu forschen und diese möglichst rasch zu beheben. Öfter wiederkehrende Werte dieser Art werden durch die Beurteilungsschwingstärke erfasst. Daher wird in der DIN 4150-2 von einer scharfen Obergrenze durch den Anhaltswert  $A_o$  abgesehen.

Die **Tabelle 3** zeigt den Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung. Die hierin definierten Empfindungsbereiche können auf die darüber angegebenen Anhaltswerte  $A_o$  und  $A_u$  angewendet werden. Nicht anzuwenden sind diese Wahrnehmungsbereiche auf die Beurteilungsschwingstärke  $A_r$ . Hierin ist neben der Intensität von Erschütterungsimmissionen ebenfalls deren Einwirkdauer berücksichtigt.

**Tabelle 3:** Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung nach VDI 2057 Blatt 3 (Stand Mai 1987)

Zeile	Bewertete Schwingstärke KB**	Beschreibung der Wahrnehmung
1	0 - 0,1	nicht spürbar*
2	0,1 – 0,4	gerade spürbar
3	0,4 – 1,6	gut spürbar
4	1,6 – 6,3	stark spürbar
5	> 6,30	sehr stark spürbar

\* Die Fühlschwelle ist von den jeweiligen Umgebungsbedingungen, z. B. der Einwirkungsrichtung und von persönlichen Gegebenheiten wie Tätigkeit, Körperhaltung, Alter, Aufmerksamkeit und Gesundheitszustand abhängig.

\*\* KB entspricht dem Maximalwert aller Einzelereignisse ( $KB_{FTI}$ ) der gemäß DIN 4150-2 als  $KB_{Fmax}$ -Wert bezeichnet wird.

### 6.1.3 Kriterien einer wesentlichen Änderung

Der Bayerische Verwaltungsgerichtshof befasst sich in einer Klage zur Planfeststellung für den Bau besonderer S-Bahn-Gleise zwischen Zorneding und Grafing bei München mit der Thematik der Vorbelastung durch Erschütterungsimmissionen (AZ: 20 A93.40080 vom 21.02.1995). Das Gericht führt aus, dass Betroffene sich vorhandene Vorbelastungen aus Erschütterungsimmissionen zurechnen lassen müssen, d.h. dass die Vorbelastung bei der Abwägung zu berücksichtigen ist. Es wird in diesem Zusammenhang auf die Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichtes zum primären Luftschall vor Inkraftsetzung der 16. BImSchV verwiesen. Demgemäß können nach der gegenwärtigen Urteilslage reale und geldwerte Ausgleichsansprüche beim Vorhandensein erheblich belästigender Erschütterungsimmissionen an baulich geänderten Schienenverkehrswegen 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.

Im Zusammenhang mit der Frage, welche Erhöhung der Erschütterungsimmission eine unzumutbare Beeinträchtigung darstellt, beruft sich das Gericht auf wissenschaftliche Erkenntnisse, wonach sich bei einem Anhaltswert von  $KB_{Fmax} = 0,4$  mehr als 50 % der Betroffenen durch die Erschütterungseinwirkungen gestört fühlen. Ferner leitet das Gericht aus dem Sachverhalt, dass die Wahrnehmbarkeitsschwelle gemäß VDI 2057 Blatt 3 durch  $KB_{Fmax} = 0,1$  gekennzeichnet wird ab, dass die Erhöhung des  $KB_{Fmax}$ -Wertes um 0,1 als erhebliche Änderung einzustufen ist.

Der Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg befasst sich mit einem Planfeststellungsbeschluss für einen Streckenabschnitt der NBS/ABS Karlsruhe-Basel (AZ: 5S 2298 I97 vom 21.10.1997). Hierbei wird vom Gericht nicht beanstandet, dass der Vorhabenträger die Erheblichkeitsschwelle für die Erhöhung von Erschütterungsimmissionen bei einer Zunahme um 40 % angesetzt hat. Er wird gemäß Planfeststellungsbeschluss nur dann "reale" Abhilfemaßnahmen in jedem Einzelfall an der Strecke treffen, wenn nach Inbetriebnahme auf der Grundlage von Beweissicherungsmessungen die Erhöhung der Erschütterungsimmissionen um mindestens 40 % gegenüber dem Basiszustand messtechnisch nachgewiesen wird.

Die Definition dieses 40 % - Kriteriums erfolgte auf der Grundlage von Plausibilitätsüberlegungen in Anlehnung an die 16. BImSchV. Diese geht bei einer Schallpegelerhöhung um 3 dB(A) von einer wesentlichen Änderung aus. Diese Erhöhung um 3 dB(A) wird betriebsbedingt auch dann erreicht, wenn sich das Verkehrsaufkommen auf der Strecke verdoppelt. Bei Verdopplung der Zugzahlen ergibt sich an Schienenverkehrswegen eine Erhöhung der Beurteilungsschwingstärke ( $KB_{FT,r}$ ) in etwa um die als Kriterium festgesetzten 40 %.

Für die Ermittlung von Unterschiedsschwellen bei der Wahrnehmung von Erschütterungen aus dem Schienenverkehr (spürbare Erhöhung – wesentliche Änderung) wurden im Rahmen eines Forschungsvorhabens Laborversuche im Auftrag der Deutschen Bahn AG durchgeführt. Die Untersuchungen 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 Bedingungen mit kurzen Pausen (ca. 3 Sekunden) zwischen den beiden angebotenen Signalen (Reiz- und Vergleich) angewendet. Die ermittelte Erschütterungsdifferenz von 25% kann deshalb als untere Grenze der spürbaren Erschütterungserhöhung angesehen werden.

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.

Die durchgeführten Untersuchungen beziehen sich ausschließlich auf Differenzen von maximalen bewerteten Schwingstärken ( $KB_{F,max}$ ) und können daher nicht direkt auf die Beurteilungsschwingstärke ( $KB_{FT,r}$ ) übertragen werden. Aussagen über die Wahrnehmung von Erschütterungserhöhungen der Beurteilungsschwingstärke infolge einer Zunahme der Anzahl und Dauer der Erschütterungsereignisse können anhand der vorliegenden Forschungsergebnisse nicht getroffen werden.

Es erscheint jedoch plausibel, dass auch eine Erhöhung der Anzahl von Zugvorbeifahrten an einem Immissionsort zu einer subjektiven Steigerung des Empfindens von Erschütterungsimmissionen führt. Daher wird im Sinne des Immissionschutzes die Rechtssprechung des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofes dahingehend interpretiert.

tiert, dass eine Änderung dann „wesentlich“ ist, wenn die Beurteilungsschwingstärke durch die Änderung einer Bahnanlage um mindestens 25% angehoben wird.

Der Bayerische Verwaltungsgerichtshof bezieht sich in seiner Aussage ausschließlich auf die maximalen bewerteten Schwingstärken ( $KB_{F_{max}}$ ), konkret sogar auf die über mehrere Zugvorbeifahrten gemittelten  $KB_{F_{max}}$ -Werte, das heißt auf die  $KB_{FTm}$ -Werte für einzelne Zuggattungen. Durch das Heranziehen der Änderung der Beurteilungsschwingstärke ( $KB_{FTr}$ ) als Kriterium wird gleichermaßen die Änderung der „Erschütterungs-Intensität“ und die Einwirkdauer der Ereignisse berücksichtigt. Das heißt, auch wenn es zu keiner Erhöhung der maximalen bewerteten Schwingstärken kommt und von daher im Sinne der Rechtsprechung des Bayerischen Verwaltungsgerichtshofes keine wesentliche Änderung gegeben ist, geht man bei dieser Beurteilung davon aus, dass durch die Berücksichtigung der Beurteilungsschwingstärke die Wesentlichkeit auch bei gleicher Erschütterungsintensität in der höheren Anzahl von Erschütterungsereignissen bestehen kann.

Die DIN 4150-2 nimmt in ihrem aktuellen Weißdruck insoweit Bezug auf die gegenwärtige Rechtslage indem grundsätzlich darauf hingewiesen wird, dass Vorbelastungen bei der Beurteilung schienenverkehrsinduzierter Erschütterungen zu beurteilen sind. Eine Quantifizierung der Erheblichkeitsschwelle erfolgt allerdings nicht.

## 6.2 Schallschutz

### 6.2.1 Grundlagen der Beurteilung

Für die Ermittlung und die Beurteilung von Geräuschimmissionen 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 sollte als Grundlage einer Beurteilung der 4. Teil des Bundes-Immissionsschutzgesetzes herangezogen werden, der sich in den §§ 41 bis 43 mit Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche befasst. In § 43 BImSchG 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**) geschehen. Eine Regelung zum sekundären Luftschall gibt es derzeit nicht. Aufgrund des Sachverhaltes, dass sekundärer Luftschallimmissionen – hervorgerufen durch Schienenverkehr – Verkehrsgeräusche sind, scheidet die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (**TA-Lärm**) als Beurteilungsgrundlage aus, da deren Anwendungsbereich auf

„Anlagen, die als genehmigungsbedürftig oder nicht genehmigungsbedürftige Anlagen den Anforderungen des **2. Teils** des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) unterliegen, ....“

beschränkt ist. Verkehrsanlagen unterliegen jedoch dem **4. Teil** des Bundes-Immissionsschutzgesetzes.

Die **TA-Lärm** scheidet als Beurteilungsgrundlage auch hinsichtlich des Kriteriums „tieffrequente Geräusche“ aus. In **TA-Lärm** wird darauf hingewiesen, dass sogenannte „tieffrequente Geräusche“ nach den Regularien der DIN 45680 zu ermitteln und zu beurteilen sind. Hierin wird als Kriterium für das Vorliegen „tieffrequenter Geräusche“ die Gleichung

$$\Delta L = L_{CF} - L_{AF} \geq 20 \text{ dB}$$

angegeben. Soweit der C-bewertete ( $L_{CF}$ ) Pegel den A-bewerteten Pegel ( $L_{AF}$ ) um mehr als 20 dB übersteigt, kann davon ausgegangen werden, dass die Geräusche als tieffrequent einzustufen sind. Zieht man typische Immissionsspektren sekundärer Luftschallimmissionen heran, so ergeben sich im Sinne der o.g. Gleichung Pegeldifferenzen im Bereich

$$\Delta L = 17 \dots 18 \text{ dB.}$$

Demgemäß stellen sekundäre Luftschallimmissionen im Sinne der DIN 45680 keine tieffrequenten Geräusche dar. Zum Vergleich sei darauf hingewiesen, dass typische Immissionsspektren des innerstädtischen Straßenverkehrs innerhalb von Räumen zu einem Differenzpegel von

$$\Delta L = 13 \dots 14 \text{ dB}$$

führen. Zusammenfassend ist also festzustellen, dass weder die **TA-Lärm** noch die DIN 45680 für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen aus immissionsschutzrechtlicher und aus immissionsschutztechnischer Sicht maßgeblich sind. Zu dieser Auffassung gelangt ebenfalls das OVG Nordrhein-Westfalen in seinem Urteil vom 18.01.2001 (AZ: 20D74/98.AK). Das Gericht befasste sich hierbei mit der Frage, inwieweit für die Beurteilung des sekundären Luftschalls die Immissionswerte der **TA-Lärm** oder der VDI-Richtlinie 2058 herangezogen werden können. Das Gericht kommt hierbei zu der Auffassung, dass die aus dem Jahr 1985 stammende VDI 2058, Blatt 1, zwischenzeitlich im Hinblick auf die Novellierung der **TA-Lärm** zurückgezogen wurde und dass eine Anwendung der VDI-Richtlinie 2058, Blatt 1 oder der **TA-Lärm** deshalb nicht in Betracht käme, weil sie sich auf Arbeitslärm durch Gewerbebetrieb beziehe und somit den Besonderheiten des Verkehrslärms nicht in geeigneter Weise Rechnung trage. Diese Entscheidung wurde zwischenzeitlich vom Bundesverwaltungsgericht bestätigt.

Ein Anhaltspunkt für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen ergibt sich aus der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (**24. BImSchV**) vom 04.02.1997, die – wenn auch indirekt – Vorgaben für zulässige Innenraumpegel aus Verkehrslärmimmissionen in Abhängigkeit von der Raumnutzung angibt. Auch wenn der sekundäre Luftschall strenggenommen 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 6.2.2).

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 Verordnungsgeber der **24. BImSchV** hat diese Zumutbarkeitsschwellen ebenfalls zu Grunde gelegt. Diese wurden vom Bundesverwaltungsgericht bereits in der Zeit vor Inkrafttreten der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BImSchV**) am Maßstab des § 74 Abs. 2, Satz 2 Verwaltungsverfahrensgesetz 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.

### 6.2.2 Anforderungswerte

In der Anlage zur 24. BImSchV sind in Gleichung 1 und 2 die mathematischen Beziehungen angegeben, nach denen das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß der gesamten Außenfläche eines Raumes rechnerisch zu ermitteln ist, wenn aufgrund von Grenzwertüberschreitungen dem Grunde nach ein Rechtsanspruch auf Lärmvorsorgemaßnahmen besteht. Der Korrektursummand D ist für unterschiedliche Raumnutzungen in **Tabelle 4** zusammengestellt. Mit der Festsetzung der Korrektursummanden 27 dB für Schlafräume und 37 dB für sonstige Wohnräume hat sich der Verordnungsgeber an den von der Rechtsprechung vor Erlass der 24. BImSchV entwickelten Zumutbarkeitsschwelle für Innenraumpegel von 30 dB(A) für Schlafräume und 40 dB(A) für sonstige Wohnräume orientiert. Dabei geht der Verordnungsgeber davon aus, dass es sich hierbei um Beurteilungspegel handelt. Ferner berücksichtigt er, dass Bauteile gegenüber Linienschallquellen eine um 3 dB geringere Luftschalldämmung aufweisen. Unter Berücksichtigung dieser geringeren Schalldämmung von Bauteilen hätte der

Verordnungsgeber einen zulässigen Beurteilungspegel in Räumen definieren können, hätte dann aber den berechneten Lärmwert außen um den geringeren Dämmwert von 3 dB erhöhten müssen. Er hat sich dazu entschlossen, den nach 16. BImSchV berechneten Eingangswert zu belassen und das geringere Dämm-Maß durch einen Korrektursummanden aufzufangen, der um 3 dB(A) unter dem angezielten Beurteilungspegel in Räumen liegt. Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes ergeben sich die in folgender **Tabelle 4** angegebenen Immissionsrichtwerte:

**Tabelle 4:** Immissionsrichtwerte für die Beurteilung von sekundärem Luftschall

Zeile	Raumnutzung	$L_{ri,T}$	$L_{ri,N}$
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, Schalerräume, Druckeräume 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	

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

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

Die Gliederung der Raumnutzung entspricht der 24. BImSchV. Für den Korrektursummand D gemäß Tabelle 1 der 24. BImSchV gilt

$$D = L_{r,N/T} - 3 \text{ dB.}$$

Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes der oben näher erläutert wurde, ergeben sich die in **Tabelle 4** angegebenen Richtwerte für den Tag- und den Nachtzeitraum.

### 6.2.3 Anwendung des „Schienenbonus“

Orientiert man sich bei der Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen aus schienegebundenem Verkehr an den von der Rechtsprechung entwickelten Zumutbarkeitsschwelle und an der 24. BImSchV so ist zu klären, ob der in der 24. BImSchV berücksichtigte „Schienenbonus“ auch für die Beurteilung des sekundären Luftschalls anzuwenden ist. Der Schienenbonus berücksichtigt bei der Ermittlung von Beurtei-

lungspegeln aus Verkehrslärm, zum Beispiel im Zusammenhang mit dem Neubau oder der wesentlichen Änderung von Straßen- oder Schienenwegen, die unterschiedliche Lästigkeit von Schienenverkehrslärm gegenüber Straßenverkehrslärm. Die Gründe für die Lästigkeitsunterschiede sind im Einzelnen noch ungeklärt. Wesentlich sind in diesem Zusammenhang jedoch die folgenden Umstände :

□ **Zeitstruktur**

Die Zeitstruktur der Vorbeifahrts- bzw. Schallereignisse sind beim Schienenverkehr deutlich voneinander abgegrenzt. Zwischen einzelnen Ereignissen liegen mehr oder weniger lange Ruhepausen. Die Anzahl der Vorbeifahrten von Fahrzeugen auf der Straße liegt in der Größenordnung um den Faktor 100 höher als bei einem Schienenverkehrsweg. Das heißt das unter örtlichen Gegebenheiten, wie sie häufig in städtischen Wohngebieten vorzufinden sind, auf 3 Zugvorbeifahren ca. 300 Kfz-Vorbeifahrten kommen.

□ **Vorhersagbarkeit**

Bei Schienenverkehrswegen erfolgt der Verkehr zumeist nach Fahrplan. Die Geräuschereignisse durch den Fahrzeugverkehr auf Straßen sind heterogener und verlaufen nicht einmal annähernd planmäßig.

□ **Frequenzspektrum**

Beim Schienenverkehrslärm sind die höchsten Energieanteile im Frequenzband 1000 bis 2000 Hz enthalten. Beim Straßenverkehrslärm sind die Pegelanteile im Frequenzband 100 bis 200 Hz – zumindest bei innerörtlichem Verkehr – dominierend.

Die Studien zum Schienenbonus, die das Ziel hatten eine Quantifizierung dieses Wirkungsunterschiedes vorzunehmen haben ergeben, dass dieser Unterschied bis zu 10 dB(A) bei Mittelungspegeln beträgt. Das heißt, dass Schienenverkehrslärm erst bei um 10 dB(A) höheren Mittelungspegeln genauso lästig wirkt wie Straßenverkehrslärm. Dieser Lästigkeitsunterschied hat – wenn auch nur im reduzierten Umfang von 5 dB(A) – in die 16. BImSchV von 1990 Eingang gefunden. Die Reduzierung auf nur 5 dB(A) ist sachlich – zumindest für den nachts geltenden Grenzwert – nicht begründet und stellt eine rein politische Entscheidung dar. Nach den vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnissen könnte der Schienenbonus tags mindestens 5 dB(A) und in der Nacht etwa 10 dB(A) betragen.

Im Hinblick auf die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen schnitt der Bahnverkehrslärm wie auch der Anliegerstraßenverkehr besser, das heißt weniger störend, als der Autobahn- bzw. Schnellstraßenverkehrslärm ab. Dieser Sachverhalt belegt, dass die **Pausenstruktur** von Geräuscheinwirkungen eine erhebliche Bedeutung für deren Lästigkeit hat. Daher wird Straßenverkehrslärm auf schwach befahrenen Anliegerstraßen unabhängig vom geringeren Mittelungspegel als weniger störend empfunden als der durchgängig einwirkende Verkehrslärm von Schnellstraßen wie Autobahnen. Dies

gilt obwohl Verkehrslärm von Anliegerstraßen bedingt durch die zulässige Höchstgeschwindigkeit

$$v \leq 50 \text{ km/h}$$

von den Motoren und Antriebsgeräuschen der Fahrzeuge bestimmt wird. Reifenrollgeräusche spielen aufgrund der geringen Geschwindigkeiten eine untergeordnete Rolle. Motorengeräusche verursachen relativ tieffrequente Geräuschimmissionen in Wohnungen die sich von denen des sekundären Luftschalls nur unwesentlich unterscheiden.

Da die wesentlichen psycho-akustischen Gründe für die Berücksichtigung eines Schienenbonus für primären Luftschall, wie zum Beispiel Regelmäßigkeit und Anzahl der Ereignisse, der Gewöhnungseffekt sowie die typische Pausenstruktur auch auf den sekundären Luftschall zutreffen, ist es für eine sachgerechte Beurteilung auch im Sinne des § 43 BImSchG sinnvoll, ebenfalls für den sekundären Luftschall einen Lästigkeitsabschlag von 5 dB(A) anzusetzen.

## 7 Untersuchungsergebnisse

Die maßgeblichen betriebstechnischen, bautechnischen und erschütterungstechnischen Grundlagen der durchgeführten Untersuchungen sind in den **Anlagen I** bis **V** dargestellt.

Die Streckenführung der im PFA 1.6 a/b neu zu bauenden Schienenverkehrswege ist in den Lageplänen in **Anlage I** dargestellt.

Weitere Angaben zu den betrachteten Einwirkungsbereichen (IP) finden sich in **Anlage II**. Hier werden Angaben zu den betrachteten Immissionsbereichen gemacht. Des Weiteren wird im Hinblick auf die Prognostizierung des sekundären Luftschalls die im Rahmen der Messungen erhobenen Deckenkonstruktionen (Betondecke oder Holzbal-kendecke) angegeben.

In **Anlage III** sind die Betriebsdaten der Neubaustrecken angegeben.

Eine Angabe der für die Erschütterungsprognosen herangezogenen Emissionsspektren findet sich in **Anlage IV.1**. Da die auf der Grundlage von Messungen ermittelten Emissionsspektren den individuellen betriebstechnischen und bautechnischen Rahmenbedingungen dieses Projektes anzupassen sind, sind die herangezogenen messtechnisch erhobenen Erschütterungsemissionen durch die Anwendung von Korrekturfunktionen anzupassen. Die für die Emissionsermittlung angewandten Emissionskorrekturen sind in **Anlage IV.2** angegeben.

Für den Fall, dass zur Einhaltung der erschütterungstechnischen oder der schalltechnischen (sekundärer Luftschall) Anforderungen Schutzmaßnahmen erforderlich wer-

den, sind in **Anlage V** die Übertragungsfunktionen typischer Schutzmaßnahmen angegeben. Die angegebenen Übertragungsfunktionen, die die Einfügungsdämmung derartiger Systeme kennzeichnen, sind idealisiert dargestellt. Im Regelfall lassen sich mit derartigen Systemen höhere als die angegebenen Einfügungsdämmungen erreichen. Die vorgenommene Idealisierung erfolgte, um dem Grundsatz der oberen Abschätzung (im Fall von Schutzmaßnahmen der unteren Abschätzung möglicher Wirkungen) Rechnung zu tragen.

In **Anlage VI** sind die Prognoseergebnisse für exemplarische Gebäude tabellarisch dargestellt. Die Anlage enthält Ergebnistabellen für die zukünftigen Einwirkungen aus Erschütterungsimmissionen und sekundärem Luftschall, die empfohlenen Maßnahmen des Schutzkonzeptes und eine Zusammenstellung der bereits derzeitigen auftretenden Einwirkungen aus Erschütterungsimmissionen und sekundärem Luftschall.

Die Diskussion der Untersuchungsergebnisse orientiert sich an den räumlichen Konfliktbereichen. Sofern die für den Betrieb der Schienenverkehrswege prognostizierten Erschütterungsimmissionen das Erfordernis von Schutzmaßnahmen ausweisen, werden diese anschließend diskutiert.

In den tabellarischen Ergebnisdarstellungen sind Angaben zu Immissionseinwirkungen aus Erschütterungen und Geräuschen für mehrere Räume in den einzelnen Gebäuden aufgeführt. Die Angabe der Immissionswerte (Beurteilungsgrößen Erschütterungen; Beurteilungsgrößen sekundärer Luftschall) erfolgt getrennt für den Tag- und den Nachtzeitraum. Im Fall des sekundären Luftschalls beziehen sich die Angaben tags auf Wohn- oder vergleichbar genutzte Räume. Die Angaben nachts beziehen sich auf Schlafräume.

**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 zur Prüfung der Einhaltung immissionstechnischer Anforderungen erforderlich. Für Objekte, in denen nachts keine schutzwürdigen Nutzungen gegeben sind, werden die Beurteilungsgrößen zwar ausgewiesen, jedoch nicht beurteilt. Dieser Sachverhalt ist dadurch gekennzeichnet, dass diese Felder nicht entsprechend dem Ergebnis einer Beurteilung farbig hinterlegt sind.

Beim ersten Schritt der Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen (Beurteilung der maximalen bewerteten Schwingstärke  $KB_{Fmax}$ ) werden die Überschreitungen des oberen Anhaltswertes  $A_0$  für den Nachtzeitraum zwar ausgewiesen, haben aber in diesem Zusammenhang einen rein informativen Charakter.

## 7.1 Bergstraße (Bereich A)

### 7.1.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

Die Bebauung an der Bergstraße wird von den beiden Richtung Ober-/Untertürkheim führenden Tunnelbauwerken bei ca. km 2.2 unterfahren. Die Überdeckung beträgt ca. 80 m.

### 7.1.2 Emissionsbedingungen

Die im Bereich A befindlichen Immissionsorte werden zukünftig von der Zuführung Fernbahn Ober-/Untertürkheim unterfahren. Die Neubaustrecken werden in diesem Bereich in zwei eingleisigen Tunnelbauwerken mit kreisrundem Querschnitt geführt. Als Oberbaukonzept ist in den Tunneln eine Feste Fahrbahn vorgesehen. Die maximal zulässige Streckengeschwindigkeit beträgt 160 km/h.

### 7.1.3 Erschütterungsimmissionen

Die **Anlage VI.2.1** zeigt das Ergebnis des ersten Beurteilungsschrittes gemäß DIN 4150/2. Hierin wird abgeprüft, ob die **KB<sub>Fmax</sub>-Werte** den unteren Anhaltswert unterschreiten oder überschreiten. Die grüne Kennzeichnung der Immissionspunkte **IP 1** und **IP 2** weist darauf hin, dass an beiden untersuchten Gebäuden in allen Räumen sowohl tags als auch nachts der untere Anhaltswert für ein Allgemeines Wohngebiet unterschritten wird. Die auftretenden Erschütterungsimmissionen lassen erwarten, dass diese für Menschen in Gebäuden nicht spürbar sind. Demgemäß kann im Sinne der DIN 4150-2 ausgeschlossen werden, dass aus dem Betrieb der Bahnanlage erheblich belästigende Erschütterungsimmissionen resultieren. Eine Bildung der Beurteilungsschwingstärken ist demgemäß nicht erforderlich.

### 7.1.4 Sekundärer Luftschall

Die sich ergebenden Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls sind in **Anlage VI.3** angegeben. Es ist festzustellen, dass sowohl der Immissionsgrenzwerte für Wohnräume im Tagzeitraum von **40 dB(A)** als auch der Grenzwert für den Nachtzeitraum (für Schlafräume) von **30 dB(A)** in allen untersuchten deutlich unterschritten wird. Somit sind die Anforderungen der 24. BImSchV in Bezug auf sekundären Luftschall erfüllt. Auch in Bezug auf sekundären Luftschall ist somit kein Erfordernis für die Installation von Schutzmaßnahmen an den Neubaustrecken im Bereich der Bergstraße gegeben.

## 7.2 Im Degen, Nähterstraße, Viehwesenstraße, Ulmer Straße (Bereich B)

### 7.2.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

Die Überdeckung der Tunnelbauwerke nimmt im Bereich B (**Anlage I.2**) deutlich ab. Im Bereich nördlich der Ulmer Straße befinden sich, abgesehen von der Bebauung direkt an der Ulmer Straße, vorwiegend Wohngebäude. Südlich der Ulmer Straße schließt ein Industriegebiet an. Im Bereich der Untersuchungsobjekte **IP 3** (Im Degen 58) und **IP 4** (Nähterstr. 135) liegt die Tunnelüberdeckung bei ca. 30 m. Im Industriegebiet, d.h. im Bereich des **IP 5** (Ulmer Str. 241) und **IP 6** (Viehwesenstr. 18) liegt mit ca. 20 m eine geringere Tunnelüberdeckung vor.

Bei der Wohnbebauung handelt es sich vorwiegend um eine Einzelhausbebauung. Die Bebauung im Industriegebiet besteht aus einer heterogenen Anordnung verschiedener Lager und Produktionshallen.

### 7.2.2 Emissionsbedingungen

Im Bereich B wird die Zuführung Fernbahn Ober-/Untertürkheim ebenfalls in zwei 1-gleisigen Tunnelbauwerken mit rundem Querschnitt geführt. Die Emissionsbedingungen entsprechen denen im Bereich A.

### 7.2.3 Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen

Wie in **Anlage VI.2.1** zu erkennen ist, wird am **IP 3** in allen Räumen der untere Anhaltswert ( $A_u$ ) gemäß DIN 4150-2 durch die prognostizierte maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  überschritten. Am **IP 4** tritt eine Überschreitung des unteren Anhaltswertes lediglich nachts in einem Raum auf. An den beiden Immissionsaufpunkten im Industriegebiet wird der untere Anhaltswert unterschritten, was zur Konsequenz hat, dass in diesem Bereich die Anforderungen an den Erschütterungsschutz erfüllt werden.

Das Ergebnis des zweiten Beurteilungsschrittes ist in **Anlage VI.2.2** dokumentiert. Wie zu erkennen ist, kommt es im Gebäude Im Degen 58 (**IP 3**) zu Überschreitungen des Beurteilungsanhaltswertes. Die Anforderungen der DIN 4150-2 sind in diesem Gebäude somit nicht erfüllt. Dieser Sachverhalt führt zum Erfordernis von Schutzmaßnahmen.

### 7.2.4 Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen

In **Anlage VI.3** sind die prognostizierten Pegel des sekundären Luftschalls aufgeführt. Der Immissionsrichtwert für Wohnräume am Tag von **40 dB(A)** wird in allen Gebäuden unterschritten. Der Anforderungswert für den Nachtzeitraum, der ausschließlich für

Schlafräume gilt, wird hingegen in dem Gebäude Im Degen 58 (IP 3) um 1,5 dB(A) überschritten. Auf Grund dieses Sachverhaltes ergibt sich ebenfalls die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen.

### 7.2.5 Schutzmaßnahmen

Aufgrund der vorliegenden Berechnungsergebnisse sind Schutzmaßnahmen in dem Streckenabschnitt erforderlich, in dem Wohnbebauung südlich der Ulmer Straße unterfahren wird. Für das nördlich gelegene Industriegebiet sind keine Vorsorgemaßnahmen erforderlich.

Zur Minderung einwirkender Erschütterungen wird empfohlen, in den 2 Tunnelbauwerken auf einer Länge von ca. 210 m ein leichtes Masse-Feder-System mit einer Oberbaueigenfrequenz (unter Betriebsbedingungen) von ca. 25 Hz zu installieren. Die empfohlene Art und Erstreckung der Schutzmaßnahmen ist in **Anlage VI.6** aufgeführt. Die Mindestanforderungen an ein derartiges System sind in **Anlage V** dargestellt.

### 7.2.6 Erschütterungsimmissionen mit Schutzmaßnahmen

Die unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Schutzmaßnahme auftretenden maximalen bewerteten Schwingstärken sind in **Anlage VI.4.1** aufgeführt. Es zeigt sich, dass der untere Anhaltswert in den untersuchten Räumen unterschritten wird, so dass die Anforderung der DIN 4150-2 erfüllt ist.

### 7.2.7 Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen

Die Prognoseberechnungen für sekundäre Luftschallimmissionen mit Schutzmaßnahmen sind in **Anlage VI.5** dokumentiert. Wie an der grünen Hinterlegung leicht zu erkennen ist, werden im Untersuchungsbereich B an allen Gebäuden und in allen Räumen die Anforderungen der 24. BImSchV unter Berücksichtigung der entsprechenden Nutzung erfüllt. Somit kann auch aus Sicht des sekundären Luftschallschutzes davon ausgegangen werden, dass die vorgeschlagene Maßnahme zur vollständigen Konfliktbeseitigung geeignet ist.

## 7.3 Inselstraße, Postwiesenstraße, Lindenschulstraße (Bereich C)

### 7.3.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

Der Bereich C wird von den Tunnelbauwerken in der Obertürkheimer Kurve unterfahren. Unterfahren werden zum einen Wohngebäude an der Lindenschulstraße und an der Postwiesenstraße sowie ein Geschäftsgebäude an der Inselstraße. Des Weiteren wird die Linden-Realschule, die in einem rechtskräftig ausgewiesenen Mischgebiet liegt, unterfahren. Die Überdeckungen in der Inselstraße sowie in der Lindenschulstraße

ße liegen im Bereich von 16 bis 19 m. In der Postwiesenstraße werden Überdeckungen von mehr als 20 m erreicht.

### 7.3.2 Emissionsbedingungen

Der Bereich C wird ebenfalls mit einer zulässigen Streckenhöchstgeschwindigkeit von 160 km/h unterfahren. Gegenüber dem Bereich A ergibt sich ein reduziertes Betriebsprogramm, da ein Teil der aus Richtung Hauptbahnhof kommenden Züge Richtung Wartungsbahnhof Untertürkheim fahren.

### 7.3.3 Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen

Die Ergebnisse der prognostizierten Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen sind in **Anlage VI.2.1** tabellarisch dargestellt. Es ist zu erkennen, dass an den Immissionsaufpunkten **IP 7** und **IP 8**, d.h. an der Bebauung mit Mischgebiet, der untere Anhaltswert unterschritten wird und hier somit die Anforderung an den Erschütterungsschutz erfüllt ist. An den Immissionsaufpunkten **IP 11** bis **IP 14**, d.h. an der Bebauung im Allgemeinen Wohngebiet, treten größtenteils Überschreitungen des unteren Anhaltswertes auf. Teilweise wird der obere Anhaltswert für den Nachtzeitraum überschritten. Für eine abschließende Beurteilung ist demgemäß die Beurteilungsschwingstärke zu ermitteln. Diese sind in **Anlage VI.2.2** angegeben. Der tabellarischen Aufstellung ist zu entnehmen, dass an den letztgenannten Immissionsaufpunkten **IP 11** bis **IP 14** in einigen Räumen sowohl tags als auch nachts der gültige Beurteilungsanhaltswert überschritten wird. Aus diesem Sachverhalt folgt das Erfordernis von Vorsorgemaßnahmen am Emittenten, d.h. am Oberbau in den Tunnelbauwerken.

### 7.3.4 Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen

Die einwirkenden Schallimmissionen sind in **Anlage VI.3** aufgeführt. Es ist zu erkennen, dass im Bereich C an keinem Gebäude und in keinem Raum Überschreitungen der Anforderungen zu verzeichnen sind.

### 7.3.5 Schutzmaßnahmen

Da die Anforderungen an den Erschütterungsschutz an den Immissionsaufpunkten **IP 11** bis **IP 14** teilweise nicht erfüllt sind, wird empfohlen, die Tunnelbauwerke im Bereich C mit einem leichten Masse-Feder-System auszurüsten. Die Oberbaueigenfrequenz des Systems sollte unter Betriebslast ca. 25 Hz betragen. Die Mindestanforderungen an ein solches Schutzsystem sind in **Anlage V** dargestellt. Die empfohlene Erstreckung der Schutzmaßnahme kann der **Anlage VI.6** entnommen werden. Da bei der Dimensionierung von Schutzmaßnahmen Überstandslängen erforderlich sind, wurden diese so gewählt, so dass sich aus dieser Maßnahme auch eine Schutzwirkung für die Linden-Realschule (**IP 8**) ergibt.

### 7.3.6 Erschütterungsimmissionen mit Schutzmaßnahmen

Die unter Berücksichtigung von Schutzmaßnahmen auftretenden maximalen bewerteten Schwingstärken sind in **Anlage VI.4.1** aufgeführt. In der überwiegenden Anzahl der untersuchten Räume wird der untere Anhaltswert gemäß DIN 4150 Teil 2 unterschritten, so dass die Anforderungen an den Erschütterungsschutz in diesen Räumen erfüllt sind. Lediglich an den Objekten **IP 11** und **IP 12** treten in einzelnen Räumen Überschreitungen auf, so dass eine abschließende Beurteilung die Betrachtung der Beurteilungsschwingstärke erforderlich macht.

Das Ergebnis des zweiten Beurteilungsschrittes findet sich in **Anlage VI.4.2**. Es ist zu erkennen, dass der Beurteilungsanhaltswert in allen untersuchten Gebäuden unterschritten wird, so dass bei Berücksichtigung von Schutzmaßnahmen die Anforderungen an den Erschütterungsschutz in allen untersuchten Gebäuden erfüllt sind.

### 7.3.7 Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen

Die Anforderungen an den sekundären Luftschallschutz wurden bereits ohne Schutzmaßnahmen im Tunnelbauwerk eingehalten. Der **Anlage VI.5** kann entnommen werden, dass der Einsatz der Schutzmaßnahmen zu einer Reduzierung der sekundären Luftschallimmissionen führt. Die Maßnahme führt demgemäß zu einer Erhöhung der Unterschreitungen.

## 7.4 Mercedesstraße (Bereich D)

### 7.4.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

Der Bereich D umfasst Gebäude, die sich in einem rechtskräftig ausgewiesenen Gewerbegebiet befinden. Im unmittelbaren Einwirkungsbereich der Trasse befinden sich hier 2 Verwaltungsgebäude der Daimler Benz AG. Die Überdeckung beträgt in diesem Bereich ca. 10 m.

### 7.4.2 Emissionsbedingungen

Der Bereich D liegt im Einwirkungsbereich der Zuführungsstrecke zum Abstellbahnhof. Die Züge fahren in diesem Bereich mit einer zulässigen Streckenhöchstgeschwindigkeit von 80 km/h. Dieser Sachverhalt lässt zunächst relativ geringe Erschütterungsemissionen erwarten. Zu einer Intensivierung der Emissionen kommt es jedoch aufgrund des Sachverhaltes, dass in diesem Streckenabschnitt ein vergleichsweise enger Kurvenradius befahren wird. Dieser Sachverhalt wurde bei der Emissionsermittlung (siehe **Anlage IV.2.4** bis **IV.2.6**) berücksichtigt.

### 7.4.3 Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen

Wie den Berechnungsergebnissen des ersten Beurteilungsschrittes, die in **Anlage VI.2.1** dargestellt sind, zu entnehmen ist, wird am Gebäude Mercedesstraße 160 in allen untersuchten Räumen der obere Anhaltswert für den Nachtzeitraum überschritten.

Der zweite Beurteilungsschritt, dessen Ergebnisse in **Anlage VI.2.2** dargestellt sind, kommt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass im Bereich D in einem Raum des Gebäudes Mercedesstraße 160, und hier auch nur im Nachtzeitraum, der gültige Anhaltswert überschritten ist. Am **IP 10** (Mercedesstr. 162) werden die Belange des Erschütterungsschutzes gemäß DIN 4150-2 erfüllt.

Hinsichtlich des Erfordernisses von Schutzmaßnahmen ist dem Grunde nach die Frage zu klären, ob in einem Verwaltungsgebäude nachts überhaupt schutzwürdige Nutzungen bestehen. Auf Grund der Tatsache, dass in dem Gebäude Mercedesstr. 160 Konferenzen und Besprechungen stattfinden können, die über 22.00 Uhr hinausgehen, wird, dem Grundsatz einer Konfliktminimierung Rechnung tragend, der Einsatz von Schutzmaßnahmen in Erwägung gezogen.

### 7.4.4 Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen

Wie der **Anlage VI.3** entnommen werden kann, kommt es im Bereich D in beiden Gebäuden in keinem der untersuchten Räume innerhalb des Nachtzeitraumes zu einer Überschreitung eines Beurteilungspegels von 30 dB(A). Aus Sicht des sekundären Luftschallschutzes wäre demgemäß keine Schutzmaßnahme am Oberbau in den Tunnelbauwerken erforderlich.

### 7.4.5 Schutzmaßnahmen

Auf Grund der prognostizierten Anhaltswertüberschreitung im Gebäude Mercedesstr. 160 (**IP 9**) sollte in diesem Streckenabschnitt der Einsatz eines leichten Masse-Feder-Systems in Erwägung gezogen werden. Hierbei sollte ein System zum Einsatz kommen, dessen Oberbaueigenfrequenz unter Betriebsbedingungen ca. 25 Hz beträgt. Die Erstreckung des empfohlenen Systems ist in **Anlage VI.6** angegeben.

### 7.4.6 Erschütterungsimmissionen mit Schutzmaßnahmen

Bei der Berücksichtigung der empfohlenen Schutzmaßnahme ergeben sich die in **Anlage VI.4.1** aufgeführten maximalen bewerteten Schwingstärken. Wie zu erkennen ist, wird im Bereich D lediglich in einem Raum nachts der untere Anhaltswert überschritten. Der **Anlage VI.4.2** kann entnommen werden, dass im Bereich D in allen Räumen die Beurteilungsanhaltswerte eingehalten bzw. unterschritten werden. Demgemäß ist die empfohlene Erschütterungsschutzmaßnahme geeignet, Immissionskonflikte im Bereich D zu vermeiden.

#### 7.4.7 Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen

Die auftretenden Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls unter Berücksichtigung der empfohlenen Schutzmaßnahme sind in **Anlage VI.5** aufgeführt. Wie zu erkennen ist, führt die Maßnahme zu einer Reduzierung der Luftschallimmissionen, was noch größere Unterschreitungen der Anforderungswerte zur Folge hat.

### 7.5 Imweg (Bereich E)

#### 7.5.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

Im Einbindungsbereich der Zuführung Fernbahn Obertürkheim an das bestehende Fernbahnnetz sind bauliche Maßnahmen am vorhandenen Schienenverkehrsweg erforderlich. In diesem Bereich befinden sich am Imweg Wohngebäude in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Gleisanlagen. Es handelt sich hierbei um ältere Wohngebäude, die mit Holzbalkendecken ausgeführt sind. Demgemäß muss eine Erschütterungsempfindlichkeit der Gebäude unterstellt werden.

#### 7.5.2 Emissionsbedingungen

In dem relevanten Streckenabschnitt verkehren Personenzüge mit einer zulässigen Streckenhöchstgeschwindigkeit von bis zu 160 km/h sowie Güterzüge. Des Weiteren sind die Emissionen der ebenfalls zu dem Verkehrsweg gehörenden S-Bahn-Strecke zu berücksichtigen.

#### 7.5.3 Derzeitige Erschütterungsimmissionen

Im Gegensatz zu den oben betrachteten Immissionsbereichen besteht für die hier zur Diskussion bestehende Bebauung am Imweg eine erschütterungstechnische Vorbelastung. Im Hinblick auf die Klärung der Frage, ob im Fall von Anhaltswertüberschreitungen Ansprüche gegenüber dem Vorhabenträger bestehen, ist zunächst zu prüfen, ob die Baumaßnahme zu einer „wesentlichen“ Erhöhung der Erschütterungsimmissionen im Sinne der gültigen Rechtsprechung führt. Dies erfolgt auf der Grundlage von Beweissicherungsmessungen. Die Ergebnisse der an den 3 Gebäuden **IP 15** bis **IP 17** ermittelten Beurteilungsschwingstärken sind in **Anlage VI.7** dargestellt. Es ist zu erkennen, dass es bereits im derzeitigen Bestand zu Überschreitungen der Anhaltswerte in 4 der 5 untersuchten Räumen kommt.

#### 7.5.4 Erschütterungsimmissionen im Prognose-Planfall

Die Erschütterungsimmissionen für den Prognose-Planfall, d.h. ebenfalls bezogen auf den Prognosehorizont 2015, sind in **Anlage VI.2.1** angegeben. Es ist zu erkennen, dass an den 3 Gebäuden des Bereiches E in nahezu allen Räumen der untere Anhaltswert überschritten wird. Die **Anlage VI.2.2** zeigt das Ergebnis für den zweiten Beurteilungsschritt. Es ist zu sehen, dass in allen 3 Gebäuden zumindest in einzelnen

Räumen Überschreitungen des gültigen Beurteilungsanhaltswertes auftreten. In **Anlage VI.8** ist die Änderung der Prognosesituation gegenüber der Bestandssituation dargestellt. Es ist zu erkennen, dass vorwiegend im Nachtzeitraum Erhöhungen der Beurteilungsschwingstärken von 18 bis 24% zu erwarten sind. Bei keinem der untersuchten Immissionsorte treten Erhöhungen der Beurteilungsschwingstärken um mehr als 25% auf. Zwar kommt es im Prognose-Planfall in einzelnen Räumen auch zu Überschreitungen der Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTT}$ . Diese Änderung ist jedoch im Sinne der Rechtsprechung **nicht** als wesentlich einzustufen. Demgemäß muss davon ausgegangen werden, dass **kein** Anspruch auf Vorsorgemaßnahmen besteht.

### 7.5.5 Sekundärer Luftschall

Für oberirdisch geführte Bahnstrecken sind im Regelfall Immissionen aus sekundärem Luftschall von untergeordneter Bedeutung und bedürfen in diesem Zusammenhang keiner Betrachtung.

## 7.6 Heinrich-Ebner-Straße, Veielbrunnenweg, Deckerstr., Taubenheimstr. (Bereich F)

### 7.6.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

Im Bereich F befindliche Immissionsorte werden zukünftig durch zwei zusätzliche Fernbahngleise, die der Zuführung Bad Cannstatt - Wartungsbahnhof Untertürkheim dienen, tangiert. Bei der Bebauung handelt es sich vorwiegend um Wohngebäude. Der Bereich F nordwestlich der neu geplanten Trasse umfasst Gebäude, die sich in einem rechtskräftig ausgewiesenen Reinen Wohngebiet (WR) befinden. Die Immissionsorte südöstlich der Trasse liegen in einem Mischgebiet.

### 7.6.2 Emissionsbedingungen

Im Bereich F liegt die zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit für die beiden neuen Fahrbahngleise bei 60 km/h. Außer den Emissionen aus der Fernbahnzuführung zum Wartungsbahnhof sowie der S-Bahn-Strecke Bad Cannstatt - Untertürkheim sind noch die Emissionen der Fern- und S-Bahn-Verbindung Bad Cannstatt - Waiblingen zu berücksichtigen.

### 7.6.3 Derzeitige Erschütterungsimmissionen

Wie bereits im Bereich E dargestellt, gibt es für die bestehende Bebauung im Bereich F ebenfalls eine erschütterungstechnische Vorbelastung. Auch hier wird im Hinblick auf die Klärung der Frage, ob im Fall von Anhaltswertüberschreitungen Ansprüche gegenüber dem Vorhabenträger bestehen, geprüft, ob die Baumaßnahme zu einer „wesentlichen“ Erhöhung der Erschütterungsimmissionen im Sinne der gültigen Rechtsprechung führt. Dies erfolgt ebenfalls auf der Grundlage von Beweissiche-

rungsmessungen. Die Ergebnisse der an den 8 Gebäuden **IP 18** bis **IP 25** ermittelten Beurteilungsschwingstärken sind in **Anlage VI.7** dargestellt. Es ist zu erkennen, dass es bereits im derzeitigen Bestand zu Überschreitungen der Anhaltswerte in einzelnen Räumen der untersuchten Immissionspunkte kommt.

#### 7.6.4 Erschütterungsimmissionen im Prognose-Planfall

Beim Prognose-Planfall werden die Erschütterungsimmissionen, welche aus den beiden neuen, zusätzlichen Fernbahngleisen zum Wartungsbahnhof resultieren, berechnet. Diese Werte werden mit denen aus der Vorbelastung überlagert. Hierbei wird als obere Abschätzung, auf der sicheren Seite liegend, die zukünftig geringere Zahl an Zügen in diesem Streckenabschnitt nicht berücksichtigt.

Die Erschütterungsimmissionen für den Prognose-Planfall sind in **Anlage VI.2.1** angegeben. Es ist zu erkennen, dass es in fast allen der 8 Gebäude des Bereiches F zu Überschreitungen des unteren Anhaltswertes kommt. Bei 3 der 8 Immissionspunkte werden die oberen Anhaltswerte im Nachtzeitraum überschritten. Die **Anlage VI.2.2** stellt das Ergebnis für den zweiten Beurteilungsschritt dar. Auch hier kann man erkennen, dass es in vereinzelt Räumen der untersuchten Gebäude zu Überschreitungen der gültigen Beurteilungsanhaltswerte kommt. In **Anlage VI.8** ist die Änderung der Prognosesituation gegenüber der Bestandssituation dargestellt. Man kann sehen, dass vorwiegend im Nachtzeitraum Erhöhungen der Beurteilungsschwingstärken von bis zu maximal 20 % zu erwarten sind. Obwohl es teilweise zu Anhaltswertüberschreitungen kommt, ist die Änderung durch die geplante Baumaßnahme im Sinne der Rechtsprechung als **nicht wesentlich** einzustufen. Demgemäß muss davon ausgegangen werden, dass **kein** Anspruch auf Vorsorgemaßnahmen besteht.

#### 7.6.5 Sekundärer Luftschall

Für oberirdisch geführte Bahnstrecken sind im Regelfall Immissionen aus sekundärem Luftschall von untergeordneter Bedeutung und bedürfen in diesem Zusammenhang keiner Betrachtung.

### 7.7 Gebäude Zentralversand Übersee (ZVÜ) der Daimler-Chrysler AG

Im Bereich des Ölhafens entsteht zur Zeit das Gebäude Zentralversand Übersee (ZVÜ) der Daimler-Chrysler AG. Dieses wird vor Beginn der Baumaßnahmen zum PFA 1.6a fertiggestellt sein. Das Gebäude wird als Umschlaghalle sowie als Büro genutzt. Das Gebäude ist in **Anlage I.3** dargestellt. Die Überdeckungen der beiden Tunnelachsen im Bereich der Obertürkheimer Kurve liegen bei ca. 9 m. Der minimale seitliche Abstand der beiden Tunnelröhren beträgt von Außenkante Tunnel bis Außenkante Gebäude 5 m bzw. 15 m. Die Emissionsbedingungen entsprechen der des Bereiches C im Kapitel 7.3.2.

Die Transferfunktionen konnten für das ZVÜ-Gebäude der Daimler-Chrysler AG nicht messtechnisch ermittelt werden. Zur Erstellung der Prognose werden deswegen die Transferfunktion 2 aus Messungen an vergleichbaren Gebäuden übernommen. Die verwendeten T3-Funktionen wurden dem DB-Leitfaden für den Planer Körperschall- und Erschütterungsschutz, August 1996 entnommen. Hierbei wurden die T3-Funktionen für Deckenresonanzen von typischen Stahlbetondecken von 25 Hz, 31,5 Hz und 40 Hz verwendet.

### 7.7.1 Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen

Für den ersten Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2 ergeben sich maximal bewertete Schwingstärken von

$$KB_{F_{\max}} = 0,296 \dots 0,401$$

sowohl für den Tag- als auch für den Nachtzeitraum. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass in den Büroräumen der ZVÜ eine Nutzung nach 22.00 Uhr stattfindet. Somit erfolgt eine Beurteilung für den Nachtzeitraum. Der obere Anhaltswert für den Nachtzeitraum gemäß DIN 4150-2 wird in 2 der 3 Räume überschritten.

Für den Tagzeitraum liegen die prognostizierten  $KB_{F_{\max}}$ -Werte zum Teil unterhalb des unteren Anhaltswertes ( $A_u$ ) bzw. zwischen oberem Anhaltswert ( $A_o$ ) und unterem Anhaltswert ( $A_u$ ) für Gebäude im Gewerbegebiet (GE). Gemäß VDI 2057 (Stand Mai 1987) bewegen sich die prognostizierten Schwingstärken im „gerade“ bis „gut“ spürbaren Bereich des menschlichen Empfindens. Im zweiten Schritt der Beurteilung, die Bildung der Beurteilungsschwingstärke ( $KB_{F_{Tr}}$ ) ergeben sich für den Tagzeitraum Beurteilungsschwingstärken von

$$KB_{F_{Tr}} = 0,059 \dots 0,080.$$

Der Beurteilungsanhaltswert für Gebäude in Gewerbegebieten liegt für den Tagzeitraum bei

$$A_r = 0,15.$$

Die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken für den Tagzeitraum liegen um den Faktor 1,9 unter diesem Beurteilungsanhaltswert.

Die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken für den Nachtzeitraum bewegen sich im Bereich von

$$KB_{F_{Tr}} = 0,035 \dots 0,048.$$

Somit wird auch der Beurteilungsanhaltswert für den Nachtzeitraum vom

$$A_{r,N} = 0,10$$

um den Faktor 2 unterschritten. Die prozentuale Ausschöpfung der Beurteilungswerte liegt im Tagzeitraum bei 53% und für den Nachtzeitraum bei 48%. Demgemäß kann im Sinne der DIN 4150-2 davon ausgegangen werden, dass es zu keinen erheblichen Belästigungen infolge der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen durch den Bahnbetrieb kommen wird und demzufolge keine erschütterungstechnischen Schutzmaßnahmen erforderlich werden.

### 7.7.2 Sekundärer Luftschall

Da nicht ausgeschlossen werden, dass in den Büroräumen der ZVÜ eine Nutzung nach 22.00 Uhr stattfindet erfolgt auch eine Beurteilung für den Nachtzeitraum hinsichtlich der Einwirkungen aus sekundären Luftschallimmissionen. Eine Nutzung als Schlafraum wird jedoch ausgeschlossen. Somit werden für die Beurteilung der sekundären Luftschallimmissionen die Beurteilungspegel gemäß Tabelle 4, Zeile 4 für Konferenz- und Büroräume sowohl für den Tag- als auch für den Nachtzeitraum zu Grunde gelegt. Der Immissionsrichtwert für Büroräume liegt gemäß Tabelle 4, Zeile 5 bei

$$IRW = 45 \text{ dB(A)}.$$

Die prognostizierten Beurteilungspegel infolge sekundärer Luftschallimmissionen bewegen sich im Tagzeitraum im Bereich von

$$L_{r,T} = 28,7 \dots 29,1 \text{ dB(A)}.$$

Für den Nachtzeitraum werden Beurteilungspegel von

$$L_{r,N} = 24,3 \dots 24,7 \text{ dB(A)}$$

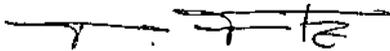
prognostiziert. Dies bedeutet, dass sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum die in Anlehnung an die 24. BImSchV herangezogenen Immissionsrichtwerte für Büroräume deutlich unterschritten werden. Demgemäß ergibt sich hinsichtlich der Einwirkungen aus sekundären Luftschallimmissionen kein Erfordernis von Schutzmaßnahmen.

## 8 Abschließende Bemerkungen

Ergänzend zu den in **Anlage VI.6** aufgeführten Schutzmaßnahmen wird empfohlen, den Vorbehalt einzuräumen, dass im Fall des Nachweises der Wirksamkeit anderer, eventuell auch weniger umfangreicher Vorsorgemaßnahmen, nach Fertigstellung der Tunnelrohbauten von dem beschriebenen Schutzkonzept abgewichen werden kann.

Der Auftraggeber erhält damit die Möglichkeit, auf der Grundlage der nach Rohbaufertigstellung erhöhten Prognosegenauigkeit für schall- und erschütterungstechnische Aussagen das oben beschriebene Schutzkonzept einer „Feinabstimmung“ zu unterziehen.

Darüber hinaus erhält er die Möglichkeit am technischen Fortschritt in den kommenden Jahren zu partizipieren und möglicherweise verfügbare andere Schutzsysteme einzusetzen.

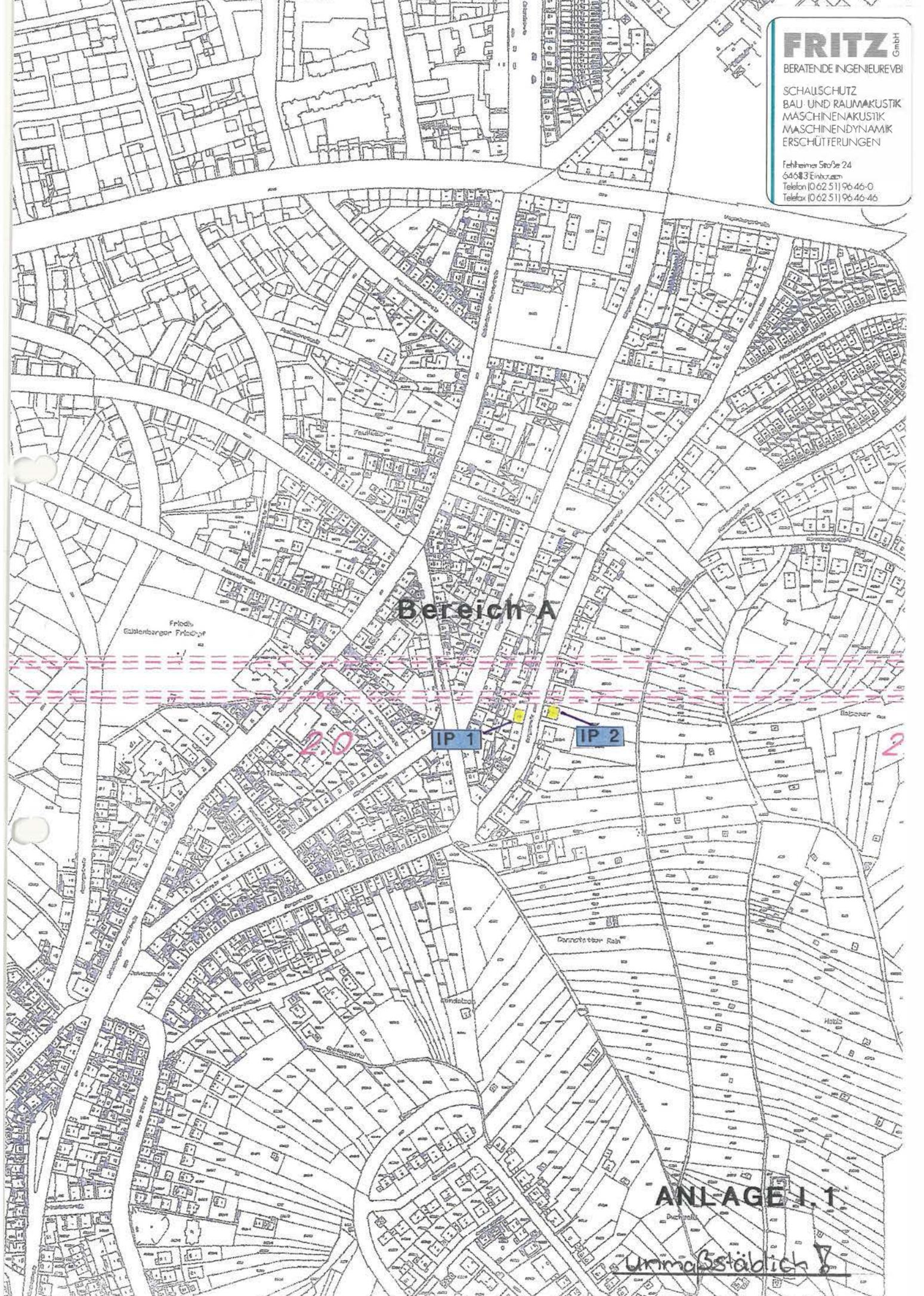


Dipl.-Phys. Peter Fritz



Dipl.-Ing. Rolf Schneider

**ANLAGE I**  
**Lagepläne**



Bereich A

IP 1

IP 2

ANLAGE I.1

Ummaßstäblich

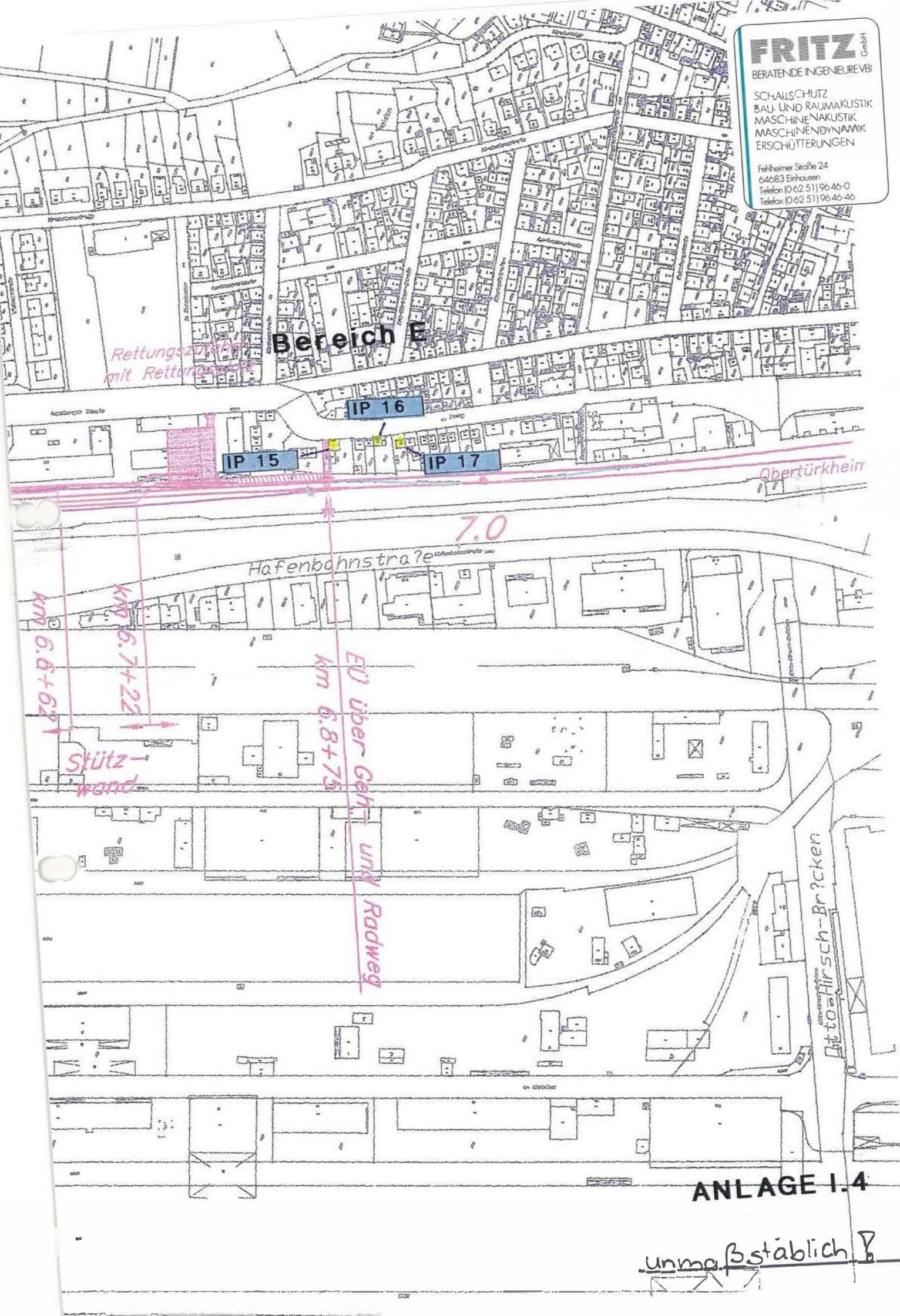


**FRITZ** GmbH

BERATENDE INGENIEUREVBI

SCHALLSCHUTZ  
BAU- UND RAUMAKUSTIK  
MASCHINENAKUSTIK  
MASCHINENDYNAMIK  
ERSCHÜTTERUNGEN

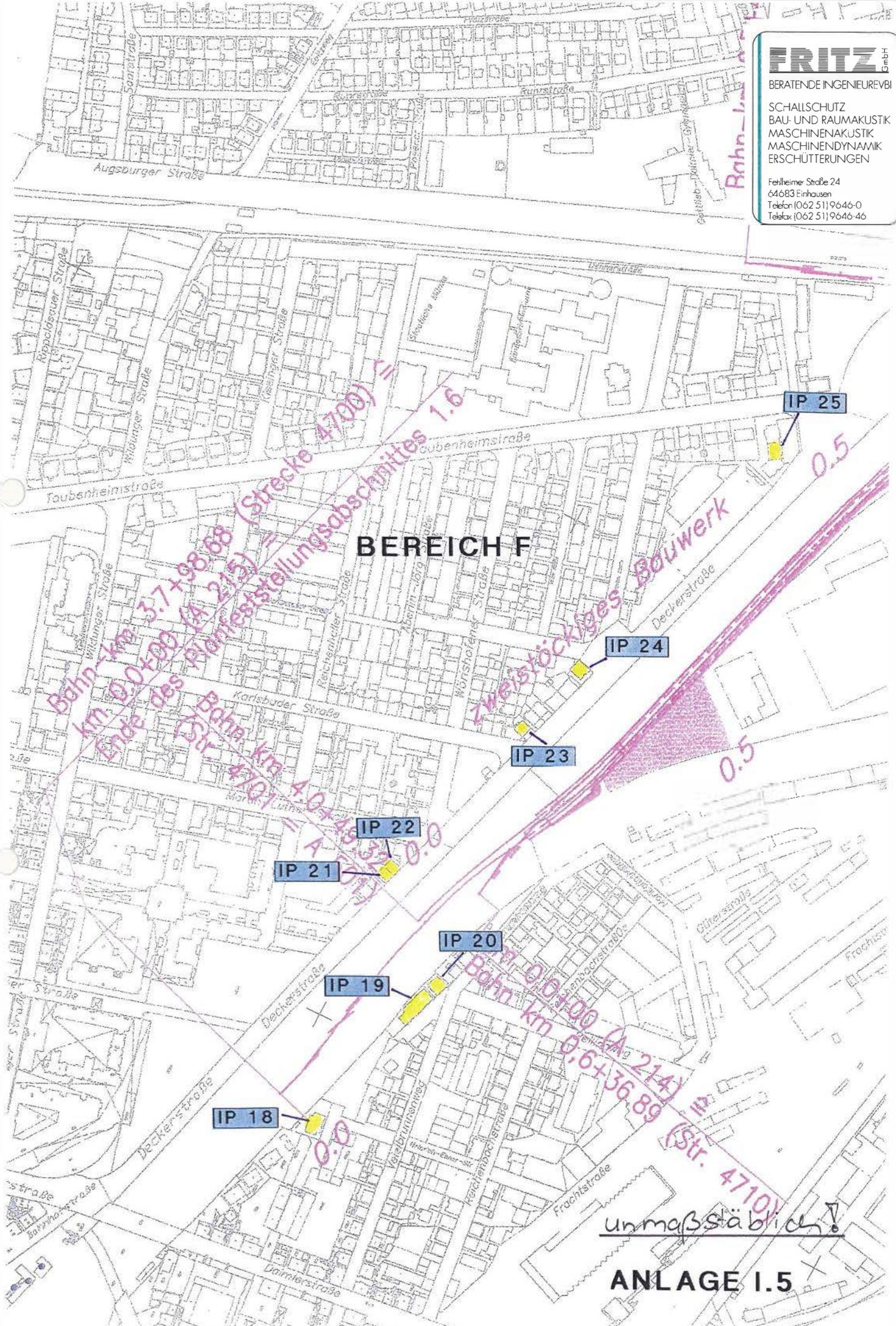
Fehlheimer Straße 24  
64683 Einhausen  
Telefon (0 62 51) 96 46-0  
Telefax (0 62 51) 96 46-46



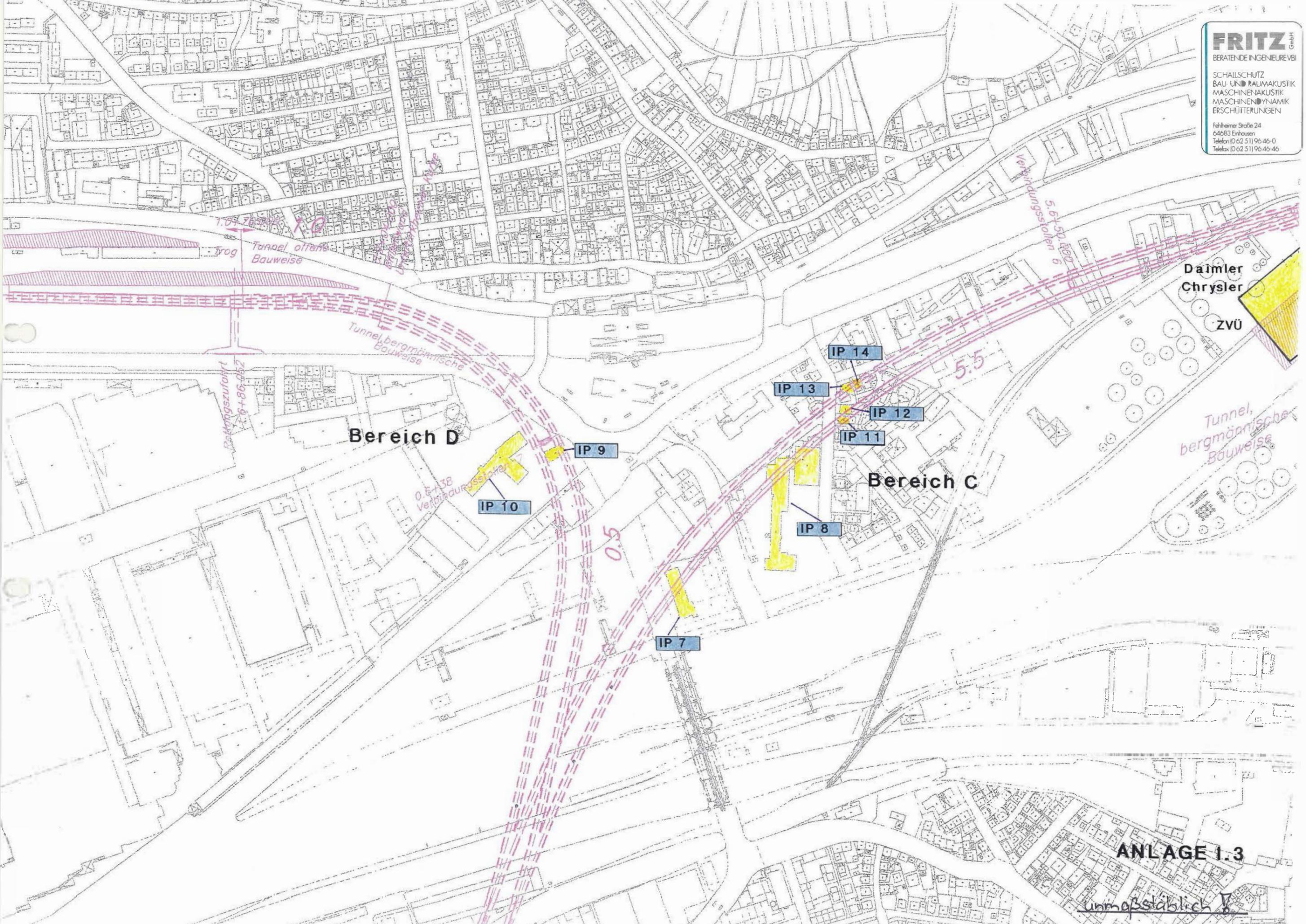
**ANLAGE I.4**

unmaßstäblich

**BEREICH F**



unmaßstäblich!



**ANLAGE II**  
**Angaben zu den Immissionspunkten**

# Einwirkungen auf die Immissionspunkte

IP Nr	Gebäude	Be- reich	Einwirkende Bahnstrecken
1	Bergstr. 71	A	Zuführung Fernbahn
2	Bergstr. 72	A	Stg. - Wangen - Stg. Hauptbahnhof
3	Im Degen 58	B	Zuführung Fernbahn Abzweig Wangen
4	Näherstr. 135	B	
5	Ulmerstr. 241	B	
6	Viehwasenstr. 18	B	
7	Inselstr. 140	C	Zuführung Fernbahn Obertürkheimer Kurve
8	Lindenschulstr. 20	C	
9	Mercedesstr. 160	D	Zuführung Fernbahn Untertürkheimer Kurve
10	Mercedestr.162 (Puritas)	D	
11	Lindenschulstr. 15	C	
12	Lindenschulstr.13	C	Zuführung Fernbahn Obertürkheimer Kurve
13	Postwiesenstr. 2	C	
14	Postwiesenstr. 4	C	
15	Imweg 55	E	Zuführung Fernbahn + S-Bahn
16	Imweg 51	E	Stg. - Obertürkheim - Stg. - Untertürkheim
17	Imweg 49	E	
18	Heinrich-Ebner-Str.1	F	Zuführung Fernbahn + S-Bahn
19	Veielbrunnenweg 67	F	Stuttgart - Bad Cannstatt - Waiblingen
20	Veielbrunnenweg 67a	F	
21	Deckerstr. 47	F	Zuführung Fernbahn Stg. Bad Cannstatt -
22	Deckerstr. 49	F	Wartungsbahnhof - Stg. Untertürkheim
23	Deckerstr. 53	F	
24	Deckerstr. 63	F	Zuführung S-Bahn
25	Taubenheimstr. 108	F	Stg. Bad Cannstatt - Stg. Untertürkheim

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

# Geschossdeckenaufbau der Immissionsorte

Nr	Gebäude	Bereich	Geschoßdeckenaufbau					
			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
			B	H	B	H	B	H
1	Bergstr. 71	A		X		X		X
2	Bergstr. 72	A	X		X		X	
3	Im Degen 58	B		X		X		X
4	Näherstr. 135	B				X		X
5	Ulmerstr. 241	B	X			X		
6	Viehwasenstr. 18	B	X		X		X	
7	Inselstr. 140	C	X		X		X	
8	Lindenschulstr. 20	C	X		X		X	
9	Mercedesstr. 160	D	X		X		X	
10	Mercedestr.162 (Puritas)	D	X		X		X	
11	Lindenschulstr. 15	C	X			X		X
12	Lindenschulstr.13	C	X		X		X	
13	Postwiesenstr. 2	C	X			X		X
14	Postwiesenstr. 4	C	X			X		X
15	Imweg 55	E		X		X		
16	Imweg 51	E		X				
17	Imweg 49	E		X		X		
18	Heinrich-Ebner-Str.1	F	X		X			
19	Veielbrunnenweg 67	F	X		X		X	
20	Veielbrunnenweg 67a	F	X			X		X
21	Deckerstr. 47	F	X			X		X
22	Deckerstr. 49	F	X			X		X
23	Deckerstr. 53	F		X		X		X
24	Deckerstr. 63	F	X		X			
25	Taubenheimstr. 108	F	X		X			

Der Deckenaufbau wurde vor Ort aufgrund des subjektiven Eindrucks abgeschätzt.

**Legende:**

**B:** Betondecke

**H:** Holzbalkendecke

**ANLAGE III  
Betriebsdaten**

...

**S-Bahn Obertürkheim: Strecke 4701**

Zugart**	Anzahl		Max. Geschw. [km/h]	Länge [m]
	Tag	Nacht		
A	-	-	-	-
B	-	-	-	-
F	-	-	-	-
RI	-	-	-	-
Rk	-	-	-	-
Sg	-	-	-	-
Dg	-	-	-	-
Ng	-	-	-	-
SB	116	18	110	130
<b>Summe</b>	<b>116</b>	<b>18</b>		

**Fernbahn Obertürkheim: Neubaustrecke 4700**

Zugart**	Anzahl		Max. Geschw. [km/h]	Länge [m]
	Tag	Nacht		
A	-	-		
B	28	4	160	205
F	4	4	160	300
RI	80	14	160	205
Rk	-	-	-	-
Sg	-	40	160	400
Dg	68	62	120	500
Ng	16	6	120	200
<b>Summe</b>	<b>196</b>	<b>130</b>		

**Betriebsprogramm**  
**Neubaustrecke Prognose 2015**

**Obertürkheim - Wangen: Strecke 4703**

Zugart**	Anzahl		Max. Geschw. [km/h]	Länge [m]	Vorbeifahrtszeit* [s]
	Tag	Nacht			
A	-	-	-	-	-
B	28	4	160	205	10
V	-	-	-	-	-
F	4	2	160	300	12
RI	80	14	160	205	10
Rk	-	-	-	-	-
Sg	-	-	-	-	-
Dg	-	-	-	-	-
Ng	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>112</b>	<b>20</b>			

**Untertürkheim - Wangen**

Zugart**	Anzahl		Max. Geschw. [km/h]	Länge [m]	Vorbeifahrtszeit* [s]
	Tag	Nacht			
A	66	2	80	420	28
B	22	4	80	205	19
V	2	-	80	420	28
F	1	1	80	300	23
RI	38	14	80	205	19
Rk	8	2	80	105	14
Sg	-	-	-	-	-
Dg	-	-	-	-	-
Ng	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>137</b>	<b>23</b>			

\* Überstandslänge von 100m in beide Richtungen berücksichtigt

Wangen -Stuttgart Hbf

Zugart**	Anzahl		Max. Geschw. [km/h]	Länge [m]	Vorbei- fahrtszeit* [s]
	Tag	Nacht			
A	66	2	160	420	14
B	50	8	160	340	13
V	2	0	160	190	9
F	5	3	160	205	10
RI	118	28	160	205	10
Rk	8	2	160	205	10
Sg	-	-	-	-	-
Dg	-	-	-	-	-
Ng	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>249</b>	<b>43</b>			

\* Überstandslänge von 100m in beide Richtungen berücksichtigt

- \*\* Es bedeuten:
- A: vertakteter Hochgeschwindigkeitsverkehr, wie z.B. ICE
  - B: vertakteter ergänzender Fernverkehr, wie z.B. ICE-T, IR
  - V: Hochgeschwindigkeitsverkehr-Verstärker, wie z.B. ICE
  - F: sonstiger Fernverkehr, wie z.B. D, Az
  - RI: langer Regionalzug, wie z.B. RE, RB
  - Rk: kurzer Regionalzug, wie z.B. RE, RB
  - Sg: Schnellgüterzug, wie z.B. ExC, PIC
  - Dg: Durchgangsgüterzug, wie z.B. TEC, ICG
  - Ng: Nahgüterzug, wie z.B. CB, GC

**Betriebsprogramm**  
**Vorbelastung (Prognose-Nullfall)**



**Obertürkheim (S-Bahn)**

Zugart	Anzahl		Max. Geschw. [km/h]	Länge [m]
	Tag	Nacht		
ICE	-	-	-	-
IR/D	-	-	-	-
IC/EC	-	-	-	-
Ng	-	-	-	-
S	110	20	120	135
Dg	-	-	-	-
RE/SE/RB	42	8	120	205
<b>Summe</b>	<b>152</b>	<b>28</b>		

**Obertürkheim (Fernbahn)**

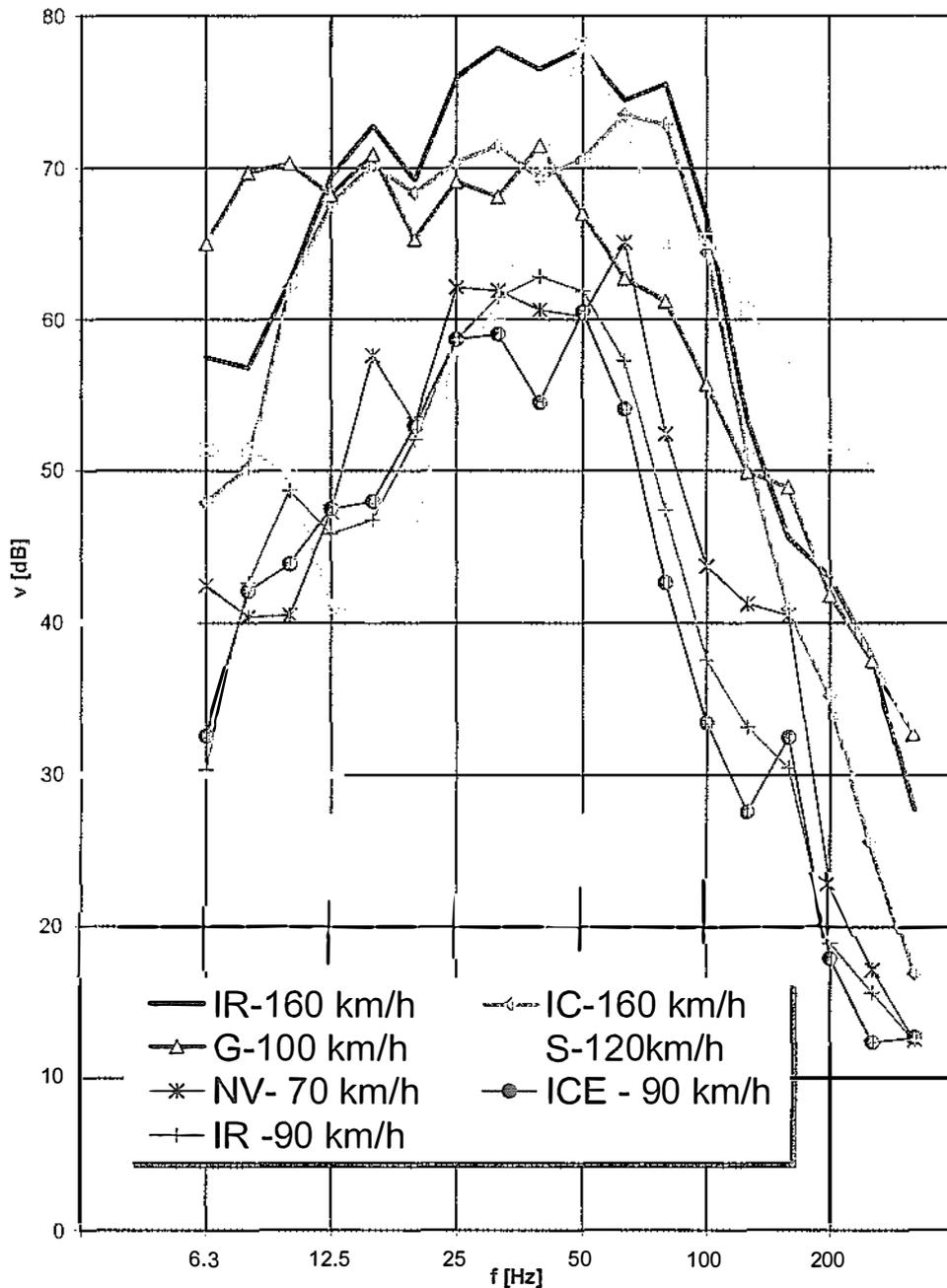
Zugart	Anzahl		Max. Geschw. [km/h]	Länge [m]
	Tag	Nacht		
ICE	35		160	420
IR/D	22	6	130	205/340
IC/EC	29	1	130	205
Ng	8	5	90	200
S	-	-	-	-
Dg	74	118	120	340
RE/SE/RB	71	7	120	205
<b>Summe</b>	<b>239</b>	<b>137</b>		

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PFA 1.6a/b, Bahnbetrieb

**ANLAGE IV**  
**Emissionsdaten**

# Ausgangs-Emissionsspektren oberirdische Bereiche

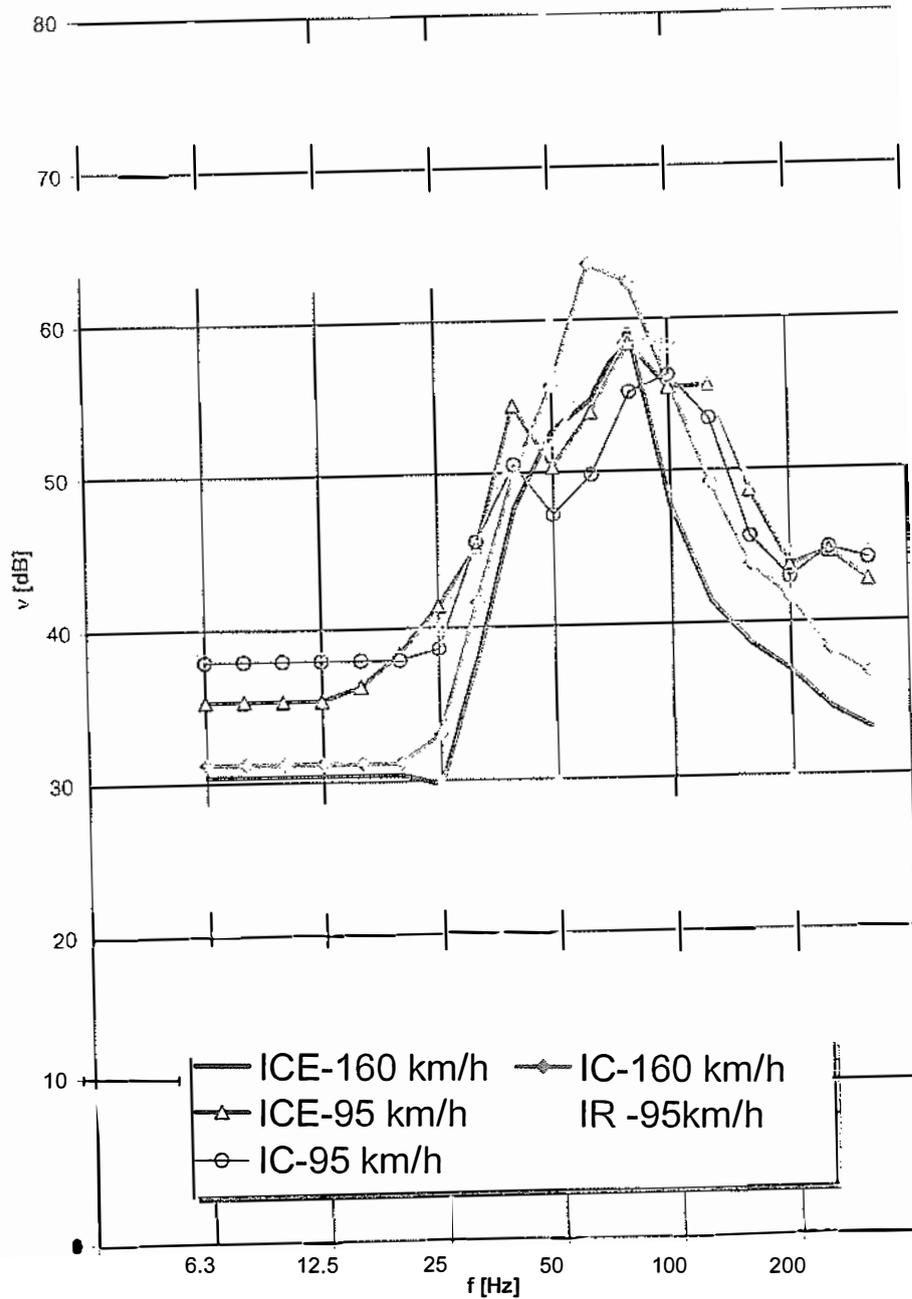
**Meßpunkt:** 8m v. Gleis      **Strecke:** Riedbahn, Gessertshausen,  
**Schwingrichtung:** z      Northeim, Stgt Bad Cannstatt  
**Geschwindigkeit** 70 - 160 km/h      **Gleis:** 1



**Projekt:** 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PFA 1.6a/b, Bahnbetrieb

# Ausgangs-Emissionsspektren unterirdische Bereiche

Meßpunkt: Tunnelwand      Strecke: Einmalbergtunnel,  
Schwingrichtung: y      Langesfeldtunnel  
Geschwindigkeit 95 + 160 km/h      Gleis: 1



Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

A + B

# Emissionen A, V



## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: A+B; Bergstr., Nähterstr., Im Degen, Ulmer Str., Viehwesenstr.

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	A, V (ICE)	ICE
K2		Geschwindigkeit	160 km/h	160 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	feste Fahrbahn	feste Fahrbahn
K6	Tunnel	Tunnelform	1 gleisig, rund	2 gleisig, rund
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	Tunnelwand	Tunnelwand
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	RMS-fast
K12				
K13				
K14				
K15				

### Ausgangsspektrum in dB $V_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f [Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♻
A	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	29.7	37.9	47.7	52.7	54.7	59.3	47.7	41.4	38.6	36.8	34.4	33.0	61.7

### Berücksichtigte Korrekturen in dB

f [Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L <sub>K1</sub>																				
L <sub>K2</sub>																				
L <sub>K3</sub>																				
L <sub>K4</sub>																				
L <sub>K5</sub>																				
L <sub>K6</sub>	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.7	3.3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	0.2	
L <sub>K7</sub>																				
L <sub>K8</sub>																				
L <sub>K9</sub>																				
L <sub>K10</sub>																				
L <sub>K11</sub>	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	7.6	
L <sub>K12</sub>																				
L <sub>K13</sub>																				
L <sub>K14</sub>																				
L <sub>K15</sub>																				

### Prognosespektrum in dB $V_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f [Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♻
P	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	31.7	39.9	53.2	61.7	64.7	71.0	61.0	56.4	53.6	51.8	49.4	48.0	72.9

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

A + B

# Emissionen B, F, RI, Rk



## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: A+B; Bergstr., Nähterstr., Im Degen, Ulmer Str., Viehwesenstr.

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	B, F, RI, Rk	IC
K2		Geschwindigkeit	160 km/h	160 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	feste Fahrbahn	feste Fahrbahn
K6	Tunnel	Tunnelform	1 gleisig, rund	2 gleisig, rund
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	Tunnelwand	Tunnelwand
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	RMS-fast
K12				
K13				
K14				
K15				

### Ausgangsspektrum in dB $V_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♂
A	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	33.0	41.6	49.9	55.7	63.6	62.4	55.8	49.2	43.8	41.6	38.2	36.6	67.0

### Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L <sub>K1</sub>																				
L <sub>K2</sub>																				
L <sub>K3</sub>																				
L <sub>K4</sub>																				
L <sub>K5</sub>																				
L <sub>K6</sub>	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.7	3.3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	0.2	
L <sub>K7</sub>																				
L <sub>K8</sub>																				
L <sub>K9</sub>																				
L <sub>K10</sub>																				
L <sub>K11</sub>	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	7.6	
L <sub>K12</sub>																				
L <sub>K13</sub>																				
L <sub>K14</sub>																				
L <sub>K15</sub>																				

### Prognosespektrum in dB $V_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♂
P	33.2	33.2	33.2	33.2	33.2	33.2	35.0	43.6	55.4	64.7	73.6	74.1	69.1	64.2	58.8	56.6	53.2	51.6	78.1

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

C

# Emissionen F, RI, B



## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: C; Lindenschulstr., Postwiesenstr., Inselstr.

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung F, RI B	IC
K2		Geschwindigkeit 160 km/h	160 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich nein	nein
K4		Weichenbereich nein	nein
K5		Oberbau feste Fahrbahn	feste Fahrbahn
K6	Tunnel	Tunnelform 1 gleisig, rund	2 gleisig, rund
K7	Bauwerk	Wandstärke	
K8		Tunnelgründung	
K9		Bodenverhältnisse	
K10		Emissionspunkt Tunnelwand	Tunnelwand
K11	Sonstiges	Meßverfahren Max-Hold	RMS-fast
K12			
K13			
K14			
K15			

Ausgangsspektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	$\delta$
A	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	33.0	41.6	49.9	55.7	63.6	62.4	55.8	49.2	43.8	41.6	38.2	36.6	67.0

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW
L <sub>K1</sub>																			
L <sub>K2</sub>																			
L <sub>K3</sub>																			
L <sub>K4</sub>																			
L <sub>K5</sub>																			
L <sub>K6</sub>	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.7	3.3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
L <sub>K7</sub>																			
L <sub>K8</sub>																			
L <sub>K9</sub>																			
L <sub>K10</sub>																			
L <sub>K11</sub>	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	7.6
L <sub>K12</sub>																			
L <sub>K13</sub>																			
L <sub>K14</sub>																			
L <sub>K15</sub>																			

Prognosespektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	$\delta$
P	33.2	33.2	33.2	33.2	33.2	33.2	35.0	43.6	55.4	64.7	73.6	74.1	59.1	64.2	58.8	56.7	53.2	51.6	78.1

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung Pfa 1.6a/b, Bahnbetrieb

D

## Emissionen A,V

**FRITZ** GmbH  
 BERATENDE INGENIEURE VBI

## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: D; Mercedesstraße

	Parameter	P Prognose- Emissionsspektrum	A Ausgangs- Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	A, V	ICE
K2		Geschwindigkeit	80 km/h	95 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	ja	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	feste Fahrbahn	W60 B70
K6	Tunnel	Tunnelform	1 gleisig, rund	1 gleisig, rechteckförmig
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	Tunnelwand	Tunnelwand
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	RMS-fast
K12				
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
A	35.3	35.3	35.3	35.3	36.2	38.3	41.4	45.2	54.4	50.3	53.9	58.4	55.5	55.6	48.6	43.7	44.6	42.7	63.5

## Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L <sub>K1</sub>																				
L <sub>K2</sub>																				
L <sub>K3</sub>	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.7	8.3	10.0	11.7	13.3	15.0	11.7	8.3	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	6.4	
L <sub>K4</sub>																				
L <sub>K5</sub>																				
L <sub>K6</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	
L <sub>K7</sub>																				
L <sub>K8</sub>																				
L <sub>K9</sub>																				
L <sub>K10</sub>																				
L <sub>K11</sub>	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	7.6	
L <sub>K12</sub>																				
L <sub>K13</sub>																				
L <sub>K14</sub>																				
L <sub>K15</sub>																				

Prognosespektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
P	41.3	42.3	43.3	44.3	46.2	50.0	54.7	60.2	73.9	74.3	79.9	81.1	74.8	71.6	63.6	57.7	57.6	54.7	85.2

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb



D

## Emissionen F, RI, Rk

**FRITZ** GmbH  
 BERATENDE INGENIEURE VBI

## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: D; Mercedesstraße

		Parameter	P Prognose- Emissionsspektrum	A Ausgangs- Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	F, RI, Rk	IC
K2		Geschwindigkeit	80 km/h	95 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	ja	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	feste Fahrbahn	W60 B70
K6	Tunnel	Tunnelform	1 gleisig, rund	1 gleisig, rechteckförmig
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	Tunnelwand	Tunnelwand
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	RMS-fast
K12				
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f [Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW
A	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9	37.9	38.6	45.5	50.5	47.2	49.8	55.2	56.3	53.4	45.6	42.9	44.8	44.1	61.5

## Berücksichtigte Korrekturen in dB

f [Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW
L <sub>K1</sub>																			
L <sub>K2</sub>																			
L <sub>K3</sub>	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.7	8.3	10.0	11.7	13.3	15.0	11.7	8.3	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	6.4
L <sub>K4</sub>																			
L <sub>K6</sub>																			
L <sub>K5</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5
L <sub>K7</sub>																			
L <sub>K8</sub>																			
L <sub>K9</sub>																			
L <sub>K10</sub>																			
L <sub>K11</sub>	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	7.6
L <sub>K12</sub>																			
L <sub>K13</sub>																			
L <sub>K14</sub>																			
L <sub>K15</sub>																			

Prognosespektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f [Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW
P	43.9	44.9	45.9	46.9	47.9	49.6	51.9	60.5	70.0	71.2	75.8	77.9	75.6	69.4	60.6	56.9	57.8	56.1	82.4

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

E

# Emissionen B



## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: E; Imweg / Obertürkheim

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum
K1	Betrieb   Zuggattung	B	IR
K2	Geschwindigkeit	160 km/h	160 km/h
K3	Fahrweg   Kurvenbereich	nein	nein
K4	Weichenbereich	nein	nein
K5	Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel   Tunnelform		
K7	Bauwerk   Wandstärke		
K8	Tunnelgründung		
K9	Bodenverhältnisse		
K10	Emissionspunkt		
K11	Sonstiges   Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12	Dammlage	ja	nein
K13			
K14			
K15			

### Ausgangsspektrum in dB $V_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
A	57.5	56.8	62.5	69.4	72.8	69.2	76.0	77.9	76.5	77.9	74.5	75.6	66.8	53.3	45.6	43.0	37.8	27.7	85.0

### Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L <sub>K1</sub>																				
L <sub>K2</sub>																				
L <sub>K3</sub>																				
L <sub>K4</sub>																				
L <sub>K5</sub>																				
L <sub>K6</sub>																				
L <sub>K7</sub>																				
L <sub>K8</sub>																				
L <sub>K9</sub>																				
L <sub>K10</sub>																				
L <sub>K11</sub>																				
L <sub>K12</sub>	0.0	0.0	-1.7	-3.3	-5.0	-6.7	-8.3	-10.0	-11.7	-13.3	-15.0	-11.7	-8.3	-5.0	-3.3	-1.7	0.0	0.0	-5.8	
L <sub>K13</sub>																				
L <sub>K14</sub>																				
L <sub>K15</sub>																				

### Prognosespektrum in dB $V_0=5 \cdot 10^{-8}$ m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
P	57.5	56.8	60.8	66.1	67.8	62.5	67.7	67.9	64.8	64.5	59.5	63.9	58.5	48.3	42.3	41.3	37.8	27.7	75.6

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

E

## Emissionen F, RI

## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: E; Imweg / Obertürkheim

		Parameter	P Prognose- Emissionsspektrum	A Ausgangs- Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	F, RI	IC
K2		Geschwindigkeit	160 km/h	160 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt		
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	ja	nein
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	$\phi$
A	47.9	50.2	62.1	67.6	70.2	68.3	70.4	71.5	69.3	70.6	73.5	72.9	64.4	51.1	40.9	35.2	25.6	16.9	80.6

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L <sub>K1</sub>																				
L <sub>K2</sub>																				
L <sub>K3</sub>																				
L <sub>K4</sub>																				
L <sub>K5</sub>																				
L <sub>K6</sub>																				
L <sub>K7</sub>																				
L <sub>K8</sub>																				
L <sub>K9</sub>																				
L <sub>K10</sub>																				
L <sub>K11</sub>																				
L <sub>K12</sub>	0.0	0.0	-1.7	-3.3	-5.0	-6.7	-8.3	-10.0	-11.7	-13.3	-15.0	-11.7	-8.3	-5.0	-3.3	-1.7	0.0	0.0	0.0	-5.8
L <sub>K13</sub>																				
L <sub>K14</sub>																				
L <sub>K15</sub>																				

Prognosespektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	$\phi$
P	47.9	50.2	60.4	64.3	65.2	61.6	62.1	61.5	57.6	57.3	58.5	61.2	56.1	46.1	37.6	33.5	25.6	16.9	71.9

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

E

## Emissionen S-Bahn



## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: E; Imweg / Obertürkheim

		Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	SB	ET 420
K2		Geschwindigkeit	110 km/h	120 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt		
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	ja	nein
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	$\phi$
A	51.4	51.4	49.9	41.1	40.5	45.5	58.1	60.4	69.7	78.1	72.9	65.1	65.2	60.7	56.7	51.6	50.9	43.0	80.2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L <sub>K1</sub>																				
L <sub>K2</sub>																				
L <sub>K3</sub>																				
L <sub>K4</sub>																				
L <sub>K5</sub>																				
L <sub>K6</sub>																				
L <sub>K7</sub>																				
L <sub>K8</sub>																				
L <sub>K9</sub>																				
L <sub>K10</sub>																				
L <sub>K11</sub>																				
L <sub>K12</sub>	0.0	0.0	-1.7	-3.3	-5.0	-6.7	-8.3	-10.0	-11.7	-13.3	-15.0	-11.7	-8.3	-5.0	-3.3	-1.7	0.0	0.0	-5.8	
L <sub>K13</sub>																				
L <sub>K14</sub>																				
L <sub>K15</sub>																				

Prognosespektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	$\phi$
P	51.4	51.4	48.2	37.8	35.5	38.8	49.8	50.4	58.0	64.8	57.9	53.4	56.9	55.7	53.4	49.9	50.9	43.0	68.0

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

E

## Emissionen Dg

## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: E; Imweg / Obertürkheim

		Parameter	P Prognose- Emissionsspektrum	A Ausgangs- Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	Dg	GZ
K2		Geschwindigkeit	120 km/h	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt		
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	ja	nein
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♻
A	63.0	67.7	68.3	66.2	68.9	63.3	67.1	66.1	69.5	65.0	60.7	59.2	53.7	47.9	46.9	39.8	35.5	30.7	77.2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW
L <sub>K1</sub>																			
L <sub>K2</sub>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
L <sub>K3</sub>																			
L <sub>K4</sub>																			
L <sub>K5</sub>																			
L <sub>K6</sub>																			
L <sub>K7</sub>																			
L <sub>K8</sub>																			
L <sub>K9</sub>																			
L <sub>K10</sub>																			
L <sub>K11</sub>																			
L <sub>K12</sub>	0.0	0.0	-1.7	-3.3	-5.0	-6.7	-8.3	-10.0	-11.7	-13.3	-15.0	-11.7	-8.3	-5.0	-3.3	-1.7	0.0	0.0	-5.8
L <sub>K13</sub>																			
L <sub>K14</sub>																			
L <sub>K15</sub>																			

Prognosespektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♻
P	65.0	69.7	68.6	64.9	65.9	58.6	60.8	58.1	59.8	53.7	47.7	49.5	47.4	44.9	45.6	40.1	37.5	32.7	74.9

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

E

## Emissionen Ng

**FRITZ** GmbH  
 BERATENDE INGENIEURE VBI

## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: E; Imweg / Obertürkheim

		Parameter	P Prognose- Emissionsspektrum	A Ausgangs- Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	Ng	GZ
K2		Geschwindigkeit	90 km/h	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt		
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	ja	nein
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB  $V_0=5*10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	$\phi$
A	64.0	68.7	69.3	67.2	69.9	64.3	68.1	67.1	70.5	66.0	61.7	60.2	54.7	48.9	47.9	40.8	36.5	31.7	78.2

## Beri

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW
L <sub>K1</sub>																			
L <sub>K2</sub>	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
L <sub>K3</sub>																			
L <sub>K4</sub>																			
L <sub>K5</sub>																			
L <sub>K6</sub>																			
L <sub>K7</sub>																			
L <sub>K8</sub>																			
L <sub>K9</sub>																			
L <sub>K10</sub>																			
L <sub>K11</sub>																			
L <sub>K12</sub>	0.0	0.0	-1.7	-3.3	-5.0	-6.7	-8.3	-10.0	-11.7	-13.3	-15.0	-11.7	-8.3	-5.0	-3.3	-1.7	0.0	0.0	-5.8
L <sub>K13</sub>																			
L <sub>K14</sub>																			
L <sub>K15</sub>																			

Prognosespektrum in dB  $V_0=5*10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	$\phi$
P	63.0	67.7	66.6	62.9	63.9	56.6	58.8	56.1	57.8	51.7	45.7	47.5	45.4	42.9	43.6	38.1	35.5	30.7	72.9

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

E

# Emissionen Sg



## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: E; Imweg / Obertürkheim

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	Sg	Intercargo
K2		Geschwindigkeit	160 km/h	120 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt		
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12		Dammlage	ja	nein
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♂
A	63.0	67.7	68.3	66.2	68.9	63.3	67.1	66.1	69.5	65.0	60.7	59.2	53.7	47.9	46.9	39.8	35.5	30.7	77.2

Beri

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L <sub>K1</sub>																				
L <sub>K2</sub>	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5		
L <sub>K3</sub>																				
L <sub>K4</sub>																				
L <sub>K5</sub>																				
L <sub>K6</sub>																				
L <sub>K7</sub>																				
L <sub>K8</sub>																				
L <sub>K9</sub>																				
L <sub>K10</sub>																				
L <sub>K11</sub>																				
L <sub>K12</sub>	0.0	0.0	-1.7	-3.3	-5.0	-6.7	-8.3	-10.0	-11.7	-13.3	-15.0	-11.7	-8.3	-5.0	-3.3	-1.7	0.0	0.0		-5.8
L <sub>K13</sub>																				
L <sub>K14</sub>																				
L <sub>K15</sub>																				

Prognosespektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♂
P	66.5	71.2	70.1	66.4	67.4	60.1	62.3	59.6	61.3	55.2	49.2	51.0	48.9	46.4	47.1	41.6	39.0	34.2	76.4

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

F

# Emissionen A



## Ermittlung des Emissionsspektrums

**Bereich:** F; Deckerstr., Veielbrunnenweg, Taubenheimstr., Heinrich-Ebner-Str.

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	A	ICE
K2		Geschwindigkeit	60 km/h	90 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt		
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12				
K13				
K14				
K15				

**Ausgangsspektrum in dB**  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	ε
A	36.1	41.6	45.7	48.2	48.6	52.7	59.2	59.1	56.3	62.8	55.5	43.6	33.8	29.2	34.0	19.9	13.9	14.8	66.8

**Berücksichtigte Korrekturen in dB**

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L <sub>K1</sub>																				
L <sub>K2</sub>																				
L <sub>K3</sub>																				
L <sub>K4</sub>																				
L <sub>K5</sub>																				
L <sub>K6</sub>																				
L <sub>K7</sub>																				
L <sub>K8</sub>																				
L <sub>K9</sub>																				
L <sub>K10</sub>																				
L <sub>K11</sub>																				
L <sub>K12</sub>																				
L <sub>K13</sub>																				
L <sub>K14</sub>																				
L <sub>K15</sub>																				

**Prognosespektrum in dB**  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	ε
P	36.1	41.6	45.7	48.2	48.6	52.7	59.2	59.1	56.3	62.8	55.5	43.6	33.8	29.2	34.0	19.9	13.9	14.8	66.8

**Projekt:** 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

F

## Emissionen B

## Ermittlung des Emissionsspektrums

**FRITZ** GmbH  
 BERATENDE INGENIEURE VBI

Bereich: F; Deckerstr., Veielbrunnenweg, Taubenheimstr., Heinrich-Ebner-Str.

	Parameter	P Prognose- Emissionsspektrum	A Ausgangs- Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	B
K2		Geschwindigkeit	60 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein
K4		Weichenbereich	nein
K5		Oberbau	Schotter
K6	Tunnel	Tunnelform	
K7	Bauwerk	Wandstärke	
K8		Tunnelgründung	
K9		Bodenverhältnisse	
K10		Emissionspunkt	
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold
K12			
K13			
K14			
K15			

Ausgangsspektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
A	31.3	43.5	48.9	45.7	47.4	53.1	59.8	62.6	63.9	63.1	58.5	48.6	38.7	34.3	31.6	20.0	16.7	13.4	69.3

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L <sub>K1</sub>																				
L <sub>K2</sub>																				
L <sub>K3</sub>																				
L <sub>K4</sub>																				
L <sub>K5</sub>																				
L <sub>K6</sub>																				
L <sub>K7</sub>																				
L <sub>K8</sub>																				
L <sub>K9</sub>																				
L <sub>K10</sub>																				
L <sub>K11</sub>																				
L <sub>K12</sub>																				
L <sub>K13</sub>																				
L <sub>K14</sub>																				
L <sub>K15</sub>																				

Prognosespektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
P	31.3	43.5	48.9	45.7	47.4	53.1	59.8	62.6	63.9	63.1	58.5	48.6	38.7	34.3	31.6	20.0	16.7	13.4	69.3

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

F

# Emissionen F, RI, Rk



## Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: F; Deckerstr., Veielbrunnenweg, Taubenheimstr., Heinrich-Ebner-Str.

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	F, RI, Rk	NV
K2		Geschwindigkeit	60 km/h	70 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel	Tunnelform		
K7	Bauwerk	Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt		
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold	Max-Hold
K12				
K13				
K14				
K15				

Ausgangsspektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW
A	42.4	40.4	40.5	47.3	57.6	53.1	62.1	61.9	60.6	60.2	65.1	52.4	43.7	41.2	40.5	22.8	17.1	12.5	69.9

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L <sub>K1</sub>																				
L <sub>K2</sub>																				
L <sub>K3</sub>																				
L <sub>K4</sub>																				
L <sub>K5</sub>																				
L <sub>K6</sub>																				
L <sub>K7</sub>																				
L <sub>K8</sub>																				
L <sub>K9</sub>																				
L <sub>K10</sub>																				
L <sub>K11</sub>																				
L <sub>K12</sub>																				
L <sub>K13</sub>																				
L <sub>K14</sub>																				
L <sub>K15</sub>																				

Prognosespektrum in dB  $V_0=5 \cdot 10^{-8}$  m/s

f[Hz]	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW
P	42.4	40.4	40.5	47.3	57.6	53.1	62.1	61.9	60.6	60.2	65.1	52.4	43.7	41.2	40.5	22.8	17.1	12.5	69.9

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

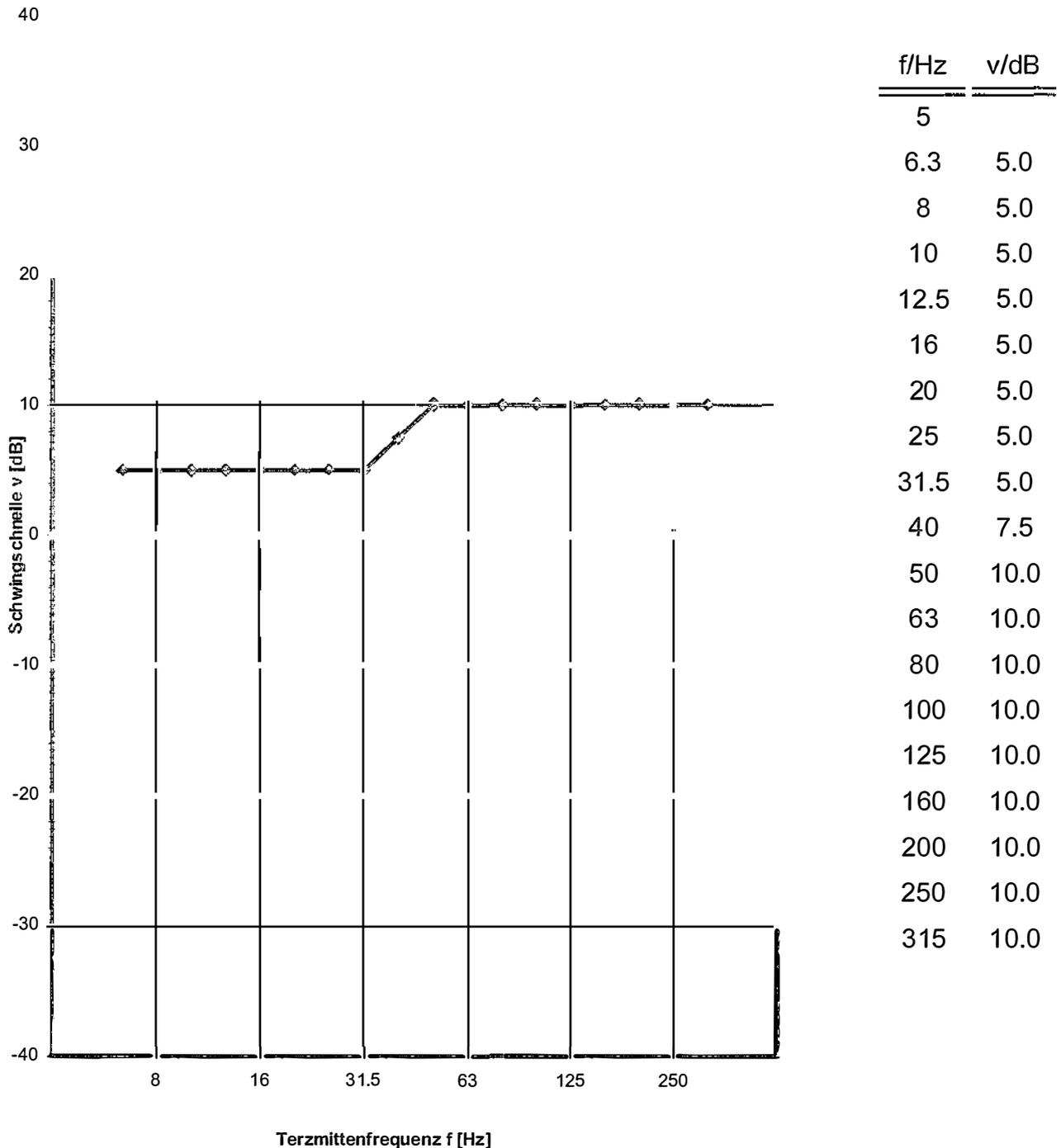
# Emissionsdifferenz A-B

## Max-Hold - RMS-fast Meßverfahren

Messart A: Max-Hold

Meßart B: RMS-fast

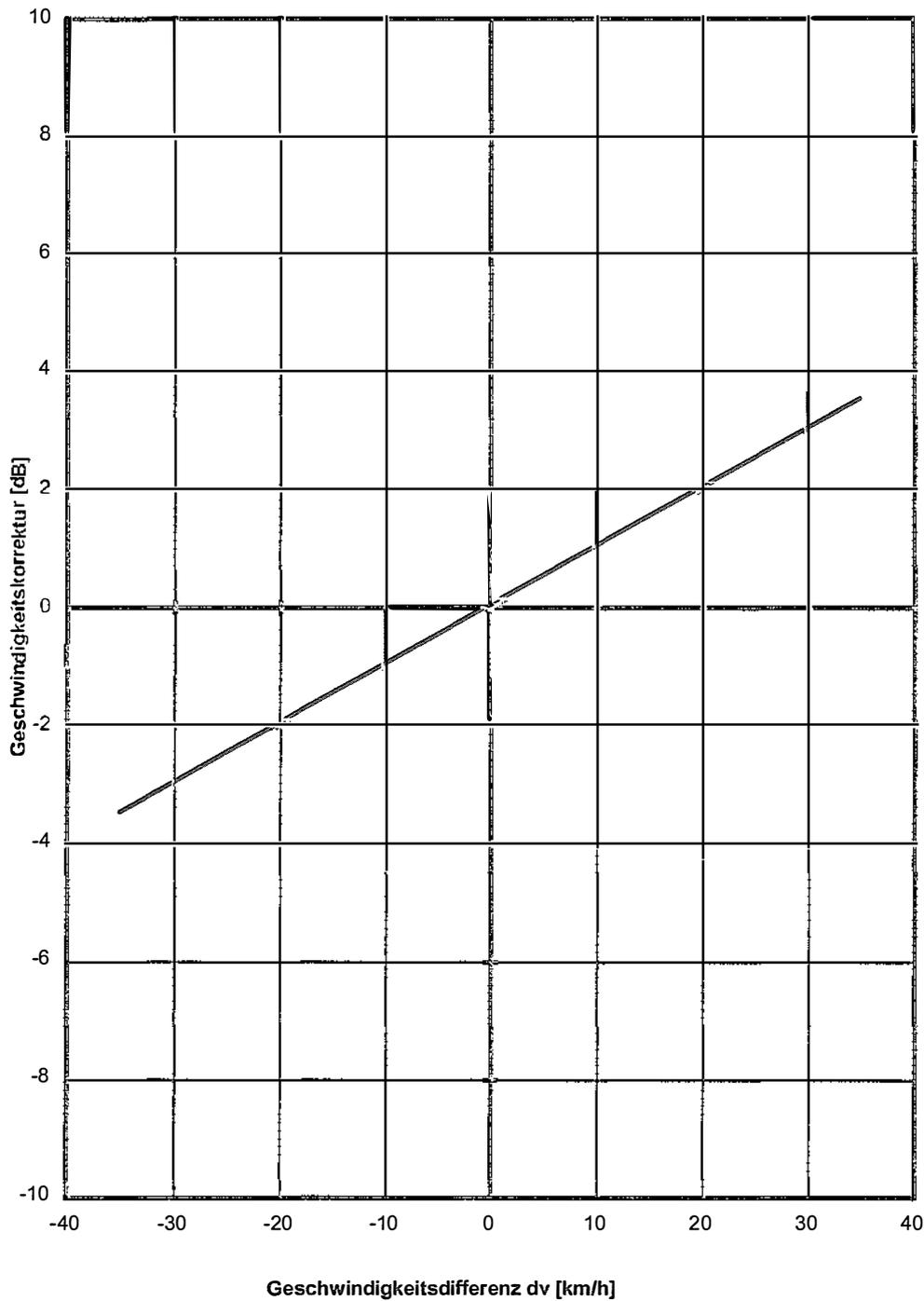
typische Differenz vom Meßverfahren "Max-Hold" gegenüber dem Verfahren "RMS-fast"



Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

# Emissionsdifferenz bei Geschwindigkeitsänderung

Schwingrichtung: z



km/h	v/dB
-35	-3.5
-30	-3.0
-25	-2.5
-20	-2.0
-15	-1.5
-10	-1.0
-5	-0.5
0	0.0
5	0.5
10	1.0
15	1.5
20	2.0
25	2.5
30	3.0
35	3.5

# Emissionsdifferenz Form A - B

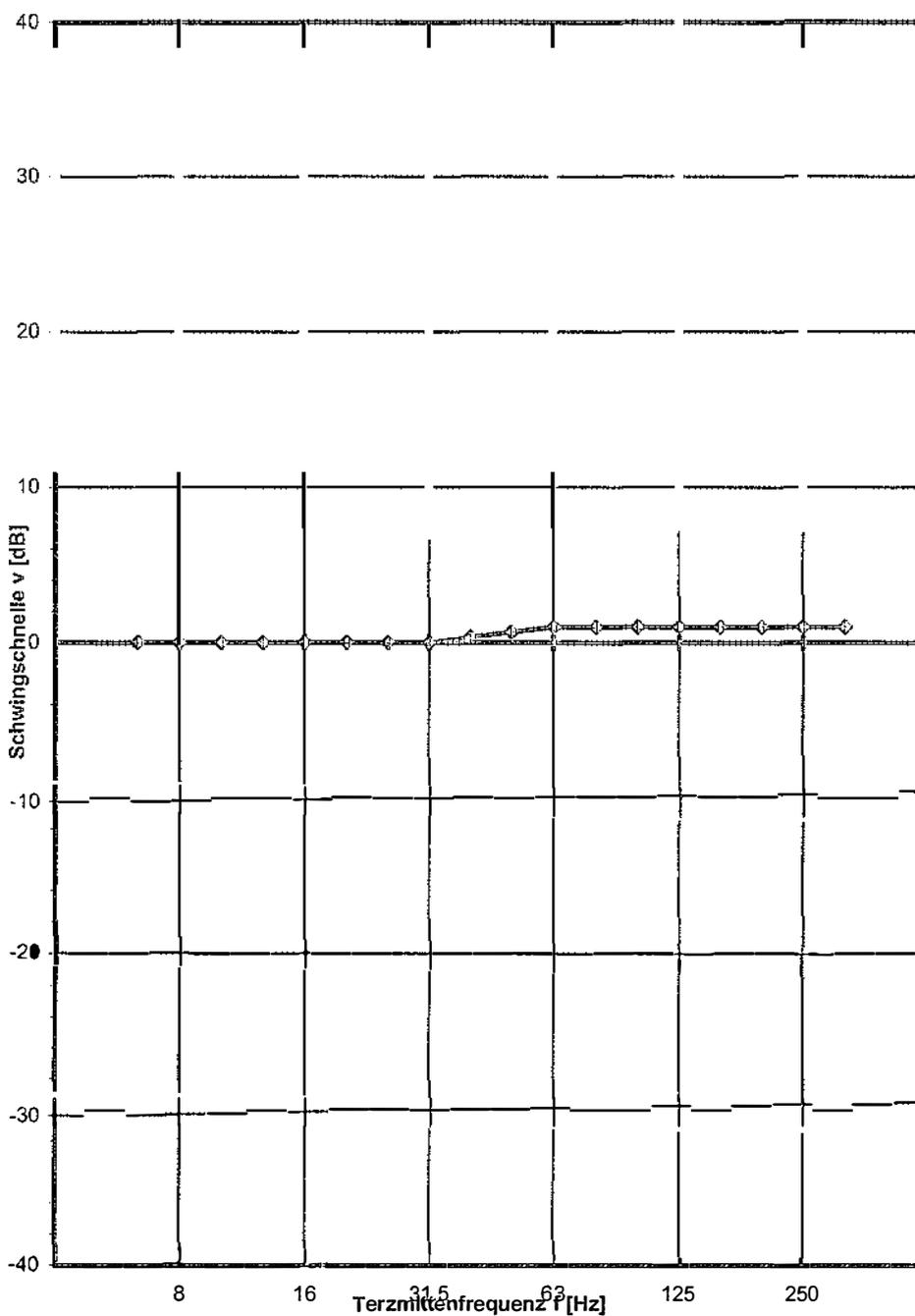
Form A: Rund

Form B: Rechteckig

Gleiszahl A: 1

Gleiszahl B: 1

typische Emissionsdifferenz von rundem Tunnel gegenüber Rechtecktunnel



f/Hz	v/dB
5	0.0
6.3	0.0
8	0.0
10	0.0
12.5	0.0
16	0.0
20	0.0
25	0.0
31.5	0.0
40	0.3
50	0.7
63	1.0
80	1.0
100	1.0
125	1.0
160	1.0
200	1.0
250	1.0
315	1.0

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

# Emissionsdifferenz Form A - B

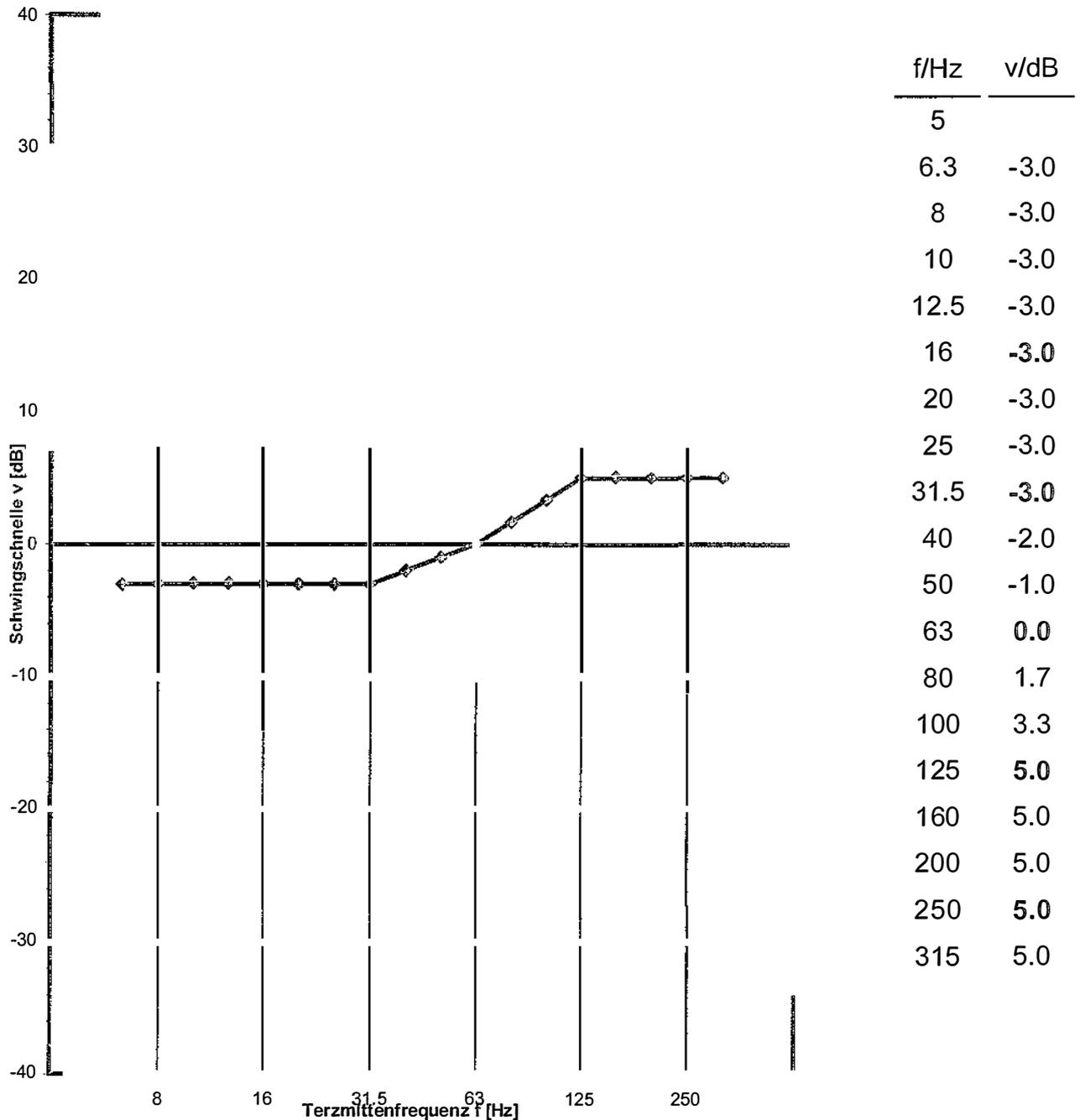
Form A: Rund

Form B: Rund

Gleiszahl A: 1

Gleiszahl B: 2

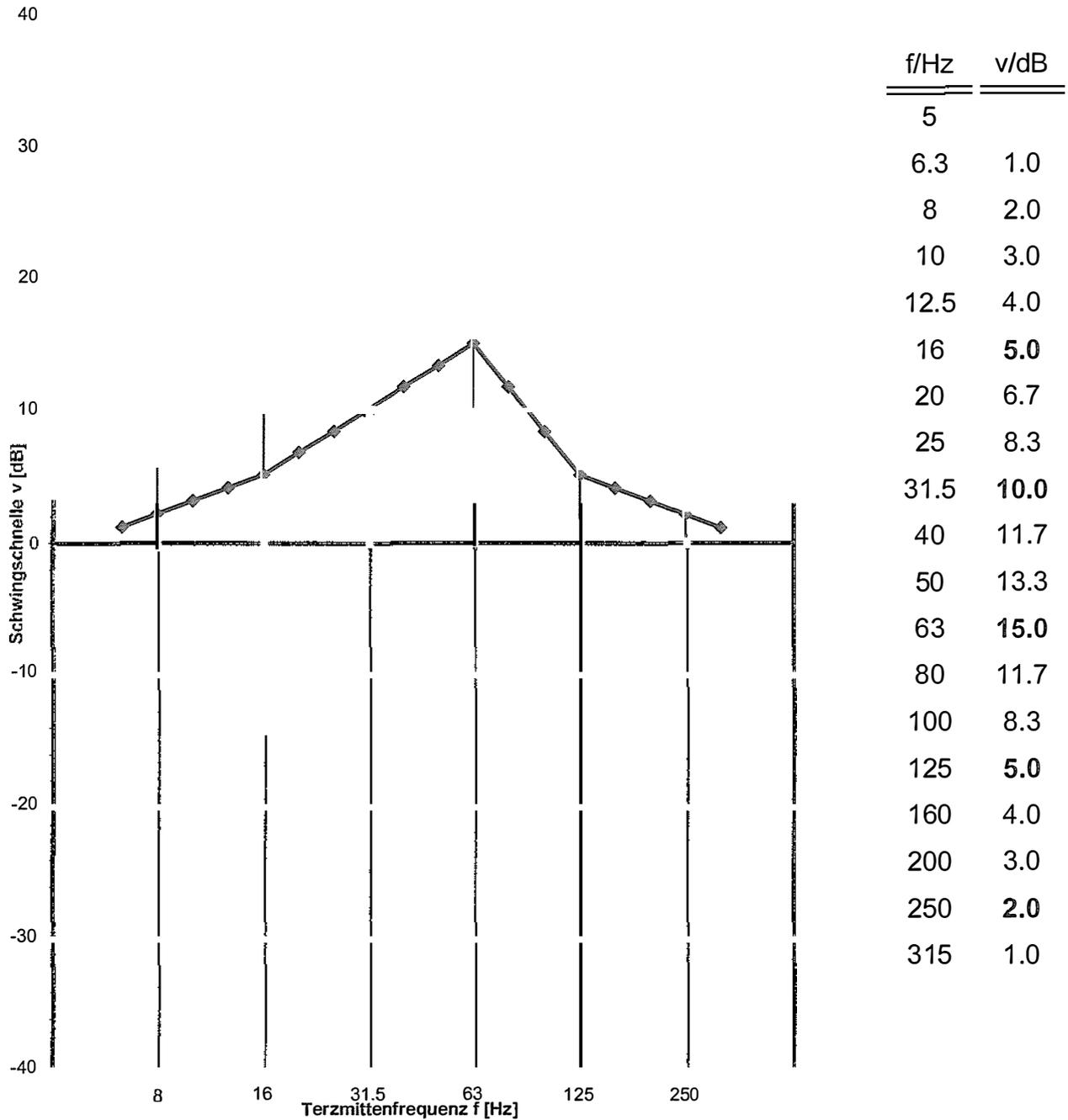
typische Emissionsdifferenz von 1-gleisigem Tunnel gegenüber 2-gleisigem Tunnel



# Emissionsdifferenz Kurve - Gerade

Meßpunkt: Tunnel

typische Differenz Kurve zur Geraden

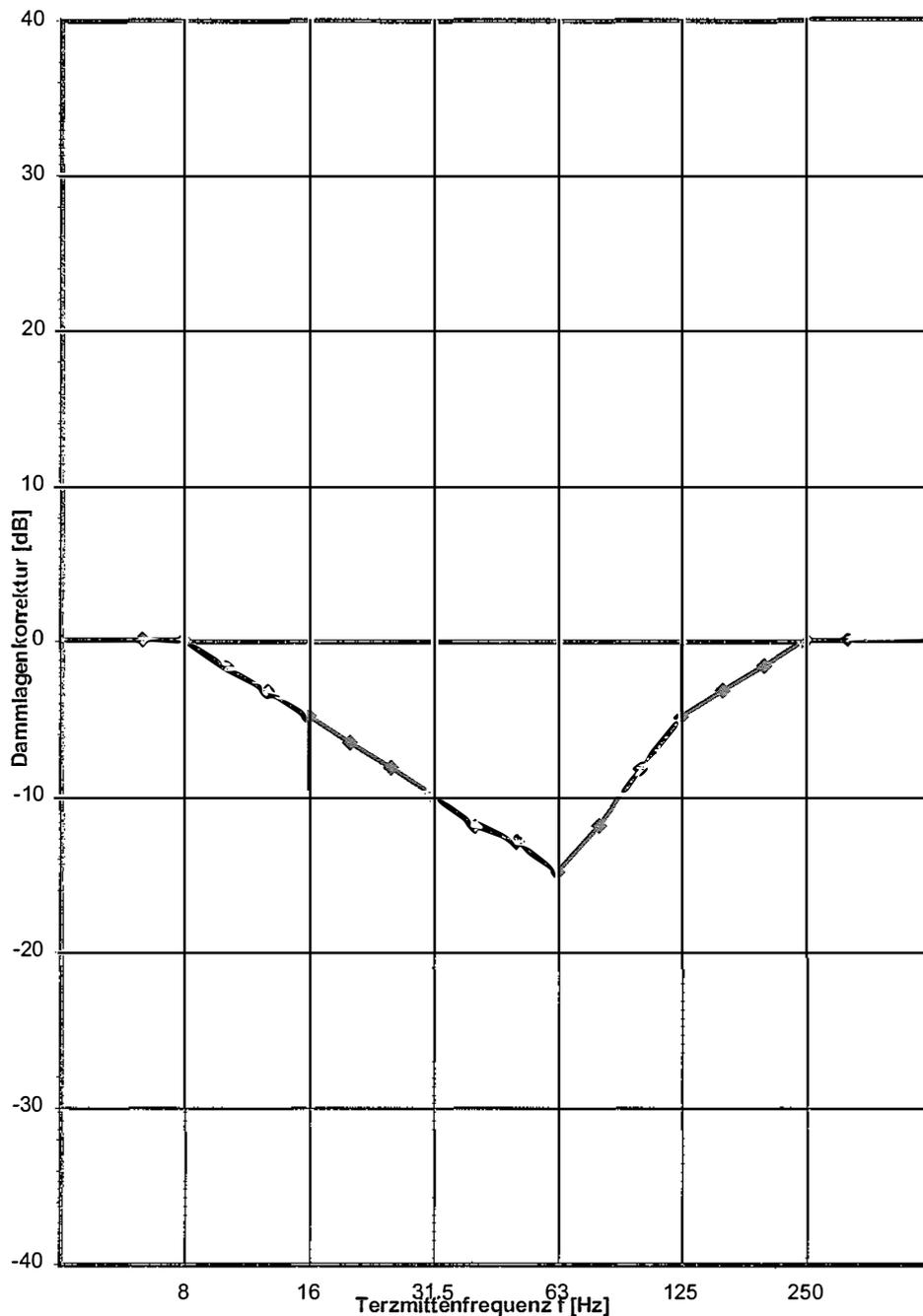


Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

# Emissionsdifferenz bei Dammlage

typische Differenz Dammlage zur ebenen Trassenlage

Schwingrichtung: z

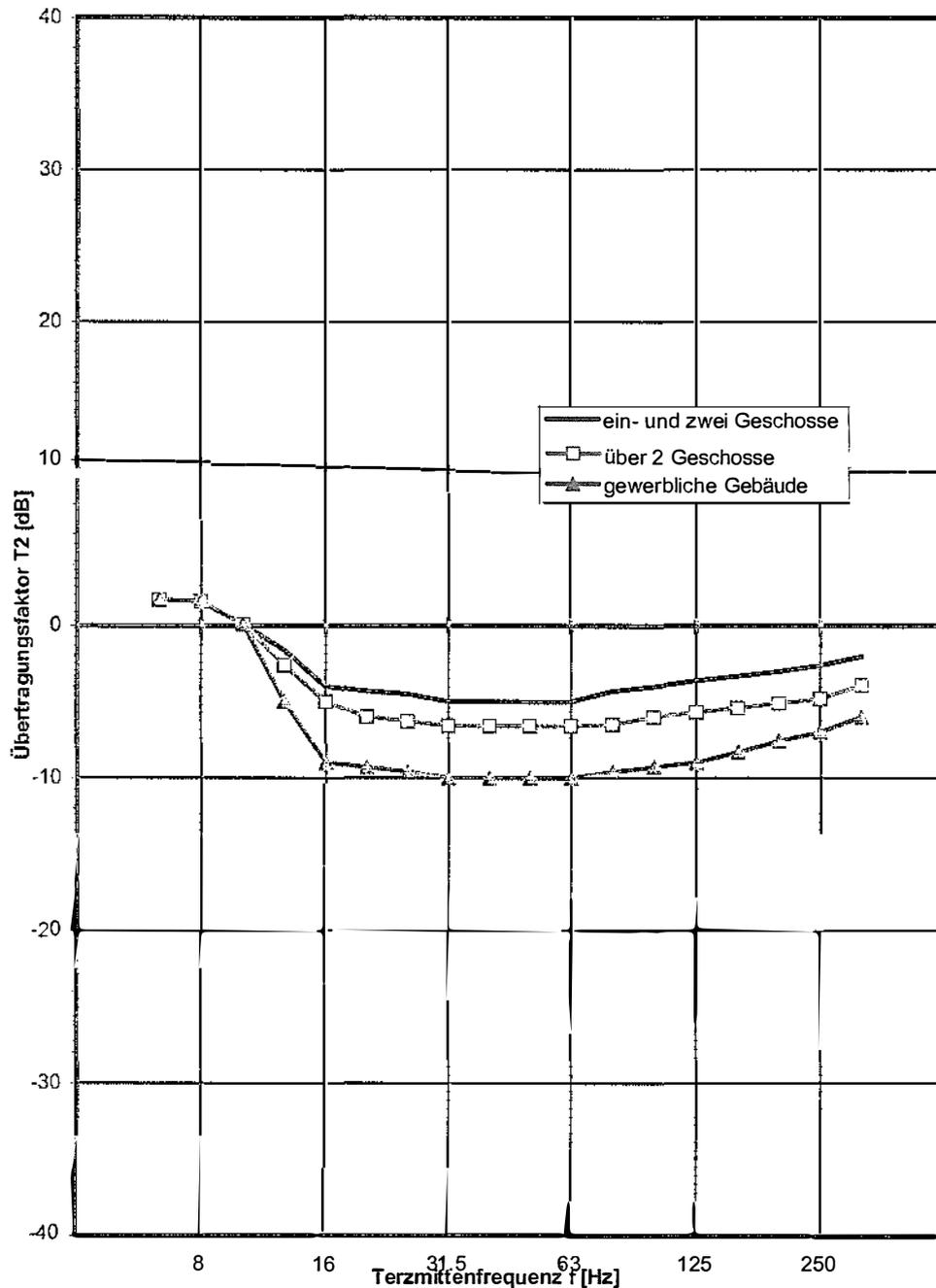


f/Hz	v/dB
5	
6.3	0.0
8	0.0
10	-1.7
12.5	-3.3
16	-5.0
20	-6.7
25	-8.3
31.5	-10.0
40	-12.0
50	-13.0
63	-15.0
80	-12.0
100	-8.3
125	-5.0
160	-3.3
200	-1.7
250	0.0
315	0.0

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

# Übertragungsdifferenz Erdreich - Fundament

**Gebäude:** 1-2 geschossige, mehrgeschossige u. gewerblich genutzte Gebäude  
**Schwingrichtung:** z  
**Quelle:** LIS Nr. 107 Nordrhein-Westfalen, Bild 7.8a  
Typische Minderung von Erschütterungen vom Erdreich auf das Gebäudefundament



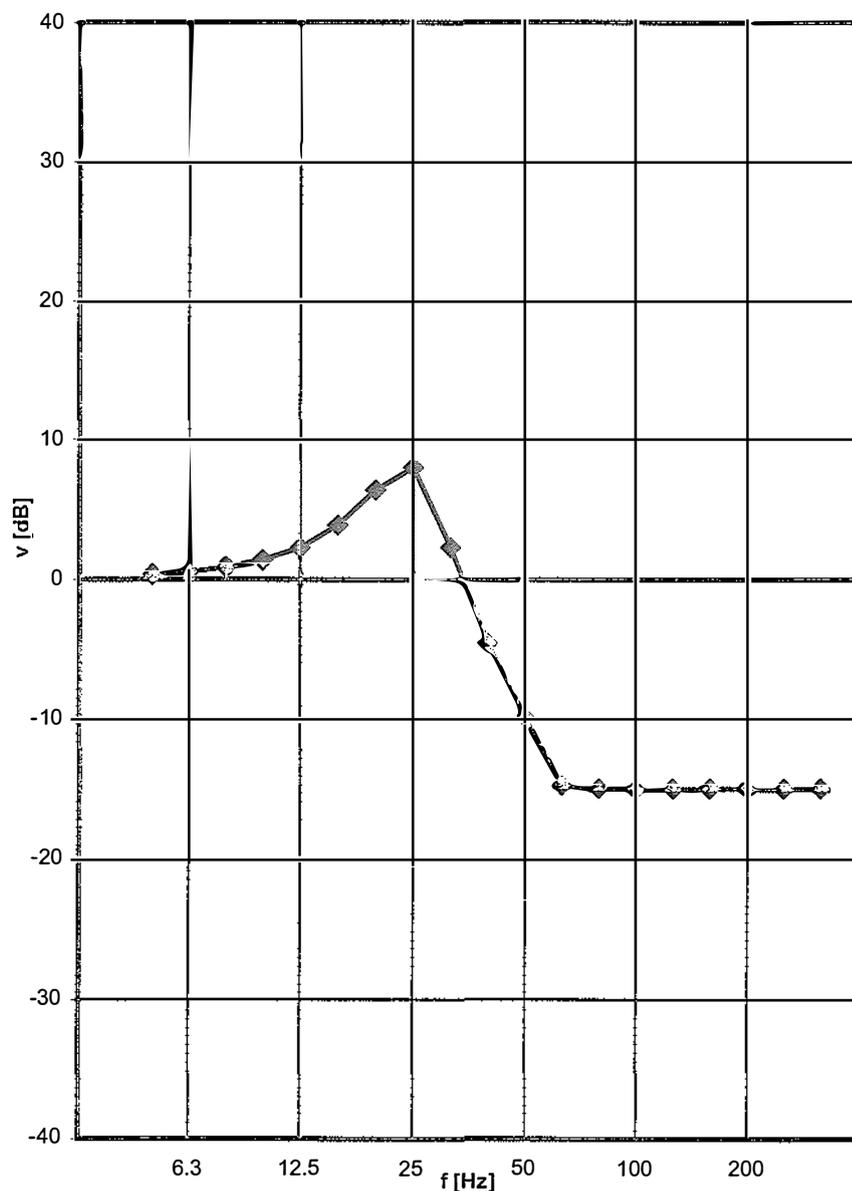
**ANLAGE V**  
**Übertragungsfunktionen typischer Schutzmaßnahmen**

# Übertragung typisches Masse-Feder-System

Eigenfrequ.  $f_e$ : 25 Hz

Dämpfung D: 0.2

Untergrenze: -15 dB



f/Hz	v [dB]
4	
5	0.3
6.3	0.5
8	0.9
10	1.4
12.5	2.2
16	3.8
20	6.3
25	8.0
31.5	2.2
40	-4.5
50	-9.8
63	-14.7
80	-15.0
100	-15.0
125	-15.0
160	-15.0
200	-15.0
250	-15.0
315	-15.0

Projekt: 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

**ANLAGE VI**  
**Untersuchungsergebnisse**

# Legende

## Erschütterungen / sek. Luftschall

### Beschriftung

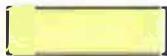
<b>IP:</b>	Immissionsort
<b>Maßnahme:</b>	Art und Eigenfrequenz der Schutzmaßnahme
<b>MFS j :</b>	Masse-Feder-System mit einer Eigenfrequenz von j Hz
<b>KB<sub>Fmax</sub> :</b>	maximale bewertete Schwingstärke [-]
<b>KB<sub>FTr</sub> :</b>	Beurteilungsschwingstärke [-]
<b>L<sub>ri</sub> :</b>	Beurteilungs-Innenschallpegel [dB(A)]
<b>GN:</b>	Gebietsnutzung
<b>GI:</b>	Industriegebiet
<b>GE:</b>	Gewerbegebiet
<b>MI:</b>	Mischgebiet
<b>WA:</b>	Wohngebiet
<b>SO:</b>	Sondergebiet

### Farbgebung:

für die Anlagen VI.2.1, VI.4.1



Die Anforderungen der Norm sind erfüllt



Es ist noch ein weiterer Prüfschritt erforderlich



Überschreitung des oberen Anhaltswertes  $A_0$  ( nur zur Information, gilt nicht für Schienenverkehrsanlagen). Für den Tagzeitraum gemäß DIN 4150-2, Tabelle 1; für den Nachtzeitraum gemäß DIN 4150-2, Abschnitt 6.5.3.5.

# Erschütterungs-Prognose

## 1. Schritt der Beurteilung

IP Nr	Gebäude	Üd	Be-reich	Maß-nahme	GN	maximale bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax}$					
						Raum 1		Raum 2		Raum 3	
						Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Bergstraße 71	83	A	keine	WA	0.009	0.009	0.019	0.019	0.008	0.008
2	Bergstraße 72	78	A	keine	WA	0.067	0.067	0.015	0.015	0.046	0.046
3	Im Degen 58	34	B	keine	WA	0.222	0.222	0.277	0.277	0.241	0.241
4	Nählerstr. 135	26	B	keine	WA			0.123	0.123	0.091	0.091
5	Ulmer Str. 241	22	B	keine	GI	0.111	0.111	0.292	0.292		
6	Viehwasenstr. 18	22	B	keine	GI	0.279	0.279	0.220	0.220	0.121	0.121
7	Inselstr. 140	17	C	keine	MI	0.070	0.070	0.049	0.049	0.032	0.032
8	Lindenschulstr. 20	16	C	keine	MI	0.105	0.105	0.079	0.079	0.107	0.107
9	Mercedesstr. 160	12	D	keine	GE	0.730	0.730	0.448	0.448	0.337	0.337
10	Mercedestr.162,Puritas	10	D	keine	GE	0.234	0.234	0.206	0.206	0.131	0.131
11	Lindenschulstr. 15	18	C	keine	WA	0.117	0.117	0.260	0.260	0.121	0.121
12	Lindenschulstr. 13	19	C	keine	WA	0.516	0.516	0.326	0.326	0.581	0.581
13	Postwiesenstr. 2	26	C	keine	WA	0.466	0.466	0.180	0.180	0.063	0.063
14	Postwiesenstr. 4	23	C	keine	WA	0.337	0.337	0.117	0.117	0.027	0.027
15	Imweg 55	0	E	keine	WA	0.146	0.146	0.554	0.554		
16	Imweg 51	0	E	keine	WA	0.299	0.299				
17	Imweg 49	0	E	keine	WA	0.302	0.302	0.219	0.219		
18	Heinrich-Ebner-Str.1	0	F	keine	MI	0.232	0.232	0.068	0.068		
19	Veielbrunnenweg 67	0	F	keine	MI	0.289	0.289	0.279	0.279	0.316	0.316
20	Veielbrunnenweg 67a	0	F	keine	MI	0.206	0.206	0.512	0.512	0.673	0.673
21	Deckerstr. 47	0	F	keine	WA	0.266	0.266	0.379	0.379	0.263	0.263
22	Deckerstr. 49	0	F	keine	WA	0.350	0.350	0.815	0.815	0.209	0.209
23	Deckerstr. 53	0	F	keine	WA	0.415	0.415	0.284	0.284	0.711	0.711
24	Deckerstr. 63	0	F	keine	WA	0.117	0.117	0.178	0.178		
25	Taubenheimstr. 108	0	F	keine	WA	0.081	0.081	0.045	0.045		

**Legende siehe ANLAGE VI.1**

**Projekt:** 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

# Erschütterungs-Prognose

## 2. Schritt der Beurteilung

IP Nr	Gebäude	Üd	Be-reich	Maß-nahme	GN	Beurteilungsschwingstärke - $KB_{FTr}$					
						Raum 1		Raum 2		Raum 3	
						Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Bergstraße 71	83	A	keine	WA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	Bergstraße 72	78	A	keine	WA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	Im Degen 58	34	B	keine	WA	0.068	0.045	0.085	0.056	0.074	0.049
4	Nähterstr. 135	26	B	keine	WA			0.038	0.025	0.000	0.000
5	Ulmer Str. 241	22	B	keine	GI	0.034	0.022	0.090	0.059		
6	Viehwasenstr. 18	22	B	keine	GI	0.086	0.056	0.068	0.044	0.037	0.024
7	Inselstr. 140	17	C	keine	MI	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	Lindenschulstr. 20	16	C	keine	MI	0.025	0.015	0.000	0.000	0.026	0.016
9	Mercedesstr. 160	12	D	keine	GE	0.103	0.072	0.065	0.046	0.049	0.035
10	Mercedestr.162,Puritas	10	D	keine	GE	0.033	0.023	0.033	0.025	0.015	0.008
11	Lindenschulstr. 15	18	C	keine	WA	0.028	0.017	0.063	0.038	0.029	0.017
12	Lindenschulstr. 13	19	C	keine	WA	0.125	0.074	0.079	0.047	0.140	0.084
13	Postwiesenstr. 2	26	C	keine	WA	0.112	0.067	0.043	0.026	0.000	0.000
14	Postwiesenstr. 4	23	C	keine	WA	0.081	0.049	0.028	0.017	0.000	0.000
15	Imweg 55	0	E	keine	WA	0.035	0.049	0.144	0.185		
16	Imweg 51	0	E	keine	WA	0.056	0.066				
17	Imweg 49	0	E	keine	WA	0.080	0.106	0.057	0.078		
18	Heinrich-Ebner-Str.1	0	F	keine	MI	0.077	0.043	0.000	0.000		
19	Veielbrunnenweg 67	0	F	keine	MI	0.042	0.022	0.044	0.024	0.052	0.028
20	Veielbrunnenweg 67a	0	F	keine	MI	0.051	0.025	0.075	0.040	0.109	0.059
21	Deckerstr. 47	0	F	keine	WA	0.062	0.035	0.067	0.039	0.049	0.026
22	Deckerstr. 49	0	F	keine	WA	0.064	0.036	0.164	0.085	0.050	0.027
23	Deckerstr. 53	0	F	keine	WA	0.055	0.030	0.038	0.022	0.128	0.073
24	Deckerstr. 63	0	F	keine	WA	0.021	0.012	0.045	0.024		
25	Taubenheimstr. 108	0	F	keine	WA	0.000	0.000	0.000	0.000		

**Legende:** siehe auch **ANLAGE VI.1**



Die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt



Die Anforderungen der DIN 4150-2 sind **nicht** erfüllt

**Projekt:** 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

**Prognose sekund. Luftschall  
Beurteilungspegel**

IP Nr	Gebäude	Üd	Be- reich	Maß- nahme	GN	Beurteilungs-Innenschallpegel - L <sub>n</sub>					
						Raum 1		Raum 2		Raum 3	
						Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Bergstraße 71	83	A	keine	WA	14.6	10.7	19.8	15.9	18.4	14.6
2	Bergstraße 72	78	A	keine	WA	29.3	25.4	19.0	15.1	24.9	21.0
3	Im Degen 58	34	B	keine	WA	32.2	28.3	35.4	31.5	32.2	28.3
4	Nähterstr. 135	26	B	keine	WA			29.1	25.3	31.0	27.1
5	Ulmer Str. 241	22	B	keine	GI	27.1	23.2	34.6	30.7		
6	Viehwasenstr. 18	22	B	keine	GI	29.9	26.0	28.2	24.3	27.0	23.1
7	Inselstr. 140	17	C	keine	MI	22.4	17.7	22.2	17.4	19.4	14.6
8	Lindenschulstr. 20	16	C	keine	MI	24.8	20.0	22.9	18.2	23.7	19.0
9	Mercedesstr. 160	12	D	keine	GE	30.9	28.2	28.7	26.0	26.6	23.9
10	Mercedestr.162,Puritas	10	D	keine	GE	29.8	27.2	27.4	24.8	27.4	24.8
11	Lindenschulstr. 15	18	C	keine	WA	21.5	16.7	29.5	24.7	27.6	22.8
12	Lindenschulstr. 13	19	C	keine	WA	32.8	28.0	29.1	24.3	29.4	24.6
13	Postwiesenstr. 2	26	C	keine	WA	29.5	24.7	29.6	24.9	26.2	21.4
14	Postwiesenstr. 4	23	C	keine	WA	27.6	22.8	26.8	22.0	23.7	18.9
15	Imweg 55	0	E	keine	WA						
16	Imweg 51	0	E	keine	WA						
17	Imweg 49	0	E	keine	WA						
18	Heinrich-Ebner-Str. 1	0	F	keine	MI						
19	Veielbrunnenweg 67	0	F	keine	MI						
20	Veielbrunnenweg 67a	0	F	keine	MI						
21	Deckerstr. 47	0	F	keine	WA						
22	Deckerstr. 49	0	F	keine	WA						
23	Deckerstr. 53	0	F	keine	WA						
24	Deckerstr. 63	0	F	keine	WA						
25	Taubenheimstr. 108	0	F	keine	WA						

**Legende:** siehe auch ANLAGE VI.1



Die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt



Die Anforderungen der 24. BImSchV sind **nicht** erfüllt

**Projekt:** 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

# Erschütterungs-Prognose

## 1. Schritt der Beurteilung



IP Nr	Gebäude	Üd	Be- reich	Maß- nahme	GN	maximale bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax}$					
						Raum 1		Raum 2		Raum 3	
						Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Bergstraße 71	83	A	keine	WA	0.009	0.009	0.019	0.019	0.008	0.008
2	Bergstraße 72	78	A	keine	WA	0.067	0.067	0.015	0.015	0.046	0.046
3	Im Degen 58	34	B	MF 25	WA	0.048	0.048	0.054	0.054	0.075	0.075
4	Nähterstr. 135	26	B	MF 25	WA			0.038	0.038	0.029	0.029
5	Ulmer Str. 241	22	B	keine	GI	0.111	0.111	0.292	0.292		
6	Viehwasenstr. 18	22	B	keine	GI	0.279	0.279	0.220	0.220	0.121	0.121
7	Inselstr. 140	17	C	keine	MI	0.070	0.070	0.049	0.049	0.032	0.032
8	Lindenschulstr. 20	16	C	MF 25	MI	0.021	0.021	0.017	0.017	0.024	0.024
9	Mercedesstr. 160	12	D	MF 25	GE	0.198	0.198	0.210	0.205	0.177	0.175
10	Mercedestr. 162, Puritas	10	D	MF 25	GE	0.058	0.057	0.148	0.148	0.085	0.085
11	Lindenschulstr. 15	18	C	MF 25	WA	0.077	0.077	0.199	0.199	0.049	0.049
12	Lindenschulstr. 13	19	C	MF 25	WA	0.113	0.113	0.067	0.067	0.113	0.113
13	Postwiesenstr. 2	26	C	MF 25	WA	0.089	0.089	0.042	0.042	0.034	0.034
14	Postwiesenstr. 4	23	C	MF 25	WA	0.073	0.073	0.033	0.033	0.025	0.025
15	Imweg 55	0	E	keine	WA	0.146	0.168	0.554	0.610		
16	Imweg 51	0	E	keine	WA	0.299	0.299				
17	Imweg 49	0	E	keine	WA	0.302	0.354	0.219	0.260		
18	Heinrich-Ebner-Str.1	0	F	keine	MI	0.232	0.232	0.068	0.068		
19	Veielbrunnenweg 67	0	F	keine	MI	0.289	0.289	0.275	0.275	0.315	0.310
20	Veielbrunnenweg 67a	0	F	keine	MI	0.206	0.206	0.512	0.512	0.673	0.673
21	Deckerstr. 47	0	F	keine	WA	0.266	0.266	0.379	0.379	0.263	0.263
22	Deckerstr. 49	0	F	keine	WA	0.350	0.350	0.815	0.815	0.209	0.209
23	Deckerstr. 53	0	F	keine	WA	0.415	0.415	0.284	0.284	0.711	0.711
24	Deckerstr. 63	0	F	keine	WA	0.117	0.117	0.178	0.178		
25	Taubenheimstr. 108	0	F	keine	WA	0.081	0.081	0.045	0.045		

**Legende siehe ANLAGE VI.1**

**Projekt:** 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

# Erschütterungs-Prognose

## 2. Schritt der Beurteilung

IP Nr	Gebäude	Üd	Be-reich	Maß-nahme	GN	Beurteilungsschwingstärke - $KB_{Fr}$					
						Raum 1		Raum 2		Raum 3	
						Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Bergstraße 71	83	A	keine	WA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	Bergstraße 72	78	A	keine	WA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	Im Degen 58	34	B	MF 25	WA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	Nähterstr. 135	26	B	MF 25	WA			0.000	0.000	0.000	0.000
5	Ulmer Str. 241	22	B	keine	GI	0.034	0.022	0.090	0.059		
6	Viehwasenstr. 18	22	B	keine	GI	0.086	0.056	0.068	0.044	0.037	0.024
7	Inselstr. 140	17	C	keine	MI	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	Lindenschulstr. 20	16	C	MF 25	MI	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	Mercedesstr. 160	12	D	MF 25	GE	0.032	0.023	0.037	0.028	0.032	0.024
10	Mercedestr.162,Puritas	10	D	MF 25	GE	0.000	0.000	0.028	0.021	0.000	0.000
11	Lindenschulstr. 15	18	C	MF 25	WA	0.000	0.000	0.048	0.029	0.000	0.000
12	Lindenschulstr. 13	19	C	MF 25	WA	0.027	0.016	0.000	0.000	0.027	0.016
13	Postwiesenstr. 2	26	C	MF 25	WA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	Postwiesenstr. 4	23	C	MF 25	WA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	Imweg 55	0	E	keine	WA	0.035	0.049	0.144	0.185		
16	Imweg 51	0	E	keine	WA	0.056	0.066				
17	Imweg 49	0	E	keine	WA	0.080	0.106	0.057	0.078		
18	Heinrich-Ebner-Str.1	0	F	keine	MI	0.077	0.043	0.000	0.000		
19	Veielbrunnenweg 67	0	F	keine	MI	0.042	0.022	0.044	0.024	0.052	0.028
20	Veielbrunnenweg 67a	0	F	keine	MI	0.051	0.025	0.075	0.040	0.109	0.059
21	Deckerstr. 47	0	F	keine	WA	0.062	0.035	0.067	0.039	0.049	0.026
22	Deckerstr. 49	0	F	keine	WA	0.064	0.036	0.164	0.085	0.050	0.027
23	Deckerstr. 53	0	F	keine	WA	0.055	0.030	0.038	0.022	0.128	0.073
24	Deckerstr. 63	0	F	keine	WA	0.021	0.012	0.045	0.024		
25	Taubenheimstr. 108	0	F	keine	WA	0.000	0.000	0.000	0.000		

**Legende:** siehe auch ANLAGE VI.1



Die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt



Die Anforderungen der DIN 4150-2 sind nicht erfüllt

**Projekt:** 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

## Prognose sekund. Luftschall Beurteilungspegel

IP Nr	Gebäude	Üd	Be- reich	Maß- nahme	GN	Beurteilungs-Innenschallpegel - L <sub>n</sub>					
						Raum 1		Raum 2		Raum 3	
						Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Bergstraße 71	83	A	keine	WA	14.6	10.7	19.8	15.9	18.4	14.6
2	Bergstraße 72	78	A	keine	WA	29.3	25.4	19.0	15.1	24.9	21.0
3	Im Degen 58	34	B	MF 25	WA	23.7	19.9	26.6	22.7	24.4	20.5
4	Nähterstr. 135	26	B	MF 25	WA			21.1	17.2	22.2	18.3
5	Ulmer Str. 241	22	B	keine	GI	27.1	23.2	34.6	30.7		
6	Viehwasenstr. 18	22	B	keine	GI	29.9	26.0	28.2	24.3	27.0	23.1
7	Inselstr. 140	17	C	keine	MI	22.4	17.7	22.2	17.4	19.4	14.6
8	Lindenschulstr. 20	16	C	MF 25	MI	17.9	13.1	16.1	11.3	16.9	12.1
9	Mercedesstr. 160	12	D	MF 25	GE	24.3	21.5	22.3	19.6	20.9	18.2
10	Mercedestr.162,Puritas	10	D	MF 25	GE	22.9	20.3	20.6	18.0	20.6	18.0
11	Lindenschulstr. 15	18	C	MF 25	WA	17.1	12.3	23.6	18.8	19.0	14.3
12	Lindenschulstr. 13	19	C	MF 25	WA	25.9	21.2	22.2	17.5	22.7	17.9
13	Postwiesenstr. 2	26	C	MF 25	WA	22.7	17.9	20.9	16.1	17.5	12.8
14	Postwiesenstr. 4	23	C	MF 25	WA	21.0	16.2	18.8	14.0	14.9	10.1
15	Imweg 55	0	E	keine	WA						
16	Imweg 51	0	E	keine	WA						
17	Imweg 49	0	E	keine	WA						
18	Heinrich-Ebner-Str. 1	0	F	keine	MI						
19	Veielbrunnenweg 67	0	F	keine	MI						
20	Veielbrunnenweg 67a	0	F	keine	MI						
21	Deckerstr. 47	0	F	keine	WA						
22	Deckerstr. 49	0	F	keine	WA						
23	Deckerstr. 53	0	F	keine	WA						
24	Deckerstr. 63	0	F	keine	WA						
25	Taubenheimstr. 108	0	F	keine	WA						

**Legende:** siehe auch ANLAGE VI.1



Die Anforderungen der 24. BImSchV sind erfüllt



Die Anforderungen der 24. BImSchV sind **nicht** erfüllt

**Projekt:** 97590 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

# Schutzmaßnahmen

Nr	Bereich	Maßnahme	Erstreckung
1	<b>B</b> Abzweig Wangen (Im Degen / Nähterstr.)	leichtes Masse-Feder-System 25 Hz an Achse 61	ab km 3.7+78.00 bis km 3.9+90.00
2		leichtes Masse-Feder-System 25 Hz an Achse 62	ab km 3.6+80.00 bis km 3.8+90.00
3	<b>C</b> Obertürk. Kurve (Lindenschulstr./ Postwiesenstr.)	leichtes Masse-Feder-System 25 Hz an Achse 61	ab km 5.1+50.00 bis km 5.4+65.00
4		leichtes Masse-Feder-System 25 Hz an Achse 62	ab km 5.0+80.00 bis km 5.3+70.00
5	<b>D</b> Untertürk. Kurve	leichtes Masse-Feder-System 25 Hz an Achse 713	ab km 0.5+92.00 bis km 0.6+86.00
6	(Mercedesstr.)	leichtes Masse-Feder-System 25 Hz an Achse 714	ab km 0.6+19.00 bis km 0.7+07.00

## Vorbelastung-Erschütterungen 2. Schritt der Beurteilung

IP Nr	Gebäude	GN	Beurteilungsschwingstärke - $KB_{FTr}$						
			Raum 1		Raum 2		Raum 3		
			Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	
1	Bergstr. 71	WA							
2	Bergstr. 72	WA							
3	Im Degen 58	WA							
4	Nähterstr. 135	WA							
5	Ulmerstr. 241	GI							
6	Viehwasenstr. 18	GI							
7	Inselstr. 140	MI							
8	Lindenschulstr. 20	MI							
9	Mercedesstr. 160	GE							
10	Mercedestr.162 (Puritas)	GE							
11	Lindenschulstr. 15	WA							
12	Lindenschulstr.13	WA							
13	Postwiesenstr. 2	WA							
14	Postwiesenstr. 4	WA							
15	Imweg 55	WA	0.041	0.042	0.159	0.155			
16	Imweg 51	WA	0.049	0.053					
17	Imweg 49	WA	0.087	0.089	0.062	0.065			
18	Heinrich-Ebner-Str.1	MI	0.073	0.037	0.000	0.000			
19	Veielbrunnenweg 67	MI	0.039	0.018	0.041	0.020	0.049	0.023	
20	Veielbrunnenweg 67a	MI	0.049	0.022	0.071	0.035	0.102	0.048	
21	Deckerstr. 47	WA	0.062	0.034	0.064	0.036	0.049	0.026	
22	Deckerstr. 49	WA	0.064	0.036	0.164	0.085	0.050	0.027	
23	Deckerstr. 53	WA	0.055	0.030	0.038	0.022	0.128	0.073	
24	Deckerstr. 63	WA	0.021	0.012	0.045	0.024			
25	Taubenheimstr. 108	WA	0.000	0.000	0.000	0.000			

**Legende:** siehe auch **ANLAGE VI.1**



Die Anforderungen der DIN 4150-2 sind erfüllt



Die Anforderungen der DIN 4150-2 sind **nicht** erfüllt

**Projekt:** 97590 - S21 - Erschütterungstechnische Untersuchung PfA 1.6a/b, Bahnbetrieb

# Differenz KB<sub>FTT</sub>

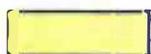
## Prognose - Bestand

IP Nr	Gebäude	GN	Prognose - Bestand - KB <sub>FTT</sub>					
			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
			Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Bergstr. 71	WA						
2	Bergstr. 72	WA						
3	Im Degen 58	WA						
4	Nähterstr. 135	WA						
5	Ulmerstr. 241	GI						
6	Viehwasenstr. 18	GI						
7	Inselstr. 140	MI						
8	Lindenschulstr. 20	MI						
9	Mercedesstr. 160	GE						
10	Mercedestr. 162 (Puritas)	GE						
11	Lindenschulstr. 15	WA						
12	Lindenschulstr. 13	WA						
13	Postwiesenstr. 2	WA						
14	Postwiesenstr. 4	WA						
15	Imweg 55	WA	-15%	18%	-10%	19%		
16	Imweg 51	WA	14%	24%				
17	Imweg 49	WA	-9%	19%	-8%	19%		
18	Heinrich-Ebner-Str. 1	MI	2%	14%	0%	0%		
19	Veielbrunnenweg 67	MI	3%	20%	3%	15%	3%	18%
20	Veielbrunnenweg 67a	MI	2%	15%	2%	13%	3%	20%
21	Deckerstr. 47	WA	1%	2%	4%	6%	0%	0%
22	Deckerstr. 49	WA	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23	Deckerstr. 53	WA	0%	0%	0%	3%	0%	0%
24	Deckerstr. 63	WA	0%	0%	0%	0%		
25	Taubenheimstr. 108	WA	0%	0%	0%	0%		

**Legende:** siehe auch Anlage VI.1



Erhöhung der Immissionen < 25%



Erhöhung der Immissionen ≥ 25%



Erhöhung der Immissionen um mindestens 25%  
und Anhaltswerte überschritten

**Projekt:** 97590 - S21 - Erschütterungstechnische Untersuchung PFA 1.6a/b, Bahnbetrieb