

Anlage 13.2A
Nur zur Information
Ersetzt Anlage 13.2
(Bericht Nr. 02413 vom 23.01.2008)

Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg,
Bereich Wendlingen – Ulm,
PFA 2.1a/b: Wendlingen-Kirchheim

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

zu den Einwirkungen aus dem zukünftigen Bahnbetrieb

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
BAUDYNAMIK & BAUPHYSIK
TECHNISCHE AKUSTIK

Messstelle zur Ermittlung der Emission
und Immission von Geräuschen und
Erschütterungen

Schallschutzprüfstelle DIN 4109
Zertifikat: VMPA-SPG-203-00-HE

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

E-Mail: info@fritz-ingenieure.de
www.fritz-ingenieure.de

Bericht Nr.: **02413**
Datum: **19.12.2005**
Überarbeitung: ~~28.11.2011~~
28.02.2013

Auftraggeber:

DB Netz AG
vertreten durch
DB ProjektBau GmbH
Großprojekt Stuttgart 21,
Wendlingen - Ulm
Räppelstraße 17
70191 Stuttgart

Sachbearbeiter:

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

I N H A L T

1	Zusammenfassung	5
2	Sachverhalt und Aufgabenstellung	6
3	Beschreibung des Planvorhabens	8
3.1	Baumaßnahme	8
3.2	Immissionsschutzrechtliche Behandlung	9
4	Bearbeitungsgrundlagen	10
4.1	Gesetze, Normen, Literaturquellen	10
4.2	Planunterlagen	12
4.3	Betriebsparameter	13
4.3.1	Zugzahlen, Zuglängen und Zuggeschwindigkeiten	13
4.3.2	Angaben zum Fahrweg	14
5	Anforderungen	14
5.1	Erschütterungen	14
5.1.1	Beurteilung	14
5.1.2	Anhaltswerte	15
5.1.3	Kriterien einer wesentlichen Änderung	16
5.2	Sekundärer Luftschall	17
5.2.1	Grundlagen der Beurteilung	17
5.2.2	Anforderungswerte	18
5.2.3	Anwendung des „Schienenbonus“	19
5.2.4	Kriterien einer wesentlichen Änderung	20
6	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	20
6.1	Emission	23
6.2	Transmission	24
6.2.1	Transferfunktion 1:	25
6.2.2	Transferfunktion 2:	26
6.2.3	Transferfunktion 3:	26
6.3	Immission	27
6.3.1	Erschütterungen	27
6.3.2	Sekundärer Luftschall	27

6.4	Prognose mit Schutzmaßnahmen	29
6.5	Prognosegenauigkeit	30
7	Untersuchungsergebnisse	31
7.1	Heinrich-Otto-Straße (Bereich A)	32
7.1.1	Bebauung im Einwirkungsbereich	32
7.1.2	Bestand / Prognose-Nullfall	32
7.1.3	Prognose-Planfall	33
7.1.4	Prüfung auf wesentliche Änderung	33
7.1.5	Abwägung der Schutzmaßnahme	34
7.2	Güterzuanbindung (Bereich B)	35
7.2.1	Bebauung im Einwirkungsbereich	35
7.2.2	Bestand / Prognose-Nullfall	36
7.2.3	Prognose-Planfall	36
7.2.4	Prüfung auf wesentliche Änderung	37
7.3	Kirchheim unter Teck (Bereich C)	37
7.3.1	Bebauung im Einwirkungsbereich	37
7.3.2	Erschütterungen	37
7.3.3	Sekundärer Luftschall	38
7.3.4	Schutzmaßnahmen	38
7.3.5	Erschütterungen mit Schutzmaßnahme	39
7.3.6	Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahme	39
7.4	Anbindung Kleine Wendlinger Kurve (Bereich D)	39
7.4.1	Bebauung im Einwirkungsbereich	39
7.4.1	Bestand / Prognose-Nullfall	40
7.4.2	Prognose-Planfall	40
7.4.3	Prüfung auf wesentliche Änderung	41
7.4.4	Abwägung der Schutzmaßnahme	41
8	Abschließende Bemerkungen	42

ANLAGE I	Lagepläne
ANLAGE II	Prognose-Nullfall Erschütterungen
ANLAGE III	Prognose-Planfall Erschütterungen
ANLAGE IV	Sachverhalt der wesentlichen Änderung
ANLAGE V	Prognose-Planfall sekundärer Luftschall
ANLAGE VI	Prognose-Planfall Erschütterungen mit Schutzmaßnahme
ANLAGE VII	Prognose-Planfall sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahme
ANLAGE VIII	Angaben zu den Immissionsorten
ANLAGE IX	Transferfunktionen
ANLAGE X	Emissionsdaten
ANLAGE XI	Betriebsprogramm
ANLAGE XII	typische Übertragungsfunktion Schutzmaßnahme
ANLAGE XIII	empfohlene Schutzmaßnahmen

1 Zusammenfassung

Die durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchungen für den PFA 2.1a/b: Wendlingen – Kirchheim des Projektes ABS/NBS Stuttgart – Augsburg, Bereich Wendlingen – Ulm haben zu den folgenden Ergebnissen geführt:

- Im Bereich Heinrich-Otto-Straße (Bereich **A**) ergibt sich für beide untersuchten Gebäude eine wesentliche Änderung der zukünftig zu erwartenden Erschütterungsimmissionen (Prognose-Planfall) im Vergleich zur Vorbelastungssituation (Prognose-Nullfall). Somit besteht für den Bereich **A** dem Grunde nach ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen zur Minderung der zukünftigen Immissionen.
- Im Umfeld der Güterzuganbindung in Wendlingen (Bereich **B**) wird weder im Prognose-Nullfall noch im Prognose-Planfall ein Immissionskonflikt infolge einwirkender Erschütterungen ausgewiesen. Ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen besteht für diesen Bereich nicht.
- Im Bereich Kirchheim unter Teck (Bereich **C**) entsteht durch die zukünftig zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen kein Immissionskonflikt. Infolge einwirkender sekundärer Luftschallimmissionen hingegen ergibt sich ein Anspruch auf erschütterungstechnische Schutzmaßnahmen.
- Im Umfeld der Anbindung Kleine Wendlinger Kurve (Bereich **D**) kommt es in einem von zwei untersuchten Gebäuden zu einer wesentlichen Änderung der Erschütterungseinwirkungen beim Vergleich von Prognose-Planfall und Prognose-Nullfall. Somit besteht für dieses Gebäude dem Grunde nach ein Anspruch auf erschütterungstechnische Schutzmaßnahmen.
- Durch den Einsatz eines Leichten-Masse-Feder-Systems im Bereich Kirchheim unter Teck (Bereich **C**) kann gewährleistet werden, dass die Anforderungen an den Immissionsschutz erfüllt werden. Für die konfliktbehafteten oberirdisch geführten Streckenabschnitte (Bereich **A** und **D**) gibt es nach derzeitigem Stand der Technik kein

wirksames Schutzsystem, bei dem der wirtschaftliche und technische Aufwand in angemessenem Verhältnis zum Schutzzweck steht. Extrapoliert man die Untersuchungsergebnisse der Bereiche A und D auf die umliegende Bebauung, so ergibt sich allenfalls für einzelne Gebäude in beiden Bereichen eine Anspruchsberechtigung. Auf Grund der geringen Betroffenheiten und des hohen technischen Aufwandes wird von einer oberbautechnischen Schutzmaßnahme in diesen Bereichen abgesehen. Für die betroffenen Objekte sind nach Inbetriebnahme der Strecke Beweissicherungsmessungen durchzuführen und ggf. passive Schutzmaßnahmen bzw. Entschädigungen vorzusehen.

- Es wird empfohlen, in den Planfeststellungsbeschluss den Vorbehalt aufzunehmen, dass im Falle einer Entwicklung alternativer Schutzsysteme in den Tunnelbauwerken auf diese ausgewichen werden darf. Dann kann nach Fertigstellung der Tunnelrohbauten ein Nachweis geführt werden, dass auch mit den alternativen Schutzsystemen die Anforderungen des Immissionsschutzes in vollem Umfang erfüllt sind.

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 verantwortlich, zum anderen das Rad (ungleichmäßiger Verschleiß). 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 oder auch bei Festen Fahrbahnen (FF) der Fall ist, für den instationären Abrollvorgang verantwortlich.

Die aus den dynamischen Lasten resultierenden Schwingungen des Gleisoberbaus werden über das Erdreich auf nahe stehende Gebäude übertragen, die ihrerseits zu Schwingungen angeregt werden. Die auftretenden Schwingungsamplituden sind in der Regel so gering, dass Bauwerksschäden als Folge der dynamischen Beanspruchung ausgeschlossen werden können. Dennoch können Schwingungen bereits bei geringen Schwing-

stärken zu Beeinträchtigungen des Wohlbefindens von Menschen in Gebäuden führen. Über Geschossdecken werden häufig Schwingungen auf Menschen übertragen. Die auftretenden Schwingungsimmissionen können unter Umständen vom menschlichen Körper direkt als mechanische Schwingungen wahrgenommen werden. Andererseits führen die in ein Bauwerk eingeleiteten Schwingungen zu einer Schallabstrahlung der Raumbegrenzungsflächen. Hierbei können Schwingungsimmissionen, die als mechanische Schwingungen nicht mehr spürbar sind, als hörbarer (sekundärer) Luftschall akustisch wahrnehmbar sein.

Gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz gehören Geräusche und Erschütterungen zu den Emissionen, die schädliche Umwelteinwirkungen herbeiführen können. Unter schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des **§ 3 (3) BImSchG** versteht man Einwirkungen die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für den PFA 2.1a/b, Wendlingen – Kirchheim, ist zu prüfen, ob die Einwirkungen aus Erschütterungen bzw. durch sekundären Luftschall, hervorgerufen vom zukünftigen Betrieb der Neubaustrecke und ihrer Zulaufstrecken, zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden führen können. Ggf. sind geeignete Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung von Immissionskonflikten zu erarbeiten.

Im Umfeld der Otto-Heinrich-Straße, der Güterzuganbindung und der Kleinen Wendlinger Kurve ist eine Vorbelastung durch die bestehende Neckartalbahn gegeben. Hierdurch wird es erforderlich, für diesen Bereich die Erschütterungseinwirkungen unter Berücksichtigung der baulichen Situation im Bestand denen der zukünftigen Prognosesituation (Prognose-Planfall) gegenüberzustellen. Mit Hilfe dieses Vergleiches wird geprüft, ob der Sachverhalt der **wesentlichen Änderung** vorliegt. Gegebenenfalls sind auch hier geeignete Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung von Immissionskonflikten zu erarbeiten.

3 Beschreibung des Planvorhabens

3.1 Baumaßnahme

Das Projekt Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg hat die Erweiterung der bestehenden Eisenbahnverbindung zwischen Stuttgart – Ulm – Augsburg um zwei weitere Gleise zum Gegenstand. Das Gesamtvorhaben wird in 3 betrieblich eigenständig nutzbare Teilbereiche Stuttgart – Wendlingen (Stuttgart 21), Wendlingen – Neu Ulm und Neu Ulm – Augsburg untergliedert. Zwischen Stuttgart und Ulm wird eine 2-gleisige Neubaustrecke parallel zur BAB A8 vorgesehen. Insgesamt umfasst das Planvorhaben eine Streckenlänge von etwa 175 km, wovon etwa 60 km auf den Abschnitt Wendlingen – Ulm entfallen.

Der **Planfeststellungsabschnitt 2.1a/b** umfasst im Wesentlichen die 2-gleisige Neubaustrecke Stuttgart – Ulm im Albvorland zwischen Wendlingen und Kirchheim. Er beginnt im Westen bei km 25,2+00 im Anschluss an den PFA 1.4 (Stuttgart 21, Filderbereich bis Wendlingen). Die NBS-Trasse verläuft zunächst parallel zur bestehenden BAB A8 und überquert den Neckar und die Bahnstrecke 4600 Tübingen – Plochingen. Östlich der Neckartalbahn beginnt der Voreinschnitt zum Albvorlandtunnel. Das ca. 8 km lange Tunnelbauwerk, bestehend aus zwei eingleisigen Tunnelröhren, verläuft südlich von Lindorf und unterfährt die BAB im Bereich des Gewerbegebietes Dettingen. Das Tunnelportal befindet sich östlich der AS Kirchheim Ost. Anschließend verläuft die NBS in offener Linienführung in Lage und Höhe parallel zur bestehenden BAB A8 bis zum Abschnittsende bei km 36,2+60 mit Anschluss an den bereits planfestgestellten PFA 2.1c (Kirchheim – Weilheim – Aichelberg).

Im Bereich Wendlingen ist eine eingleisige Güterzuganbindung (GZA) aus der Neckartalbahn Richtung Plochingen an die NBS geplant. Die GZA fädelt südlich der BÜ-Beseitigung Schützenstraße aus der Bestandstrecke aus und wird oberflächennah in Richtung Südosten geführt. Die BAB A8 wird mittels eines ca. 175 m langen Tunnels unterfahren. Nach der Querung BAB verläuft die GZA in der Einschlusslinse zwischen BAB und NBS in offener Linienführung. Dabei wird die Einschnittsböschung zur BAB mit Stützmauern abgefangen. Östlich des Portals zum Albvorlandtunnel der NBS wird die GZA in einem weiteren, ca. 200 m langen Tunnel an die NBS angebunden.

Die GZA kreuzt unmittelbar nördlich der BAB die vorhandene L 1250. Auf Grund des engen Abstandes zur BAB ist eine niveaufreie Kreuzung der GZA mit der L 1250 an dieser Stelle nicht möglich. Die L 1250 muss daher auf die Westseite der Neckartalbahn in die Heinrich-Otto-Straße verlegt werden. Die bestehende Straße wird dazu entsprechend ausgebaut. Der südliche Anschluss der verlegten L 1250 an die Landesstraße Richtung Oberboihingen erfolgt mittels eines Brückenbauwerkes über die Bahnstrecke in Höhe der Fa. HOS. Die Zufahrt zum Gewerbegebiet wird entsprechend angepasst.

Ebenfalls im Bereich Wendlingen ist südlich der NBS die Kleine Wendlinger Kurve (KWK) geplant. Sie stellt die Verbindung zwischen NBS und Neckartalbahn Richtung Tübingen her. Die KWK fädelt östlich der Querung Neckartalbahn / L 1250 eingleisig aus der NBS aus. Nach einem kurzen Einschnitt verläuft die KWK im Trog, anschließend im knapp 500 m langen Tunnel Richtung Oberboihingen. Nach der Unterfahrung des Kreisverkehrs im Zuge der geplanten BÜ-Beseitigung Oberboihingen wird die KWK an die Neckartalbahn niveaugleich angebunden.

3.2 Immissionsschutzrechtliche Behandlung

Innerhalb des **PFA 2.1a/b** handelt es sich bei dem unterirdisch geführten Streckenabschnitt im Bereich Kirchheim unter Teck um eine Neubaumaßnahme. Dort besteht keine Vorbelastung durch bestehende Schienenverkehrswege. Dies bedeutet, dass die resultierenden Erschütterungsimmissionen unmittelbar mit den Anforderungswerten der **DIN 4150-2** zu vergleichen sind.

Im Bereich der Güterzuganbindung, der Anbindung Kleine Wendlinger Kurve und im Bereich der Heinrich-Otto-Straße in Wendlingen besteht eine Vorbelastung durch die Neckartalbahn. Für die dort untersuchten Immissionsorte wird geprüft, ob das Planvorhaben zu einer wesentlichen Änderung der Immissionssituation 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) vom 14. Mai 1990
- Verwaltungs-Verfahrensgesetz (VwVfG) in der aktuell gültigen Fassung
- 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990, geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 19. September 2006
- 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV) vom 4. Februar 1997 in ihrer berichtigten Fassung vom 16. Mai 1997
- Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 21.12.2010, Az. BVerwG 7 A 14.09
- DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen: Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
- DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- DIN 45669, Teil 1 „Messung von Schwingungsimmissionen: Anforderungen an Schwingungsmesser“, September 2010
- DIN 45669, Teil 2 „Messung von Schwingungsimmissionen: Messverfahren“, Juni 2005

- DIN 45672, Teil 1 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen: Messverfahren“, Dezember 2009
- DIN 45672, Teil 2 „Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen: Auswerteverfahren“, Juli 1995
- Bodendynamik, Grundlagen und Anwendungen
Herausgeber Wolfgang Haupt; 1986
- Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Bericht LIS 107
- DB-Leitfaden für den Planer, Körperschall- und Erschütterungsschutz, in der aktuell gültigen Fassung
- Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Materialien Nr. 22, „Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs“
- DB Bericht Körperschallmessungen am Forster Tunnel und Langesfeldtunnel, Bericht Nr. 256001, Deutsche Bundesbahn-Versuchsanstalt München, Abt. für Elektrophysik 1992
- DB Bericht Körperschallemissionen von ICE-Zügen im Einmalbergtunnel (Feste Fahrbahn) und im Mühlbergtunnel (Schotteroberbau) der NBS, Bericht Nr. 156005, Deutsche Bundesbahn 1991
- DB Bericht Körperschallmessung bei der Fahrt eines Intercargo-Messzuges an der Freien Strecke und im Kriebergunnel der NBS bei Norheim/Hannover, Bericht Nr. 9156010, Deutsche Bundesbahn Versuchsanstalt München, Abt. für Elektrophysik 1991
- Messbericht erschütterungstechnische Untersuchung Rodgaustrecken, Bericht Nr. 93186; FRITZ GmbH, 1996
- Ermittlung der Erschütterungsemissionen im Rahmen der ABS/NBS Karlsruhe – Basel; PFA 7.4, Bereich Ringsheim, FRITZ GmbH, August 2002

- DB Bericht Körperschallmessungen bei Gessertshausen, Bericht Nr. 256029, Deutsche Bundesbahn Versuchsanstalt München, Abteilung für Elektrophysik 1992
- Messbericht Ermittlung der Erschütterungsemissionen an der NBS Hannover – Würzburg bei km 22,2 im Rahmen von ICE-Versuchsfahrten, Bericht Nr. 93176; FRITZ GmbH 1994
- 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

4.2 Planunterlagen

Zur Bearbeitung standen folgende Planunterlagen und Schriftsätze zur Verfügung:

- Lagepläne Gleisplanung, PFA 2.1a/b: Wendlingen-Kirchheim, ARGE Obermeyer / DE-Consult Planen und Beraten, Stuttgart, Maßstab 1:1000
- Höhenpläne und Querschnitte, PFA 2.1a/b: Wendlingen-Kirchheim, ARGE Obermeyer / DE-Consult Planen und Beraten, Stuttgart, Maßstab 1:1000 / 1:250
- ALK-Daten in digitaler Form, zur Verfügung gestellt von DB Netz AG
- Informationen zu Geländehöhen in digitaler Form, zur Verfügung gestellt von DB Netz AG
- Angaben zum Betriebsprogramm der Strecke Ulm – Augsburg im Prognosejahr 2025 (Nullfall und Planfall) auf Grundlage der Bedarfspanüberprüfung November 2010, DB Netz AG, zur Verfügung gestellt von DB ProjektBau GmbH
- Angaben zu den Gebietsnutzungen auf der Grundlage von Bebauungsplänen für die Bereiche Wendlingen und Kirchheim, zur Verfü-

gung gestellt von der Stadtverwaltung Wendlingen, Stadtbauamt,
bzw. der Stadtverwaltung Kirchheim, Planungsamt

- Gutachterliche Stellungnahme – PFA 1.4 „Filderbereich bis Wendlingen“, Entschädigungswertermittlungen der bebauten / unbebauten Grundstücke, Mehrfamilienwohnhäuser Heinrich-Otto-Straße 53+54 / 55+56 / 52, Ehem. Bürobaracke (Abbruch) Heinrich-Otto-Str. 50, Projektgemeinschaft Hädicke & Röder, Stuttgart den 08. Mai / 14. Juli 2003

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 bis 22:00 Uhr, Nacht: 22:00 bis 6:00 Uhr) und deren Vorbeifahrtdauer.

Bei der Ermittlung der Einwirkdauer ist für Erschütterungen das 30-Sekunden-Taktverfahren gemäß **DIN 4150-2** zu beachten. Bei den vorliegenden Zuglängen und Geschwindigkeiten kann davon ausgegangen werden, dass jede Zugvorbeifahrt nicht mehr als einen 30-Sekunden-Takte umfasst.

Bei der Bestimmung des Mittelungspegels für den sekundären Luftschall wird die Einwirkdauer der Züge aus deren Zuglänge und Zuggeschwindigkeit berechnet. Hierbei wird mit der 1,5-fachen Zuglänge gerechnet, um zu berücksichtigen, dass der Zug bereits vor und noch nach der Vorbeifahrt wahrgenommen werden kann.

Eine Zusammenstellung der maßgeblichen derzeitigen und zukünftigen Verkehrsdaten findet sich in **Anlage XI**.

Die oben benannten Betriebsparameter wurden im Sinne einer oberen Abschätzung ermittelt. Hierdurch kann gewährleistet werden, dass die prognostizierten Beurteilungsgrößen nach Inbetriebnahme der Strecke mit hoher Wahrscheinlichkeit unterschritten werden.

4.3.2 Angaben zum Fahrweg

Sowohl in den neu zu errichtenden Tunnelröhren der NBS Wendlingen – Ulm als auch für die Kleine Wendlinger Kurve ist als Oberbaukonzept eine Feste Fahrbahn vorgesehen. Die eingleisige Güterzuganbindung erhält ebenso wie die bestehende Neckartalbahn als Oberbau Betonschwellen im Schotterbett.

5 Anforderungen

5.1 Erschütterungen

Im Gegensatz zur schalltechnischen Problemstellung existieren derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen, in denen Grenzwerte für Erschütterungsimmissionen festgelegt sind. Daher werden die in Fachkreisen anerkannten Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** herangezogen. Bei Einhaltung dieser Anhaltswerte kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen keine erheblich belästigenden Einwirkungen darstellen, die als niedrigste Qualifikationsstufe schädlicher Umwelteinwirkungen anzusehen sind.

Die Rechtsgrundlage für Ansprüche auf Schutzmaßnahmen ist in **§ 74 (2) Verwaltungsverfahrensgesetz (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.

5.1.1 Beurteilung

Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen sind zwei Beurteilungsgrößen heranzuziehen:

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

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

Die Beurteilung erfolgt anhand der Kriterien A_u (für KB_{Fmax}) und A_r (für KB_{FTr}). Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A_u , so werden die Anforderungen der Norm erfüllt. Dann gilt als nachgewiesen, dass die schienenverkehrsinduzierten Erschütterungsimmissionen **nicht** als „**erheblich belästigend**“ einzustufen sind. Übersteigt die maximale bewertete Schwingstärke den unteren Anhaltswert, erfolgt die Beurteilung in einem weiteren Prüfschritt auf Basis der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} im Vergleich zu dem Beurteilungsanhaltswert A_r .

5.1.2 Anhaltswerte

Tabelle 1 Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

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

In **Tabelle 1** sind die Anhaltswerte **A** für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen oder vergleichbar genutzten Räumen gemäß DIN 4150-2 angegeben.

5.1.3 Kriterien einer wesentlichen Änderung

Nach der aktuellen Rechtsprechung müssen sich Betroffene vorhandene Vorbelastungen aus Erschütterungsimmissionen zurechnen lassen, das heißt die Vorbelastung ist bei der Prüfung möglicher Vorsorgeansprüche und bei der Abwägung geeigneter Schutzvorkehrungen zu berücksichtigen.

Es können nach der gegenwärtigen Rechtslage 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.

Dies wird durch das aktuelle Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes bestätigt. Unter Punkt 14 des Urteils wird angeführt, dass ein Erschütterungsschutz nur dann verlangt werden kann, wenn die Erschütterungsbelastung durch den Ausbau in **beachtlicher** Weise erhöht und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche, dem Betroffenen billigerweise nicht mehr zumutbare Belastung liegt.

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

Diese Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, dass eine Erschütterungsdifferenz von 25 % Erhöhung "praktisch als Laborunterschiedsschwelle" anzusehen ist. Bei der Durchführung der Laboruntersuchungen, bei denen mehreren Probanden Erschütterungssignale zur Beurteilung

angeboten wurden, wurden strenge Vergleichsbedingungen mit kurzen Pausen (ca. 3 Sekunden) zwischen den beiden angebotenen Signalen (Reiz und Vergleich) angewendet. Es wird darauf hingewiesen, dass unter realen Bedingungen die Pausenstruktur zwischen den einzelnen Zugvorbeifahrten wesentlich größer ist, so dass die Wahrnehmung von Erschütterungsdifferenzen erst bei größeren Reizdifferenzen zu erwarten ist.

5.2 Sekundärer Luftschall

5.2.1 Grundlagen der Beurteilung

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

Bei der Beurteilung schienenverkehrsinduzierter sekundärer Luftschallimmissionen ist zunächst zu berücksichtigen, dass es sich hierbei – wenn auch im weiteren Sinne – um Verkehrslärmimmissionen handelt. Demzufolge kann das Bundes-Immissionsschutzgesetz (**BlmSchG**) herangezogen werden, das sich in den §§ 41 bis 43 mit Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche befasst. In § 43 **BlmSchG** wird die Bundesregierung ermächtigt, die erforderlichen Rechtsvorschriften zu erlassen. Hierbei wird explizit darauf hingewiesen, dass den Besonderheiten des Schienenverkehrs Rechnung zu tragen sei. Dies ist für primäre Luftschallimmissionen mit Erlass der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BlmSchV**) geschehen. Eine Regelung zum sekundären Luftschall wurde bislang noch nicht erlassen.

Ein Anhaltspunkt für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen ergibt sich aus der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (**24. BlmSchV**), die – wenn auch indirekt – Vorgaben für zulässige Innenraumpegel aus Verkehrslärmimmissionen in Abhängigkeit von der Raumnutzung angibt – auch wenn der sekundäre Luftschall streng genommen nicht den Regelungen der **24. BlmSchV** unterliegt, da deren Anwendung die Überschreitung der Immissionsgrenzwerte nach § 2 der **16. BlmSchV** durch den Bau oder die wesentliche Änderung einer öffentlichen Straße oder eines Schienenverkehrsweges voraussetzt. In Anlehnung an die **24. BlmSchV** scheint es dennoch gerechtfertigt, den aus Tabelle 1 der

24. BImSchV (Korrektursummand D zur Berücksichtigung der Raumnutzung) abgeleiteten Beurteilungspegel im Innenraum (Korrektursummand D zuzüglich 3 dB(A)) als Beurteilungsmaßstab auch hinsichtlich sekundären Luftschalls heranzuziehen (siehe hierzu auch Kapitel 5.2.2).

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass das Heranziehen von Anforderungswerten gemäß Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen implizit die in der Rechtsprechung allgemein anerkannten Zumutbarkeitsschwellen bei Innenraumpegeln tags von 40 dB(A) für Wohnräume und nachts von 30 dB(A) für Schlafräume berücksichtigt. Der 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 (2) Satz 2 VwVfG** bestimmt. Da die **24. BImSchV** nicht nur Anforderungswerte für Wohn- und Schlafräume nennt, sondern ebenfalls Anforderungen für andere Nutzungen, sollen diese Anforderungswerte für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen hilfsweise herangezogen werden. Ungeachtet dessen ist die maßgebliche Grundlage der Beurteilung die von der Rechtsprechung entwickelte Zumutbarkeitsschwelle, von denen auch der Verordnungsgeber der **24. BImSchV** ausgegangen ist.

5.2.2 Anforderungswerte

In der Anlage zur **24. BImSchV** sind 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. Zur Vermeidung von Kommunikations- bzw. Schlafstörungen wurde festgelegt, dass die Beurteilungspegel in Wohnräumen tags 40 dB(A) bzw. in Schlafräumen nachts 30 dB(A) nicht überschreiten sollten. Für andere schutzbedürftige Räume gelten entsprechende Innenschallpegel.

Im Korrektursummanden **D** sind zum einen die Innenraumpegel für die jeweilige Raumart einbezogen, zum anderen eine Korrektur von **3 dB**, die berücksichtigt, dass die Dämmwirkung von Außenbauteilen bei gerichtet einfallendem Schall geringer ausfällt als im diffusen Schallfeld. Unter Be-

rücksichtigung dieses Sachverhaltes können die in **Tabelle 2** angegebenen Immissionsrichtwerte für eine Beurteilung des Innenschallpegels gemäß **24. BImSchV** abgeleitet werden. Der für den Tag und die Nacht zulässige Beurteilungspegel berechnet sich aus dem Korrektursummanden D wie folgt:

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

Tabelle 2 Immissionsrichtwerte für sekundären Luftschall

Zeile	Raumnutzung	$L_{ri,T}$ [dB(A)]	$L_{ri,N}$ [dB(A)]
1	Räume, die überwiegend zum Schlafen genutzt werden	-	30
2	Wohnräume	40	-
3	Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume	40	-
4	Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume	45	-
5	Großraumbüros, Schalterräume, 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 innerhalb von Räumen für den Tag

$L_{ri,N}$ Beurteilungspegel innerhalb von Räumen für die Nacht

5.2.3 Anwendung des „Schienenbonus“

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

lungskonzeptes. Daher ist auch in diesem Zusammenhang der Schienenbonus anzuwenden.

5.2.4 Kriterien einer wesentlichen Änderung

Für den sekundären Luftschall wird in Anlehnung an die schalltechnische Problemstellung bei der Bewertung nach **16. BImSchV** eine Erhöhung der Beurteilungspegel um mindestens **3 dB(A)** als wesentlich eingestuft. Hierbei wird auch für die Pegel des sekundären Luftschall die übliche Rundungsregel angewendet. Es wird stets auf ganz dB(A) aufgerundet. Ein Anspruch auf Vorsorgemaßnahmen ergibt sich demgemäß infolge einer wesentlichen Erhöhung der Beurteilungspegel um mindestens **2,1 dB(A)** bei gleichzeitiger Immissionsrichtwertüberschreitung. Hierbei ist zu beachten, dass im Falle der wesentlichen Änderung erst die Differenz des Beurteilungspegels gerundet wird und nicht bereits die Pegel der einzelnen Lastfälle.

6 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

Ausgangspunkt der erschütterungstechnischen Untersuchung ist die Festlegung repräsentativer Untersuchungsobjekte. Für die Durchführung der Erschütterungsmessung bzw. der Erschütterungsprognose werden in den nachfolgend benannten Immissionsbereichen **A** bis **D** Gebäude ausgewählt, die sich im Einwirkungsbereich des Planvorhabens befinden. Die Fragen des Immissionsschutzes werden für diese repräsentativen Objekte geprüft und ggf. Schutzmaßnahmen dimensioniert.

Der Bereich **A** kennzeichnet das relevante Untersuchungsgebiet im Bereich der Gebäude an der Heinrich-Otto-Straße. Im Bereich **B** werden Gebäude nahe der Güterzuganbindung in Wendlingen untersucht. Bereich **C** beinhaltet die Unterfahrung von Gebäuden im Außenbereich südwestlich von Kirchheim unter Teck. Der Bereich **D** befindet sich im Anbindungsgebiet der Kleinen Wendlinger Kurve an die bestehende Neckartalbahn.

In den Bereichen **A**, **B** und **D** besteht eine erschütterungstechnische Vorbelastungssituation infolge der Neckartalbahn. Für diese Bereiche werden anhand des Vergleichs der zukünftig zu erwartenden Erschütterungsimmissionen (Prognose-Planfall) mit denen der Bestandssituation (Prognose-Nullfall) überprüft, ob sich eine „wesentliche Änderung“ ergeben wird.

Zur Prognostizierung der im Prognose-Nullfall und im Prognose-Planfall auftretenden Immissionen ist die Aufstellung eines Quellen- und Ausbreitungsmodells erforderlich. Da die maßgeblichen Ausbreitungsparameter im Zuge der Beweissicherungsmessungen an repräsentativen Objekten erhoben wurden, wird zunächst ein Ausbreitungsmodell für die Bestandssituation erstellt. Unter Zugrundelegung geeigneter Emissionsansätze und der messtechnisch erhobenen Ausbreitungsparameter wird anschließend eine Prognoseberechnung durchgeführt, die systembedingte Differenzen zu den faktisch gemessenen Beurteilungsgrößen aufweist. Diese systematische Differenz, die im Regelfall immer dann gegeben ist, wenn messtechnisch erhobene Beurteilungsgrößen mit berechneten Beurteilungsgrößen verglichen werden, wird durch eine geeignete Korrekturfunktion (Funktion der Frequenz) eliminiert, so dass das Prognosemodell für die Bestandssituation zu exakt den gleichen Ergebnissen führt wie die Beweissicherungsmessungen. Auf Grundlage dieses Modells wird anschließend das Modell für den Prognose-Planfall erstellt. Dieses Vorgehen gewährleistet eine hohe Prognosegenauigkeit.

Da die Neckartalbahn sowohl im Bestand (Prognose-Nullfall) als auch im Prognose-Planfall oberirdisch verläuft und die Immissionen aus sekundärem Luftschall für oberirdisch geführte Bahnstrecken von untergeordneter Bedeutung sind, werden sie in diesen Bereichen nicht weiter betrachtet.

In Bereichen mit Vorbelastung wird für den Prognose-Nullfall ein Verkehrsaufkommen zu Grunde gelegt, welches zum Prognosehorizont für die bestehende Neckartalbahn ohne die geplante Baumaßnahme zu erwarten ist.

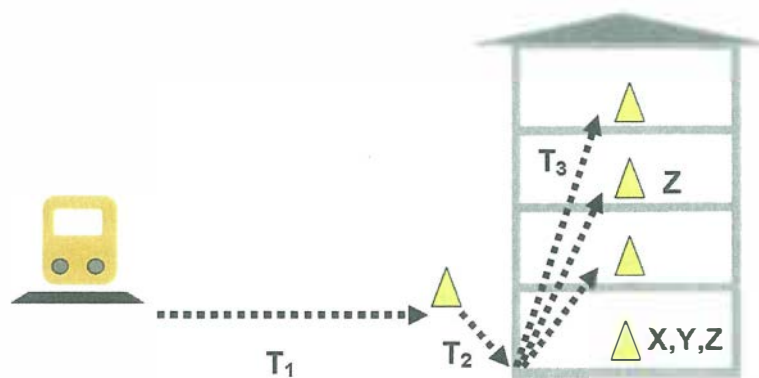
Beim Bereich **C** handelt es sich um einen Neubau. Hierfür werden die zukünftig zu erwartenden Immissionen aus Erschütterungen prognostiziert (Prognose-Planfall) und direkt mit den Anhaltswerten der **DIN 4150-2** verglichen. In der nachfolgenden Tabelle sind für die verschiedenen Immissionsbereiche die jeweils einwirkenden Streckenabschnitte aufgeführt.

Tabelle 3 Gliederung der Untersuchungsbereiche

	Immissionsbereich	einwirkende Streckenabschnitte
A	Wendlingen: Heinrich-Otto-Straße	Neckartalbahn (oberirdisch) Neubaustrecke (oberirdisch)
B	Wendlingen: Im Brühl, Nürtinger Straße, Schützenstraße	Neckartalbahn (oberirdisch) Güterzuganbindung (oberirdisch)
C	Kirchheim unter Teck: Wohlläbern, Hahnweidstraße	Neubaustrecke (Tunnel)
D	Oberboihingen: Unterbohinger Straße	Neckartalbahn (oberirdisch) Kleine Wendinger Kurve (oberirdisch)

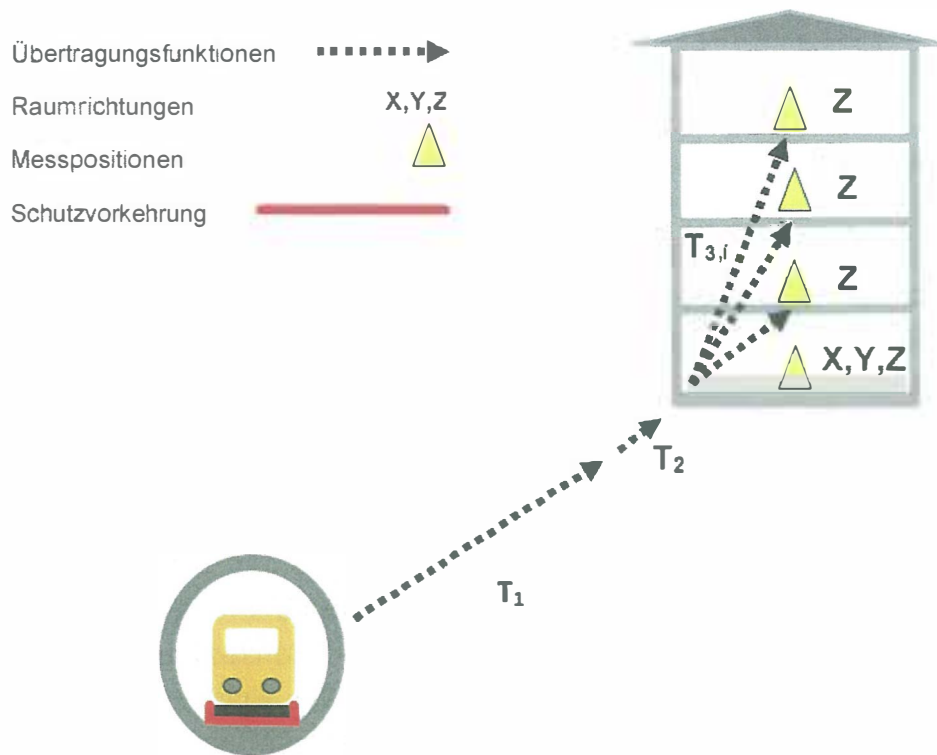
Für die Ermittlung der nach Inbetriebnahme einer Bahnstrecke auftretenden Schwingungsimmissionen ist neben der Kenntnis der zukünftigen **Emissionen** auch die Kenntnis der **Schwingungs-Übertragungsverhältnisse** vom Gleiskörper zum Raum, in dem sich Menschen aufhalten, erforderlich. Bei der Erstellung der Erschütterungsprognosen wird von den in den **Abbildungen 1** und **2** skizzierten Übertragungsketten ausgegangen. Die dargestellten Übertragungswege werden separat ermittelt und dann zu einer Gesamtübertragungsfunktion überlagert.

Abbildung 1 Übertragung von Erschütterungen oberirdisch



- T₁: Übertragung Emissionspunkt bis vor das Gebäude
- T₂: Übertragung Freifeld vor dem Gebäude auf das Gebäudefundament
- T₃: Übertragung vom Gebäudefundament auf die Geschosdecken
- Z: vertikale Schwingungsrichtung
- X,Y: horizontale Schwingungsrichtung

Abbildung 2 Übertragung von Erschütterungen unterirdisch



Da die Übertragungsfunktionen zum Teil stark frequenzabhängig sind, ist für die Prognose ein Berechnungsverfahren anzuwenden, das die spektrale Zusammensetzung sowohl der Schwingungsemission als auch der einzelnen Transferfunktionen berücksichtigt. Die spektrale Auflösung erfolgt hierbei in Terzbandbreite im Bereich zwischen 5 und 315 Hz.

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

6.1 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 (zum Beispiel das Gebäude liegt in einem Winkel von ca. 45° zur Vertikalen über dem Tunnel), ist von der hö-

heren Emissionsangabe, im Regelfall der Schwingschnelle an der Tunnelwand (horizontale Richtung), auszugehen. Bei oberirdischen Strecken wird die Emission durch die in einem Abstand von 8 m zur Gleisachse im Erdboden gemessenen Schwingstärken charakterisiert.

Bei der Auswahl geeigneter Emissionsdaten für die Erstellung einer Erschütterungs-Immissionsprognose wird empirisch vorgegangen, das heißt man wählt aus vorliegenden Messergebnissen für bereits gebaute und in Betrieb befindliche Tunnelstrecken die oben genannten Emissionsspektren aus und überprüft, ob alle emissionsrelevanten Parameter deckungsgleich sind. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass zum Beispiel die Emissionen an einer Strecke 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. Im Regelfall sind jedoch Korrekturen der Emissionsdaten auf der Grundlage allgemeiner Erkenntnisse vorzunehmen. So sind zum Beispiel für Geschwindigkeitsdifferenzen oder für das Messverfahren Zuschläge auf die Emissionen anzuwenden.

Weiterhin sind basierend auf Erfahrungswerten zum Erschütterungsschutz insbesondere die Tunnelform, die Tunnelgründung, die Bodenverhältnisse, die Geschwindigkeiten oder auch die Trassenlage bei oberirdisch geführten Strecken zu berücksichtigen. Die unkorrigierten Ausgangsspektren sind in **Anlage X.1 bis X.6**, die Korrekturfunktionen in **X.7 bis X.10** graphisch dargestellt. Die im Rahmen der Prognoseberechnungen angewendeten korrigierten Emissionsspektren sind in **Anlage X.11 bis X.28** beigelegt. Grundsätzlich gilt bei der Ermittlung des Emissionsansatzes der Grundsatz der oberen Abschätzung. Alle Annahmen sind so zu treffen, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit gewährleistet werden kann, dass die zukünftig auftretenden Erschütterungsimmisionen an betroffenen Gebäuden geringer sein werden als die prognostizierten Einwirkungen.

6.2 Transmission

Der Übertragungsweg auf die für die Beurteilung relevante Geschosdecke eines Gebäudes wird in einzelne Übertragungsfunktionen (Transferfunktionen) untergliedert, deren Bedeutung im Folgenden erläutert wird.

6.2.1 Transferfunktion 1:

Als Transferfunktion T_1 wird die entfernungsbedingte Amplitudenabnahme der Schwingschnelle zwischen Emissionsort und einem Ort im Erdreich unmittelbar vor einem Gebäude bezeichnet. Sie setzt sich aus geometrischer Ausbreitungsdämpfung und frequenzabhängiger Materialdämpfung des Ausbreitungsmediums, das heißt dem Boden zusammen. Um den Bereich der freien Wellenausbreitung (Fernfeld) von den komplexen Vorgängen in unmittelbarer Nähe der Erschütterungsquellen (Nahfeld) zu trennen, wird ein Bezugsabstand R_1 zur Quellenmitte festgelegt, der den Übergang vom Nahfeld zum Fernfeld definiert. Im Fernfeld ($R > R_1$) wird die Funktion rechnerisch unter Berücksichtigung der gegebenen Bodenverhältnisse bestimmt:

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

mit

- n** Exponent, der von Wellenart, Quellengeometrie und Art der Schwingungen abhängt [-],
- α** $\approx 2 \pi D/\lambda$
Abklingkoeffizient [m^{-1}],
- D** Dämpfungsgrad [-],
- λ** = c/f
Wellenlänge [m],
- c** Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle [m/s],
- f** Frequenz [Hz],
- R_1** Bezugsabstand [m],
- R** Entfernung des Immissionsortes von der Quelle [m].

Im vorliegenden Fall wird von **1 %** Dämpfung und von der im Planungsreich typischen Wellenausbreitungsgeschwindigkeit von

c = 200 m/s (oberirdischer Bereich)

c = 400 m/s (unterirdischer Bereich)

ausgegangen. Der Exponent für den als Linienquelle zu betrachtenden oberirdischen Schienenverkehr liegt gemäß **DIN 4150-1** zwischen **0,2** und **0,5**. Dieser Exponent wird im oberirdischen Streckenabschnitt mit

$$n = 0,2$$

und im unterirdischen Streckenabschnitt mit

$$n = 0,5$$

berücksichtigt.

6.2.2 Transferfunktion 2:

Die Transferfunktion 2 beschreibt das Übertragungsverhalten vom **Boden** auf das **Gebäudefundament**. 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 nicht für alle untersuchten Gebäude möglich. In diesen Fällen wurde die Transferfunktion 2 aus Messungen an vergleichbaren Gebäuden übernommen. Eine grafische Darstellung der empirischen Funktionen findet sich in **Anlage IX**.

6.2.3 Transferfunktion 3:

Die Transferfunktion 3 beschreibt das Übertragungsverhalten 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 bei unterschiedlichen Decken stark variieren. Verantwortlich hierfür sind 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 Gebäudefundament liegt.

Da die Transferfunktion 3 in hohem Maße Einfluss auf das Prognoseergebnis nimmt, werden diese Übertragungsfunktionen an den zu untersuchenden Gebäuden messtechnisch ermittelt. Für die Immissionsorte in Kirchheim unter Teck (Bereich C) wurde hierzu im Außenbereich der Gebäude an verschiedenen Positionen relativ zum Gebäude eine Schwingungsanregung in den Boden eingebracht (hier mit einer Rüttelplatte) und die Schwingschnelle sowohl am Gebäudefundament als auch auf einzelnen Geschossdecken gemessen. Diese Messanordnung entspricht den bei Beweissicherungsmessungen an im Betrieb befindlichen Bahnstrecken üblichen Messanordnungen. Aus dem Verhältnis der Schwingschnelle am Gebäudefundament zur Schwingschnelle auf den Geschossdecken wird die Transferfunktion 3 ermittelt. Für Immissionspunkte, die im Einwirkungsbereich der Neckartalbahn liegen, erfolgt die Anregung des Gebäudes durch vorbeifahrende Züge.

6.3 Immission

6.3.1 Erschütterungen

Als **Erschütterungsimmissionen** werden die bauwerksbezogenen, gemäß **DIN 4150-2** in der Mitte von Räumen ermittelten KB-bewerteten Schwingstärken bezeichnet. Die KB-Bewertung ist eine frequenzbezogene Bezugsbewertungskurve für Erschütterungssignale. Sie wird herangezogen für die Bewertung bei nicht vorgegebener Körperhaltung und setzt sich zusammen aus Elementen der Bewertung von Einwirkungen im Stehen und Sitzen (vgl. **DIN 45669-1**).

6.3.2 Sekundärer Luftschall

Die Prognose des sekundären Luftschallpegels im Innenraum L_i basiert auf dem zuvor berechneten maximalen zeitbewerteten Körperschallschnellepegel L_v . Dieser entspricht dem Maximalpegel der Schwingstärke, der im Gegensatz zum $KB_{F_{max}}$ -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:

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

Darin bedeuten:

- L_{sek}** : sekundärer Luftschallpegel des betrachteten Bauteils in dB(A)
L_v : mittlerer A-bewerteter Körperschallschnellepegel
des betrachteten Bauteils in dB(A)
σ : Abstrahlgrad des betrachteten Bauteils
S : Fläche des betrachteten Bauteils in m²
A : äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in m²

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 müsste. 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 Deckenkonstruktionen beschrieben. Demnach gelten für den sekundären Luftschall aus dem Betrieb von Fernbahnzügen folgende Beziehungen:

- $L_i = 26,2 + 0,46 \cdot L_{vA}$ für Betondecken,
 $L_i = 24,5 + 0,59 \cdot L_{vA}$ für Holzbalkendecken.

Dabei bedeuten

- L_i**: A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel in dB(A),
L_{vA}: A-bewerteter Körperschallschnellepegel in dB(A).

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.

6.4 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 Rad-satzmasse) rekrutiert, und dem „elastischen“ Schotterbett als Feder. Ähnliche Effekte treten auch bei Festen Fahrbahnen (FF) auf. Als Feder fungiert in diesem Fall die Gleistragplatte, deren elastische Eigenschaften häufig durch Zusatzkomponenten wie Stützpunktlager erhöht werden.

Dieser Masse-Feder-Effekt führt zum Beispiel bei ebenerdig geführten Strecken zu Oberbauübertragungsfunktionen, 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 eines leichten Masse-Feder-Systems im Falle einer Festen Fahrbahn als Oberbaukonzept wird die dynamische Gesamtsteifigkeit des Oberbaus reduziert, was dazu führt, dass sich das spektrale Maximum der Oberbauübertragungsfunktion in den Bereich 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 auf Grund der flächenartigen Lastenverteilung bei der Festen Fahrbahn die Materialbeanspruchung derartiger elastischer Unterlagenmatten deutlich geringer ist als die von Unterschottermatten, können hierfür andere in der Regel kostengünstigere Materialien angewendet werden.

Alternativ kann eine elastische Abfederung des Oberbaus auch mit Hilfe von Einzellagern (Elastomerlager, Stahlfedern) erfolgen. Hierbei wird die bei einer Festen Fahrbahn vorhandene Gleistragplatte elastisch gelagert. In **Anlage XII** ist die Einfügungsdämmkurve eines Leichten-Masse-Feder-Systems dargestellt. Die Übertragungsfunktionen sind idealisiert, das heißt im Regelfall ergeben sich bei messtechnischen Überprüfungen nicht die 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.

6.5 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 (z. B. Emissionsspektren) zurückgegriffen wird, ist davon auszugehen, dass der Prognosefehler deutlich höher liegt.

Auf Grund von Erkenntnissen an Einzelprojekten kann die Prognose im günstigen Fall mit 3 dB(A) 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 Anregung durch Schienenverkehr und bei Fremdanregung machen deutlich, dass auch mit Fremdanregung eine Bestimmung der maßgeblichen Übertragungsfunktion 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 Erschütterungsimmissionen an betroffenen Gebäuden geringer sein werden als die prognostizierten Einwirkungen. Die Prognosegenauigkeit der Erschütterungsimmissionen wird mit +0/-3 dB(A) 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.

7 Untersuchungsergebnisse

Die Streckenführung für die untersuchten Bereiche im PFA 2.1a/b sind in den Lageplänen in **Anlage I** zu sehen. Die Angaben zu den untersuchten Immissionsorten befinden sich in **Anlage VIII**. Für den Fall, dass zur Einhaltung der erschütterungstechnischen Anforderungen Schutzmaßnahmen erforderlich werden, ist in **Anlage XII** die Übertragungsfunktion einer typischen Schutzmaßnahme angegeben.

In **Anlage II** bis **V** sind die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen und die Prognoseergebnisse für die exemplarisch untersuchten Gebäude dargestellt. Die Anlagen enthalten Tabellen für die zukünftigen Einwirkungen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall. Den **Anlagen VI** und **VII** sind die Prognoseergebnisse der untersuchten Gebäude unter Berücksichtigung der empfohlenen Schutzmaßnahme zu entnehmen.

Die Diskussion der Untersuchungsergebnisse orientiert sich an den räumlichen Konfliktbereichen. Sofern die für den Betrieb der Schienenverkehrswege prognostizierten Erschütterungsimmissionen oder Immissionen aus sekundärem Luftschall das Erfordernis von Schutzmaßnahmen aufweisen, werden diese anschließend diskutiert.

In den tabellarischen Ergebnisdarstellungen sind jeweils die Immissionen für mehrere Räume in den einzelnen Gebäuden aufgeführt. Die Angabe der Beurteilungsgrößen erfolgt getrennt für den Tag- und den Nachtzeitraum. Im Fall des sekundären Luftschalls beziehen sich die Angaben tags

auf Wohn- oder vergleichbar genutzte Räume, 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 immissions-technischer Anforderungen erforderlich.

7.1 Heinrich-Otto-Straße (Bereich A)

7.1.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

Die untersuchten Gebäude an der Heinrich-Otto-Straße befinden sich in einem Abstand von ca. 27 m zur 2-gleisigen Neubaustrecke. Die NBS verläuft dort oberirdisch in Dammlage. Zusätzlich liegen die Gebäude im Einwirkungsbereich der 2-gleisigen Neckartalbahn. Bei der Bebauung handelt es sich um 2 – 3-geschossige Wohngebäude.

7.1.2 Bestand / Prognose-Nullfall

In **Anlage II.1** ist das Ergebnis des ersten Beurteilungsschrittes gemäß DIN 4150-2 dargestellt. Hierin wird geprüft, ob die **KB_{Fmax}-Werte** den unteren Anhaltswert unterschreiten. Die Gebäude liegen in einem Mischgebiet (**MI**). An beiden untersuchten Gebäuden überschreiten die maximal bewerteten Schwingstärken den unteren Anhaltswert (**A_u**) zumindest im Nachtzeitraum. Der Maximalwert für Bestand bzw. Prognose-Nullfall wird in dem Gebäude Heinrich-Otto-Straße 52 (**IP 2**) mit

$$\mathbf{KB_{Fmax} = 0,483}$$

ausgewiesen. Dies bedeutet, dass bereits durch den Betrieb der Neckartalbahn gut spürbare Schwingungsimmissionen auftreten. Somit wird der zweite Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2 erforderlich. Das Ergebnis des 2. Beurteilungsschrittes ist in **Anlage II.2** zu erkennen. In keinem der untersuchten Gebäude werden die Beurteilungsanhaltswerte gemäß DIN 4150-2 überschritten. Die Beurteilungsschwingstärke für **IP 2** liegt im Tag- bzw. im Nachtzeitraum bei

$$\mathbf{KB_{FT} = 0,060 / 0,032.}$$

Dies bedeutet, dass die Erschütterungsimmissionen infolge des Betriebs auf der Neckartalbahn zwar spürbar, aber im Sinne der **DIN 4150-2** als nicht erheblich belästigend einzustufen sind.

7.1.3 Prognose-Planfall

Die Ergebnisse für den Prognose-Planfall sind in **Anlage III** dokumentiert. Hierin wurden die Immissionsanteile überlagert, die von der Neubaustrecke bzw. der Neckartalbahn hervorgerufen wurden. In **Anlage III.1** sind die **KB_{max}**-Werte tabellarisch aufgeführt. Die Immissionen bewegen sich im Bereich von

$$\mathbf{KB_{max} = 0,483 \dots 1,192.}$$

Somit wird der untere Anhaltswert **A_u** in allen Räumen der beiden untersuchten Gebäude sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum überschritten. Die prognostizierten Immissionen sind als gut spürbar einzustufen. Im zweiten Schritt der Beurteilung (**Anlage III.2**) werden Beurteilungsschwingstärken bis zu

$$\mathbf{KB_{FT} = 0,233}$$

für den Tagzeitraum und

$$\mathbf{KB_{FT} = 0,146}$$

für den Nachtzeitraum ausgewiesen. Dies bedeutet, dass es zukünftig in beiden untersuchten Gebäuden im **Bereich A** zu erheblichen Belästigungen durch Erschütterungseinwirkungen kommen wird.

7.1.4 Prüfung auf wesentliche Änderung

Gemäß einschlägiger Rechtsprechung besteht ein Anspruch auf Vorsorgemaßnahmen gegen Erschütterungsimmissionen an bestehenden Eisenbahnstrecken, wenn sich aus der baulichen Erweiterung oder Änderung der vorhandenen Bahnanlage eine **wesentliche Erhöhung** der Erschütterungsimmissionen im Zusammenhang mit Anhaltswertüberschreitungen ergibt.

In der Rechtsprechung werden Erhöhungen der Erschütterungsimmissionen um mehr als 25 % im Vergleich zur Bestandssituation / Prognose-

Nullfallsituation (Vorbelastung) als **wesentlich** erachtet. Die Prüfung dieses Sachverhaltes ist in **Anlage IV** dokumentiert. **Grüne** Felder kennzeichnen Wohnräume, für die die Erhöhung der Beurteilungsschwingstärken geringer als 25% ist. **Gelb** gekennzeichnete Räume erfahren eine Erhöhung der Erschütterungsimmissionen gegenüber der Bestandssituation um mehr als 25 %. Allerdings werden in diesen Räumen die Anhaltswerte eingehalten, so dass der Sachverhalt der wesentlichen Änderung nicht gegeben ist. In **rot** gekennzeichneten Räumen kommt es zu einer Erhöhung der Erschütterungsimmissionen um mehr als 25% bei gleichzeitiger Anhaltswertüberschreitung. Für diese Räume ergibt sich eine Anspruchsberechtigung auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen.

In beiden untersuchten Gebäuden ergeben sich sowohl für den Tag- als auch für den Nachtzeitraum **wesentliche Erhöhungen** der Erschütterungsimmissionen um bis zu **1168 %**. Dies ist vorrangig auf Immissionsanteile durch das Heranrücken der Neubaustrecke an die beiden Gebäude zurückzuführen. Somit besteht für diesen Bereich dem Grunde nach ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen. Extrapoliert man die Untersuchungsergebnisse auf die umliegende Bebauung, so kann ein Anspruch für ein weiteres Gebäude (Heinrich-Otto-Straße 55) nicht ausgeschlossen werden. Für das Gebäude Heinrich-Otto-Straße 57, welches sich ebenfalls im näheren Einwirkungsbereich der Trasse befindet, können aufgrund der gegebenen Abstandsverhältnisse mögliche Immissionskonflikte bzw. Anspruchsberechtigungen auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen ausgeschlossen werden.

7.1.5 Abwägung der Schutzmaßnahme

Die Trasse verläuft im **Bereich A** oberirdisch in Dammlage. Das Oberbaukonzept sieht hier eine Feste Fahrbahn vor. Für oberirdisch geführte Schienenverkehrswege existieren wirksame Schutzsysteme nur im begrenzten Umfang. Für die Feste Fahrbahn gibt es zurzeit keine erprobten Systeme. Ein denkbares geeignetes Schutzsystem stellt ein optimierter Schotteroberbau dar. Dieser besteht aus einem Betontrog in dem auf einer Unterschottermatte der Schotteroberbau eingebracht ist. Der Einbau eines solchen Systems bedeutet im vorliegenden Fall aber, dass für den **Bereich A** ein Oberbauwechsel erforderlich würde. Um die Wirksamkeit des Schutzsystems gewährleisten zu können, müssen die beiden Brücken mit einbezogen werden. Das Schutzsystem wäre dann nicht nur in Höhe der Gebäude, sondern auch in Teilabschnitten auf den beiden anschließenden Brückenbauwerken vorgesehen werden. Die Ausbildung insbe-

sondere die Übergangsbereiche gestaltet sich hier als technisch besonders schwierig. Die Schutzmaßnahme müsste dann auf eine Länge je Gleis von ca.

$$L = 360 \text{ m}$$

eingebaut werden. Dies bedeutet eine Gesamtlänge von **720 m**. Die Mehrkosten für den optimierten Oberbau liegen bei ca. **1000 €** je m Gleis. Dies entspricht Mehrkosten für das Schutzsystem von ca.

$$K = 720.000,- \text{ €.}$$

Die vorgenannten 3 Gebäude in der Heinrich-Otto-Straße können durch eine solche Maßnahme geschützt werden. Gemäß einer gutachterlichen Stellungnahme der Projektgemeinschaft Sachverständige Hädicke & Röder wird der Verkehrswert für die beiden Gebäude Heinrich-Otto-Straße 55 und 56 mit insgesamt

$$K = 230.000 \text{ €}$$

angegeben. Für das Gebäude Heinrich-Otto-Straße 52 liegt der Verkehrswert gemäß Wertermittlungsgutachten bei

$$K = 260.000 \text{ €.}$$

In der Summe ergeben sich somit Verkehrswerte von

$$K = 490.000 \text{ €.}$$

Die Kosten für die Schutzmaßnahme übersteigen demzufolge den Verkehrswert der zu schützenden Objekte. Die Kosten sind somit als **unverhältnismäßig** einzustufen. Eine Verhältnismäßigkeit des Aufwandes zum erzielbaren Schutzzweck ist dann gegeben, wenn das Verhältnis des Aufwandes zum Verkehrswert bei **< 0,5** liegt.

7.2 Güterzuganbindung (Bereich B)

7.2.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

In diesem Bereich befinden sich vorwiegend Wohngebäude. In der Bestands- / Prognose-Nullfallsituation weisen die 3 untersuchten Gebäude (**IP 3** bis **IP 5**) einen minimalen Abstand von ca. 26 m zum nächstgelegenen Gleis der bestehenden oberirdisch geführten Neckartalbahn auf. Im

Prognose-Planfall verändert sich der Abstand des nächstgelegenen Gleises im Untersuchungsbereich nicht. Die repräsentativen Gebäude befinden sich in einem Mischgebiet (**MI**).

7.2.2 Bestand / Prognose-Nullfall

Wie in **Anlage II.1** zu erkennen ist, überschreiten in der Mehrzahl der untersuchten Räume die maximalen bewerteten Schwingstärken $KB_{F_{max}}$ den unteren Anhaltswert A_U .

Im zweiten Schritt der Beurteilung (**Anlage II.2**) werden sowohl tags als auch nachts in keinem der untersuchten Räume die Beurteilungsanhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** für Gebäude in Mischgebieten (**MI**) überschritten. Maximale Werte ergeben sich für das Gebäude Schützenstraße 5 (**IP 4**) mit

$$KB_{F_{Tr}} = 0,085$$

für den Tagzeitraum und

$$KB_{F_{Tr}} = 0,045$$

für den Nachtzeitraum.

7.2.3 Prognose-Planfall

Gegenüber dem Prognose-Nullfall ergeben sich hinsichtlich der $KB_{F_{max}}$ -Werte keine Änderungen, da sich im Prognose-Planfall weder Abstand des nächstgelegenen Gleises noch Zuggattungen oder Geschwindigkeiten ändern.

In **Anlage III.2** ist erkennbar, dass in keinem der 3 untersuchten Gebäude der Beurteilungsanhaltswert (A_r) sowohl für den Tag- als auch für den Nachtzeitraum überschritten wird. Maximale Immissionen werden für das Anwesen Schützenstraße 5 (**IP 4**), auf. Hier beträgt die Beurteilungsschwingstärke im Tagzeitraum

$$KB_{F_{Tr}} = 0,072$$

und im Nachtzeitraum

$$KB_{F_{Tr}} = 0,049.$$

Das Untersuchungsergebnis zeigt, dass es auch zukünftig im Untersuchungsbereich **B** nach Inbetriebnahme der Güterzuganbindung nicht zu erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen im Sinne der **DIN 4150-2** kommen wird. Ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen besteht nicht.

7.2.4 Prüfung auf wesentliche Änderung

Da im Prognose-Planfall die Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 eingehalten werden, ist der Sachverhalt der wesentlichen Änderung im Bereich B nicht gegeben. Die ausgewiesenen Änderungen besitzen in diesem Zusammenhang rein informativen Charakter. Wie in **Anlage IV** erkennbar ist, ergeben sich im Tagzeitraum Minderungen in allen untersuchten Gebäuden um mindestens

$$KB_{FT_r} = -14\%.$$

Im Nachtzeitraum liegen die Erhöhungen bei maximal

$$KB_{FT_r} = 67\%.$$

Ursächlich hierfür ist das erhöhte Güterverkehrsaufkommen.

7.3 Kirchheim unter Teck (Bereich C)

7.3.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

Die untersuchten Gebäude im Außenbereich südwestlich von Kirchheim unter Teck werden teilweise von jeweils einer der beiden Tunnelröhren direkt unterfahren. Die minimale Überdeckung beträgt 23 m. In drei der vier untersuchten Gebäude findet Wohnnutzung statt. Ein weiteres Gebäude ist das Schulungszentrum der DEULA. Die Gebäude werden vergleichbar mit Mischgebiet (**MI**) beurteilt.

7.3.2 Erschütterungen

Die Ergebnisse des ersten Schritts der Beurteilung sind in **Anlage III.1** zu sehen. Im Prognose-Planfall wird in 3 der untersuchten Gebäude der untere Anhaltswert (**A_u**) im Nachtzeitraum überschritten. Die maximal bewerteten Schwingstärken sind als gerade bis gut spürbar einzustufen.

In **Anlage III.2** ist der zweite Schritt der Beurteilung dargestellt. In keinem der vier untersuchten Gebäude wird der Beurteilungsanhaltswert (A_r) überschritten. Die maximale Beurteilungsschwingstärke wird für das Gebäude Wohlläberer 2 (**IP 7**) mit

$$KB_{FT_r} = 0,067$$

im Tagzeitraum prognostiziert. Dies bedeutet eine Ausschöpfung des Beurteilungsanhaltswertes für Gebäude in Mischgebieten von **67 %**. Somit werden die Anhaltswerte der DIN 4150-2 eingehalten. Dem Grunde nach besteht infolge der zukünftig einwirkenden Erschütterungsimmissionen kein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen.

7.3.3 Sekundärer Luftschall

In **Anlage V** sind die prognostizierten Beurteilungspegel L_{ri} tabellarisch dargestellt. In keinem der 4 untersuchten Gebäude wird der Anforderungswert für den Tagzeitraum

$$L_{ri,max} = 40 \text{ dB(A)}$$

überschritten. Im Nachtzeitraum hingegen wird in einem Raum der Anforderungswert unter Berücksichtigung der Rundungsregel um bis zu

$$\Delta L_{ri} = 1,0 \text{ dB(A)}$$

überschritten. Die Beurteilungs-Innenschallpegel für den kritischen Nachtzeitraum liegen im Bereich von

$$L_{ri} = 21 \dots 31 \text{ dB(A)}.$$

Somit sind die Anforderungen der 24. BImSchV für diesen Immissionsort als **nicht erfüllt** anzusehen. Hierdurch ergibt sich ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen.

7.3.4 Schutzmaßnahmen

Zur Minderung der Einwirkungen aus sekundärem Luftschall und Erschütterungen wird empfohlen, in beiden Tunnelröhren im Bereich der Unterfahrung der Gebäude in Kirchheim unter Teck ein Leichtes-Masse-Feder-

System mit einer Eigenfrequenz von **31,5 Hz** einzubauen. Die Schutzmaßnahme erstreckt sich von

- km 31,7+70 bis km 31,9+90 (Richtungsgleis Stuttgart nach Ulm),
- km 31,7+60 bis km 31,9+80 (Richtungsgleis Ulm nach Stuttgart),

das heißt über eine Abschnittslänge von 220 m je Gleis. Die Mindestanforderung für ein derartiges System ist in **Anlage XII** zu erkennen.

7.3.5 Erschütterungen mit Schutzmaßnahme

Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen mit Schutzmaßnahme sind in der **Anlage VI** dokumentiert. Durch den Einbau der empfohlenen Schutzmaßnahme werden die Schwingungsimmissionen infolge Erschütterungen reduziert. Sie liegen unterhalb der Fühlschwelle des menschlichen Empfindens.

7.3.6 Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahme

Die Ergebnisse der Prognoseberechnung für sekundären Luftschall sind in **Anlage VII** dokumentiert. Durch den Einbau der empfohlenen Schutzmaßnahme erfolgt eine deutliche Reduzierung der Innenschallpegel um bis zu 8,8 dB(A). Der maximale Beurteilungs-Innenschallpegel liegt bei

$$L_{ri} = 22 \text{ dB(A)}.$$

Die aus der **24. BImSchV** abgeleitete Zumutbarkeitsschwelle von 30 dB(A) für Schlafräume nachts wird deutlich unterschritten. Somit können die aus der **24. BImSchV** abgeleiteten Anforderungen in allen untersuchten Räumen sowohl für den Tag- als auch für den Nachtzeitraum mit Hilfe des vorgesehenen Schutzkonzeptes erfüllt werden.

7.4 Anbindung Kleine Wendlinger Kurve (Bereich D)

7.4.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

In diesem Bereich befinden sich vorwiegend Wohngebäude. In der Bestands- / Prognose-Nullfallsituation weisen die 2 untersuchten Gebäude (**IP 10** und **IP 11**) einen minimalen Abstand von ca. 12 m zum nächstgelegenen Gleis der bestehenden oberirdisch geführten Neckartalbahn auf. Im Prognose-Planfall verändert sich der Abstand des nächstgelegenen Gleis-

ses im Untersuchungsbereich nicht. Bedingt durch die gegebenen Abstandsverhältnisse hat der Weichenbereich keinen signifikanten Einfluss auf die Prognoseergebnisse. Das Gebäude Unterboihinger Straße 63 (**IP 10**) liegt in einem Wohngebiet (**WA**). Der Immissionsort Unterboihinger Straße 49 (**IP 11**) befindet sich in einem Mischgebiet (**MI**).

7.4.1 Bestand / Prognose-Nullfall

Die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen sind in **Anlage II.1** und **II.2** dargestellt. Wie in **Anlage II.1** zu erkennen ist, unterschreiten die maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} bei **IP 10** in nahezu allen untersuchten Räumen den unteren Anhaltswert A_U . Bei **IP 11** hingegen wird der untere Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 in allen untersuchten Räumen deutlich überschritten. Die Erschütterungsimmissionen sind als stark spürbar einzustufen.

Im zweiten Schritt der Beurteilung (**Anlage II.2**) werden für das Gebäude Unterboihinger Straße 49 die Beurteilungsanhaltswerte gemäß DIN 4150-2 für Gebäude in Mischgebieten (**MI**) im Tagzeitraum in allen untersuchten Räumen überschritten. Der Beurteilungsanhaltswert im Nachtzeitraum wird hingegen eingehalten. Die maximalen Werte liegen im Tag- bzw. im Nachtzeitraum bei

$$KB_{FT} = 0,129 / 0,065.$$

Die Ergebnisse zeigen, dass bereits derzeit ein erheblicher Immissionskonflikt für das vorgenannte Gebäude gegeben ist. Für den **IP10** sind die derzeitigen Immissionen als unkritisch einzustufen.

7.4.2 Prognose-Planfall

Die Ergebnisse der Prognose sind in **Anlage III.1** und **III.2** ausgewiesen. Hinsichtlich der KB_{Fmax} -Werte ergeben sich bis auf einen Raum des **IP 11** die gleichen Immissionswerte wie im Nullfall.

Im zweiten Schritt der Beurteilung ergeben sich gegenüber der Vorbelastungssituation bedingt durch die höheren Zugzahlen des Prognose-Planfalls im Tag- und im Nachtzeitraum höhere Beurteilungsschwingstärken. In **Anlage III.2** ist erkennbar, dass für **IP10** in keinem der 3 untersuchten Räume, bei **IP11** hingegen in allen untersuchten Räumen der Beurteilungsanhaltswert (A_r) sowohl für den Tag- als auch für den Nachtzeit-

raum überschritten wird. Die maximale Beurteilungsschwingstärke beträgt im Tagzeitraum

$$KB_{FTT} = 0,143$$

und im Nachtzeitraum

$$KB_{FTT} = 0,109.$$

Das Untersuchungsergebnis zeigt, dass es zukünftig nach Inbetriebnahme der Kleinen Wendlinger Kurve zu erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen im Sinne der DIN 4150-2 kommen wird.

7.4.3 Prüfung auf wesentliche Änderung

Die Änderungen der Beurteilungsschwingstärken sind in **Anlage IV** ausgewiesen. Für das Gebäude Unterboihinger Straße 63 erhöht sich in einem Raum die Beurteilungsschwingstärke für den Nachtzeitraum um **111 %**. Der Beurteilungsanhaltswert wird hier jedoch nicht überschritten. Somit liegt für dieses Gebäude **keine** wesentliche Änderung im Sinne der derzeit gültigen Rechtsprechung vor. Bei dem Gebäude Unterboihinger Straße 49 steigen in allen untersuchten Räumen sowohl im Tag- als auch im Nachtzeitraum die Erschütterungsimmissionen an. Eine Anhaltswertüberschreitung bei gleichzeitiger Steigerung um mehr als 25 % ergibt sich jedoch nur im Nachtzeitraum. Dies lässt sich auf das erhöhte Güterverkehrsaufkommen während des Nachtzeitraumes zurückführen. Es ergibt sich eine maximale Erhöhung von **82 %**.

Demzufolge besteht für dieses untersuchte Gebäude dem Grunde nach ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen. Extrapoliert man das Ergebnis auf die umliegende Bebauung, so kann ein Anspruch für ein weiteres Gebäude nicht ausgeschlossen werden.

7.4.4 Abwägung der Schutzmaßnahme

Im Bereich der Anbindung Kleine Wendlinger Kurve verläuft die Trasse oberirdisch in leichter Dammlage. Für den Untersuchungsbereich **D** bestehen bereits durch die Vorbelastungssituation erhebliche Belästigungen infolge einwirkender Erschütterungen. Eine Erhöhung der Erschütterungsimmissionen im Prognose-Planfall gegenüber dem Prognose-Nullfall ergibt sich nur für eines der beiden exemplarisch untersuchten Gebäude. Auf die umliegende Bebauung extrapoliert kann lediglich für ein zusätzliches Ge-

bäude (Unterboihinger Straße 51) eine wesentliche Änderung der Erschütterungsimmissionen im Prognose-Planfall nicht ausgeschlossen werden. Eine mögliche oberbautechnische Schutzmaßnahme wäre der bereits in Kap. 7.1.5 dargestellte optimierte Schotteroberbau. Dieser müsste jedoch um eine relevante Minimierung zu erzielen für alle Gleise und mit einer in diesem Bereich auf einer Länge von ca.

$$L = 140 \text{ m}$$

je Gleis vorgesehen werden. Dies bedeutet eine Gesamtlänge von **280 m**. Hierdurch entstehen Mehrkosten von ca.

$$K = 1.000 \text{ €/m Gleis} \cdot 280 \text{ m} = 280.000 \text{ €}.$$

Der Verkehrswert der beiden zu schützenden Gebäude wird mit jeweils **150.000 €** abgeschätzt. Somit ergibt sich ein Verhältniswert der Kosten zum Verkehrswert von

$$\text{Verhältniswert} = 280.000 \text{ €} / 300.000 \text{ €} = 0,9.$$

Dieser Wert liegt nahezu um den Faktor 2 über dem Verhältniswert von **0,5**. Somit sind die Kosten auch für den Bereich D als unverhältnismäßig einzustufen.

8 Abschließende Bemerkungen

Zur Vermeidung erheblicher Belästigungen der Anwohner im Planfeststellungsabschnitt 2.1a/b ist die Realisierung von Schutzmaßnahmen zur Minderung einwirkender Erschütterungen und von sekundärem Luftschall erforderlich. Bei der Realisierung des empfohlenen Schutzkonzeptes kann davon ausgegangen werden, dass im gesamten Bereich der Unterfahrung Kirchheim unter Teck (**Bereich C**) erhebliche Beeinträchtigungen bzw. Belästigungen durch Erschütterungsimmissionen und sekundären Luftschall vermieden werden können.

Für die oberirdischen Immissionsbereiche **A** und **D** besteht dem Grunde nach eine Anspruchsberechtigung auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen. Hier wird auf Grund der geringen Betroffenheit und der Unverhältnismäßigkeit des wirtschaftlichen und technischen Aufwandes zum Schutzzweck von einer Schutzmaßnahme an der oberirdischen Trasse abgesehen.

Ergänzend wird empfohlen, den Vorbehalt einzuräumen, dass im Fall eines Nachweises der Wirksamkeit anderer evtl. weniger aufwändiger Vorsorgemaßnahmen nach Fertigstellung der Tunnelrohbauarbeiten von dem beschriebenen Schutzkonzept abgewichen werden kann. Die Vorhabens-trägerin ist dann in der Lage, auf der Grundlage der nach Rohbaufertigstellung erhöhten Prognosegenauigkeit für schall- und erschütterungs-technische Aussagen das oben beschriebene Schutzkonzept einer Feinabstimmung zu unterziehen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, am technischen Fortschritt in den kommenden Jahren zu partizipieren und möglicherweise verfügbare andere Schutzsysteme einzusetzen. Dies kann jedoch nur dann erfolgen, wenn erneut detailliert nachgewiesen wird, dass die Anforderungen an den Immissionsschutz erfüllt werden.



Dipl.-Phys. Peter Fritz



Dipl.-Ing. Rolf Schneider

ANLAGEN

Projekt 02413

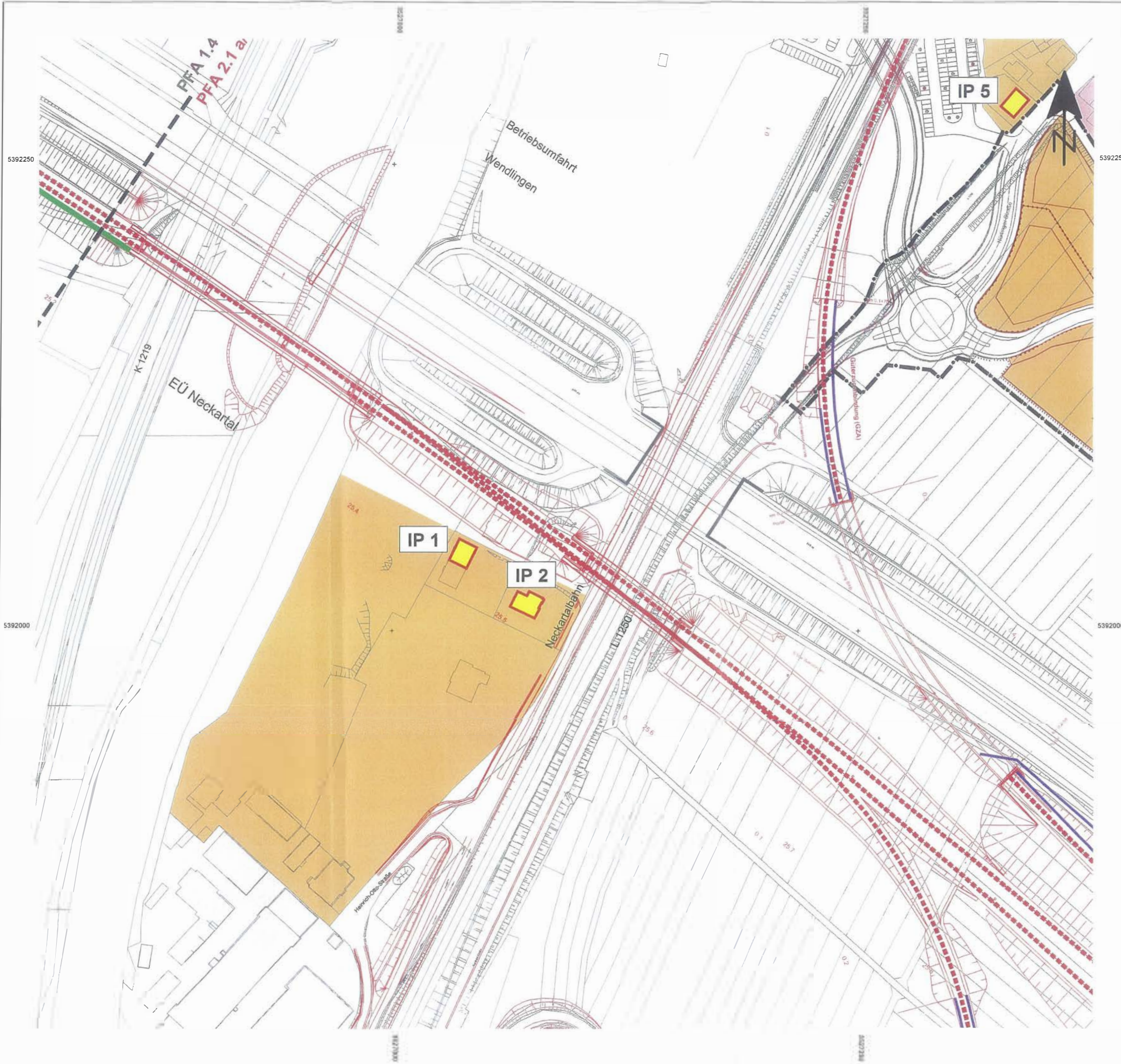
Ausbau- und Neubaustrecke
 Stuttgart - Augsburg,
 Bereich Wendlingen - Ulm

Planfeststellungsabschnitt 2.1a/b
Wendlingen - Kirchheim
 km 25.2+00 bis km 36.2+60

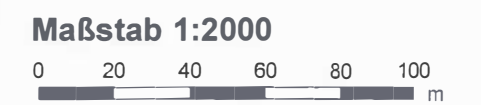
Anlage 13.2:
 Erschütterungstechnische Untersuchung

- ÜBERSICHTSLAGEPLAN -

Bereich A
 Heinrich-Otto-Straße



- Trasse
- Immissionsort
 - Wohngebiete (WA)
 - Mischgebiete (MI)
 - Gewerbegebiete (GE)



Projekt 024 13

Ausbau- und Neubaustrecke
 Stuttgart - Augsburg
 Bereich Wendlingen - Ulm

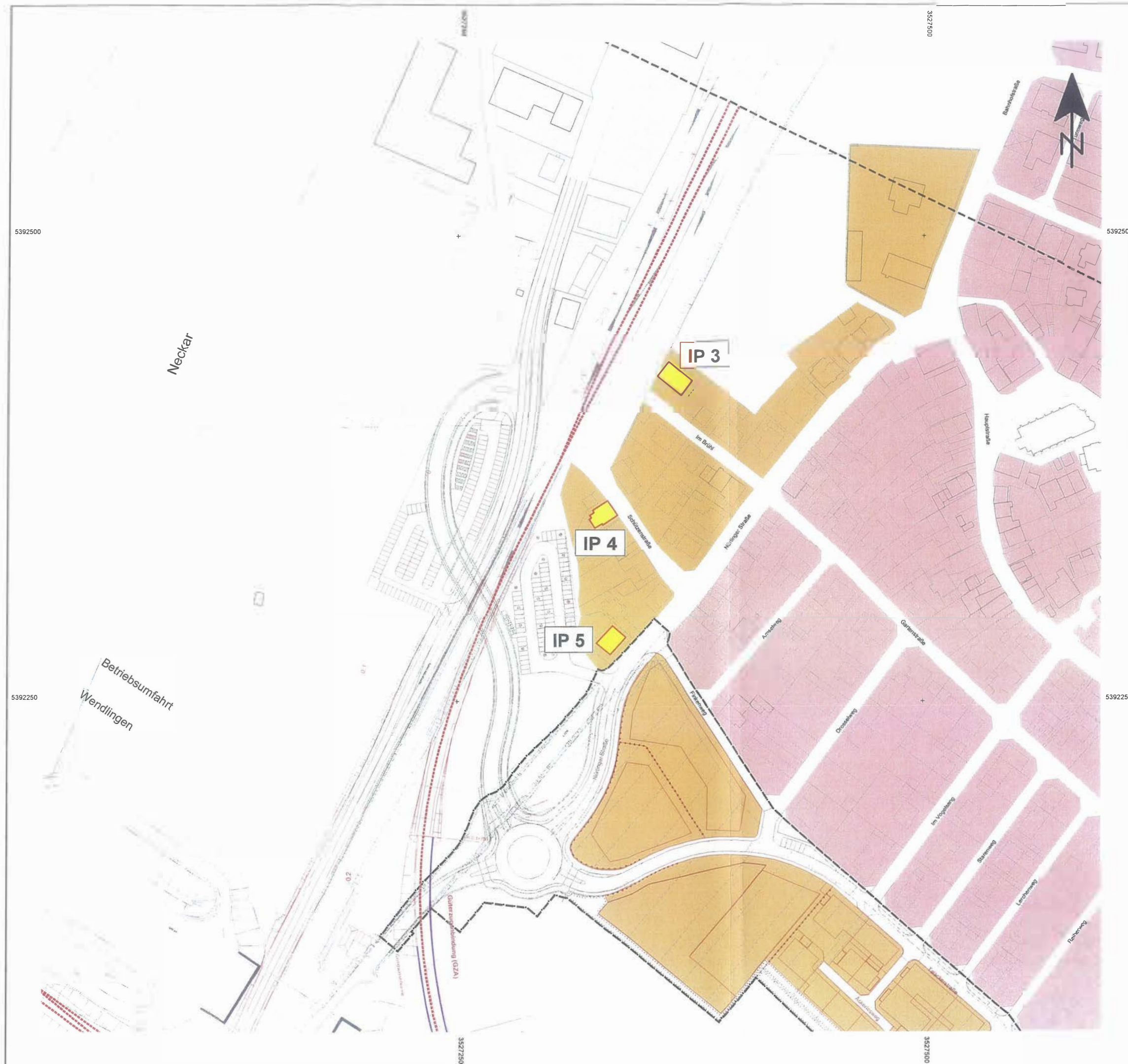
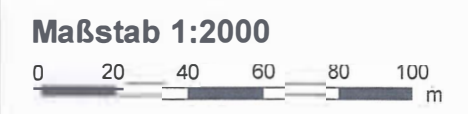
Planfeststellungsabschnitt 2.1a/b
Wendlingen - Kirchheim
 km 25.2+00 bis 36.2+60

Anlage 13.2:
 Erschütterungstechnische Untersuchung

- ÜBERSICHTSLAGEPLAN -

Bereich B
 Neckartalbahn / Güterzuganbindung

- Trasse
- Immissionsort
- Wohngebiete (WA)
- Mischgebiete (MI)
- Gewerbegebiete (GE)



Projekt 02413

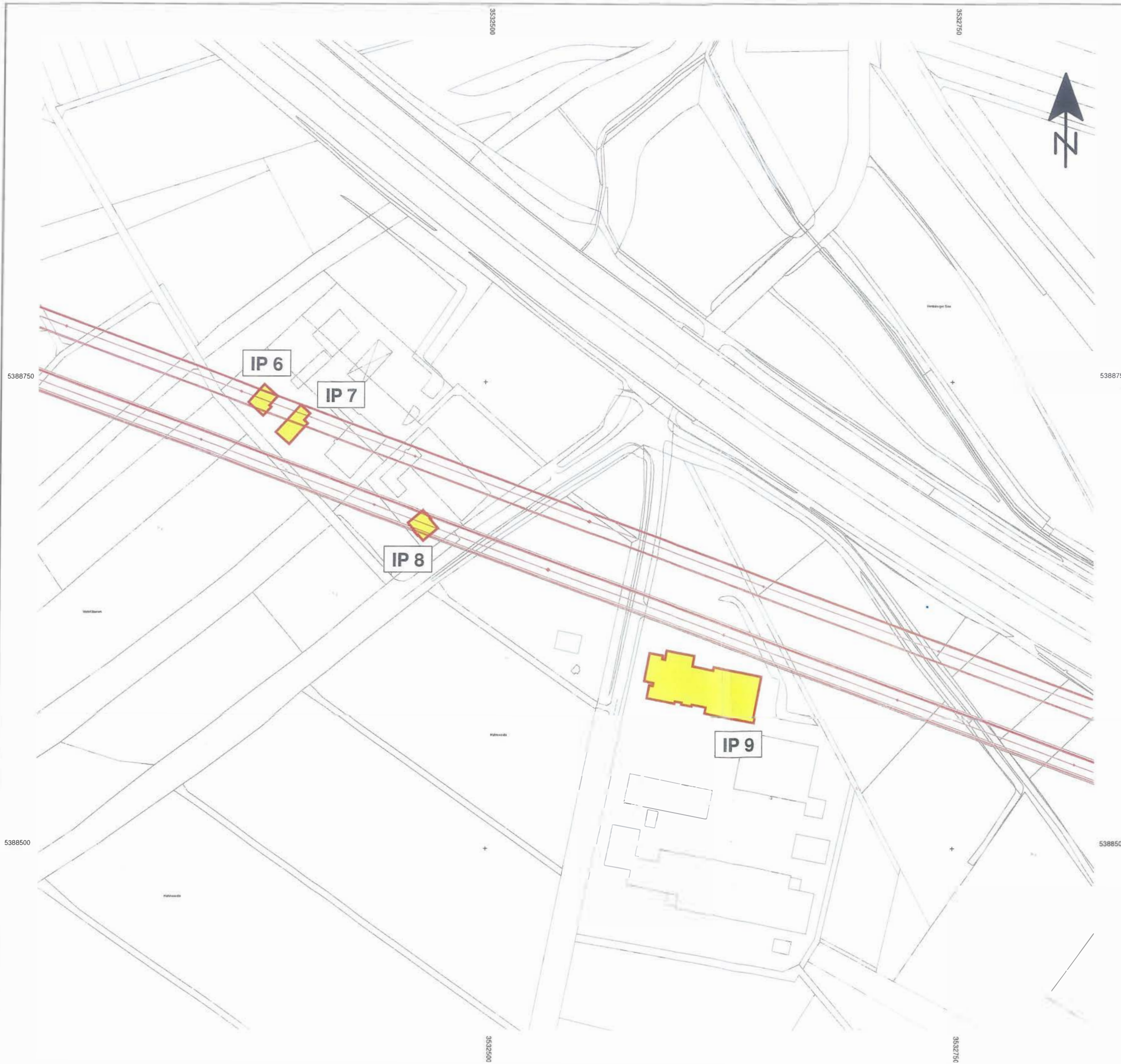
Ausbau- und Neubaustrecke
Stuttgart - Augsburg,
Bereich Wendlingen - Ulm

Planfeststellungsabschnitt 2.1a/b
Wendlingen - Kirchheim
km 25.2+00 bis 36.2+60

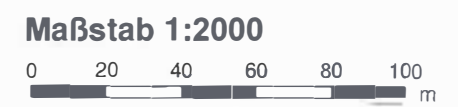
Anlage 13.2:
Erschütterungstechnische Untersuchung

- ÜBERSICHTSLAGEPLAN -

Bereich C
Neubaustrecke Kirchheim unter Teck



Trasse
 Immissionsort



ANLAGE I.3

Projekt 02413





Ausbau- und Neubaustrecke
 Stuttgart - Augsburg,
 Bereich Wendlingen - Ulm

Planfeststellungsabschnitt 2.1a/b
Wendlingen - Kirchheim
 km 25.2+00 bis 36.2+60

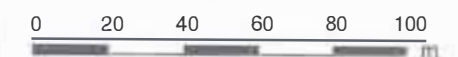
Anlage 13.2:
 Erschütterungstechnische Untersuchung

- ÜBERSICHTSLAGEPLAN -

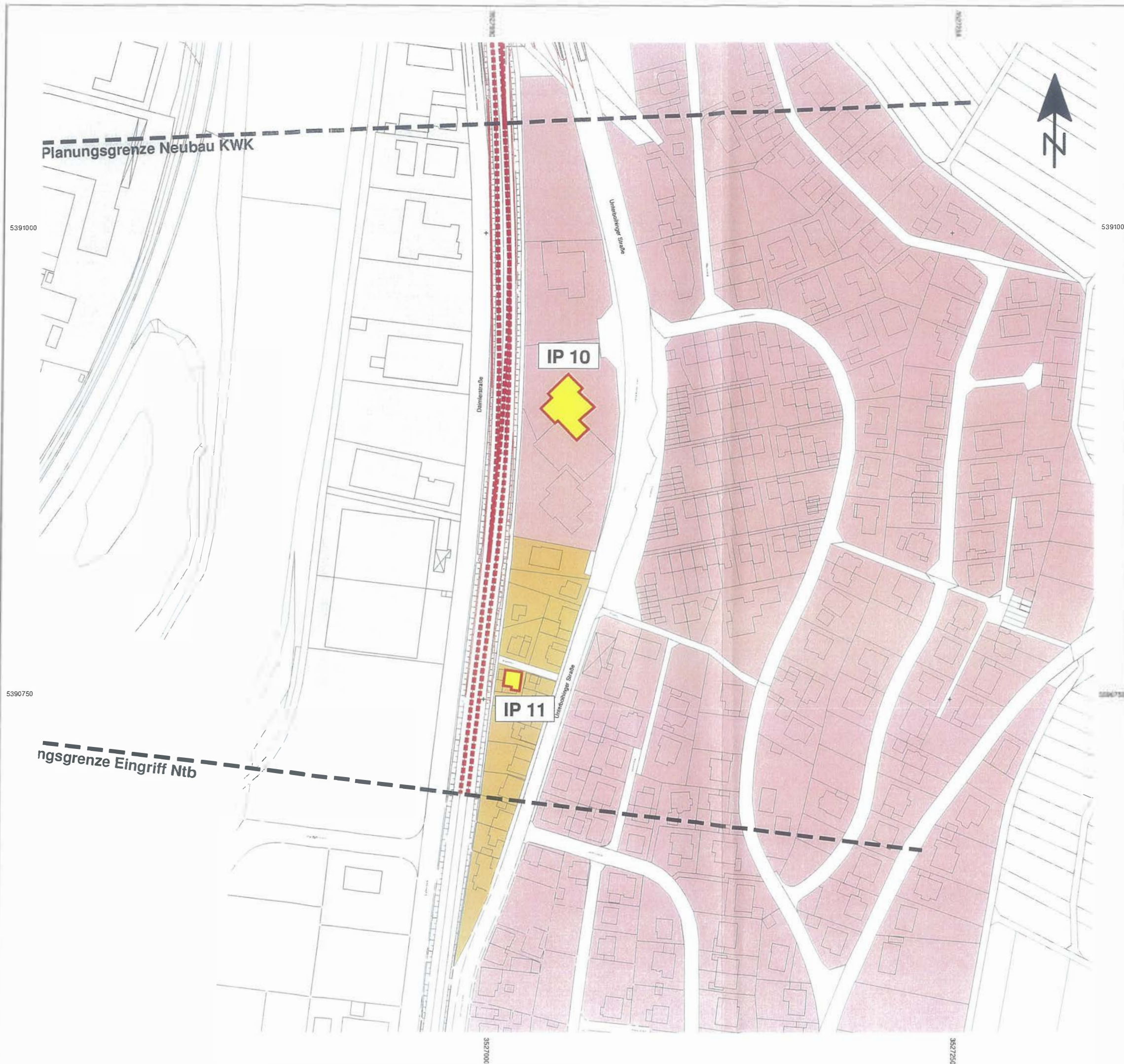
Bereich D
 Neckartalbahn / Anbindung
 Kleine Wendlinger Kurve

- Trasse
-  Immissionsort
-  Wohngebiete (WA)
-  Mischgebiete (MI)
-  Gewerbegebiete (GE)

Maßstab 1:2000



ANLAGE I.4



Erschütterungen

Prognose-Nullfall 2025

1. Schritt der Beurteilung

IP Nr	Gebäude	Bereich	r	GN	maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}					
					Raum 1		Raum 2		Raum 3	
					Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Heinrich-Otto-Straße 55	A	75	MI	0,160	0,160	0,168	0,168		
2	Heinrich-Otto-Straße 52	A	33	MI	0,483	0,483	0,293	0,293	0,196	0,196
3	Im Brühl 8	B	26	MI	0,170	0,170	0,135	0,135	0,237	0,237
4	Schützenstraße 5	B	28	MI	0,179	0,179	0,550	0,550	0,138	0,138
5	Nürtinger Straße 20	B	62	MI	0,163	0,163	0,120	0,120		
6	Wohlläberer 4	C	-	MI						
7	Wohlläberer 2	C	-	MI						
8	Wohlläberer 5	C	-	MI						
9	Hahnweidstraße 101	C	-	MI						
10	Unterboihinger Straße 63	D	17	WA	0,047	0,047	0,081	0,081	0,109	0,109
11	Unterboihinger Straße 49	D	12	MI	0,879	0,879	0,938	0,938	0,979	0,979

Legende

KB_{Fmax} : maximale bewertete Schwingstärke [-]

r : Abstand nächstgelegene Gleisachse [m]

GN: Gebietsnutzung

MI: Mischgebiet

GI: Industriegebiet

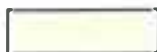
WA: Wohngebiet

GE: Gewerbegebiet

SO: Sondergebiet



Die Anforderungen der Norm sind erfüllt



Es ist noch ein weiterer Prüfschritt erforderlich

Erschütterungen

Prognose-Nullfall 2025

2. Schritt der Beurteilung

IP Nr	Gebäude	Bereich	r	GN	Beurteilungsschwingstärke - KB_{FTT}					
					Raum 1		Raum 2		Raum 3	
					Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Heinrich-Otto-Straße 55	A	75	MI	0,018	0,009	0,022	0,012		
2	Heinrich-Otto-Straße 52	A	33	MI	0,060	0,032	0,039	0,021	0,031	0,017
3	Im Brühl 8	B	26	MI	0,021	0,011	0,012	0,006	0,032	0,017
4	Schützenstraße 5	B	28	MI	0,023	0,012	0,085	0,045	0,016	0,008
5	Nürtinger Straße 20	B	62	MI	0,017	0,009	0,012	0,007		
6	Wohlläberer 4	C	-	MI						
7	Wohlläberer 2	C	-	MI						
8	Wohlläberer 5	C	-	MI						
9	Hahnweidstraße 101	C	-	MI						
10	Unterboihinger Straße 63	D	17	WA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,003
11	Unterboihinger Straße 49	D	12	MI	0,129	0,065	0,105	0,052	0,103	0,051

Legende

KB_{FTT} : Beurteilungsschwingstärke [-]
r : Abstand nächstgelegene Gleisachse [m]

GN: Gebietsnutzung **MI:** Mischgebiet
GI: Industriegebiet **WA:** Wohngebiet
GE: Gewerbegebiet **SO:** Sondergebiet

 Die Anforderungen der Norm sind erfüllt

 Die Anforderungen der Norm sind **nicht** erfüllt

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBSWendlingen-UIm, PFA 2.1ab

Erschütterungen

Prognose-Planfall 2025

1. Schritt der Beurteilung

IP Nr	Gebäude	Bereich	r	Ü _d	GN	maximale bewertete Schwingstärke KB _{Fmax}					
						Raum 1		Raum 2		Raum 3	
						Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Heinrich-Otto-Straße 55	A	27	-	MI	0,623	0,623	1,192	1,192		
2	Heinrich-Otto-Straße 52	A	27	-	MI	0,483	0,483	0,546	0,546	0,932	0,932
3	Im Brühl 8	B	26	-	MI	0,180	0,191	0,136	0,144	0,244	0,259
4	Schützenstraße 5	B	28	-	MI	0,179	0,179	0,550	0,550	0,146	0,155
5	Nürtinger Straße 20	B	62	-	MI	0,163	0,163	0,120	0,120		
6	Wohlläberer 4	C	0	30	MI	0,188	0,188	0,239	0,239		
7	Wohlläberer 2	C	0	29	MI	0,135	0,135	0,385	0,385	0,071	0,071
8	Wohlläberer 5	C	0	23	MI	0,142	0,142	0,284	0,284	0,117	0,117
9	Hahnweidstraße 101	C	15	25	MI	0,078	0,078	0,089	0,089		
10	Unterboihinger Straße 63	D	17	-	WA	0,047	0,047	0,081	0,081	0,109	0,109
11	Unterboihinger Straße 49	D	12	-	MI	0,931	0,931	0,938	0,938	0,979	0,979

Legende

KB_{Fmax} : maximale bewertete Schwingstärke [-]
 Ü_d: Überdeckung [m]
 r: Abstand nächstgelegene Gleisachse

GN: Gebietsnutzung **MI:** Mischgebiet
GI: Industriegebiet **WA:** Wohngebiet
GE: Gewerbegebiet **SO:** Sondergebiet

Die Anforderungen der Norm sind erfüllt

Es ist noch ein weiterer Prüfschritt erforderlich

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBSWendlingen-Ulm, PFA 2.1ab

Erschütterungen

Prognose-Planfall 2025

2. Schritt der Beurteilung

IP Nr	Gebäude	Bereich	r	Ü _d	GN	Beurteilungsschwingstärke - KB _{FTr}					
						Raum 1		Raum 2		Raum 3	
						Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Heinrich-Otto-Straße 55	A	27	-	MI	0,125	0,078	0,233	0,146		
2	Heinrich-Otto-Straße 52	A	27	-	MI	0,100	0,059	0,121	0,073	0,185	0,115
3	Im Brühl 8	B	26	-	MI	0,018	0,018	0,010	0,009	0,027	0,024
4	Schützenstraße 5	B	28	-	MI	0,019	0,015	0,072	0,049	0,014	0,013
5	Nürtinger Straße 20	B	62	-	MI	0,015	0,009	0,010	0,006		
6	Wohlläberer 4	C	0	30	MI	0,031	0,023	0,039	0,029		
7	Wohlläberer 2	C	0	29	MI	0,022	0,013	0,067	0,049	0,000	0,000
8	Wohlläberer 5	C	0	23	MI	0,023	0,014	0,051	0,036	0,020	0,012
9	Hahnweidstraße 101	C	15	25	MI	0,000	0,000	0,000	0,000		
10	Unterboihinger Straße 63	D	17	-	WA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,007
11	Unterboihinger Straße 49	D	12	-	MI	0,143	0,109	0,118	0,095	0,115	0,093

Legende

KB_{FTr}: Beurteilungsschwingstärke [-]
 Ü_d: Überdeckung [m]
 r: Abstand nächstgelegene Gleisachse

GN: Gebietsnutzung **MI:** Mischgebiet
GI: Industriegebiet **WA:** Wohngebiet
GE: Gewerbegebiet **SO:** Sondergebiet

 Die Anforderungen der Norm sind erfüllt

 Die Anforderungen der Norm sind **nicht** erfüllt

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBSWendlingen-Ulm, PFA 2.1ab

Anderung der KB_{FTr} -Werte

Prognose-Planfall abzgl. Prognose-Nullfall

IP Nr	Gebäude	Bereich	r	Ü _d	GN	Prognose-Planfall - Prognose-Nullfall - KB_{FTr}					
						Raum 1		Raum 2		Raum 3	
						Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Heinrich-Otto-Straße 55	A	27	-	MI	600%	719%	973%	1168%		
2	Heinrich-Otto-Straße 52	A	27	-	MI	66%	84%	210%	255%	490%	592%
3	Im Brühl 8	B	26	-	MI	-14%	67%	-16%	44%	-16%	41%
4	Schützenstraße 5	B	28	-	MI	-16%	21%	-15%	9%	-14%	52%
5	Nürtinger Straße 20	B	62	-	MI	-16%	-7%	-16%	-10%		
6	Wohlläberer 4	C	0	30	MI						
7	Wohlläberer 2	C	0	29	MI						
8	Wohlläberer 5	C	0	23	MI						
9	Hahnweidstraße 101	C	15	25	MI						
10	Unterboihinger Straße 63	D	17	-	WA	0%	0%	0%	0%	7%	111%
11	Unterboihinger Straße 49	D	12	-	MI	11%	68%	12%	82%	11%	82%

Legende



Erhöhung der Erschütterungsimmissionen < 25%



Erhöhung der Erschütterungsimmissionen ≥ 25%



Erhöhung der Erschütterungsimmissionen von mindestens 25% **und** Anhaltswertüberschreitung

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBSWendlingen-Ulm, PFA 2.1ab

Sekundäre Luftschallimmissionen

Prognose-Planfall 2025

IP Nr	Gebäude	Bereich	r	Ü _d	GN	Beurteilungs-Innenschallpegel - L _{ri}					
						Raum 1		Raum 2		Raum 3	
						Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Heinrich-Otto-Straße 55	A	27	-	MI						
2	Heinrich-Otto-Straße 52	A	27	-	MI						
3	Im Brühl 8	B	26	-	MI						
4	Schützenstraße 5	B	28	-	MI						
5	Nürtinger Straße 20	B	62	-	MI						
6	Wohlläberer 4	C	0	30	MI	25,3	24,6	25,8	25,2		
7	Wohlläberer 2	C	0	29	MI	25,3	24,5	26,8	26,8	22,7	22,2
8	Wohlläberer 5	C	0	23	MI	23,0	22,8	25,6	25,5	29,2	30,5
9	Hahnweidstraße 101	C	15	25	MI	22,5	21,7	21,1	20,7		
10	Unterboihinger Straße 63	D	17	-	WA						
11	Unterboihinger Straße 49	D	12	-	MI						

Legende

IP: Immissionspunkt
L_{ri}: Beurteilungs- Innenschallpegel [dB(A)]
Ü_d: Überdeckung [m]

GN: Gebietsnutzung
GI: Industriegebiet
GE: Gewerbegebiet
MI: Mischgebiet
WA: Wohngebiet
SO: Sondergebiet



Die aus der 24. BImSchV abgeleiteten Anforderungen sind erfüllt



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

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBSWendlingen-Ulm, PFA 2.1ab

Erschütterungen

Prognose-Planfall 2025 - mit Schutzmaßnahme

1. Schritt der Beurteilung

IP Nr	Gebäude	Bereich	SMN	r	Ü _d	GN	maximale bewertete Schwingstärke KB _{Fmax}					
							Raum 1		Raum 2		Raum 3	
							Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Heinrich-Otto-Straße 55	A	nein	27	-	MI	0,623	0,623	1,192	1,192		
2	Heinrich-Otto-Straße 52	A	nein	27	-	MI	0,483	0,483	0,546	0,546	0,932	0,932
3	Im Brühl 8	B	nein	26	-	MI	0,180	0,191	0,136	0,144	0,244	0,259
4	Schützenstraße 5	B	nein	28	-	MI	0,179	0,179	0,550	0,550	0,146	0,155
5	Nürtinger Straße 20	B	nein	62	-	MI	0,163	0,163	0,120	0,120		
6	Wohlläberer 4	C	ja	0	30	MI	0,055	0,055	0,069	0,069		
7	Wohlläberer 2	C	ja	0	29	MI	0,035	0,035	0,092	0,092	0,055	0,055
8	Wohlläberer 5	C	ja	0	23	MI	0,073	0,073	0,099	0,099	0,060	0,060
9	Hahnweidstraße 101	C	nein	15	25	MI	0,078	0,078	0,089	0,089		
10	Unterboihinger Straße 63	D	nein	17	-	WA	0,047	0,047	0,081	0,081	0,109	0,109
11	Unterboihinger Straße 49	D	nein	12	-	MI	0,931	0,931	0,938	0,938	0,979	0,979

Legende

KB_{Fmax} : maximale bewertete Schwingstärke [-]
Ü_d : Überdeckung [m]
r : Abstand nächstgelegene Gleisachse
SMN : Schutzmaßnahme, Leichtes Masse-Feder-System $f_0 = 31,5$ Hz

GN: Gebietsnutzung **MI**: Mischgebiet
GI: Industriegebiet **WA**: Wohngebiet
GE: Gewerbegebiet **SO**: Sondergebiet

Die Anforderungen der Norm sind erfüllt

Es ist noch ein weiterer Prüfschritt erforderlich

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBSWendlingen-Ulm, PFA 2.1ab

Erschütterungen

Prognose-Planfall 2025 - mit Schutzmaßnahme

2. Schritt der Beurteilung

IP Nr	Gebäude	Bereich	SMN	r	Ü _d	GN	Beurteilungsschwingstärke - KB _{FTr}					
							Raum 1		Raum 2		Raum 3	
							Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Heinrich-Otto-Straße 55	A	nein	27	-	MI	0,125	0,078	0,233	0,146		
2	Heinrich-Otto-Straße 52	A	nein	27	-	MI	0,100	0,059	0,121	0,073	0,185	0,115
3	Im Brühl 8	B	nein	26	-	MI	0,018	0,018	0,010	0,009	0,027	0,024
4	Schützenstraße 5	B	nein	28	-	MI	0,019	0,015	0,072	0,049	0,014	0,013
5	Nürtinger Straße 20	B	nein	62	-	MI	0,015	0,009	0,010	0,006		
6	Wohlläberer 4	C	ja	0	30	MI	0,000	0,000	0,000	0,000		
7	Wohlläberer 2	C	ja	0	29	MI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	Wohlläberer 5	C	ja	0	23	MI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	Hahnweidstraße 101	C	nein	15	25	MI	0,000	0,000	0,000	0,000		
10	Unterboihinger Straße 63	D	nein	17	-	WA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,007
11	Unterboihinger Straße 49	D	nein	12	-	MI	0,143	0,109	0,118	0,095	0,115	0,093

Legende

KB_{FTr}: Beurteilungsschwingstärke [-]
 Ü_d: Überdeckung [m]
 r: Abstand nächstgelegene Gleisachse

GN: Gebietsnutzung **MI:** Mischgebiet
GI: Industriegebiet **WA:** Wohngebiet
GE: Gewerbegebiet **SO:** Sondergebiet

Die Anforderungen der Norm sind erfüllt

Die Anforderungen der Norm sind **nicht** erfüllt

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBSWendlingen-Ulm, PFA 2.1ab

Sekundäre Luftschallimmissionen

Prognose-Planfall 2025 - mit Schutzmaßnahme

IP Nr	Gebäude	Bereich	SMN	r	Ü _d	GN	Beurteilungs-Innenschallpegel - L _{ri}					
							Raum 1		Raum 2		Raum 3	
							Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Heinrich-Otto-Straße 55	A	nein	27	-	MI						
2	Heinrich-Otto-Straße 52	A	nein	27	-	MI						
3	Im Brühl 8	B	nein	26	-	MI						
4	Schützenstraße 5	B	nein	28	-	MI						
5	Nürtinger Straße 20	B	nein	62	-	MI						
6	Wohlläberer 4	C	ja	0	30	MI	19,0	18,2	19,7	19,1		
7	Wohlläberer 2	C	ja	0	29	MI	18,6	17,7	20,4	20,3	16,1	15,5
8	Wohlläberer 5	C	ja	0	23	MI	17,8	16,9	20,0	19,4	21,4	22,0
9	Hahnweidstraße 101	C	nein	15	25	MI	22,5	21,7	21,1	20,7		
10	Unterboihinger Straße 63	D	nein	17	-	WA						
11	Unterboihinger Straße 49	D	nein	12	-	MI						

Legende

IP: Immissionspunkt
L_{ri}: Beurteilungs- Innenschallpegel [dB(A)]
Ü_d: Überdeckung [m]
SMN: Schutzmaßnahme, Leichtes Masse-Feder-System f₀= 31,5 Hz

GN: Gebietsnutzung **MI:** Mischgebiet
GI: Industriegebiet **WA:** Wohngebiet
GE: Gewerbegebiet **SO:** Sondergebiet



Die aus der 24. BImSchV abgeleiteten Anforderungen sind erfüllt



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

Angaben zu den untersuchten Immissionsorten

1. Geschossdeckenaufbauten:

Nr	Gebäude	Bereich	Geschoßdeckenaufbau					
			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
			B	H	B	H	B	H
1	Heinrich-Otto-Str. 55	A		X		X		
2	Heinrich-Otto-Str. 52	A		X		X		X
3	Im Brühl 8	B	X		X		X	
4	Schützenstr. 5	B		X		X		X
5	Nürtinger Str. 20	B		X		X		
6	Wohlläberer 4	C	X		X			
7	Wohlläberer 2	C	X		X			X
8	Wohlläberer 5	C	X		X			X
9	Hahnweidstr. 101	C	X		X			
10	Unterbohinger Str. 63	D	X		X		X	
11	Unterbohinger Str. 49	D		X		X		X

Legende: **B:** Betondecke
 H: Holzbalkendecke

Der Deckenaufbau wurde vor Ort aufgrund des subjektiven Eindrucks abgeschätzt.

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - Wendlingen - Ulm PFA 2.1ab

Angaben zu den untersuchten Immissionsorten

2. Nutzung und Geschosslage

Nr	Gebäude	Bereich	Nutzung und Geschosslage					
			Raum 1		Raum 2		Raum 3	
			Lage	Nutz.	Lage	Nutz.	Lage	Nutz.
1	Heinrich-Otto-Str. 55	A	EG	Kind.	1.OG	Schlaf.		
2	Heinrich-Otto-Str. 52	A	EG	Wohn.	1.OG	Wohn.	DG	Wohn.
3	Im Brühl 8	B	EG	Schlaf.	1.OG	Essz.	DG	Schlaf.
4	Schützenstr. 5	B	EG	Arbeit.	1.OG	Wohn.	DG	Schlaf.
5	Nürtinger Str. 20	B	EG	Wohn.	1.OG	Wohn.		
6	Wohlläberer 4	C	EG	Wohn.	DG	Wohn.		
7	Wohlläberer 2	C	EG	Schlaf.	1.OG	Arbeit.	DG	Kind.
8	Wohlläberer 5	C	EG	Arbeit	1.OG	Kind.	2.OG	Kind.
9	Hahnweidstr. 101	C	EG	Mensa	1.OG	Hörs.		
10	Unterbohinger Str. 63	D	EG	Wohn.	1.OG	Wohn.	6.OG	Wohn.
11	Unterbohinger Str. 49	D	1.OG	Schlaf.	2.OG	Schlaf.	2.OG	Schlaf.

Legende:

Lage: Geschosslage des untersuchten Raumes

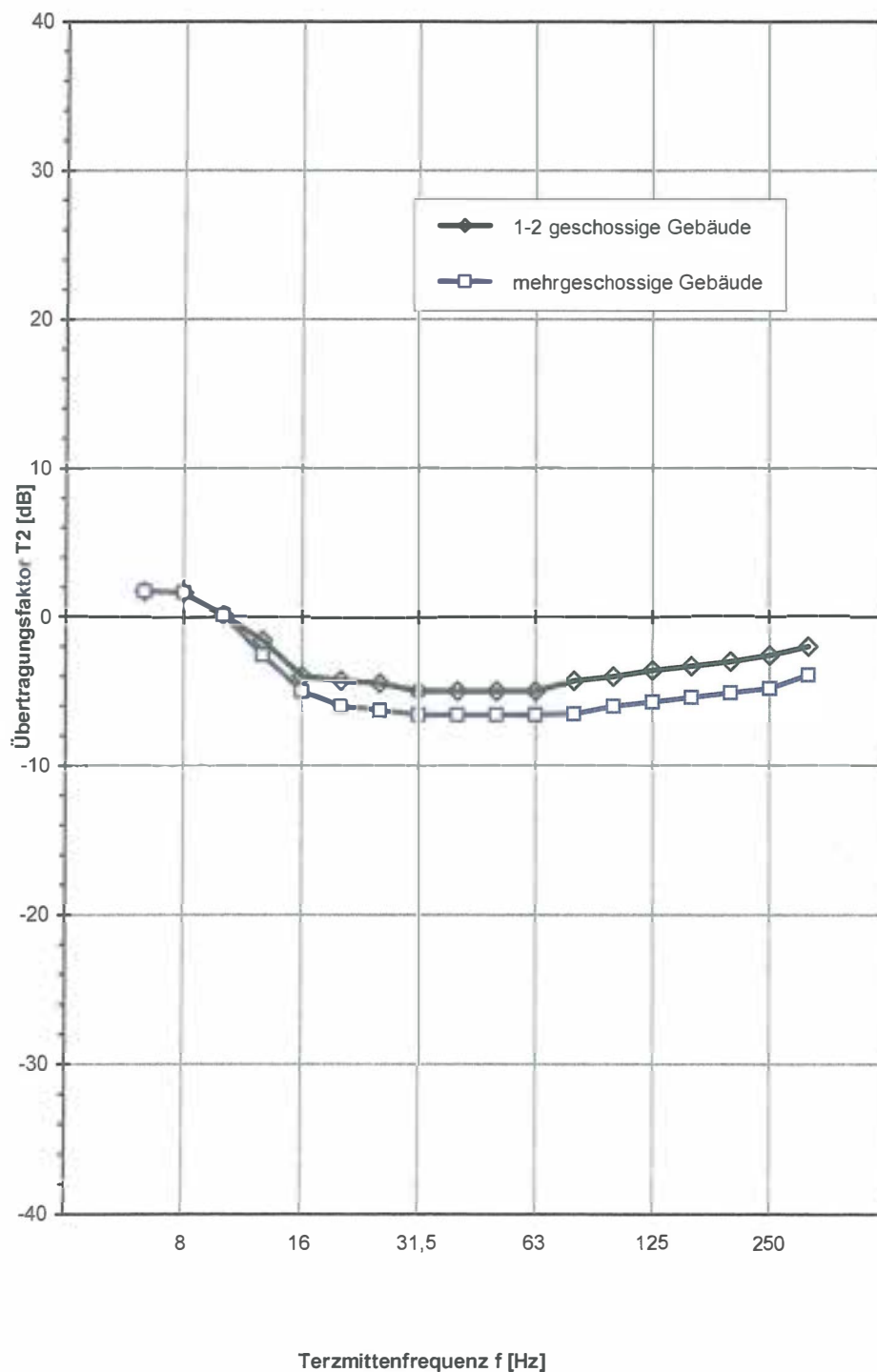
Nutz.: Nutzung der untersuchten Räume

- Arbeit. - Arbeitszimmer
- Schlaf. - Esszimmer
- Kind. - Kinderzimmer
- Wohn. - Wohnzimmer
- Hörs. - Hörsaal
- Essz. - Esszimmer

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - Wendlingen - Ulm PFA 2.1ab

Übertragungsdifferenz Erdreich - Fundament

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



Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm PfA 2.1 ab

unkorrigiertes Emissionsspektrum ICE, unterirdisch

Meßpunkt: Tunnelwand

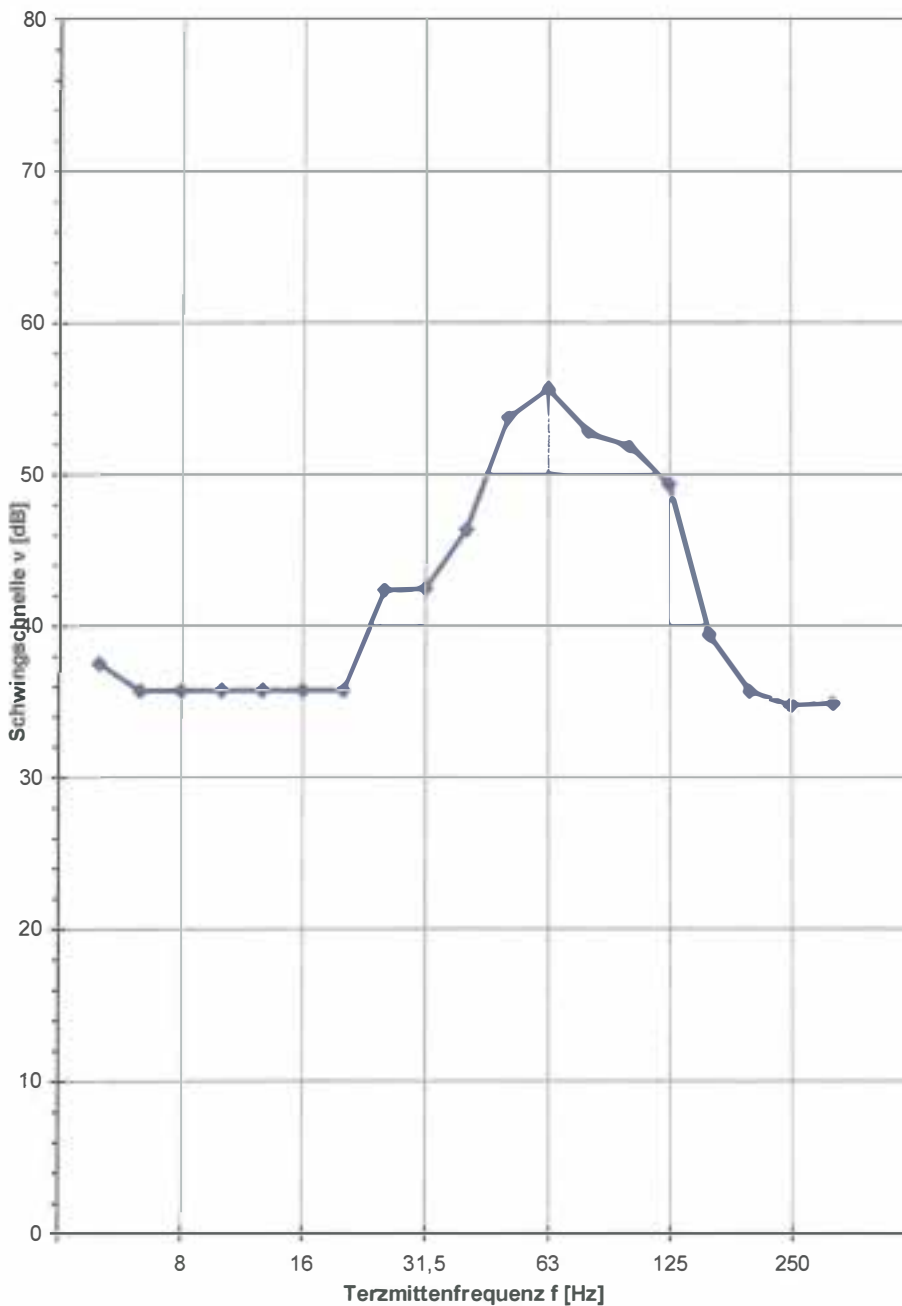
Zugart: ICE

Schwingrichtung: y

Quelle: Einmalbergtunnel

Geschwindigkeit: 250 km/h

Südportal



f/Hz	v/dB
5	37,5
6,3	35,7
8	35,7
10	35,7
12,5	35,7
16	35,7
20	35,7
25	42,3
31,5	42,4
40	46,3
50	53,7
63	55,6
80	52,7
100	51,8
125	49,3
160	39,3
200	35,6
250	34,7
315	34,8
400	
Summe	60,6

unkorrigiertes Emissionsspektrum Güterzug, unterirdisch

Meßpunkt: Tunnelwand

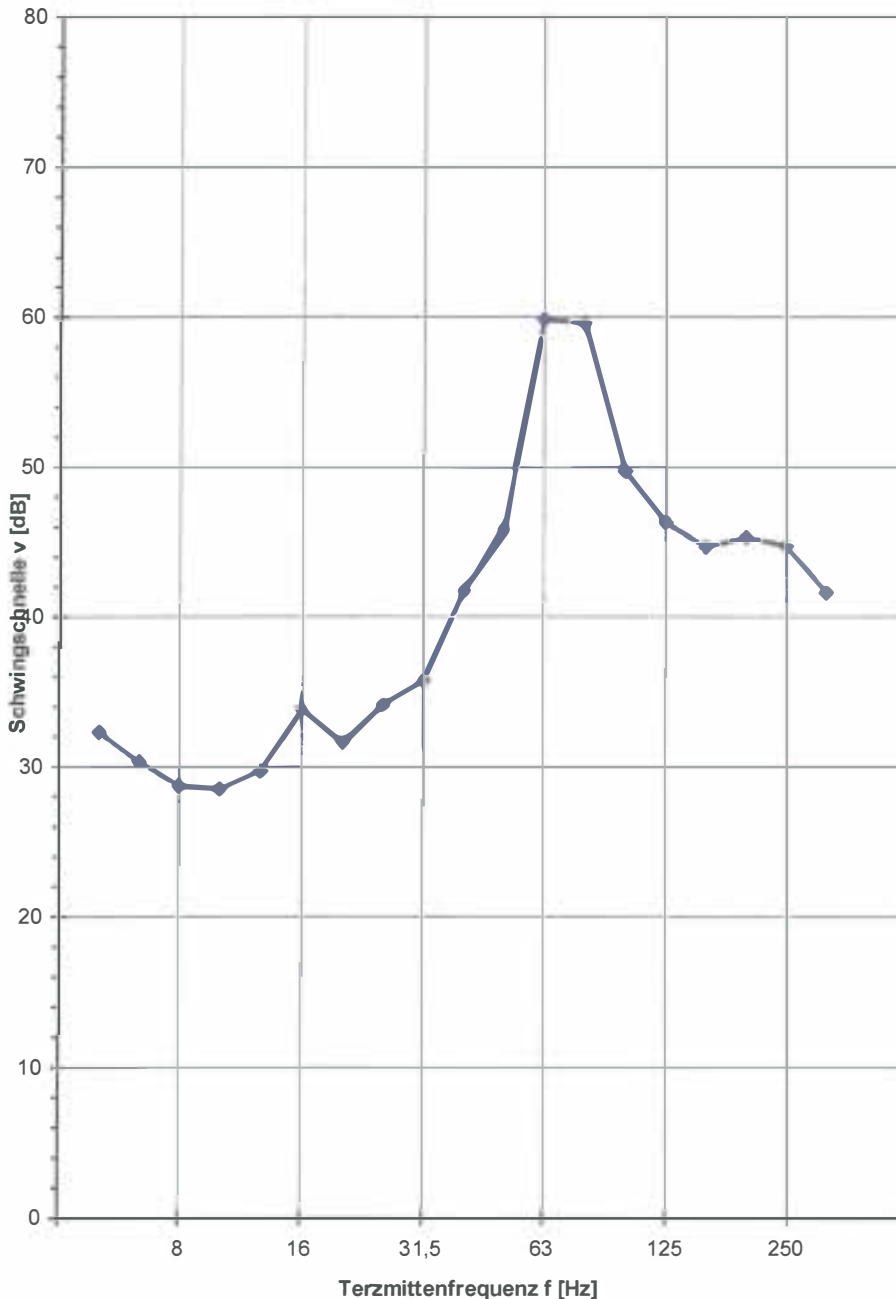
Zugart: Intercargo - Messzug

Schwingrichtung: y

Quelle: Kriebertunnel

Geschwindigkeit: 150 km/h

NBS Würzburg - Hannover



f/Hz	v/dB
5	32,3
6,3	30,3
8	28,7
10	28,5
12,5	29,7
16	33,8
20	31,6
25	34,1
31,5	35,7
40	41,7
50	45,8
63	59,8
80	59,6
100	49,7
125	46,3
160	44,6
200	45,3
250	44,7
315	41,6
400	
Summe	63,4

unkorrigiertes Emissionsspektrum IC, unterirdisch

Meßpunkt: Tunnelwand

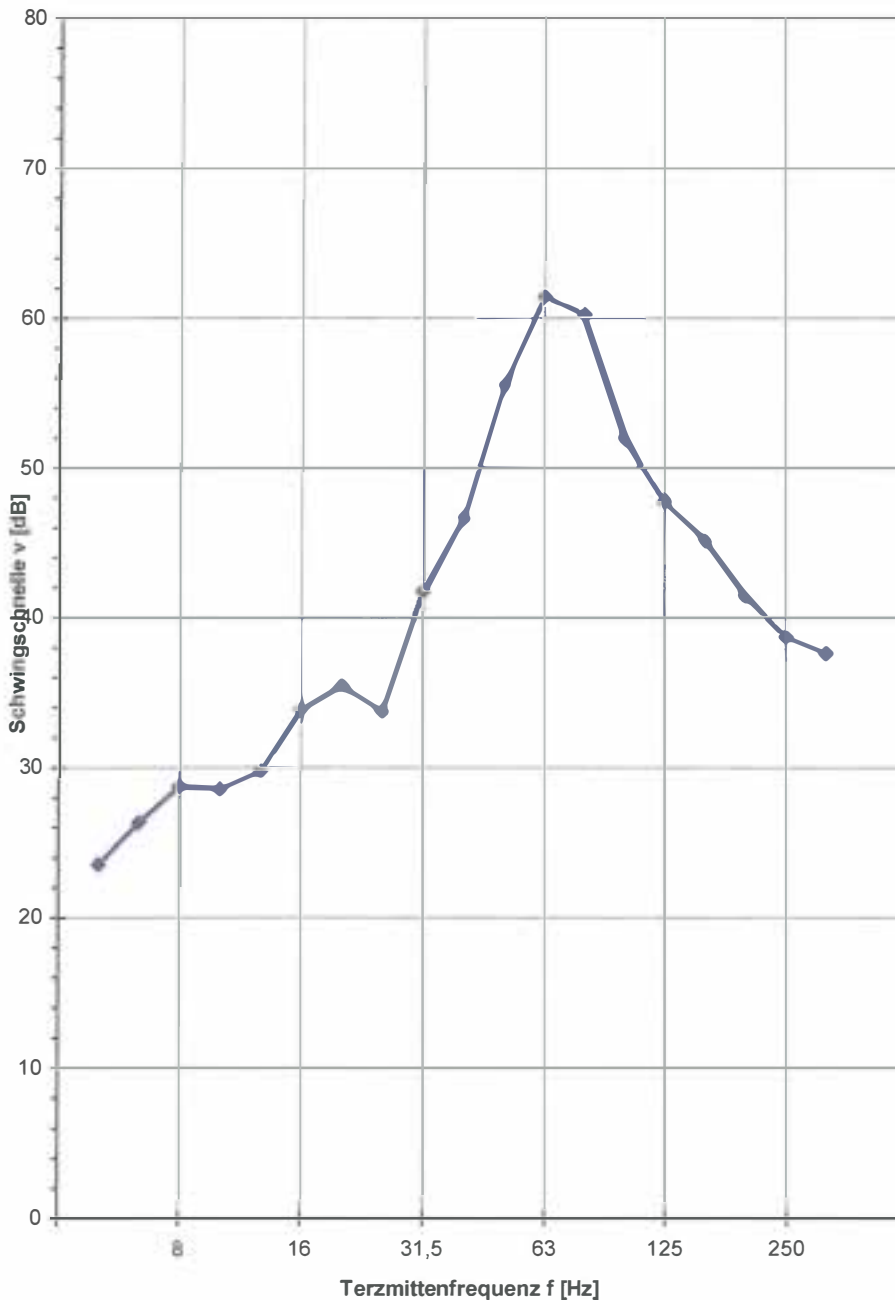
Zugart: IC

Schwingrichtung: y

Quelle: Einmalbergtunnel

Geschwindigkeit: 180 km/h

Südportal



f/Hz	v/dB
5	23,5
6,3	26,3
8	28,7
10	28,5
12,5	29,7
16	33,8
20	35,4
25	33,7
31,5	41,7
40	46,6
50	55,5
63	61,4
80	60,2
100	51,9
125	47,7
160	45,1
200	41,4
250	38,7
315	37,6
400	
Summe	65,0

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm PfA 2.1ab

unkorrigiertes Emissionsspektrum IC, unterirdisch

Meßpunkt: Tunnelwand

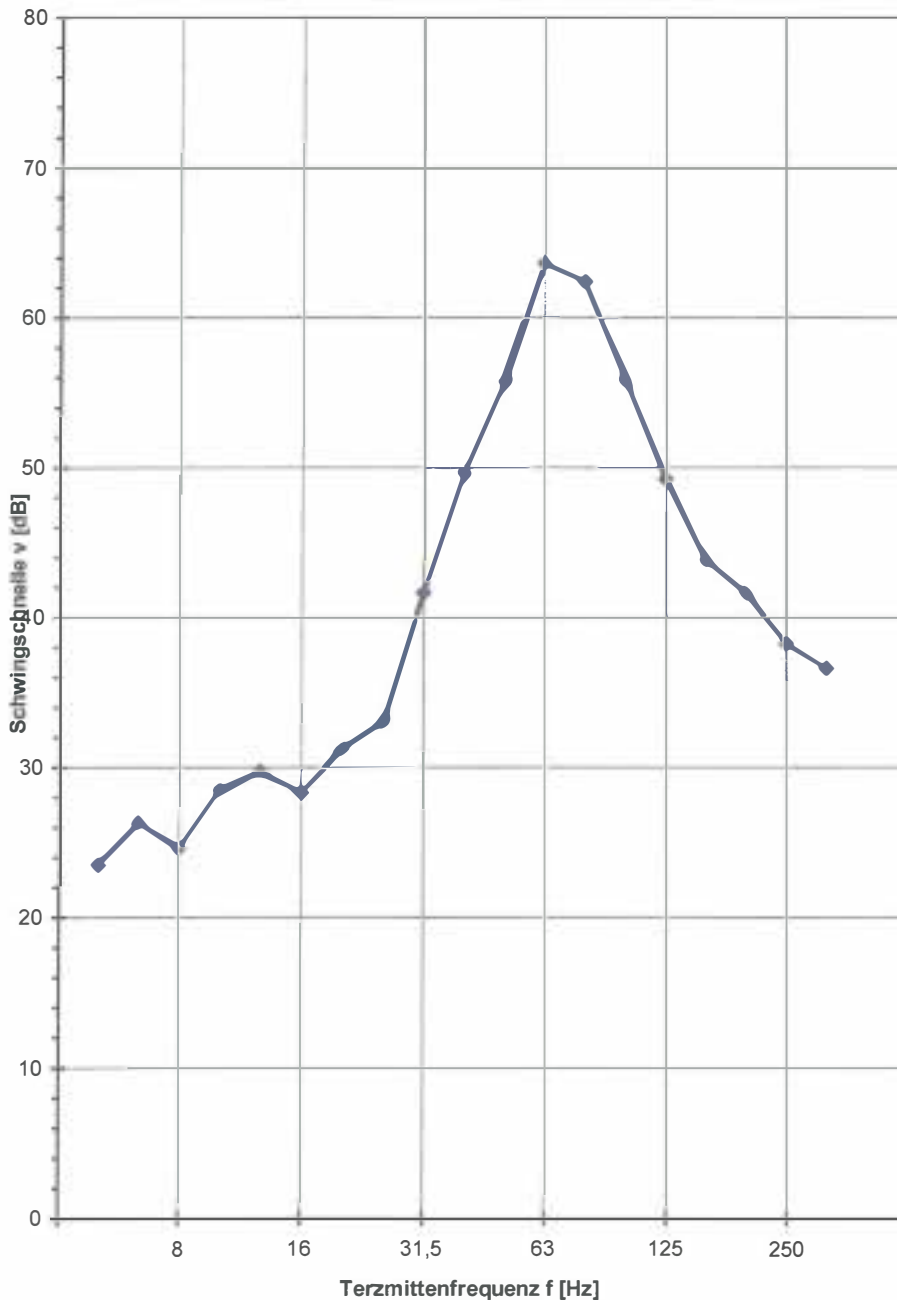
Zugart: IC

Schwingrichtung: y

Quelle: Einmalbergtunnel

Geschwindigkeit: 160 km/h

Südportal



f/Hz	v/dB
5	23,5
6,3	26,3
8	24,6
10	28,5
12,5	29,7
16	28,3
20	31,2
25	33,0
31,5	41,6
40	49,6
50	55,7
63	63,6
80	62,4
100	55,8
125	49,2
160	43,8
200	41,6
250	38,2
315	36,6
400	
Summe	67,0

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm Pfa 2.1 ab

unkorrigiertes Emissionsspektrum NV, oberirdisch

Meßpunkt: 8 m Abstand

Zugart: Nahverkehrszug

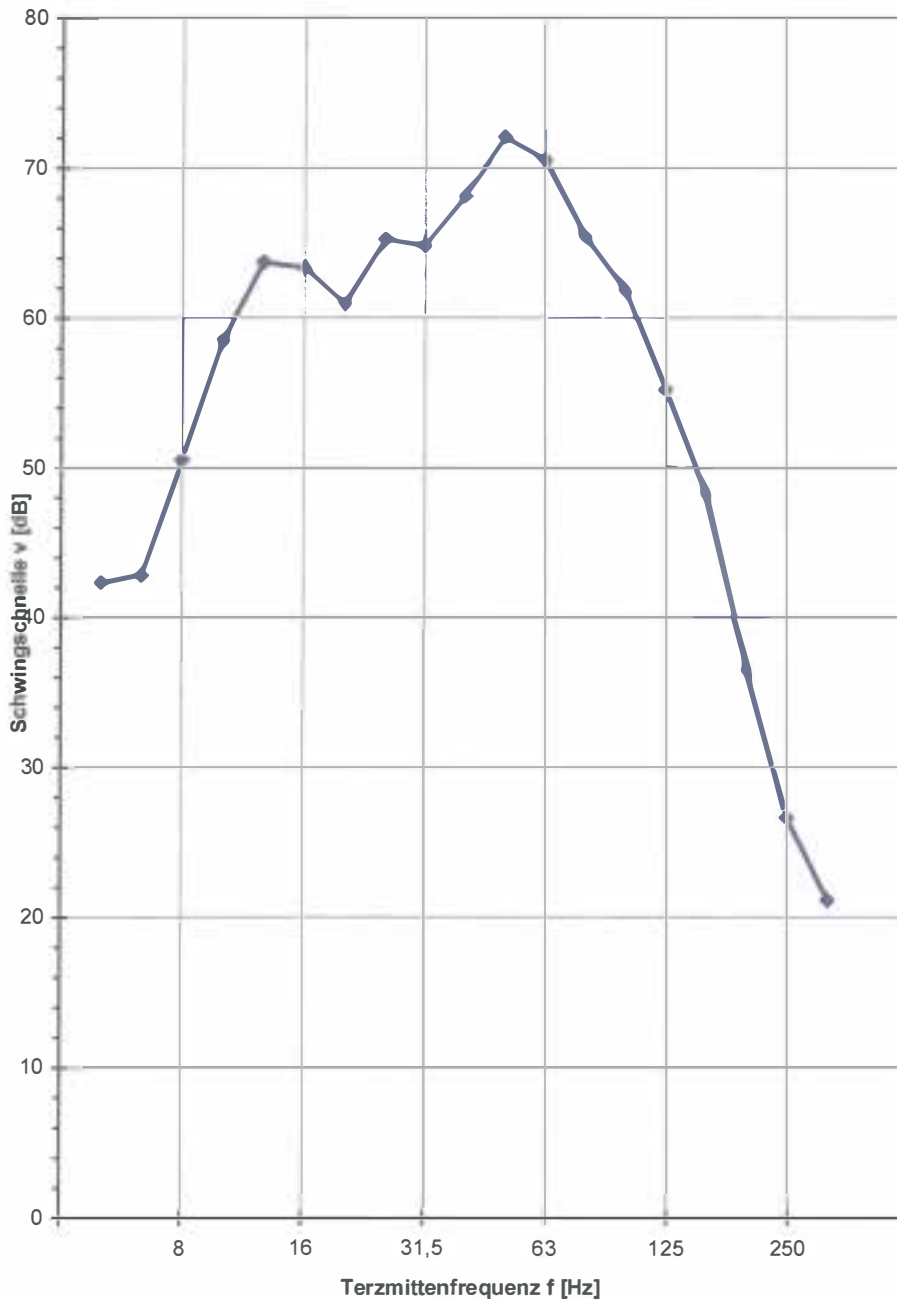
Schwingrichtung: z

Geschwindigkeit: 125 km/h

Quelle: Erschütterungstechn. Untersuchung

Gleis: 1

Ringsheim, Karlsruhe-Basel

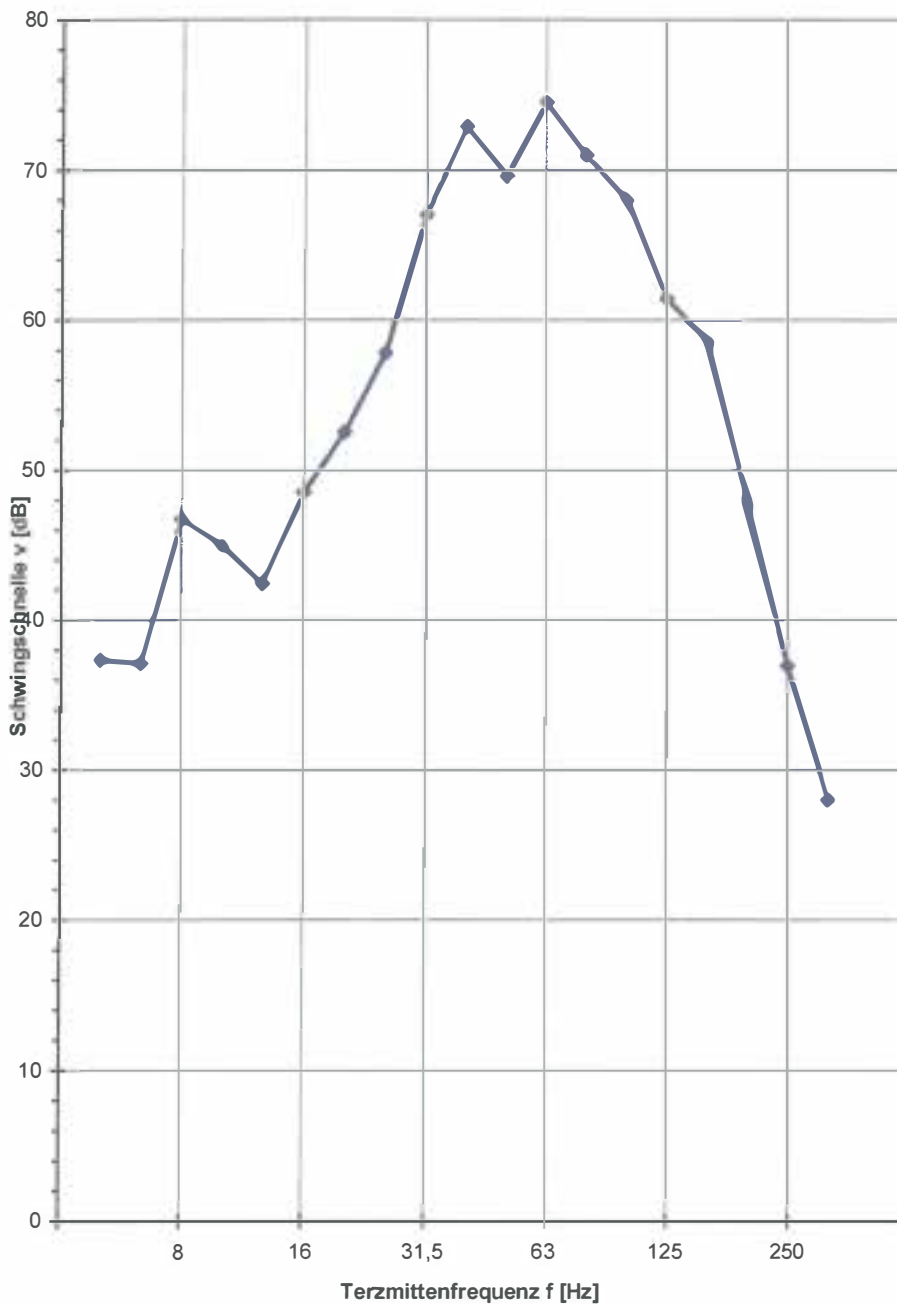


f/Hz	v/dB
5	42,3
6,3	42,8
8	50,5
10	58,5
12,5	63,7
16	63,3
20	60,9
25	65,2
31,5	64,8
40	68,1
50	72,0
63	70,5
80	65,4
100	61,8
125	55,2
160	48,2
200	36,5
250	26,6
315	21,1
400	
Summe	77,1

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm PfA 2.1ab

unkorrigiertes Emissionsspektrum GZ, oberirdisch

Meßpunkt: 8 m Abstand **Zugart:** Güterzug
Schwingrichtung: z
Geschwindigkeit: 100 km/h **Quelle:** Erschütterungstechn. Untersuchung
Gleis: 1 Rodgaustrecke bei Offenbach



f/Hz	v/dB
5	37,3
6,3	37,1
8	46,7
10	44,9
12,5	42,4
16	48,5
20	52,5
25	57,8
31,5	67,0
40	72,9
50	69,6
63	74,5
80	71,0
100	68,0
125	61,4
160	58,6
200	47,9
250	36,9
315	28,0
400	
Summe	79,2

unkorrigiertes Emissionsspektrum ICE oberirdisch

Meßpunkt: 8 m Abstand

Zugart: ICE

Schwingrichtung: z

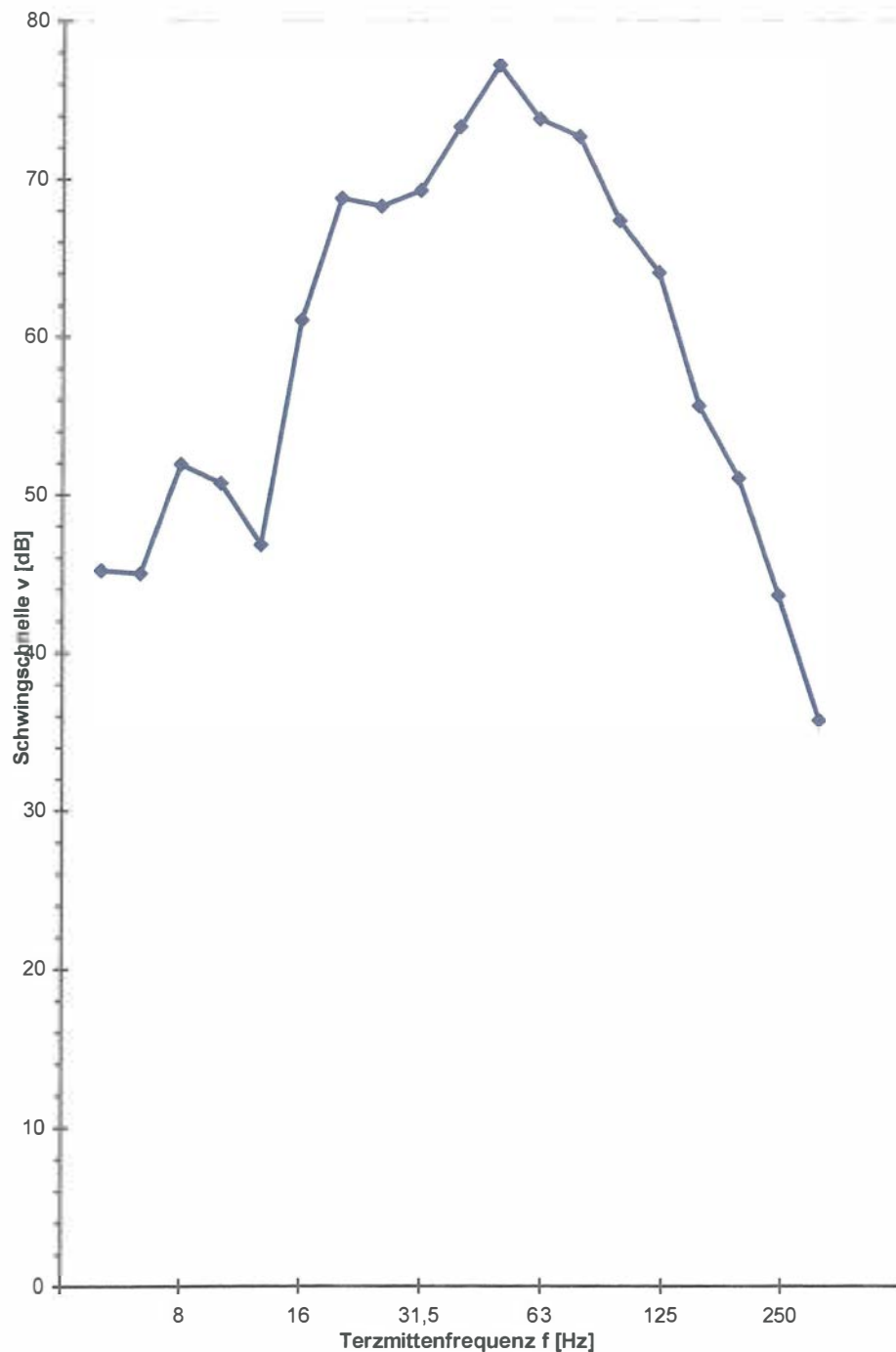
Geschwindigkeit: 160 km/h

Quelle: Messung Strecke Hannover - Göttingen

Gleis: 1

Bericht Nr. 93176

Mittelwert



f/Hz	v/dB
5	45,2
6,3	45,0
8	51,9
10	50,7
12,5	46,8
16	61,0
20	68,7
25	68,2
31,5	69,2
40	73,2
50	77,1
63	73,7
80	72,6
100	67,3
125	64,0
160	55,6
200	51,0
250	43,6
315	35,7
400	
Summe	81,6

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung ABS/NBS Wendlingen-Ulm PFA 2.1ab

unkorrigiertes Emissionsspektrum IC oberirdisch

Meßpunkt: 8 m Abstand

Zugart: IC

Schwingrichtung: z

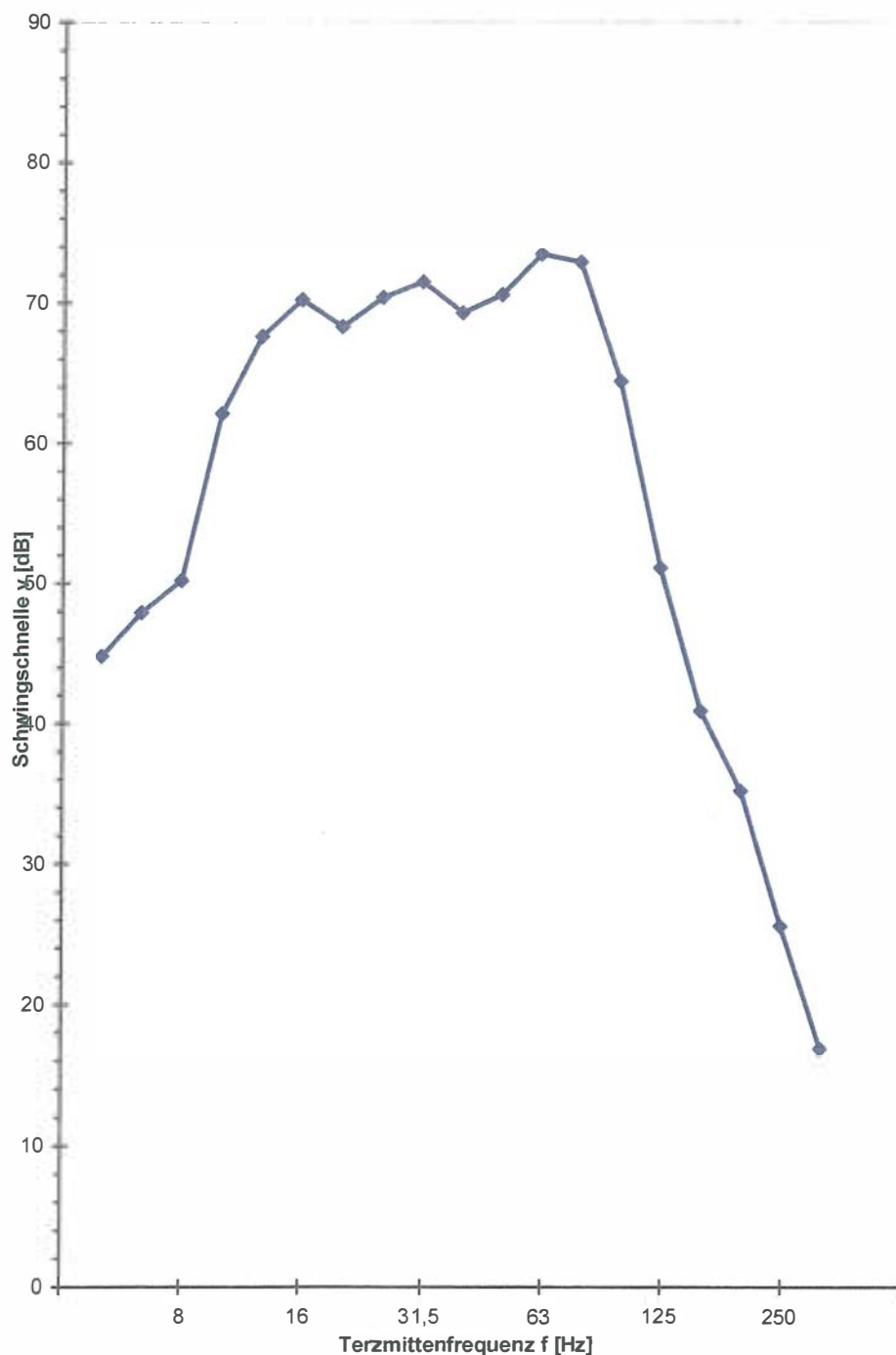
Geschwindigkeit: 156 - 160 km/h

Quelle: Körperschallmessungen

Gleis: 1

bei Gessersthausen

Mittelwert



f/Hz	v/dB
5	44,8
6,3	47,9
8	50,2
10	62,1
12,5	67,6
16	70,2
20	68,3
25	70,4
31,5	71,5
40	69,3
50	70,6
63	73,5
80	72,9
100	64,4
125	51,1
160	40,9
200	35,2
250	25,6
315	16,9
400	
Summe	80,6

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung ABS/NBS Wendlingen-Ulm PFA 2.1ab

Emissionsdifferenz Form A - B

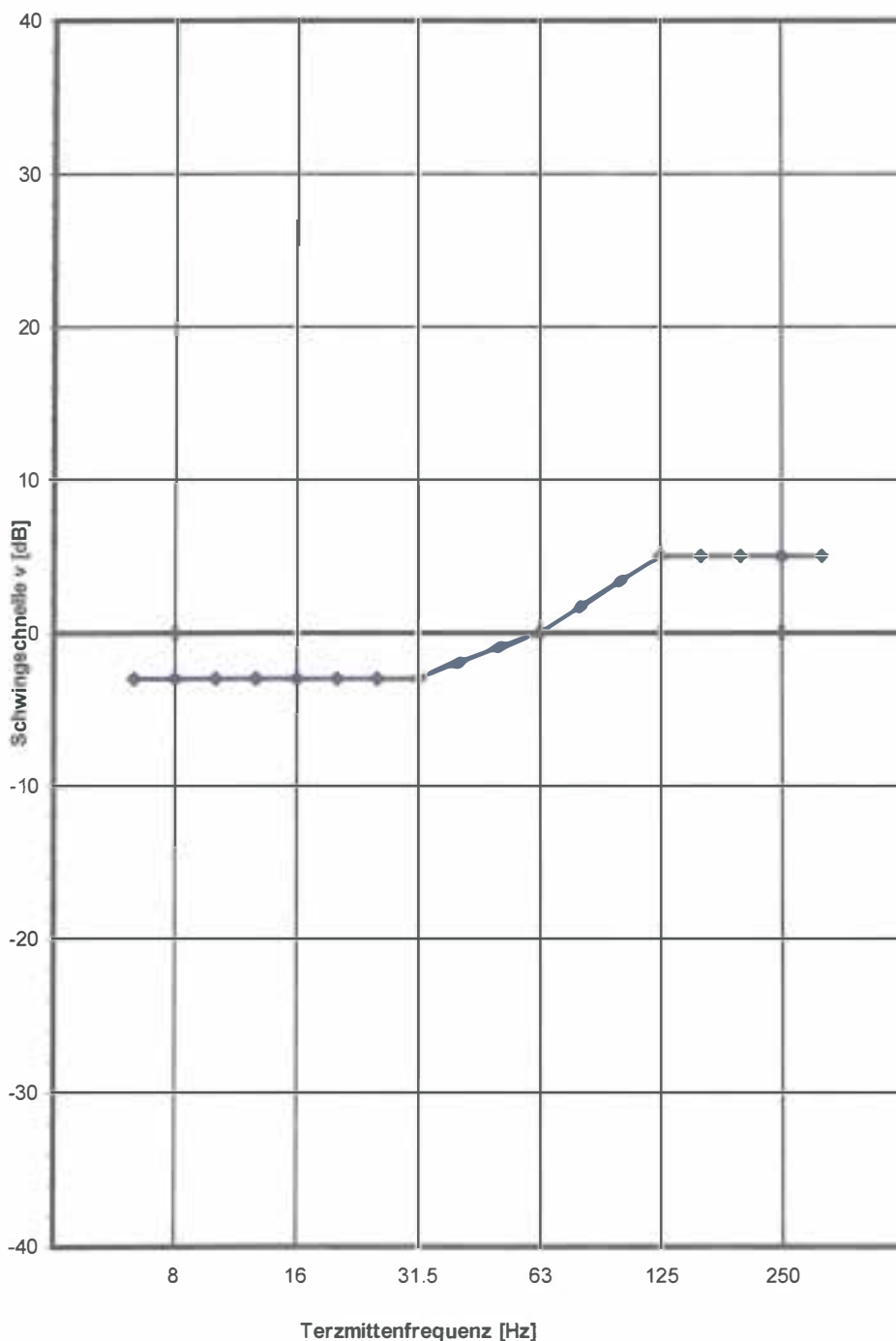
Form A: Rechteckig

Form B: Rechteckig

Gleiszahl A: 1

Gleiszahl B: 2

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



f/Hz	v/dB
5	
6.3	-3,0
8	-3,0
10	-3,0
12.5	-3,0
16	-3,0
20	-3,0
25	-3,0
31.5	-3,0
40	-2,0
50	-1,0
63	0,0
80	1,7
100	3,3
125	5,0
160	5,0
200	5,0
250	5,0
315	5,0

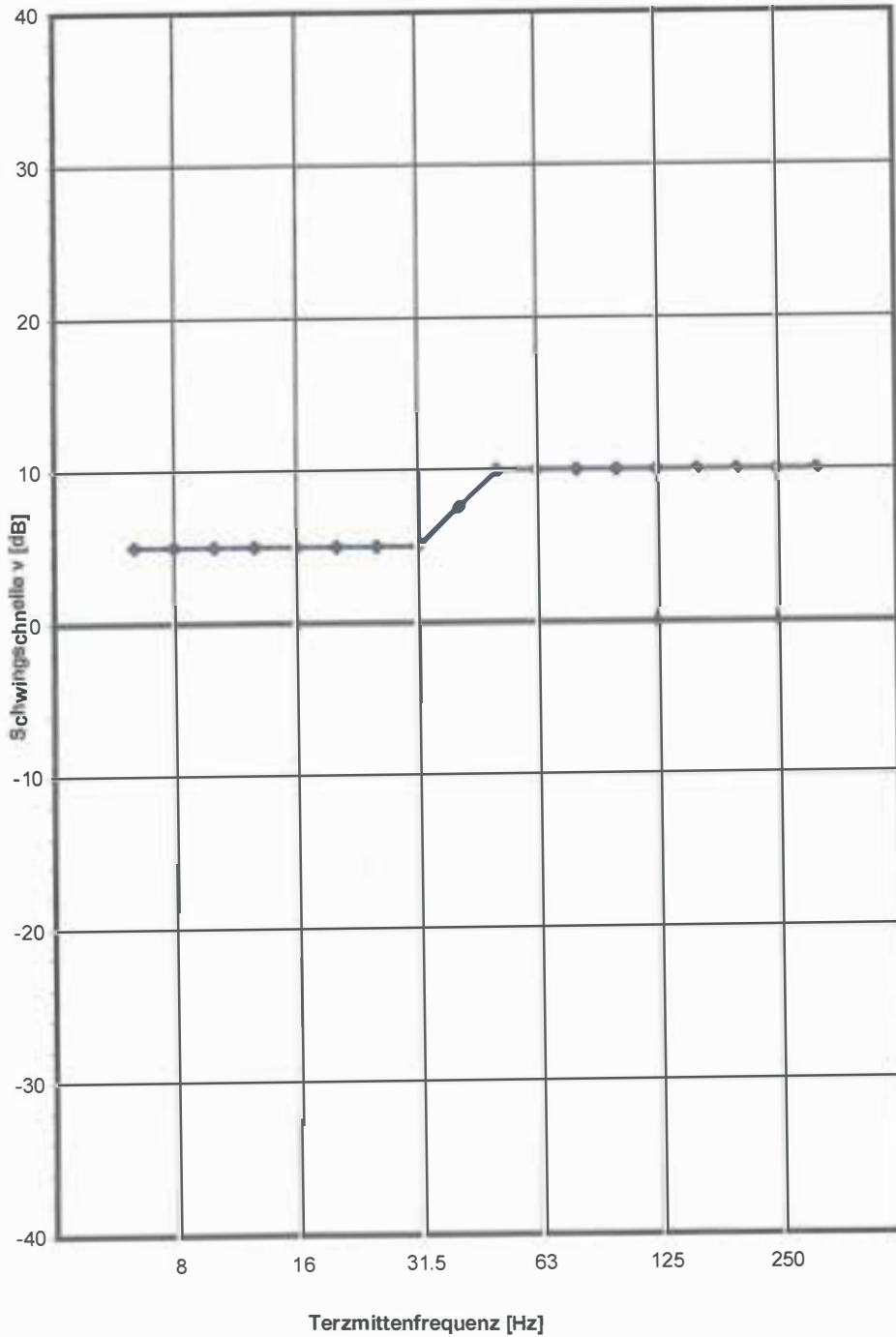
Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm Pfa 2.1ab

Emissionsdifferenz Max-Hold - RMS-fast Meßverfahren

Messart A: Max-Hold

Meßart B: RMS-fast

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

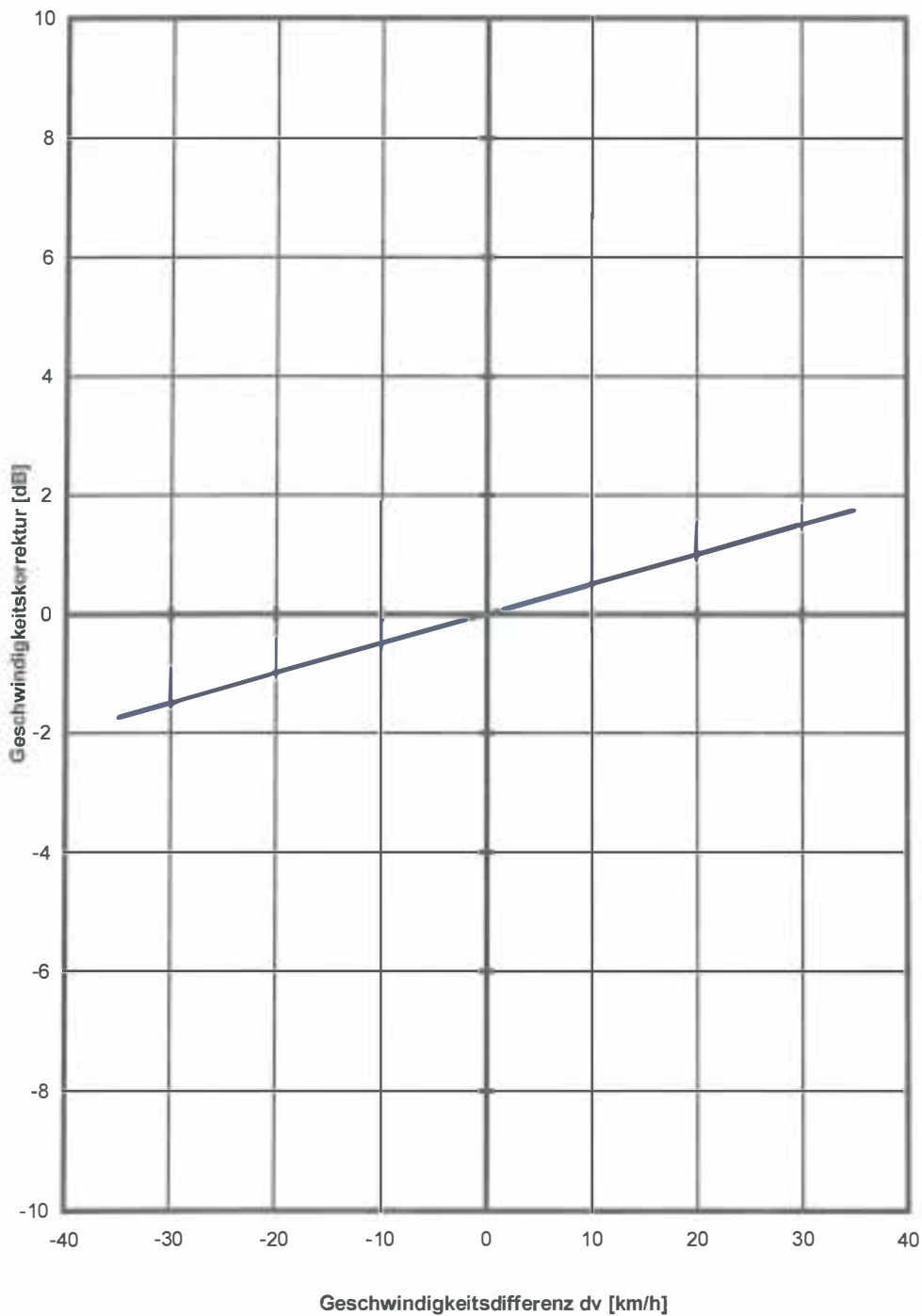


f/Hz	v/dB
5	
6.3	5,0
8	5,0
10	5,0
12.5	5,0
16	5,0
20	5,0
25	5,0
31.5	5,0
40	7,5
50	10,0
63	10,0
80	10,0
100	10,0
125	10,0
160	10,0
200	10,0
250	10,0
315	10,0

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm Pfa 2.1ab

Emissionsdifferenz bei Geschwindigkeitsänderung

Schwingrichtung: z



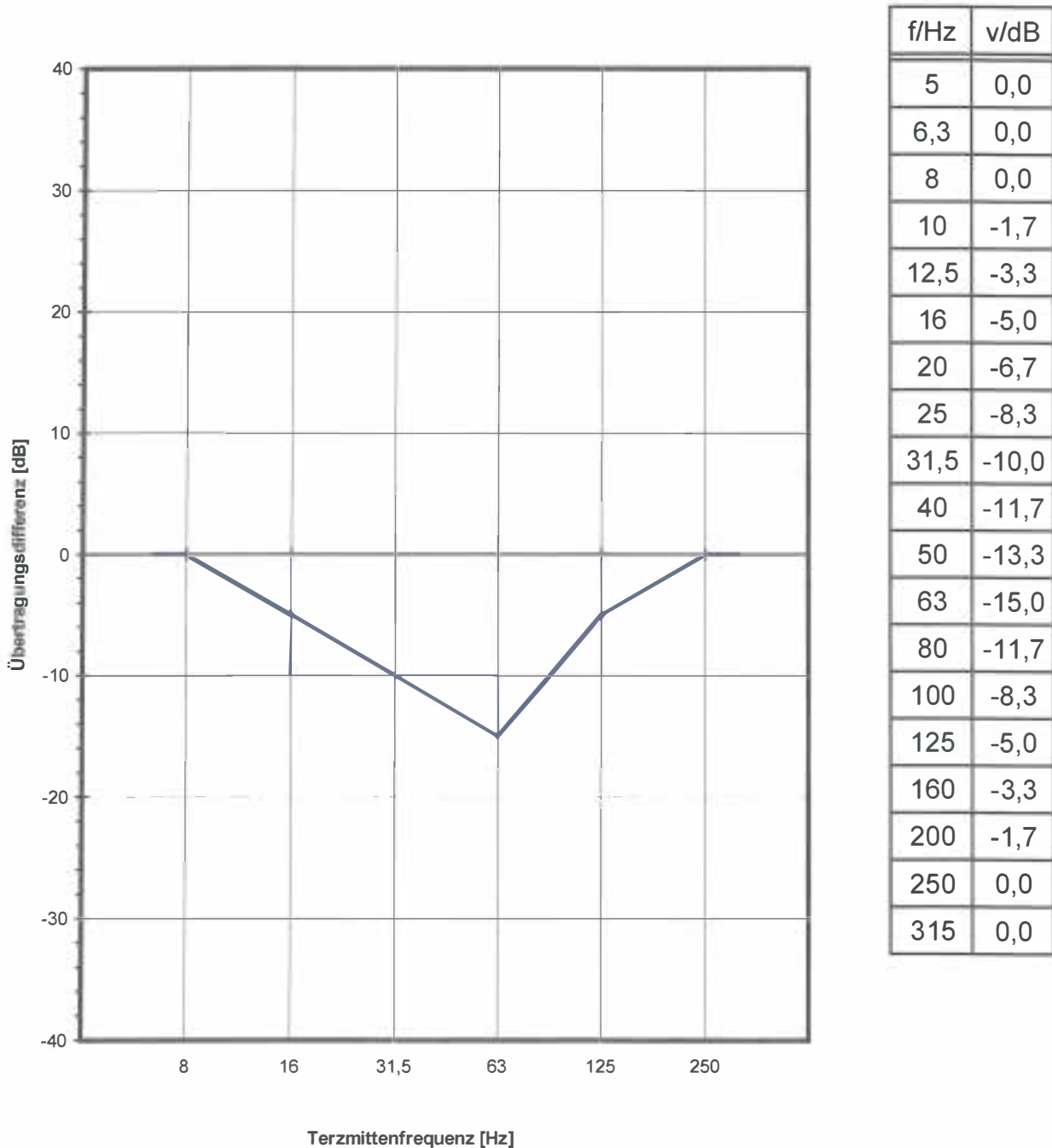
km/h	v/dB
-35	-1,8
-30	-1,5
-25	-1,3
-20	-1,0
-15	-0,8
-10	-0,5
-5	-0,3
0	0,0
5	0,3
10	0,5
15	0,8
20	1,0
25	1,3
30	1,5
35	1,8

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm PfA 2.1ab

Übertragungsdifferenz Dammlage - Ebene

Quelle:

Materialien Nr. 22, Erschütterungen und Körperschall
des landgebundenen Verkehrs, Essen 1995



Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung ABS/NBS Wendlingen-Ulm PFA 2.1ab

Bereich: A (Heinrich-Otto-Str.) - Strecke 4813

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	A, B (ICE)
K2		Geschwindigkeit	250 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein
K4		Weichenbereich	nein
K5		Oberbau	
K6	Tunnel Bauwerk	Tunnelform	
K7		Wandstärke	
K8		Tunnelgründung	
K9		Bodenverhältnisse	
K10		Emissionspunkt	
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold
K12		Dammlage	ja
K13			
K14			
K15			

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
A	45,0	51,9	50,7	46,8	61,0	68,7	68,2	69,2	73,2	77,1	73,7	72,6	67,3	64,0	55,6	51,0	43,6	35,7	81,6

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}																				
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}	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		
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
P	45,0	51,9	49,0	43,5	56,0	62,0	59,9	59,2	61,5	63,8	58,7	60,9	59,0	59,0	52,3	49,3	43,6	35,7	70,7

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung ABS/NBS Wendlingen-Ulm PFA 2.1ab

Bereich: A (Heinrich-Otto-Str.) - Strecke 4813

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

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
A	49,8	55,0	51,6	64,4	73,3	73,3	73,9	76,1	77,8	79,9	79,5	80,6	73,5	64,3	60,6	55,8	46,4	39,5	87,0

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}																				
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}	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		
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
P	49,8	55,0	49,9	61,1	68,3	66,6	65,6	66,1	66,1	66,6	64,5	68,9	65,2	59,3	57,3	54,1	46,4	39,5	76,5

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung ABS/NBS Wendlingen-Ulm PFA 2.1ab

Bereich: A (Heinrich-Otto-Str.) - Strecke 4813

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	D (IC)
K2		Geschwindigkeit	200 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein
K4		Weichenbereich	nein
K5		Oberbau	
K6	Tunnel Bauwerk	Tunnelform	
K7		Wandstärke	
K8		Tunnelgründung	
K9		Bodenverhältnisse	
K10		Emissionspunkt	
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold
K12		Dammlage	ja
K13			
K14			
K15			

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♻
A	49,8	55,0	51,6	64,4	73,3	73,3	73,9	76,1	77,8	79,9	79,5	80,6	73,5	64,3	60,6	55,8	46,4	39,5	87,0

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}	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 _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}	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		
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♻
P	51,8	57,0	51,9	63,1	70,3	68,6	67,6	68,1	68,1	68,6	66,5	70,9	67,2	61,3	59,3	56,1	48,4	41,5	78,5

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung ABS/NBS Wendlingen-Ulm PFA 2.1ab

A und B

Emissionen R Regionalzug

Ermittlung des Emissionsspektrums



Bereich: A (Heinrich-Otto-Straße) und B (Güterzuganbindung) - Strecke 4600

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	RI, Rk
K2		Geschwindigkeit	110 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein
K4		Weichenbereich	nein
K5		Oberbau	Schotter
K6	Tunnel Bauwerk	Tunnelform	
K7		Wandstärke	
K8		Tunnelgründung	
K9		Bodenverhältnisse	
K10		Emissionspunkt	8 m
K11		Sonstiges	Meßverfahren
K12			
K13			
K14			
K15			

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
A	42,8	50,5	58,5	63,7	63,3	60,9	65,2	64,8	68,1	72,0	70,5	65,4	61,8	55,2	48,2	36,5	26,6	21,1	77,1

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW
L _{K1}																			
L _{K2}	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	
L _{K3}																			
L _{K4}																			
L _{K5}																			
L _{K6}																			
L _{K7}																			
L _{K8}																			
L _{K9}																			
L _{K10}																			
L _{K11}																			
L _{K12}																			
L _{K13}																			
L _{K14}																			
L _{K15}																			

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
P	42,1	49,8	57,8	63,0	62,6	60,2	64,5	64,1	67,4	71,3	69,8	64,7	61,1	54,5	47,5	35,8	25,9	20,4	76,4

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm PfA 2.1ab

A und B

Emissionen NGZ

Ermittlung des Emissionsspektrums



Bereich: A (Heinrich-Otto-Straße) und B (Güterzuganbindung) - Strecke 4600

		Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	NGZ	GZ
K2		Geschwindigkeit	90 km/h	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel Bauwerk	Tunnelform		
K7		Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m	8 m
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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♣
A	37,1	46,7	44,9	42,4	48,5	52,5	57,8	67,0	72,9	69,6	74,5	71,0	68,0	61,4	58,6	47,9	36,9	28,0	79,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW
L _{K1}																			
L _{K2}	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	
L _{K3}																			
L _{K4}																			
L _{K5}																			
L _{K6}																			
L _{K7}																			
L _{K8}																			
L _{K9}																			
L _{K10}																			
L _{K11}																			
L _{K12}																			
L _{K13}																			
L _{K14}																			
L _{K15}																			

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♣
P	36,6	46,2	44,4	41,9	48,0	52,0	57,3	66,5	72,4	69,1	74,0	70,5	67,5	60,9	58,1	47,4	36,4	27,5	78,7

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm PfA 2.1ab

A und B

Emissionen FGZ

Ermittlung des Emissionsspektrums



Bereich: A (Heinrich-Otto-Straße) und B (Güterzuganbindung) - Strecke 4600

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	FGZ
K2		Geschwindigkeit	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein
K4		Weichenbereich	nein
K5		Oberbau	Schotter
K6	Tunnel	Tunnelform	
K7	Bauwerk	Wandstärke	
K8		Tunnelgründung	
K9		Bodenverhältnisse	
K10		Emissionspunkt	8 m
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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
A	37,1	46,7	44,9	42,4	48,5	52,5	57,8	67,0	72,9	69,6	74,5	71,0	68,0	61,4	58,6	47,9	36,9	28,0	79,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}																				
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}																				
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
P	37,1	46,7	44,9	42,4	48,5	52,5	57,8	67,0	72,9	69,6	74,5	71,0	68,0	61,4	58,6	47,9	36,9	28,0	79,2

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm Pfa 2.1ab

A und B

Emissionen SFGZ

Ermittlung des Emissionsspektrums



Bereich: A (Heinrich-Otto-Straße) und B (Güterzuganbindung) - Strecke 4600

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	SFGZ	GZ
K2		Geschwindigkeit	110 km/h	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel Bauwerk	Tunnelform		
K7		Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m	8 m
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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♻
A	37,1	46,7	44,9	42,4	48,5	52,5	57,8	67,0	72,9	69,6	74,5	71,0	68,0	61,4	58,6	47,9	36,9	28,0	79,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}																				
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♻
P	37,6	47,2	45,4	42,9	49,0	53,0	58,3	67,5	73,4	70,1	75,0	71,5	68,5	61,9	59,1	48,4	37,4	28,5	79,7

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm Pfa 2.1ab

Bereich: C Kirchheim unter Teck

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	A, B (ICE)	ICE
K2		Geschwindigkeit	250 km/h	250 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	feste Fahrbahn	feste Fahrbahn
K6	Tunnel Bauwerk	Tunnelform	1 gleisig rund	2 gleisig, rund
K7		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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
A	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7	42,3	42,4	46,3	53,7	55,6	52,7	51,8	49,3	39,3	35,6	34,7	34,8	60,6

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}																				
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}	-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 _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}	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 _{K12}																				
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
P	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7	44,3	44,4	51,8	62,7	65,6	64,4	65,1	64,3	54,3	50,6	49,7	49,8	71,8

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm Pfa 2.1ab

C

Emissionen D

Ermittlung des Emissionsspektrums

FRITZ GmbH
 BERATENDE INGENIEURE VBI

Bereich: C Kirchheim unter Teck

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	D (IC)	IC
K2		Geschwindigkeit	200 km/h	180 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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
A	26,3	28,7	28,5	29,7	33,8	35,4	33,7	41,7	46,6	55,5	61,4	60,2	51,9	47,7	45,1	41,4	38,7	37,6	65,0

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}	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 _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}	-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 _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}	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 _{K12}																				
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
P	29,3	31,7	31,5	32,7	36,8	38,4	36,7	44,7	53,1	65,5	72,4	72,9	66,2	63,7	61,1	57,4	54,7	53,6	76,9

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm PfA 2.1ab

Bereich: C Kirchheim unter Teck

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

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
A	26,3	24,6	28,5	29,7	28,3	31,2	33,0	41,6	49,6	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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}																				
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}	-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 _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}	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 _{K12}																				
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
P	28,3	26,6	30,5	31,7	30,3	33,2	35,0	43,6	55,1	64,7	73,6	74,1	69,1	64,2	58,8	56,6	53,2	51,6	78,1

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm PfA 2.1ab

C

Emissionen SFGZ

Ermittlung des Emissionsspektrums

FRITZ GmbH
 BERATENDE INGENIEURE VBI

Bereich: C Kirchheim unter Teck

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	SFGZ	Intercargo
K2		Geschwindigkeit	120 km/h	150 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	feste Fahrbahn	W60 B70
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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
A	30,3	28,7	28,5	29,7	33,8	31,6	34,1	35,7	41,7	45,8	59,8	59,6	49,7	46,3	44,6	45,3	44,7	41,6	63,4

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}	-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		
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}	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	10,0	7,6
L _{K12}																				
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
P	30,8	29,2	29,0	30,2	34,3	32,1	34,6	36,2	45,7	53,3	68,3	69,8	61,5	59,8	58,1	58,8	58,2	55,1	73,3

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm PfA 2.1ab

Bereich: D (Anbindung Kleine Wendlinger Kurve)

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	R (Regionalzug)	NV
K2		Geschwindigkeit	120-130 km/h	125 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel Bauwerk	Tunnelform		
K7		Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m	8 m
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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
A	42,8	50,5	58,5	63,7	63,3	60,9	65,2	64,8	68,1	72,0	70,5	65,4	61,8	55,2	48,2	36,5	26,6	21,1	77,1

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}																				
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}																				
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
P	42,8	50,5	58,5	63,7	63,3	60,9	65,2	64,8	68,1	72,0	70,5	65,4	61,8	55,2	48,2	36,5	26,6	21,1	77,1

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm PfA 2.1ab

Bereich: D (Anbindung Kleine Wendlinger Kurve)

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum
K1	Betrieb	Zuggattung	NGZ
K2		Geschwindigkeit	90 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein
K4		Weichenbereich	nein
K5		Oberbau	Schotter
K6	Tunnel	Tunnelform	
K7	Bauwerk	Wandstärke	
K8		Tunnelgründung	
K9		Bodenverhältnisse	
K10		Emissionspunkt	8 m
K11	Sonstiges	Meßverfahren	Max-Hold
K12		Dammlage	ja
K13			
K14			
K15			

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
A	37,1	46,7	44,9	42,4	48,5	52,5	57,8	67,0	72,9	69,6	74,5	71,0	68,0	61,4	58,6	47,9	36,9	28,0	79,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5		
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}																				
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
P	36,6	46,2	44,4	41,9	48,0	52,0	57,3	66,5	72,4	69,1	74,0	70,5	67,5	60,9	58,1	47,4	36,4	27,5	78,7

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm Pfa 2.1ab

Bereich: D (Anbindung Kleine Wendlinger Kurve)

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	FGZ	GZ
K2		Geschwindigkeit	100 km/h	100 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel Bauwerk	Tunnelform		
K7		Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m	8 m
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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
A	37,1	46,7	44,9	42,4	48,5	52,5	57,8	67,0	72,9	69,6	74,5	71,0	68,0	61,4	58,6	47,9	36,9	28,0	79,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}																				
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}																				
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	▲
P	37,1	46,7	44,9	42,4	48,5	52,5	57,8	67,0	72,9	69,6	74,5	71,0	68,0	61,4	58,6	47,9	36,9	28,0	79,2

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm Pfa 2.1ab

D

Emissionen R Regionalzug

FRITZ GmbH
 BERATENDE INGENIEURE VBI

Ermittlung des Emissionsspektrums

Bereich: D (Anbindung Kleine Wendlinger Kurve)

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	R (Regionalzug)	NV
K2		Geschwindigkeit	120-130 km/h	125 km/h
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	nein
K4		Weichenbereich	nein	nein
K5		Oberbau	Schotter	Schotter
K6	Tunnel Bauwerk	Tunnelform		
K7		Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m	8 m
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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
A	42,8	50,5	58,5	63,7	63,3	60,9	65,2	64,8	68,1	72,0	70,5	65,4	61,8	55,2	48,2	36,5	26,6	21,1	77,1

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}																				
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}	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		
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
P	42,8	50,5	56,8	60,4	58,3	54,2	56,9	54,8	56,4	58,7	55,5	53,7	53,5	50,2	44,9	34,8	26,6	21,1	67,5

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm Pfa 2.1ab

Bereich: D (Anbindung Kleine Wendlinger Kurve)

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	NGZ	
K2		Geschwindigkeit	90 km/h	
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	
K4		Weichenbereich	nein	
K5		Oberbau	Schotter	
K6	Tunnel Bauwerk	Tunnelform		
K7		Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m	8 m
K11	Sonstiges	Meßverfahren	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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
A	37,1	46,7	44,9	42,4	48,5	52,5	57,8	67,0	72,9	69,6	74,5	71,0	68,0	61,4	58,6	47,9	36,9	28,0	79,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}	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		
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
P	36,6	46,2	42,7	38,6	43,0	45,3	49,0	56,5	60,7	55,8	59,0	58,8	59,2	55,9	54,8	45,7	36,4	27,5	67,3

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm Pfa 2.1ab

D

Emissionen FGZ

Ermittlung des Emissionsspektrums

FRITZ GmbH
 BERATENDE INGENIEURE VBI

Bereich: D (Anbindung Kleine Wendlinger Kurve)

	Parameter	P Prognose-Emissionsspektrum	A Ausgangs-Emissionsspektrum	
K1	Betrieb	Zuggattung	FGZ	
K2		Geschwindigkeit	100 km/h	
K3	Fahrweg	Kurvenbereich	nein	
K4		Weichenbereich	nein	
K5		Oberbau	Schotter	
K6	Tunnel Bauwerk	Tunnelform		
K7		Wandstärke		
K8		Tunnelgründung		
K9		Bodenverhältnisse		
K10		Emissionspunkt	8 m	8 m
K11	Sonstiges	Meßverfahren	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	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
A	37,1	46,7	44,9	42,4	48,5	52,5	57,8	67,0	72,9	69,6	74,5	71,0	68,0	61,4	58,6	47,9	36,9	28,0	79,2

Berücksichtigte Korrekturen in dB

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	MW	
L _{K1}																				
L _{K2}																				
L _{K3}																				
L _{K4}																				
L _{K5}																				
L _{K6}																				
L _{K7}																				
L _{K8}																				
L _{K9}																				
L _{K10}																				
L _{K11}																				
L _{K12}	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		
L _{K13}																				
L _{K14}																				
L _{K15}																				

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

f[Hz]	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	♠
P	37,1	46,7	43,2	39,1	43,5	45,8	49,5	57,0	61,2	56,3	59,5	59,3	59,7	56,4	55,3	46,2	36,9	28,0	67,8

Projekt: 02413 - Erschütterungstechnische Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen-Ulm PfA 2. 1ab

Bereiche A und B: Heinrich-Otto-Straße/Güterzuganbindung

Strecke 4600, Neckartalbahn Plochingen - Nürtingen: beide Richtungen zusammen

Zugart	Anzahl		Max. Geschw.	Länge
	Tag	Nacht	[km/h]	[m]
D (IC)	2		110	300
R Regionalzug	95	13	110	205
FGZ	3	1	100	500
Summe	100	14		

Bereich D: Anbindung Kleine Wendlinger Kurve

Strecke 4600, Neckartalbahn Plochingen - Nürtingen: Richtung Nürtingen

Zugart	Anzahl		Max. Geschw.	Länge
	Tag	Nacht	[km/h]	[m]
D (IC)	1		130	300
R Regionalzug	47	7	130	205
FGZ	2		100	500
Summe	50	7		

Strecke 4600, Neckartalbahn Plochingen - Nürtingen: Richtung Plochingen

Zugart	Anzahl		Max. Geschw.	Länge
	Tag	Nacht	[km/h]	[m]
D (IC)	1		120	300
R Regionalzug	48	6	120	205
FGZ	1	1	100	500
Summe	50	7		

Bereich A: Heinrich-Otto-Straße

Strecke 4813 NBS Stuttgart - Ulm: für beide Richtungen zusammen

Zugart	Anzahl		Max. Geschw.	Länge	Vorbeifahrzeit:
	Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
A (ICE 3)	42	6	250	360	9,0
B (ICE 1)	16	2	250	360	9,0
D (IC)	28	4	200	300	9,0
R Regionalzug	78	18	160	205	7,0
Summe	164	30			

Strecke 4600, Neckartalbahn Plochingen - Nürtingen: Richtung Nürtingen

Zugart	Anzahl		Max. Geschw.	Länge	Vorbeifahrzeit:
	Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
R Regionalzug	33	4	110	205	10,0
FGZ	1	1	100	500	26,0
NGZ	2		90	200	12,0
Summe	36	5			

Strecke 4600 Neckartalbahn Plochingen - Nürtingen: Richtung Plochingen

Zugart	Anzahl		Max. Geschw.	Länge	Vorbeifahrzeit:
	Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
R Regionalzug	33	4	110	205	10,0
FGZ	2	1	100	500	26,0
NGZ	2		90	200	12,0
Summe	37	5			

Bereich B: Güterzuganbindung

Strecke 4600 Neckartalbahn Plochingen - Nürtingen: Richtung Nürtingen

Zugart	Anzahl		Max. Geschw.	Länge	Vorbeifahrzeit:
	Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
R Regionalzug	33	4	110	205	10,0
FGZ	1	1	100	500	26,0
NGZ	2		90	200	12,0
SFGZ		8	110	500	23,0
Summe	36	13			

Strecke 4600, Neckartalbahn Plochingen - Nürtingen: Richtung Plochingen

Zugart	Anzahl		Max. Geschw.	Länge	Vorbeifahrzeit:
	Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
R Regionalzug	33	4	110	205	10,0
FGZ	2	1	100	500	26,0
NGZ	2		90	200	12,0
SFGZ		8	110	500	23,0
Summe	37	13			

Bereich C: NBS Kirchheim unter Teck

Strecke 4813 NBS Stuttgart - Ulm, beide Richtungen zusammen

Zugart	Anzahl		Max. Geschw.	Länge	Vorbeifahrzeit
	Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
A (ICE 3)	42	6	250	360	9,0
B (ICE 1)	16	2	250	360	9,0
D (IC)	28	4	200	300	9,0
R Regionalzug	30	6	160	205	7,0
SFGZ		16	120	500	21,0
Summe	116	34			

Bereich D: Anbindung Kleine Wendlinger Kurve

Strecke 4600, Neckartalbahn Plochingen - Nürtingen: Richtung Nürtingen

Zugart	Anzahl		Max. Geschw.	Länge	Vorbeifahrzeit
	Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
R Regionalzug	57	10	130	205	9,0
FGZ	1	1	100	500	26,0
NGZ	2		90	200	12,0
Summe	60	11			

Strecke 4600, Neckartalbahn Plochingen - Nürtingen: Richtung Plochingen

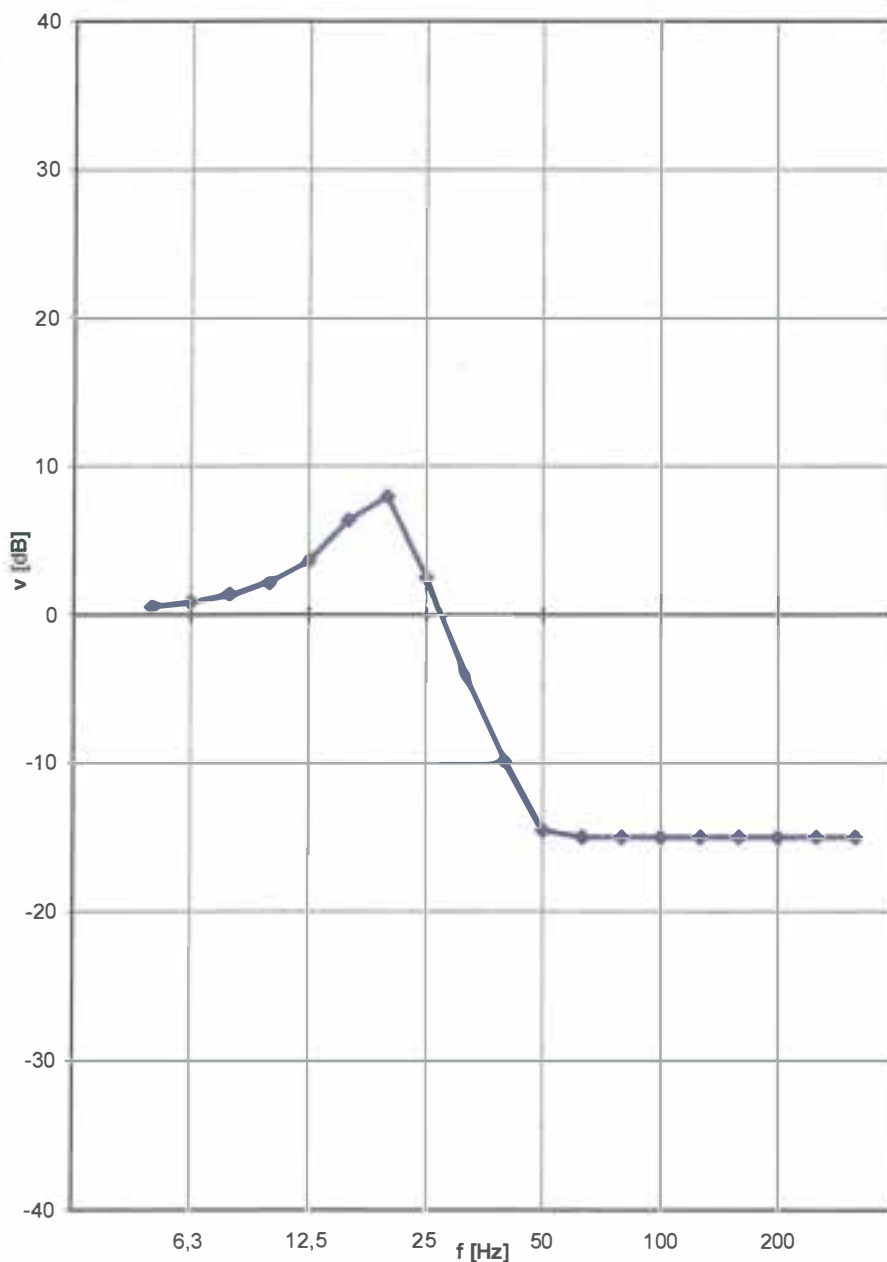
Zugart	Anzahl		Max. Geschw.	Länge	Vorbeifahrzeit
	Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
R Regionalzug	57	10	120	205	10,0
FGZ	2	1	100	500	26,0
NGZ	2		90	200	12,0
Summe	61	11			

Übertragung typisches Masse-Feder-System

Eigenfrequ. f_e : 20 Hz

Dämpfung D: 0,2

Untergrenze: -15 dB



f/Hz	v [dB]
4	
5	0,5
6,3	0,8
8	1,4
10	2,2
12,5	3,6
16	6,3
20	8,0
25	2,5
31,5	-4,1
40	-9,8
50	-14,6
63	-15,0
80	-15,0
100	-15,0
125	-15,0
160	-15,0
200	-15,0
250	-15,0
315	-15,0

Projekt: 02413 - Erschütterungstechn. Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen - Ulm, PFA 2.1ab

Empfohlene Schutzmaßnahme

Nr	Bereich	Maßnahme	Erstreckung	Länge
1	Kirchheim unter Teck (Bereich C)	leichtes Masse-Feder-System 20 Hz NBS Richtungsgleis Stuttg. nach Ulm	von km 31.770 bis km 31.990	220 m
		leichtes Masse-Feder-System 20 Hz NBS Richtungsgleis Ulm nach Stuttg.	von km 31.760 bis km 31.980	220 m

Summe: 440 m

Projekt: 02413 - Erschütterungstechn. Untersuchung - ABS/NBS Wendlingen - Ulm, PFA 2.1ab

