

Anlage 13.2B

ersetzt Anlage 13.2

Nur zur Information

Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg,
Bereich Wendlingen – Ulm,
PFA 2.4: Albabstieg

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

zu den Einwirkungen aus dem zukünftigen Bahnbetrieb

SCHALLSCHUTZ

BAU- und RAUMAKUSTIK

MASCHINENAKUSTIK

MASCHINENDYNAMIK

ERSCHÜTTERUNGEN

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.: **02443-VVE-1**
Datum: ~~20.08.2004~~
07.09.2009

Auftraggeber:

DB Netz AG
vertreten durch
DB ProjektBau GmbH
~~Mönchstraße 29~~
Räpplensstraße 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	5
3	Beschreibung des Planvorhabens	6
3.1	Baumaßnahme	6
3.2	Immissionsschutzrechtliche Behandlung	7
4	Bearbeitungsgrundlagen	7
4.1	Gesetze, Normen, Literaturquellen	7
4.2	Planunterlagen	10
4.3	Betriebsparameter	11
4.3.1	Zugzahlen, Zuglängen und Zuggeschwindigkeiten	11
4.3.2	Angaben zum Fahrweg	12
5	Anforderungen	12
5.1	Erschütterungsschutz	12
5.1.1	Beurteilungsverfahren	13
5.1.2	Anhaltswerte	13
5.2	Schallschutz	15
5.2.1	Grundlagen der Beurteilung	15
5.2.2	Anforderungswerte	18
5.2.3	Anwendung des „Schienenbonus“	19
6	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	21
6.1	Prognose der Erschütterungsimmissionen	22
6.1.1	Emission	22
6.1.2	Transmission	23
6.1.3	Immission	24
6.2	Prognose des sekundären Luftschalls	24
6.3	Prognose mit Schutzmaßnahmen	26
6.4	Prognosegenauigkeit	27
7	Untersuchungsergebnisse	28

7.1	Lehrer Tal (Bereich A)	30
7.1.1	Bebauung im Einwirkungsbereich	30
7.1.2	Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen	30
7.1.3	Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen	31
7.1.4	Schutzmaßnahmen	32
7.1.5	Erschütterungsimmissionen mit Schutzmaßnahmen	32
7.1.6	Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen	32
7.2	Mozartstraße (Bereich B)	32
7.2.1	Bebauung im Einwirkungsbereich	32
7.2.2	Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen	33
7.2.3	Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen	33
7.2.4	Schutzmaßnahmen	33
7.2.5	Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen	34
7.3	Schubartstraße bis Tunnelportal (Bereich C)	34
7.3.1	Bebauung im Einwirkungsbereich	34
7.3.2	Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen	35
7.3.3	Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen	35
7.3.4	Schutzmaßnahmen	35
7.3.5	Erschütterungsimmissionen mit Schutzmaßnahmen	36
7.3.6	Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen	36
8	Abschließende Bemerkungen	36

- ANLAGE I** Lagepläne
- ANLAGE IIB** Ergebnisse Erschütterungen
ohne Schutzmaßnahme
- ANLAGE IIIB** Ergebnisse sekundärer Luftschall
ohne Schutzmaßnahme
- ANLAGE IVB** Ergebnisse Erschütterungen
mit Schutzmaßnahme
- ANLAGE VB** Ergebnisse sekundärer Luftschall
mit Schutzmaßnahmen
- ANLAGE VI** Transferfunktionen
- ANLAGE VII** Emissionsdaten
- ANLAGE VIII** Betriebsprogramm
- ANLAGE IX** Übertragungsfunktion typischer Schutzmaßnahmen
- ANLAGE X** empfohlene Schutzmaßnahme
- ANLAGE XIB** Angaben zu den Immissionsorten

1 Zusammenfassung

Die durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchungen für den PFA 2.4 des Projektes ABS/NBS Stuttgart – Augsburg, Bereich Wendlingen – Ulm haben zu den folgenden Ergebnissen geführt:

- Durch den Einsatz der in **Anlage X** aufgeführten Masse-Feder-Systeme in den Tunnelbauwerken kann im gesamten Einwirkungsbereich der geplanten unterirdisch verlaufenden Neubaustrecke gewährleistet werden, dass die Anforderungen an den Immissionsschutz (Erschütterungsschutz, Schutz gegenüber sekundärem Luftschall) erfüllt werden.
- Es wird empfohlen, in den Planfeststellungsbeschluss den Vorbehalt aufzunehmen, dass beim nachträglichen Nachweis der Wirksamkeit alternativer Schutzsysteme in den Tunnelbauwerken auf diese ausgewichen werden darf. Hierbei ist der Nachweis zum Beispiel nach Fertigstellung der Tunnelrohbauten zu führen, dass auch mit den alternativen Schutzsystemen die Anforderungen des Immissionsschutzes im vollen Umfang erfüllt werden.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

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

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

Die hieraus resultierenden Schwingungen des Gleisoberbaus werden über das Erdreich auf nahestehende Gebäude übertragen, die ihrerseits zu

Schwingungen angeregt werden. Die auftretenden Schwingungsamplituden sind in der Regel so gering, dass Bauwerksschäden als Folge der dynamischen Beanspruchung ausgeschlossen werden können.

Dennoch können Schwingungen bereits bei geringen Schwingstärken zu Beeinträchtigungen von Menschen in Gebäuden führen. Es werden Schwingungen über das Gebäude häufig über Geschossdecken auf Menschen übertragen, die unter Umständen von diesen wahrgenommen werden. Die auftretenden Schwingungsimmisionen können vom menschlichen Körper direkt als mechanische Schwingungen wahrgenommen werden. Andererseits führen die in ein Bauwerk eingeleiteten Schwingungen zu einer Schallabstrahlung der Raumbegrenzungsflächen, die in hörbaren (sekundären) Luftschall umgewandelt werden. Hierbei können Schwingungsimmisionen, die als mechanische Schwingungen nicht mehr spürbar sind, akustisch wahrnehmbar sein.

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

Demgemäß ist im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für den PFA 2.4 (Albabstieg) zu prüfen, ob die Einwirkungen aus Erschütterungsimmisionen bzw. ob die Einwirkungen durch sekundäre Luftschallimmisionen, hervorgerufen vom zukünftigen Betrieb der neuen Bahnanlagen, zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden führen können. Ggf. sind geeignete Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung von Immissionskonflikten zu erarbeiten.

3 Beschreibung des Planvorhabens

3.1 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 2.4** umfasst den 2-gleisigen Neubau des Bereiches Albabstieg zwischen Dornstadt und Einführung NBS nach Ulm Hbf. Die Planfeststellungsgrenze zum PFA 2.3 (Albhochfläche) verläuft bei km 75.2+50 und endet angrenzend an den PFA 2.5a1 bei km 81.7+68. Die Strecke wird vom Planfeststellungsanfang im Bereich Dornstadt bis ca. km 75.8+20 oberirdisch geführt. Im restlichen Bereich verläuft die Trasse in zwei eingleisigen Tunnelröhren unterirdisch. Durch die geplante Streckenführung werden im Bereich des Lehrer Tals und im Bereich der Einführung der Neubaustrecken nach Ulm Hbf Gebäude mit schutzwürdiger Nutzung direkt unterfahren.

3.2 Immissionsschutzrechtliche Behandlung

Bei den geplanten Baumaßnahmen innerhalb des Geltungsbereiches des **PFA 2.4** handelt es sich sowohl für die oberirdisch als auch die unterirdisch geführten Streckenabschnitte um einen Neubau. Somit gibt es keine Vorbelastung durch bestehende Schienenverkehrswege für die untersuchten Bereiche. Dies bedeutet, dass die resultierenden Erschütterungsimmissionen unmittelbar mit den Anforderungswerten der DIN 4150-2 zu vergleichen sind.

4 Bearbeitungsgrundlagen

4.1 Gesetze, Normen, Literaturquellen

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

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung

- Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) in der aktuell gültigen Fassung
- 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990
- 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 04. Februar 1997 in ihrer berichtigten Fassung vom 16. Mai 1997
- Urteil des Oberverwaltungsgerichtes Nordrhein-Westfalen vom 18.01.2001, Az: 20 D 74/98.AK
- Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 13.11.2001, Az: 9 B 57.01
- DIN 4150, Teil 1
„Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- DIN 4150, Teil 2
„Erschütterungen im Bauwesen“, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- DIN 4150, Teil 3
„Erschütterungen im Bauwesen“, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Februar 1999
- DIN 45669 Teil 1
"Messung von Schwingungsimmissionen" Anforderungen an Schwingungsmesser vom Juni 1995
- DIN 45669 Teil 2
"Messung von Schwingungsimmissionen";
Messverfahren vom Juni ~~1995~~ 2005

- VDI 2057, Blatt 3
"Einwirkungen mechanischer Schwingungen auf Menschen"; Beurteilung; Mai 1987
- DB-Leitfaden für den Planer, Körperschall- und Erschütterungsschutz, August 1996
- Bodendynamik, Grundlagen und Anwendungen
Herausgeber Wolfgang Haupt; 1986
- DB Bericht Körperschallmessung am Forster Tunnel und am Langesfeldtunnel, Bericht Nr. 256001, Deutsche Bundesbahn Versuchsanstalt München, Abtl. für Elektrophysik 1992
- DB Bericht Körperschallemissionen von ICE-Zügen im Einmalbergtunnel (Feste Fahrbahn) und im Kriegergtunnel der NBS, Bericht Nr. 156005, Deutsche Bundesbahn Versuchsanstalt München, Abtl. für Elektrophysik 1991
- DB Bericht Körperschallmessung bei Fahrt eines Intercargo-Messzuges an der freien Strecke und um Triberggtunnel der NBS bei Nordheim/Hannover, Bericht Nr. 9156010, Deutsche Bundesbahn Versuchsanstalt München, Abtl. für Elektrophysik 1991
- Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Bericht Nr. 107
- Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Materialien Nr. 22, „Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs“
- Erschütterungen durch Eisenbahnverkehr, Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE-Nr. 60.340/1998, Peter Fritz; FRITZ GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

- ❑ Ermittlung der Belästigung durch Verkehrslärm in Abhängigkeit von Verkehrsmittel und Verkehrsdichte in einem Ballungsgebiet (Straße und Eisenbahnverkehr), Gerhard Heimerl und Ekkhard Holzmann, Zeitschrift Kampf dem Lärm, Ausgabe 26, Springer-Verlag 1997
- ❑ Geräuschbelästigung durch unterirdische Verkehrsanlagen (U-Bahnen), U. Uderstädt, G. Eckermann, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 28, Springer-Verlag 1981
- ❑ Vergleich der Lästigkeit von Schienen- und Straßenverkehrslärm in städtischen und ländlichen Regionen, A. Schümer-Kohrs, R. Schümer, V. Knall, W. Kasubek, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 28, Springer-Verlag 1991
- ❑ Vergleich der Lästigkeit von Schienen- und Straßenverkehrslärm, U. Möhler, R. Schuemer, V. Knall, A. Schümer-Kohrs, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 33, Springer-Verlag 1986
- ❑ Vergleich der Pausenstruktur von Schienenverkehrslärm und Straßenverkehrslärm, U. Möhler, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 35, Springer-Verlag 1988
- ❑ Lästigkeit von Schienenverkehrslärm im Vergleich zu anderen Lärmquellen – Überblick über Forschungsergebnisse, R. Schuemer, A. Schümer-Kohrs, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 38, Springer-Verlag 1991
- ❑ Lästigkeitsunterschied zwischen den Geräuschen des Straßenverkehrs und des Schienenverkehrs, G. Hauck, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Ausgabe 38, Springer-Verlag 1991

4.2 Planunterlagen

Zur Bearbeitung standen folgende Planunterlagen und Schriftsätze zur Verfügung:

- ❑ Lagepläne ABS/NBS Stuttgart – Augsburg, Bereich Wendlingen – Ulm, PFA 2.4, Gemeinde Dornstadt – Stadt Ulm, BGS Ingenieursozietät, Maßstab 1:1000

- Übersichtslageplan ABS/NBS Stuttgart – Augsburg, Bereich Wendlingen – Ulm, PFA 2.4, Gemeinde Domstadt – Stadt Ulm, BGS Ingenieursozietät, Maßstab 1:10.000
- Höhenpläne ABS/NBS Stuttgart – Augsburg, Bereich Wendlingen – Ulm, PFA 2.4, Gemeinde Domstadt – Stadt Ulm, BGS Ingenieursozietät, Maßstab 1:1000 / 1:250
- Ingenieurgeologische und Hydrogeologischer Längsschnitt mit geotechnischen Bewertungsband, PFA 2.4, Maßstab 1:10.000 / 1:1000, ARGE Wasser + Umwelt + Geotechnik
- Tunnelquerschnitte, übermittelt per eMail vom Juli 2002, BGS Ingenieursozietät
- Angaben zum Betriebsprogramm der NBS Wendlingen – Ulm im Prognosejahr 2015 auf Grundlage der Prognose des Entwurfs des BVWP 2003, DB ProjektBau GmbH
- Auszüge aus den aktuellen Flurkarten mit Angabe der Gebietsnutzung Bereich Ulm, Maßstab 1:2.500, Stadtplanungsamt Ulm, Juli 2002
- Flächennutzungs- und Landschaftsplan 2010, Maßstab 1:10.000, Stadtplanungsamt Ulm, Juni 2002

4.3 Betriebsparameter

4.3.1 Zugzahlen, Zuglängen und Zuggeschwindigkeiten

Für die Ermittlung der Beurteilungsschwingstärken ist die Kenntnis der Intensität von Schwingungsimmissionen sowie deren Einwirkdauer erforderlich. Die Intensität am Einwirkungsort wird maßgeblich durch die zugspezifische Emission sowie die gelände- und gebäudespezifische Übertragung geprägt.

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

Bei der Ermittlung der Einwirkungsdauer ist für Erschütterungen das 30-Sekunden-Taktverfahren gemäß DIN 4150 Teil 2 zu beachten. Bei den vorliegenden Zuglängen und Geschwindigkeiten kann davon ausgegangen werden, dass jede Zugvorbeifahrt innerhalb eines 30-Sekunden-Taktes erfolgt.

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

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

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

4.3.2 Angaben zum Fahrweg

In den neu zu errichtenden Tunneln der NBS Wendlingen – Ulm, PFA 2.4 ist als Oberbaukonzept eine Feste Fahrbahn vorgesehen.

5 Anforderungen

5.1 Erschütterungsschutz

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

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

5.1.1 Beurteilungsverfahren

Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen sind zwei Beurteilungsgrößen heranzuziehen:

$KB_{F_{max}}$: die maximale zeit- u. frequenzbewertete Schwingstärke
 $KB_{F_{Tr}}$: die Beurteilungsschwingstärke

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

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

5.1.2 Anhaltswerte

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

Die **Tabelle 2** zeigt den Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung. Die hierin definierten Empfindungs-

bereiche können auf die darüber angegebenen Anhaltswerte A_o und A_u angewendet werden. Nicht anzuwenden sind diese Wahrnehmungsbereiche auf die Beurteilungsschwingstärke A_r . Hierin ist neben der Intensität von Erschütterungsimmissionen ebenfalls deren Einwirkdauer berücksichtigt.

Tabelle 1 Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen.

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

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

Tabelle 2: Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung nach VDI 2057 Blatt 3, (Stand Mai 1987)

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

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

***) KB entspricht dem Maximalwert aller Einzelergebnisse (KB_{FTi}) der gemäß DIN 4150-2 als KB_{Fmax} -Wert bezeichnet wird.

5.2 Schallschutz

5.2.1 Grundlagen der Beurteilung

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

Bei der Beurteilung schienenverkehrsinduzierter sekundärer Luftschallmissionen ist zunächst zu berücksichtigen, dass es sich hierbei – wenn auch im weiteren Sinne – um Verkehrslärmmissionen handelt. Demzufolge sollte als Grundlage einer Beurteilung der 4. Teil des Bundes-Immissionsschutzgesetzes herangezogen werden, der sich in den §§ 41 bis 43 mit Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche befasst. In § 43 BImSchG wird die Bundesregierung ermächtigt erforderliche Vorschriften zu erlassen. Hierbei wird explizit darauf hingewiesen, dass den Besonderheiten des Schienenverkehrs Rechnung zu tragen ist. Dies ist für primäre Luftschallmissionen mit Erlass der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) geschehen. Eine Regelung zum sekundären Luftschall gibt es

derzeit nicht. Aufgrund des Sachverhaltes, dass sekundärer Luftschallimmissionen – hervorgerufen durch Schienenverkehr – Verkehrsgeräusche sind, scheidet die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (**TA-Lärm**) als Beurteilungsgrundlage aus, da deren Anwendungsbereich auf

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

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

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

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

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

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

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

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

führen. Zusammenfassend ist also festzustellen, dass weder die **TA-Lärm** noch die DIN 45680 für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen aus immissionsschutzrechtlicher und aus immissionsschutztechnischer Sicht maßgeblich sind. Zu dieser Auffassung gelangt ebenfalls das OVG Nordrhein-Westfalen in seinem Urteil vom 18.01.2001. Das Gericht be-

fasste sich hierbei mit der Frage, inwieweit für die Beurteilung des sekundären Luftschalls die Immissionswerte der TA-Lärm oder der VDI-Richtlinie 2058 herangezogen werden können. Das Gericht kommt hierbei zu der Auffassung, dass die aus dem Jahr 1985 stammende VDI 2058, Blatt 1, zwischenzeitlich im Hinblick auf die Novellierung der TA-Lärm zurückgezogen wurde und dass eine Anwendung der VDI-Richtlinie 2058, Blatt 1 oder der TA-Lärm deshalb nicht in Betracht käme, weil sie sich auf Arbeitslärm durch Gewerbebetrieb beziehe und somit den Besonderheiten des Verkehrslärms nicht in geeigneter Weise Rechnung trage. Diese Entscheidung wurde zwischenzeitlich vom Bundesverwaltungsgericht bestätigt.

Ein Anhaltspunkt für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen ergibt sich aus der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (**24. BImSchV**) vom 04.02.1997, die – wenn auch indirekt – Vorgaben für zulässige Innenraumpegel aus Verkehrslärmimmissionen in Abhängigkeit von der Raumnutzung angibt. Auch wenn der sekundäre Luftschall strenggenommen nicht den Regelungen der 24. BImSchV unterliegt, da deren Anwendung die Überschreitung der Immissionsgrenzwerte nach § 2 der 16. BImSchV durch den Bau oder die wesentliche Änderung einer öffentlichen Straße oder eines Schienenverkehrsweges voraussetzt. In Anlehnung an die 24. BImSchV scheint es dennoch gerechtfertigt, den aus Tabelle 1 der 24. BImSchV (Korrektursummand D zur Berücksichtigung der Raumnutzung) abgeleiteten Innenpegel (= Korrektursummand D zuzüglich 3 dB(A)) als Beurteilungsmaßstab auch hinsichtlich sekundären Luftschalls heranzuziehen.

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 Ordnungsgeber der **24. BImSchV** hat diese Zumutbarkeitsschwellen ebenfalls zu Grunde gelegt. Diese wurden vom Bundesverwaltungsgericht bereits in der Zeit vor Inkrafttreten der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BImSchV**) am Maßstab des § 74 Abs. 2, Satz 2 Verwaltungsverfahrensgesetz bestimmt. Da die **24. BImSchV** nicht nur Anforderungswerte für Wohn- und Schlafräume nennt, sondern ebenfalls Anforderungen für andere Nutzungen, sollen diese Anforderungswerte für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen herangezogen werden.

sionen 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 in Gleichung 1 und 2 die mathematischen Beziehungen angegeben, nach denen das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß der gesamten Außenfläche eines Raumes rechnerisch zu ermitteln ist, wenn aufgrund von Grenzwertüberschreitungen dem Grunde nach ein Rechtsanspruch auf Lärmvorsorgemaßnahmen besteht. Der Korrektursummand D ist für unterschiedliche Raumnutzungen in **Tabelle 3** zusammengestellt. Mit der Festsetzung der Korrektursummanden 27 dB für Schlafräume und 37 dB für sonstige Wohnräume hat sich der Verordnungsgeber an den von der Rechtsprechung vor Erlass der 24. BImSchV entwickelten Zumutbarkeitsschwelle für Innenraumpegel von 30 dB(A) für Schlafräume und 40 dB(A) für sonstige Wohnräume orientiert. Dabei geht der Verordnungsgeber davon aus, dass es sich hierbei um Beurteilungspegel handelt. Ferner berücksichtigt er, dass Bauteile gegenüber Linienschallquellen eine um 3 dB geringere Luftschalldämmung aufweisen. Unter Berücksichtigung dieser geringeren Schalldämmung von Bauteilen hätte der Verordnungsgeber einen zulässigen Beurteilungspegel in Räumen definieren können, hätte dann aber den berechneten Lärmwert außen um den geringeren Dämmwert von 3 dB erhöhen müssen. Er hat sich dazu entschlossen, den nach 16. BImSchV berechneten Eingangswert zu belassen und das geringere Dämm-Maß durch einen Korrektursummanden aufzufangen, der um 3 dB(A) unter dem angezielten Beurteilungspegel in Räumen liegt. Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes ergeben sich die in **Tabelle 3** angegebenen Immissionsrichtwerte.

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

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

Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes ergeben sich die oben in **Tabelle 3** angegebenen Richtwerte für den Tag- und den Nachtzeitraum.

Tabelle 3: Immissionsrichtwerte für die Beurteilung von sekundärem Luftschall

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

$L_{ri,T}$: Beurteilungspegel innen tags

$L_{ri,N}$: Beurteilungspegel innen nachts

5.2.3 Anwendung des „Schienenbonus“

Orientiert man sich bei der Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen aus schienengebundenem Verkehr an den von der Rechtsprechung entwickelten Zumutbarkeitsschwelle und an der 24. BImSchV so ist zu klären, ob der in der 24. BImSchV berücksichtigte „Schienenbonus“ auch für die Beurteilung des sekundären Luftschalls anzuwenden ist. Der Schienenbonus berücksichtigt bei der Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Verkehrslärm, zum Beispiel im Zusammenhang mit dem Neubau oder der wesentlichen Änderung von Straßen- oder Schienenwegen, die unterschiedliche Lästigkeit von Schienenverkehrslärm gegenüber Straßenverkehrslärm. Die Gründe für die Lästigkeitsunterschiede sind im Einzelnen noch ungeklärt. Wesentlich sind in diesem Zusammenhang jedoch die folgenden Umstände:

□ **Zeitstruktur**

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

□ **Vorhersagbarkeit**

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

□ **Frequenzspektrum**

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

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

Im Hinblick auf die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen schnitt der Bahnverkehrslärm wie auch der Anliegerstraßenverkehr besser, das heißt weniger störend, als der Autobahn- bzw. Schnellstraßenverkehrslärm ab. Dieser Sachverhalt belegt, dass die **Pausenstruktur** von Geräuscheinwirkungen eine erhebliche Bedeutung für deren Lästigkeit hat.

Daher wird Straßenverkehrslärm auf schwach befahrenen Anliegerstraßen unabhängig vom geringeren Mittelungspegel als weniger störend empfunden als der durchgängig einwirkende Verkehrslärm von Schnellstraßen wie Autobahnen. Dies gilt, obwohl Verkehrslärm von Anliegerstraßen bedingt durch die zulässige Höchstgeschwindigkeit

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

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

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

6 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

Ausgangspunkt der erschütterungstechnischen Untersuchung ist die Festlegung repräsentativer Untersuchungsobjekte. Hierbei werden für die Durchführung von Erschütterungsprognosen in den nachfolgend benannten Immissionsbereichen **A** bis **C** 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 in Lehrer Tal, der Bereich **B** beinhaltet die Gebäude des Immissionsbereiches Mozartstraße in Ulm und der Bereich **C** die Gebäude Schubartstraße bis Tunnelportal in Ulm.

Die ausgewählten Untersuchungsbereiche sind Bereiche, in denen Immissionskonflikte aus Erschütterungen und sekundären Luftschallimmissionen dem Grunde nach nicht auszuschließen sind. Sie befinden sich alle im Bereich der unterirdischen Streckenführung.

6.1 Prognose der Erschütterungsimmissionen

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

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

Da die Übertragungsfunktionen zum Teil stark frequenzabhängig sind, ist für die Prognose ein Berechnungsverfahren anzuwenden, das sowohl die spektrale Zusammensetzung der Schwingungsemission als auch die spektrale Zusammensetzung der einzelnen Transferfunktionen berücksichtigt. Emissionen und Transferfunktionen werden daher als Terzspektren im Frequenzbereich von 5.0 bis 315 Hz angegeben.

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

6.1.1 Emission

Die Emission eines Schienenverkehrsweges, der in einem Tunnelbauwerk geführt wird, wird durch die Schwingschnelle an der Tunnelwand in horizontaler Richtung oder die Schwingschnelle der Tunneldecke bzw. Tunnelfirste in vertikaler Richtung angegeben. Welche der beiden Größen zu präferieren ist, hängt von der Lage des Immissionsortes (schützenswertes Gebäude) zum Tunnelbauwerk ab. In Grenzfällen, in denen beide Angaben herangezogen werden könnten (zum Beispiel das Gebäude liegt in einem Winkel von ca. 45° zur Vertikalen über dem Tunnel), ist von der höheren Emissionsangabe, im Regelfall die Schwingschnelle an der Tunnelwand (horizontale Richtung), auszugehen.

Bei 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 Tunnelbauwerke die oben genannten Emissionsspektren aus und überprüft, ob alle emissionsrelevanten Parameter deckungs-

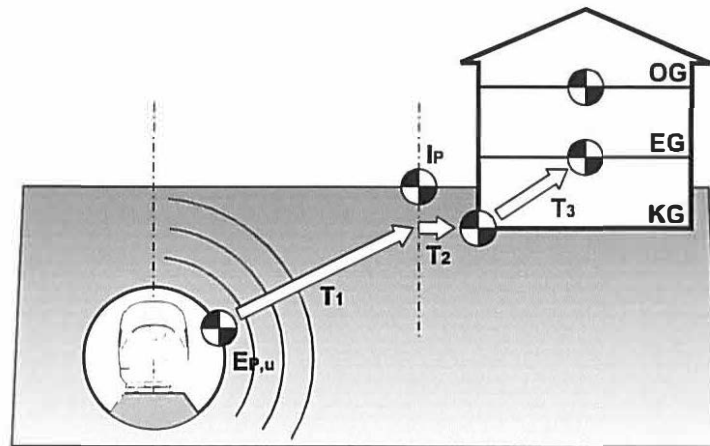
gleich sind. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass zum Beispiel auch im selben Tunnelbauwerk die Emissionen für unterschiedliche Zuggattungen und in derselben Zuggattung für unterschiedliche Geschwindigkeiten differieren. Demgemäß sollten bei den verfügbaren Emissionsdaten Zuggattungen und -geschwindigkeiten übereinstimmen. Dem Grunde nach ist bei dem Verfahren das Prinzip der größtmöglichen Annäherung zu praktizieren. Dies bedeutet, dass die Betriebsparameter und ggf. die Tunnelbauweise übereinstimmen sollten. Im Regelfall sind jedoch Korrekturen an den Emissionsdaten auf der Grundlage allgemeiner Erkenntnisse über Erschütterungsemissionen und -immissionen an unterirdisch geführten Verkehrswegen vorzunehmen. So sind zum Beispiel für Streckenabschnitte, die in Kurvenbereichen geführt werden, Zuschläge auf die Emissionen anzuwenden, wenn die verfügbaren Emissionsdaten an einem gerade geführten Tunnelbauwerk vorgenommen wurden.

Weiterhin sind auf der Grundlage allgemeiner Erfahrungswerte zum Erschütterungsschutz insbesondere die Tunnelform, die Tunnelgründung sowie die Bodenverhältnisse zu berücksichtigen. Die im Rahmen der Prognoseberechnungen angewendeten Emissions-Korrekturfunktionen sind in **Anlage VII.5 bis VII.9** beigefügt. Die Ausgangsspektren sind in **Anlage VII.1 bis VII.4** grafisch dargestellt. 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 Erschütterungsimmissionen an betroffenen Gebäuden geringer sein werden als die prognostizierten Einwirkungen.

6.1.2 Transmission

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

Abb. 1: Übertragung von Erschütterungen



Legende

- EP,u Emissionspunkt an der Tunnelwand.
- IP Immissionspunkt unmittelbar vor dem Gebäude.
- T_0 Transferfunktion 0: Übertragung vom Gleisoberbau zum 8m-Punkt.
- T_1 Transferfunktion 1: Übertragung im Erdbau.
- T_2 Transferfunktion 2: Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament.
- T_3 Transferfunktion 3: Übertragung vom Gebäudefundament auf die einzelnen Geschosdecke.

6.1.3 Immission

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

Da für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden der Messpunkt in der Mitte einer Geschosdecke, das heißt in Raummitte, relevant ist und hier überwiegend die Schwingungsimmissionen in Z-Richtung (Vertikalkomponente) die anderen beiden Raumrichtungen übersteigt, werden die Prognoseberechnungen ausschließlich für Z-Komponenten der Erschütterungseinwirkung durchgeführt.

6.2 Prognose des sekundären Luftschalls

Die Prognostizierung des sekundären Luftschallpegels im Innenraum L_i basiert auf dem zuvor berechneten maximalen zeitbewerteten Körper-

schallschnellepegel L_v . Dies ist der 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:

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

Darin bedeuten:

- L_{sek} : sekundärer Luftschall 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 m^2
 A : äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in m^2

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

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

Für Betondecken:

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

Für Holzbalkendecken:

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

Dabei bedeuten

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

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

6.3 Prognose mit Schutzmaßnahmen

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

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

deutlich geringer ist als die von Unterschottermatten, können hierfür andere, in der Regel kostengünstigere Materialien angewendet werden.

Alternativ kann eine elastische Abfederung des Oberbaus durch eine Streckenführung in Schottertrögen, die gegenüber dem Untergrund abgedeutert sind, oder im Fall einer Festen Fahrbahn über eine auf Einzellagern (Elastomerlager, Stahlfedern) elastisch gelagerte Gleistragplatte erfolgen. Diese Oberbausysteme werden als **schwere Masse-Feder-Systeme** bezeichnet. Hiermit lassen sich Oberbaueigenfrequenzen bis herunter zu 6 bis 7 Hz realisieren. In **Anlage IX** sind Einfügungsdämmkurven von leichten und schweren Masse-Feder-Systemen dargestellt. Die Übertragungsfunktionen sind idealisiert dargestellt, 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.

6.4 Prognosegenauigkeit

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

Aufgrund von Erkenntnissen an Einzelprojekten kann die Prognose im günstigen Fall mit 3 dB(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 vor-

liegenden 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. Hierbei wird beim Emissionsansatz stets der Mittelwert plus die Standardabweichung berücksichtigt. Ebenso wird dies bei den messtechnisch ermittelten Transferfunktionen gehandhabt. 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 Prognose toleranzen weiter reduzieren.

7 Untersuchungsergebnisse

Die maßgeblichen betriebstechnischen, bautechnischen und erschütterungstechnischen Grundlagen der durchgeführten Untersuchung sind in den **Anlagen I, VI bis VIII und XIB** dargestellt.

Die Streckenführung der im PFA 2.4 neu zu bauenden Schienenverkehrswege ist in den Lageplänen in **Anlage I** zu sehen. In **Anlage VIII** sind die Betriebsdaten der Neubaustrecke angegeben.

Eine Angabe der für die Erschütterungsprognosen herangezogenen Emissionsspektren findet sich in **Anlage VII.1 bis VII.4**. Da die auf der Grundlage von Messungen ermittelten Emissionsspektren den individuellen betriebstechnischen und bautechnischen Rahmenbedingungen dieses Projektes anzupassen sind, sind die herangezogenen messtechnisch erhobenen Erschütterungsemissionen durch die Anwendung von Korrekturfunktionen anzupassen. Die für die Emissionsermittlung angewandten Emissionskorrekturen sind in **Anlage VII.4 bis VII.9** angegeben.

Für den Fall, dass zur Einhaltung der erschütterungstechnischen oder der schalltechnischen (sekundärer Luftschall) Anforderungen Schutzmaßnahmen erforderlich werden, sind in **Anlage IX** die Übertragungsfunktionen typischer Schutzmaßnahmen angegeben. Die angegebenen Übertragungsfunktionen, die die Einfügungsdämmung derartiger Systeme kennzeichnen, sind idealisiert dargestellt. Im Regelfall lassen sich mit derartigen Systemen höhere als die angegebenen Einfügungsdämmungen erreichen. Die vorgenommene Idealisierung erfolgte, um dem Grundsatz der oberen Abschätzung (im Fall von Schutzmaßnahmen der unteren Abschätzung möglicher Wirkungen) Rechnung zu tragen.

In **Anlage IIB** und **IIIB** sind die Prognoseergebnisse für exemplarische Gebäude tabellarisch dargestellt. Die Anlage enthält Ergebnistabellen für die zukünftigen Einwirkungen aus Erschütterungsimmissionen und sekundärem Luftschall. In **Anlage IVB** und **VB** sind die Prognoseergebnisse der untersuchten Gebäude unter Berücksichtigung der empfohlenen Schutzmaßnahme für die zukünftigen Einwirkungen aus Erschütterungsimmissionen und sekundärem Luftschall zu erkennen.

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

In den tabellarischen Ergebnisdarstellungen sind Angaben zu Immissionswirkungen aus Erschütterungen und Geräuschen für mehrere Räume in den einzelnen Gebäuden aufgeführt. Die Angabe der Immissionswerte

(Beurteilungsgrößen Erschütterungen; Beurteilungsgrößen sekundärer Luftschall) erfolgt getrennt für den Tag- und den Nachtzeitraum. Im Fall des sekundären Luftschalls beziehen sich die Angaben tags auf Wohn- oder vergleichbar genutzte Räume. Die Angaben nachts beziehen sich auf Schlafräume.

Grün hinterlegte Felder bedeuten, dass die jeweils gültigen Anforderungen an den Immissionsschutz erfüllt werden. Bei **rot** hinterlegten Feldern sind die Anforderungen nicht erfüllt. Sind Felder **gelb** gekennzeichnet, so sind weitere Beurteilungsschritte zur Prüfung der Einhaltung immissions-technischer Anforderungen erforderlich. Für Objekte, in denen nachts keine schutzwürdigen Nutzungen gegeben sind, werden die Beurteilungsgrößen zwar ausgewiesen, jedoch nicht beurteilt. Dieser Sachverhalt ist dadurch gekennzeichnet, dass diese Felder nicht entsprechend dem Ergebnis einer Beurteilung farbig hinterlegt sind.

7.1 Lehrer Tal (Bereich A)

7.1.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

Die untersuchten Gebäude im Lehrer Tal werden von einem der beiden Tunnelröhren direkt unterfahren. Die Überdeckung beträgt in diesem Bereich ca. 15 bis 19 m. Der seitliche Abstand der untersuchten Gebäude zu der zweiten Tunnelröhre liegt bei ca. 20 m.

7.1.2 Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen

In **Anlage II.1B** ist das Ergebnis des ersten Beurteilungsschrittes gemäß DIN 4150-2 dargestellt. Hierin wird geprüft, ob die **KB_{Fmax}-Werte** den unteren Anhaltswert unterschreiten. Für den Kindergarten (**IP 2**) werden die Anhaltswerte für ein Sondergebiet (**SO**) herangezogen. Ferner wird davon ausgegangen, dass im Kindergarten im Nachtzeitraum keine schutzwürdige Nutzung stattfindet und deshalb nicht beurteilungsrelevant ist. Für die beiden Wohngebäude (**IP 1** und **IP 3**) gibt es keinen rechtskräftig gültigen Bebauungsplan. Im Flächennutzungsplan ist dieser Bereich als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen. Da es sich bei den beiden Gebäuden um Wohngebäude im Außenbereich handelt, erfolgt in Anlehnung an die 16. BImSchV eine Einstufung als Mischgebiet (**MI**). In 4 der 7 untersuchten Räume der Immissionsorte überschreitet die bewertete Schwingstärke **KB_{Fmax}** den unteren Anhaltswert (**A_u**). Somit wird für diese Gebäude der zweite Schritt der Beurteilung gemäß DIN 4150-2 erforderlich. In dem Ge-

bäude Lehrer Tal 8 (IP 3) wird in einem Raum der obere Anhaltswert gemäß DIN 4150-2, Abschnitt 6.5.3.5 für den Nachtzeitraum überschritten. Zieht man die **Tabelle 2**, die eine Aussage über den Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung nach VDI 2057 Blatt 3 zur Hilfe, so sind die prognostizierten Schwingstärken gemäß Zeile 1 und 2 als „nicht“ bis „gerade spürbar“ einzustufen.

Das Ergebnis des zweiten Beurteilungsschrittes ist in **Anlage II.2B** aufgeführt. Wie zu erkennen ist, kommt es in keinem der untersuchten Gebäude weder im Tag- noch im Nachtzeitraum zu Überschreitungen des Beurteilungsanhaltswertes. Die Anforderungen der **DIN 4150-2** sind somit hinsichtlich einwirkender Erschütterungsimmissionen in allen Gebäuden erfüllt. Schutzmaßnahmen werden nicht erforderlich.

7.1.3 Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen

In **Anlage IIIB** sind die prognostizierten Pegel des sekundären Luftschalls aufgeführt. Der Anforderungswert in Anlehnung an die 24. BImSchV für Wohnräume am Tag von

$$\text{IRW} = 40 \text{ dB(A)}$$

wird in allen Räumen deutlich unterschritten. Hierbei wird für den Kindergarten (IP 2) ebenfalls der Anforderungswert für einen Wohnraum für die Beurteilung zu Grunde gelegt. Der Immissionsrichtwert für den Nachtzeitraum, der ausschließlich für Schlafräume gilt, liegt gemäß **Tabelle 3** bei

$$\text{IRW} = 30 \text{ dB(A)}.$$

In dem Gebäude Lehrer Tal 7 wird dieser in einem der beiden untersuchten Räumen überschritten. Der hier maximal auftretende Innenschallpegel liegt bei

$$L_{ri} = 32,6 \text{ dB(A)}.$$

Somit sind die Anforderungen der 24. BImSchV als **nicht erfüllt** anzusehen. Für den Kindergarten wird davon ausgegangen, dass es zu keiner Nutzung im Nachtzeitraum kommt und damit nicht beurteilungsrelevant wird. Aufgrund des Sachverhaltes der Überschreitungen der Anforderungswerte für den Nachtzeitraum ergibt sich für das Wohngebäude Lehrer Tal 7 (IP 01) die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen.

7.1.4 Schutzmaßnahmen

Aufgrund der vorliegenden Berechnungsergebnisse sind Schutzmaßnahmen im Bereich des Lehrer Tals erforderlich. Zur Minderung einwirkender Erschütterungen wird empfohlen in beiden Tunnelröhren auf einer Länge von jeweils ca. 220 m ein leichtes Masse-Feder-System mit einer Oberbaueigenfrequenz (unter Betriebsbedingungen von ca. 31,5 Hz) zu installieren. Die empfohlene Art und Erstreckung der Schutzmaßnahmen ist in **Anlage X** aufgeführt. Die Mindestanforderungen an ein derartiges System sind in **Anlage IX.2** zu sehen.

7.1.5 Erschütterungsimmissionen mit Schutzmaßnahmen

Die unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Schutzmaßnahmen auftretenden maximalen bewerteten Schwingstärken sind in **Anlage IV.1** aufgeführt. Es zeigt sich, dass der untere Anhaltswert in fast allen untersuchten Räumen sowohl für den Tagzeitraum als auch den Nachtzeitraum deutlich unterschritten wird, so dass die Anforderung der DIN 4150-2 erfüllt ist. Die prognostizierten Werte liegen unterhalb bzw. im Bereich der Föhlschwelle des menschlichen Empfindens.

7.1.6 Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen

Die Prognoseberechnungen für die sekundären Luftschallimmissionen mit Schutzmaßnahmen sind in **Anlage VB** dokumentiert. In allen Gebäuden und in allen Räumen werden die in Anlehnung an die 24. BImSchV zur Beurteilung von sekundären Luftschallimmissionen herangezogenen Immissionsrichtwerte unterschritten. Somit kann auch aus Sicht des sekundären Luftschalls davon ausgegangen werden, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen zur vollständigen Konfliktbeseitigung geeignet sind.

7.2 Mozartstraße (Bereich B)

7.2.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

In diesem Bereich befinden sich vorwiegend Wohngebäude. Die Überdeckung der beiden Tunnelröhren liegt bei ca. 31 m. Beide untersuchten Gebäude werden von jeweils einer Tunnelröhre direkt unterfahren. Der seitliche Abstand zur zweiten Tunnelröhre liegt bei ca. 20 m.

7.2.2 Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen

Im ersten Beurteilungsschritt der Prognose (**Anlage II.1B**) wird in 2 der 6 untersuchten Räume der untere Anhaltswert für den Nachtzeitraum überschritten. Alle anderen prognostizierten maximal bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} liegen unter dem unteren Anhaltswert (A_u) für ein Wohngebiet. Im zweiten Schritt der Beurteilung der in **Anlage II.2** dargestellt ist, zeigt sich dass alle prognostizierten Beurteilungsschwingstärken (KB_{FTr}) unterhalb des Beurteilungsanhaltswertes für ein Wohngebiet liegen. Demgemäß sind im Sinne der DIN 4150-2 erheblich belästigende Erschütterungsimmissionen aus dem Betrieb der Bahnanlage für den Bereich **B** nicht zu erwarten.

7.2.3 Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen

In **Anlage IIIB** sieht man, dass in 3 der 6 untersuchten Räume die Anforderungswerte der 24. BImSchV während des Nachtzeitraums **nicht** eingehalten werden. Es kommt zu Pegelüberschreitungen von bis zu 5,8 dB(A). Im Tagzeitraum hingegen wird der Immissionsrichtwert für Wohnräume von

$$IRW = 40 \text{ dB(A)}$$

in allen Räumen deutlich unterschritten. Somit ergibt sich ein Erfordernis von Schutzmaßnahmen für diesen Bereich.

7.2.4 Schutzmaßnahmen

Zur Minderung der einwirkenden Immissionen aus sekundärem Luftschall wird empfohlen in beiden Tunnelröhren ein leichtes Masse-Feder-System mit einer Eigenfrequenz von 31,5 Hz im Bereich der beiden untersuchten Wohngebäude einzubauen. Da außerhalb dieses Bereiches der beiden exemplarischen Gebäude in Richtung Wendlingen ebenfalls Gebäude direkt unterfahren werden, die zwar eine größere Überdeckung als die beiden untersuchten Gebäude in der Mozartstraße aufweisen, bei denen aber nicht ausgeschlossen werden kann, dass es zu Immissionskonflikten infolge sekundärem Luftschall kommen kann, wird empfohlen auch außerhalb des Bereiches **B** in Richtung Stuttgart in beiden Tunnelröhren eine Schutzmaßnahme vorzusehen. Es wird hier empfohlen ein leichtes Masse-Feder-System mit einer Oberbaueigenfrequenz von ca. 31,5 Hz einzubauen. Die Erstreckung der beiden Schutzmaßnahmen ist in **Anlage X**

aufgeführt. Die Mindestanforderung an ein derartiges System sind in **Anlage IX.2** dargestellt.

7.2.5 Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen

Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen für sekundäre Luftschallimmissionen mit Schutzmaßnahmen sind in **Anlage VB** dokumentiert. Durch den Einbau der empfohlenen Schutzmaßnahmen erfolgt eine deutliche Reduzierung der Innenschallpegel um bis zu 8,8 dB(A). Der maximale Beurteilungs-Innenschallpegel liegt im Nachtzeitraum bei

$$L_{ri} = 27,0 \text{ dB(A)}.$$

Für den Untersuchungsbereich **B** werden somit in allen untersuchten Räumen sowohl für den Tag- als auch für den Nachtzeitraum die zur Beurteilung der sekundären Luftschallimmissionen herangezogenen Anforderungswerte in Anlehnung an die 24. BImSchV unterschritten. Somit kann aus Sicht des sekundären Luftschalls davon ausgegangen werden, dass die vorgeschlagene Maßnahme zur vollständigen Konfliktbeseitigung geeignet ist.

7.3 Schubartstraße bis Tunnelportal (Bereich C)

7.3.1 Bebauung im Einwirkungsbereich

In dem Immissionsbereich C befindet sich das Wohngebäude Schubartstraße 7, die beiden baulich miteinander verbundenen Wohn- und Geschäftsgebäude Zeppelinstraße 9 / Mühlsteige 4, sowie das ~~alte~~ ehemalige Kasernengebäude ~~in der Kienlesbergstraße~~ Mühlsteige 1, welches ~~Das alte Kasernengebäude wurde~~ zum Zeitpunkt der Messung für eine Wohnnutzung umgebaut wurde. ~~Hierin soll nach Fertigstellung Wohnnutzung stattfinden.~~

Die untersuchten Gebäude werden teilweise von einer bzw. von zwei Tunnelröhren direkt unterfahren. Die minimale Überdeckung beträgt ca. 16 m. Unterhalb der beiden Gebäude Mühlsteige 4 und Zeppelinstraße 9 verlaufen unterirdische Höhlengänge. Diese befinden sich im direkten Einwirkungsbereich der Tunnelröhre Richtung Wendlingen. Da die beiden Gebäude sehr nahe an der Tunnelröhre in Richtung Stuttgart liegen, wird für diese beiden Gebäude im Sinne einer oberen Abschätzung die T1 Funktion für diese Tunnelröhre zu Null gesetzt.

7.3.2 Erschütterungsimmissionen ohne Schutzmaßnahmen

Die Ergebnisse des ersten Beurteilungsschrittes sind in **Anlage II.1B** zu sehen. In allen untersuchten Räumen der 4 Gebäude wird der untere Anhaltswert (A_u) überschritten. In 11 der 12 untersuchten Räume wird der obere Anhaltswert gemäß DIN 4150-2, Abschnitt 6.5.3.5 für den Nachtzeitraum überschritten. Die prognostizierten Schwingstärken sind gemäß Tabelle 2, Zeile 2 bis 4 als „gerade spürbar“ bis „stark spürbar“ einzustufen.

Der zweite Schritt der Beurteilung, der in **Anlage II.2B** dargestellt ist, zeigt dass in nahezu allen Räumen sowohl für den Tag- als auch für den Nachtzeitraum der Beurteilungsanhaltswert (A_r) überschritten wird. Demgemäß sind die Anforderungen der DIN 4150-2 nicht eingehalten und es werden Schutzmaßnahmen zur Immissionskonfliktbewältigung erforderlich.

7.3.3 Sekundärer Luftschall ohne Schutzmaßnahmen

In **Anlage IIIB** sieht man, dass die Anforderungswerte in Anlehnung an die 24. BImSchV für den Tagzeitraum in allen Räumen unterschritten sind. Es treten Beurteilungs-Innenschallpegel von

$$L_{ri} = 36,2 \text{ dB(A)}$$

auf. Für den Nachtzeitraum wird in fast allen untersuchten Räumen der 4 Gebäude der Immissionsrichtwert für Schlafräume von

$$IRW = 30 \text{ dB(A)}$$

überschritten. Es werden hier Beurteilungs-Innenschallpegel von bis zu

$$L_{ri} = 36,9 \text{ dB(A)}$$

prognostiziert. Somit werden in fast allen untersuchten Räumen die Anforderungswerte der 24. BImSchV während des Nachtzeitraums überschritten. Hieraus ergibt sich ebenfalls ein Anspruch auf Schutzmaßnahmen.

7.3.4 Schutzmaßnahmen

Zur Minderung der einwirkenden Immissionen aus sekundärem Luftschall und Erschütterungen wird empfohlen, in beiden Tunnelröhren ein schweres Masse-Feder-System mit einer Eigenfrequenz von 10 Hz vorzusehen.

Die Erstreckung der Schutzmaßnahmen ist in **Anlage X** dargestellt. Die Mindestanforderung an ein derartiges System ist in **Anlage IX.1** zu sehen.

7.3.5 Erschütterungsimmissionen mit Schutzmaßnahmen

In **Anlage IV.1B** lässt sich erkennen, dass es unter Berücksichtigung der empfohlenen Schutzmaßnahme zu Überschreitungen des unteren Anhaltswertes in 7 der 12 untersuchten Räume kommt. In keinem der Gebäude wird jedoch der obere Anhaltswert für den Tag- bzw. für den Nachtzeitraum überschritten. Die maximalen Schwingstärken liegen im „gerade spürbaren“ Bereich des menschlichen Empfindens. Der zweite Schritt der Beurteilung mit Schutzmaßnahmen (**Anlage IV.2B**) zeigt, dass der Beurteilungsanhaltswert gemäß DIN 4150-2 in allen untersuchten Räumen unterschritten wird, so dass die Anforderungen der DIN 4150-2 erfüllt sind.

7.3.6 Sekundärer Luftschall mit Schutzmaßnahmen

In **Anlage V** sind die sekundären Luftschallimmissionen mit Schutzmaßnahmen dokumentiert. In allen Gebäuden und in allen Räumen werden die in Anlehnung an die 24. BImSchV zur Beurteilung von sekundären Luftschallimmissionen herangezogenen Anforderungswerte unter Berücksichtigung der Schutzmaßnahmen unterschritten. Somit kann auch aus Sicht des sekundären Luftschalls davon ausgegangen werden, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen zur vollständigen Konfliktbeseitigung geeignet sind.

8 Abschließende Bemerkungen

Zur Vermeidung erheblicher Belästigungen von Anwohnern im Planfeststellungsabschnitt 2.4, Albabstieg ist die Realisierung von Schutzmaßnahmen zur Minderung einwirkender Erschütterungen und von sekundärem Luftschall erforderlich. Bei der Realisierung des in **Anlage X** empfohlenen Schutzkonzeptes kann davon ausgegangen werden, dass im gesamten Bereich der Neubaustrecke erhebliche Beeinträchtigungen bzw. Belästigungen durch Erschütterungsimmissionen und sekundären Luftschall vermieden werden.

Ergänzend zu den in **Anlage X** aufgeführten Schutzmaßnahmen wird empfohlen, den Vorbehalt einzuräumen dass im Fall der Nachweises der Wirksamkeit anderer evtl. weniger umfangreicher Vorsorgemaßnahmen nach Fertigstellung der Tunnelrohbauarbeiten von dem beschriebenen Schutzkonzept abgewichen werden kann. Der Antragsteller erhält damit

die Möglichkeit, auf der Grundlage der nach Rohbaufertigstellung erhöhten Prognosegenauigkeit für schall- und erschütterungstechnische Aussagen das oben beschriebene Schutzkonzept einer „Feinabstimmung“ zu unterziehen. Darüber hinaus erhält er die Möglichkeit, am technischen Fortschritt in den kommenden Jahren zu partizipieren und möglicherweise verfügbare andere Schutzsysteme einzusetzen. 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