

Anlage 12.4a

Ersetzt Anlage 12.4

Nur zur Information

wird ersetzt durch Anlage 12.4b

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

Vorhaben:

S-Bahn Rhein-Main:

4-gleisiger Ausbau Frankfurt (M) West - Friedberg

Abschnitt:

S6 2. Baustufe: Friedberg – Bad Vilbel,
Strecke 3900 Kassel Hbf – Frankfurt (Main) Hbf
km 165,900 bis km 183,095

Untersuchungsumfang:

Ermittlung und Beurteilung der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall auf Basis eines verdichteten Netzes von Messorten zur differenzierten Quantifizierung der Emissionen und Ausbreitungsbedingungen

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
BAUDYNAMIK & BAUPHYSIK
TECHNISCHE ACOUSTIK

Messstelle zur Ermittlung der Emission und Immission von Geräuschen und Erschütterungen nach § 26 BImSchG

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

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

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

Bericht Nr.: **08160-VVE-4.1**
Datum: **03.08.2015**

Auftraggeber:

**DB ProjektBau GmbH-
Regionalbereich Mitte
Hahnstraße 52
60528 Frankfurt am Main**

Sachbearbeiter:

**Dipl.-Ing. Rolf Schneider
Dipl.-Phys. Magnus Holz
Dipl.-Phys. Andreas Malizki**

Qualitätskontrolle:

Dipl.-Phys. Peter Fritz

Umfang des Dokumentes

Textteil 67 Seiten

Anhänge 161 Seiten

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | Zusammenfassung | 8 |
| 2 | Sachverhalt und Aufgabenstellung | 10 |
| 3 | Bearbeitungsgrundlagen | 13 |
| 4 | Anforderungen an den Immissionsschutz | 14 |
| 4.1 | Erschütterungen | 14 |
| 4.1.1 | Beurteilungsverfahren | 15 |
| 4.1.2 | Anhaltswerte | 16 |
| 4.1.3 | Kriterien einer wesentlichen Änderung | 16 |
| 4.2 | Sekundärer Luftschall | 17 |
| 4.2.1 | Grundlagen der Beurteilung | 17 |
| 4.2.2 | Anforderungswerte | 19 |
| 4.2.3 | Anwendung des „Schienenbonus“ | 20 |
| 4.2.4 | Kriterien einer wesentlichen Änderung | 20 |
| 5 | Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise | 20 |
| 5.1 | Grundsätzliches Vorgehen | 20 |
| 5.2 | Ermittlung der Beurteilungsgrößen | 24 |
| 5.2.1 | Emission | 25 |
| 5.2.2 | Transmission | 26 |
| 5.2.3 | Immissionen | 27 |
| 5.3 | Zugzahlen und Betriebsparameter | 29 |
| 6 | Untersuchungsergebnisse | 30 |
| 6.1 | Zum Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ | 30 |
| 6.2 | Ermittlung und Beurteilung der Immissionen | 32 |
| 6.3 | Ortslage Bruchbrücken | 33 |
| 6.3.1 | Prognose-Nullfall | 33 |
| 6.3.2 | Prognose-Planfall | 34 |
| 6.3.3 | „Wesentliche Änderung“ | 35 |
| 6.4 | Ortslage Nieder-Wöllstadt | 35 |
| 6.4.1 | Prognose-Nullfall | 36 |
| 6.4.2 | Prognose-Planfall | 36 |
| 6.4.3 | „Wesentliche Änderung“ | 37 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 6.5 | Ortslage Okarben | 38 |
| 6.5.1 | Prognose-Nullfall | 39 |
| 6.5.2 | Prognose-Planfall | 39 |
| 6.5.3 | „Wesentliche Änderung“ | 40 |
| 6.6 | Ortslage Groß-Karben | 41 |
| 6.6.1 | Prognose-Nullfall | 41 |
| 6.6.2 | Prognose-Planfall | 42 |
| 6.6.3 | „Wesentliche Änderung“ | 43 |
| 6.7 | Ortslage Dortelweil | 44 |
| 6.7.1 | Prognose-Nullfall | 44 |
| 6.7.2 | Prognose-Planfall | 45 |
| 6.7.3 | „Wesentliche Änderung“ | 46 |
| 6.8 | Extrapolation der Untersuchungsergebnisse | 47 |
| 6.9 | Dimensionierung von Vorsorgemaßnahmen | 50 |
| 6.9.1 | Grundsätzlich mögliche Maßnahmen | 50 |
| 6.9.2 | Maßnahmen an der Quelle | 51 |
| 6.9.3 | Maßnahmen im Ausbreitungsweg | 53 |
| 6.9.4 | Maßnahmen am Immissionsort | 54 |
| 6.10 | Im vorliegenden Fall geeignete Maßnahmen | 55 |
| 6.11 | Prognose mit Vorsorgemaßnahmen | 56 |
| 6.11.1 | Ortslage Nieder-Wöllstadt | 56 |
| 6.11.2 | Ortslage Okarben | 57 |
| 6.11.3 | Ortslage Groß-Karben | 58 |
| 6.11.4 | Ortslage Dortelweil Ost | 58 |
| 6.11.5 | Ortslage Dortelweil West | 59 |
| 7 | Konfliktanalysen | 59 |
| 8 | Abwägung des Aufwandes zum Schutzzweck | 62 |
| 8.1 | Nieder-Wöllstadt | 64 |
| 8.2 | Okarben | 64 |
| 8.3 | Groß-Karben | 64 |
| 8.4 | Dortelweil | 65 |
| 9 | Empfehlung für ein Beweissicherungskonzept | 65 |
| 10 | Abschließende Bemerkungen | 66 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabelle 1: | Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen | 17 |
| Tabelle 2: | Immissionsrichtwerte für sekundären Luftschall | 19 |
| Tabelle 3: | Anzahl der durchgeführten Messungen nach Typen | 22 |
| Tabelle 4: | Verhältnis der Summenemissionspegel für die Tag / Nacht | 31 |
| Tabelle 5: | Anspruchsberechtigung exemplarische Gebäude | 49 |
| Tabelle 6: | Anspruchsberechtigung aller Gebäude | 50 |
| Tabelle 7: | Erstreckung der Vorsorgemaßnahme | 56 |
| Tabelle 8: | Konfliktanalyse – Variante 1 | 60 |
| Tabelle 9: | Konfliktanalyse – Variante 2 | 60 |
| Tabelle 10: | Konfliktanalyse – Variante 3 | 61 |
| Tabelle 11: | Konfliktanalyse – Variante 4 | 61 |
| Tabelle 12: | Verhältnis Aufwand zum Schutzzweck | 63 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|--------------|--|----|
| Abbildung 1: | Prognose verkehrsinduzierter Erschütterungen | 23 |
| Abbildung 2: | Übertragung von Erschütterungen | 25 |

Anhänge

| | |
|------------|--|
| Anhang 1 | Emissionen, Abnahmekoeffizient, Betriebsprogramm |
| Anhang 2.1 | Prognose-Nullfall – Ortslage Bruchenbrücken |
| Anhang 2.2 | Prognose-Planfall – Ortslage Bruchenbrücken |
| Anhang 2.3 | Wesentliche Änderung – Ortslage Bruchenbrücken |
| Anhang 3.1 | Prognose-Nullfall – Ortslage Nieder-Wöllstadt |
| Anhang 3.2 | Prognose-Planfall – Ortslage Nieder-Wöllstadt |
| Anhang 3.3 | Wesentliche Änderung – Ortslage Nieder-Wöllstadt |
| Anhang 3.4 | Prognose-Planfall mit VMN – V1 – Ortslage Nieder-Wöllstadt |
| Anhang 3.5 | Prognose-Planfall mit VMN – V2 – Ortslage Nieder-Wöllstadt |
| Anhang 3.6 | Prognose-Planfall mit VMN – V3 – Ortslage Nieder-Wöllstadt |
| Anhang 3.7 | Prognose-Planfall mit VMN – V4 – Ortslage Nieder-Wöllstadt |
| Anhang 4.1 | Prognose-Nullfall – Ortslage Okarben |
| Anhang 4.2 | Prognose-Planfall – Ortslage Okarben |
| Anhang 4.3 | Wesentliche Änderung – Ortslage Okarben |
| Anhang 4.4 | Prognose-Planfall mit VMN – V1 – Ortslage Okarben |
| Anhang 4.5 | Prognose-Planfall mit VMN – V2 – Ortslage Okarben |

| | |
|------------|---|
| Anhang 4.6 | Prognose-Planfall mit VMN – V3 – Ortslage Okarben |
| Anhang 4.7 | Prognose-Planfall mit VMN – V4 – Ortslage Okarben |
| Anhang 5.1 | Prognose-Nullfall – Ortslage Groß-Karben |
| Anhang 5.2 | Prognose-Planfall – Ortslage Groß-Karben |
| Anhang 5.3 | Wesentliche Änderung – Ortslage Groß-Karben |
| Anhang 5.4 | Prognose-Planfall mit VMN – V1 – Ortslage Groß-Karben |
| Anhang 5.5 | Prognose-Planfall mit VMN – V2 – Ortslage Groß-Karben |
| Anhang 5.6 | Prognose-Planfall mit VMN – V3 – Ortslage Groß-Karben |
| Anhang 5.7 | Prognose-Planfall mit VMN – V4 – Ortslage Groß-Karben |
| Anhang 6.1 | Prognose-Nullfall – Ortslage Dortelweil Ost |
| Anhang 6.2 | Prognose-Planfall – Ortslage Dortelweil Ost |
| Anhang 6.3 | Wesentliche Änderung – Ortslage Dortelweil Ost |
| Anhang 6.4 | Prognose-Planfall mit VMN – V1 – Ortslage Dortelweil Ost |
| Anhang 6.5 | Prognose-Planfall mit VMN – V2 – Ortslage Dortelweil Ost |
| Anhang 6.6 | Prognose-Planfall mit VMN – V3 – Ortslage Dortelweil Ost |
| Anhang 6.7 | Prognose-Planfall mit VMN – V4 – Ortslage Dortelweil Ost |
| Anhang 7.1 | Prognose-Nullfall – Ortslage Dortelweil West |
| Anhang 7.2 | Prognose-Planfall – Ortslage Dortelweil West |
| Anhang 7.3 | Wesentliche Änderung – Ortslage Dortelweil West |
| Anhang 7.4 | Prognose-Planfall mit VMN – V1 – Ortslage Dortelweil West |
| Anhang 7.5 | Prognose-Planfall mit VMN – V2 – Ortslage Dortelweil West |
| Anhang 7.6 | Prognose-Planfall mit VMN – V3 – Ortslage Dortelweil West |
| Anhang 7.7 | Prognose-Planfall mit VMN – V4 – Ortslage Dortelweil West |
| Anhang 8 | System BSO / Bes. Schwellen Einfügedämm. und Erstreck. |
| Anhang 9 | Konfliktanalyse und Abwägung |
| Anhang 10 | Lageplanausschnitte |
| Anhang 11 | Gebäudeliste |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------------------------|---|
| A | Anhaltswert [-] |
| A _o | oberer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-] |
| A _r | Beurteilungs-Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-] |
| A _u | unterer Anhaltswert gemäß DIN 4150-2 [-] |
| BB | Bruchentrücken |
| BImSchG | Bundes-Immissionsschutzgesetz |
| BImSchV | Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz |
| BSO | Betontrog mit Schotter und USM |
| BS | Besohlte Schwellen |
| dB | Dezibel |
| ΔL | Pegeldifferenz [dB] |
| D | Korrektursummand zur Berücksichtigung der Raumnutzung [dB] |
| Dosto | Doppelstockfahrzeug |
| DW | Dortelweil |
| EP | Emissionspunkt im Abstand von 8 m zur Gleisachse |
| F | äquivalente Absorptionsfläche des Raumes [m²]. |
| f | Frequenz [Hz] |
| f ₀ | Deckeneigenfrequenz [Hz] |
| FGZ | Güterzug im Fernverkehr |
| GE | Gewerbegebiet |
| GK | Groß-Karben |
| GZ | Güterzüge |
| Hz | Hertz, Schwingung je Sekunde |
| IC | InterCity |
| IRE | InterRegioExpress |
| IRW | Immissionsrichtwert [dB(A)] |
| KB _{Fmax} | maximale bewertete Schwingstärke [-] |
| KB _{FT_r} | Beurteilungsschwingstärke [-] |
| L _{AF} | A-bewerteter Schalldruckpegel [dB(A)] |
| λ | Wellenlänge [m] |
| L _i | A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)] |
| L _{r,sek} | Beurteilungspegel für den sekundären Luftschall [dB(A)] |
| L _{vA} | A-bewerteter Körperschallschnellepegel in Fußbodenmitte [dB(A)] |
| MI | Mischgebiet |
| n | Exponent der Wellenart nach DIN 4150-1 |
| NV | Nahverkehr |

| | |
|-------------------|---|
| OK | Okarben |
| PNF | Prognose-Nullfall |
| PPF | Prognose-Planfall |
| r, R | Abstand [m] |
| RB | Regionalbahn |
| RBVT | Regionalbahn (Verbrennungstriebwagen) |
| R ₁ | Bezugsabstand [m] |
| RE | RegionalExpress |
| RMS | Root mean square (quadratischer Mittelwert) |
| S | Fläche des betrachteten Bauteils [m ²] |
| S | Schienenbonus |
| SchO | Schotteroberbau |
| SB | S-Bahn |
| σ | Abstrahlgrad des betrachteten Bauteils [-] |
| T | Übertragungsfunktion |
| T _e | Einwirkungszeit einer Zugvorbeifahrt [s] |
| T _i | Transferfunktion |
| T ₁ | Übertragung vom Emissionspunkt EP bis vor das Gebäude |
| T ₂ | Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudefundament |
| T ₃ | Übertragung vom Gebäudefundament auf die Geschossdecken |
| USM | Unterschottermatte |
| v ₀ | Referenzwert für die Schwingschnelle [5·10 ⁻⁸ m/s] |
| v _{max.} | maximale Geschwindigkeit [km/h] |
| VwVfG | Verwaltungsverfahrensgesetz |
| WA | Allgemeines Wohngebiet |
| WE | Wohneinheit |

1 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung wurde gegenüber der Untersuchung von 2008 zur statistischen Absicherung von Bausubstanz und geologischen Ausbreitungsbedingungen Messungen in zusätzlich 58 Gebäuden durchgeführt. Hierbei erfolgten für 7 Messquerschnitte Quellstärken- und Ausbreitungsmessungen in den 5 Ortslagen. Unter Berücksichtigung von den in diesem Streckenabschnitt bereits ehemals untersuchten 20 Gebäuden, sind demzufolge die Erkenntnisse aus Messungen an insgesamt 79 Gebäuden in die vorliegende erschütterungstechnische Untersuchung eingeflossen. Auf Grundlage des nun verdichteten Erkenntnisstandes zur Bausubstanz, zu den Emissionen des Schienenverkehrs und zu den Ausbreitungsbedingungen wurden für sämtliche Gebäude erneut Prognoseberechnungen für den Prognose-Nullfall und den Prognose-Planfall 2025 durchgeführt. Die Ergebnisse wurden anschließend auf die Gesamtheit aller im Einwirkungsbereich der Strecke liegenden Gebäude extrapoliert und hinsichtlich des Erfordernisses und gegebenenfalls des Umfangs erforderlicher erschütterungstechnischer Vorsorgemaßnahmen beurteilt. Die Untersuchungsergebnisse sind wie folgt zusammenzufassen:

- Im gesamten Streckenabschnitt besteht eine erhebliche erschütterungstechnische **Vorbelastung** aus dem Bahnbetrieb auf den vorhandenen Gleisanlagen. Für die Gebäude im Einwirkungsbereich wurde geprüft, ob es durch den Betrieb der künftig durchgehenden 4-gleisigen-Strecke zu einer Erhöhung der für den Prognose-Nullfall zu erwartenden Erschütterungsimmissionen kommen wird. Soweit dies der Fall ist, wird untersucht, ob diese eine „wesentliche Änderung“ im Hinblick auf den Immissionsschutz darstellen, die erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen erforderlich machen.
- Unter Berücksichtigung der bestehenden und der planungsbedingten Abstände der Gleisanlagen zu nahe gelegenen Gebäuden kommt es im Prognose-Planfall in **13** der **79** exemplarisch untersuchten Gebäude zu einer Steigerung der Erschütterungsimmissionen, die als „**wesentliche Änderung**“ einzustufen ist. Demzufolge ist zu prüfen, ob mit den nach dem gegenwärtigen Stand der Technik möglichen und wirtschaftlich verhältnismäßigen Maßnahmen ei-

ne Konfliktvermeidung oder zumindest eine Konfliktminimierung erreicht werden kann.

- Die Einwirkungen aus sekundären Luftschallimmissionen führen zu keinen zusätzlichen Vorsorgeansprüchen. Der Sachverhalt der „**wesentlichen Änderung**“ gegenüber der Vorbelastung ist lediglich in einer geringen Anzahl von Gebäuden erfüllt. Für diese Gebäude besteht jedoch bereits aus den Erschütterungseinwirkungen ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen.
- Zur Ermittlung des gesamten Umfanges des zu erwartenden Immissionskonfliktes wurden nun die Erkenntnisse für die **79** exemplarisch untersuchten Gebäude auf die Gesamtheit aller im Wirkungsbereich der Strecke gelegenen Gebäude extrapoliert. Für alle Ortslagen zusammen ergibt sich von den **475** innerhalb der relevanten Korridorbreite von 60 m vorhandenen Gebäuden mit schutzbedürftigen Nutzungen für insgesamt **39** Gebäude eine Anspruchsberechtigung auf eine erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahme. Hiermit sind, wie bereits oben ausgeführt, auch mögliche Konflikte aufgrund von sekundären Luftschallimmissionen abgedeckt.
- Für 4 Varianten von möglichen oberbautechnischen Schutzsystemen wurde nunmehr geprüft, inwieweit die prognostizierten Konflikte durch diese Maßnahmen gelöst werden können und ob der Aufwand für diese Maßnahmen im Verhältnis zum Schutzzweck steht. Es wurde festgestellt, dass mit allen 4 Varianten die Immissionskonflikte nicht völlig gelöst werden können. Es lässt sich mit allen Maßnahmen allerdings eine Reduzierung der prognostizierten Konflikte erreichen. Die höchste Erfolgsquote bei der Lösung von Konflikten ist mit dem **System BSO** in allen 4 Gleisen (**Variante 1**) zu erreichen. Für **Variante 2** (System BSO nur in Strecke 3990) und **Variante 3** (besohlte Schwellen in allen 4 Gleisen) ergeben sich annähernd die gleiche Anzahl gelöster Schutzfälle (**21 / 19**). Auch mit der **Variante 4** (besohlte Schwellen in den Gleisen der Strecke 3990) können noch 11 Schutzfälle gelöst werden. Somit ist für die **Varianten 1 bis 4** zu prüfen, ob die hieraus resultierenden Kosten, konkret die Kosten pro gelösten Schutzfall, im Verhältnis zum Schutzzweck stehen.

- Das Verhältnis der Kosten je gelösten Schutzfall relativ zum Verkehrswert der geschützten Wohneinheiten bzw. Nutzungseinheiten erreicht in allen Ortslagen für die **Variante 1** einen Verhältniswert von **64%** bis **96%**. Ein Verhältniswert von **100%** bedeutet hierbei, dass die Kosten pro gelöstem Schutzfall dem Verkehrswert der Wohneinheit/Nutzungseinheit, der hier pauschal mit 150.000 € angenommen wurde, entspricht. Der geschätzte Verkehrswert bezieht sich ausschließlich auf die Gebäude und nicht auf die jeweiligen Grundstücksanteile, da es zu relevanten Einwirkungen durch Erschütterungen und durch sekundären Luftschall ausschließlich innerhalb von Gebäuden kommen kann. Für die **Variante 2** liegt dieser Verhältniswert im Bereich von **32%** (Ortslage Groß-Karben) bis **67%** (Ortslage Nieder-Wöllstadt) Für **Variante 3** ergeben sich Verhältniswerte von **5%** bis **14%** und für **Variante 4** von **3%** bis **10%**. Somit scheidet **Variante 1** für alle Ortslagen als mögliche Schutzmaßnahme wegen einer offensichtlichen Unverhältnismäßigkeit aus. In der Ortslage **Okarben** kann mit keiner der Varianten eine Schutzfalllösung herbeigeführt werden. Somit ist für diesen Bereich von einer Schutzmaßnahme abzusehen. **Variante 2** ist in den Ortslagen Nieder-Wöllstadt und Dortelweil ebenfalls als unverhältnismäßig einzustufen. Für die Ortslage Großkarben liegt die **Variante 2** in einem Bereich, in dem eine Verhältnismäßigkeit in Betracht zu ziehen ist. Allerdings ist die **Variante 2** gegenüber der **Variante 3** um den Faktor 5 teurer. Da mit der **Variante 3** die gleiche Anzahl an Schutzfällen gelöst werden kann wie mit Variante 2 ist für die betreffenden Streckenabschnitte unter Berücksichtigung des wirtschaftlichen Gesichtspunktes die **Variante 3** zu präferieren.. Mit **Variante 4**, die die kostengünstigste Variante darstellt kann allerdings auch nur die geringste Anzahl an Schutzfällen gelöst werden. Daher ist für die Ortslagen Nieder-Wöllstadt, Groß-Karben und Dortelweil unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit und der Anzahl gelöster Schutzfälle die **Variante 3** als Vorzugsvariante zu präferieren.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für das Vorhaben S 6 2. Baustufe wurde bereits eine erschütterungstechnische Untersuchung /11/ erstellt, die bereits im Rahmen der ersten Offenlage der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurde. Nachdem sich zwischenzeitlich der Verwal-

tungsgerichtshof Kassel mit einer Klage gegen das Vorhaben S 6 1. Baustufe, Planfeststellungsabschnitt Frankfurt am Main, befasst hat und in diesem Zusammenhang die Anforderungen an erschütterungstechnische Untersuchungen für Bahnanlagen hinsichtlich der Repräsentativität der untersuchten Gebäude konkretisiert hat, wurde nun eine weitere erschütterungstechnische Untersuchungen unter Berücksichtigung einer erhöhten Anzahl von Gebäude durchgeführt.

Die im Vorfeld durchgeführte Analyse der Bebauungsstruktur der Siedlungsflächen in den Ortslagen entlang der geplanten Ausbaustrecke /12/ zeigte, dass sich im gesamten Streckenabschnitt des Vorhabens etwa **475** Gebäude mit schutzwürdiger Nutzung im erschütterungstechnisch kritischen 60-Meter-Korridor befinden. Im Jahr 2008 wurden bereits erschütterungstechnische Untersuchungen /11/ an insgesamt **20** Gebäuden durchgeführt. Diese Gebäudezahl ist im Lichte der Rechtsauffassung des VGH Hessen zur Repräsentativität exemplarischer Gebäude nunmehr als zu gering einzuschätzen, so dass weitere Gebäude zur statistischen Absicherung der Untersuchungsergebnisse in den Untersuchungsumfang mit einzubeziehen sind. Die statistische Auswertung der an der Strecke gelegenen Ortslagen, Siedlungsstrukturen und des jeweiligen Gebäudebestandes führte zu dem Ergebnis, dass in zusätzlich **55** weiteren Gebäuden ergänzende messtechnische Untersuchungen durchgeführt werden sollten, um die in den jeweiligen Ortslagen vorhandene Bebauungsstruktur repräsentativ berücksichtigen zu können. Somit wurden in der Summe insgesamt **75** Gebäude entlang der Strecke messtechnisch untersucht. In diesem Zusammenhang werden auch zur Berücksichtigung der Bodenverhältnisse der einzelnen Ortslagen Ausbreitungsmessungen durchgeführt um die spezifischen erschütterungstechnischen Ausbreitungsbedingungen bei den prognostischen Betrachtungen zur Prüfung möglicher Schutzansprüche auf erschütterungstechnischer Vorsorgemaßnahmen berücksichtigen zu können. Weiterhin wurden im Rahmen der Ausbreitungsmessungen die Quellstärken (Emissionen) der verschiedenen Zuggattungen vor Ort erhoben und den weiteren Untersuchungen zugrunde gelegt.

Ziel dieser erschütterungstechnischen Untersuchung ist es, die Basis für die Extrapolation der Untersuchungsergebnisse auf die Gesamtheit aller im Einwirkungsbereich der Strecke gelegenen Gebäude zu erweitern, um so mit höherer Genauigkeit das Erfordernis, die Art und den räumlichen Umfang oberbautechnischer Vorsorgemaßnahmen prüfen zu können. Die ehemals durchgeführte erschütterungstechnische Untersuchung kam zu

dem Ergebnis, dass in den Ortslagen Nieder-Wöllstadt, Okarben, Groß-Karben und Dortelweil der Einbau beschotterter Schwellen in den Gleisen der Strecken 3900 und 3684 vorzusehen ist. Mit Hilfe dieser oberbautechnischen Maßnahme können die Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall deutlich reduziert werden, eine völlige Konfliktfreiheit konnte jedoch nicht erreicht werden.

Im Rahmen dieser erschütterungstechnischen Untersuchung wurden zur Erhöhung der Anzahl untersuchter Gebäude im Zeitraum von Mai bis August 2014 Erschütterungsmessungen in insgesamt 58 Gebäuden und auf zwei unbebauten Grundstück in den Ortslagen Bruchengraben, Nieder-Wöllstadt, Okarben, Groß-Karben und Dortelweil durchgeführt. Die zugehörigen Messprotokolle aller Messobjekte sind in dem Messbericht Nr. 08160-VME-2 vom 14.10.2014 /10/ zusammengefasst. Entgegen der ursprünglichen Planung wurden somit insgesamt 5 zusätzliche Messquerschnitte untersucht. Hierfür gibt es keine technischen Gründe! Die durchgeführte erhöhte Anzahl messtechnischer Untersuchungen ergab sich allein aus organisatorischen Gründen bei der Vereinbarung von Messterminen mit Eigentümern.

Auf Basis der hieraus gewonnenen Emissionsspektren und Transferfunktionen werden erneut Prognoseberechnungen durchgeführt. Anschließend wird geprüft, ob sich für die untersuchten Objekte zukünftig (Nullfall, Planfall) ein erschütterungstechnischer Konflikt ergeben wird und ob hierdurch ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen ausgelöst wird. Die so gewonnenen Erkenntnisse werden anschließend auf die Gesamtheit aller im Einwirkungsbereich des Vorhabens gelegenen schutzbedürftigen Nutzungen extrapoliert. Unter Berücksichtigung der so ermittelten Anzahl von Nutzungseinheiten in Gebäuden (in der Regel Wohnungen) für die eine Anspruchsberechtigung auf Vorsorgemaßnahmen festgestellt wird, erfolgt anschließend eine Abwägung des wirtschaftlichen Aufwandes für die nach dem Stand der Technik geeigneten und verfügbaren oberbautechnischen Schutzsysteme zu dem erzielbaren Schutzzweck. Konkret werden die Kosten je gelöstem Schutzfall ermittelt. Im Ergebnis führt die vorliegende erschütterungstechnische Untersuchung zu einem Schutzkonzept, dass den Anforderungen an den Immissionsschutz entspricht und deren Aufwand in einem angemessenen Verhältnis zum Schutzzweck steht.

3 Bearbeitungsgrundlagen

Der durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchung liegen die folgenden Bearbeitungsgrundlagen zugrunde:

- /1/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung
- /2/ 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990, geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 19. September 2006
- /3/ 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 04. Februar 1997 in ihrer berichtigten Fassung vom 16. Mai 1997
- /4/ Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) in der aktuell gültigen Fassung
- /5/ Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 21.12.2010, Az: BVerwG 7 A 14.09
- /6/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
- /7/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- /8/ DB-Leitfaden für den Planer – Körperschall- und Erschütterungsschutz in der aktuell gültigen Fassung
- /9/ Messbericht - Erschütterungen, Ermittlung der schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen in 20 exemplarischen Gebäude an der Strecke zur Ermittlung der baulastdynamischen Kenndaten für die Erschütterungsprognose im Zusammenhang mit dem 4-gleisigen Ausbau der Strecke 3900 zwischen Frankfurt/M.-West und Friedberg, Planfeststellungsabschnitt Friedberg – Bad Vilbel, FRITZ GmbH, Bericht Nr. 08160-VME-1 vom 10.07.2009

- /10/ Messbericht – Erschütterungen, Messtechnische Erhebung der Erschütterungsemissionen sämtlicher Zuggattungen, der Ausbreitungsbedingungen im Boden und der baulasttechnischen Kenndaten von Gebäuden auf insgesamt 60 Untersuchungsquerschnitten in den Ortslagen Dortelweil, Groß-Karben, Okarben, Nieder-Wöllstadt und Bruchenhäusern, Bericht Nr. 08160-VME-2 vom 14.10.2014; FRITZ GmbH, Einhausen
- /11/ Erschütterungstechnische Untersuchung - Ermittlung und Beurteilung der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall im Rahmen der Genehmigungsplanung, Bericht Nr. 08160-VVE-2 vom 11.05.2011; FRITZ GmbH – Beratende Ingenieure VBI, Einhausen
- /12/ Durchführung ergänzender erschütterungstechnischer Untersuchungen zur Umsetzung der Vorgaben des Verwaltungsgerichtshofes Kassel im Zusammenhang mit der Klage gegen den Planfeststellungsbeschluss der 1. Baustufe im Zusammenhang mit dem 4-gleisigen Ausbau der Strecke 3900 zwischen Frankfurt/M.-West und Friedberg, Planfeststellungsabschnitt Friedberg – Bad Vilbel, FRITZ GmbH, Bericht Nr. 08160-VVE-3 vom 24.01.2014
- /13/ Angaben zu den Kosten für den Einbau von Erschütterungsschutzmaßnahmen in die S6 2.Baustufe, differenziert für 4 Gleise; Mitteilung per E-Mail vom 25.09.2014; DB ProjektBau GmbH, Frankfurt

4 Anforderungen an den Immissionsschutz

4.1 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** /7/ für die Beurteilung von Einwirkungen 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)** /4/ begründet. Hiernach sind dem Träger eines Vorhabens Vorkehrungen oder die Einrichtung und Unterhaltung von Anlagen aufzuerlegen, die zum Wohl der Allgemeinheit oder zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen erforderlich sind. Sind solche Vorkehrungen oder Anlagen untunlich, das heißt mit angemessenem Aufwand zum Schutzzweck nicht realisierbar, oder sind die Maßnahmen mit dem Vorhaben nicht vereinbar, so besteht ein entsprechender Entschädigungsanspruch.

Wie bereits in der erschütterungstechnischen Untersuchung zur Planfeststellung /11/ praktiziert wird für die Gebäude für die zukünftig eine Überschreitung der Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** /7/ zu erwarten ist, der Sachverhalt geklärt, ob die geplante Baumaßnahme zu einer „**wesentlichen Erhöhung**“ der Erschütterungsimmissionen führt. Hierbei sind die Kriterien des gegenwärtigen Kenntnisstandes zur Wirkung von Erschütterungen, sowie die diesbezügliche Rechtsprechung für die Klärung des Sachverhaltes anzuwenden.

4.1.1 Beurteilungsverfahren

Zur Bewertung der Erschütterungsimmissionen sind gemäß **DIN 4150-2** /7/ 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**.

4.1.2 Anhaltswerte

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

4.1.3 Kriterien einer wesentlichen Änderung

Nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichtes /5/ müssen sich Betroffene vorhandene Vorbelastungen aus Erschütterungsimmissionen zurechnen lassen, d.h. dass die Vorbelastung bei der Prüfung möglicher Vorsorgeansprüche und bei der Abwägung geeigneter Schutzvorkehrungen zu berücksichtigen ist. In diesem Zusammenhang wird auf die Rechtsprechung des Gerichtes zum primären Luftschall vor Inkraftsetzung der **16. BImSchV** /2/ verwiesen. Demgemäß 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 auch durch das Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes /5/ bestätigt. Unter Punkt 14 des Urteils wird angeführt, dass ein Erschütterungsschutz nur dann verlangt werden kann, wenn die Erschütterungsbelastung durch den Ausbau in **beachtlicher** Weise erhöht und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche, dem Betroffenen billigerweise nicht mehr zumutbare Belastung liegt.

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

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 |

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

4.2 Sekundärer Luftschall

4.2.1 Grundlagen der Beurteilung

Zur Ermittlung und Beurteilung von Geräuschimmissionen aus sekundärem Luftschall gibt es derzeit weder normative Festsetzungen noch gültige

Rechtsverordnungen. Daher ist es erforderlich, sich für eine sachgerechte Beurteilung an andere Gesetze, Verordnungen und Regelwerke auf Grundlage von Plausibilitätsbetrachtungen anzulehnen.

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

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

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass das Heranziehen von Anforderungswerten gemäß Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen implizit die in der Rechtsprechung allgemein anerkannten Zumutbarkeitsschwellen bei Innenraumpegeln tags von 40 dB(A) für Wohnräume und nachts von 30 dB(A) für Schlafräume berücksichtigt. Der 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 Maß-

stab des **§ 74 (2) Satz 2 VwVfG** /4/ bestimmt. Da die **24. BImSchV** nicht nur Anforderungswerte für Wohn- und Schlafräume nennt, sondern ebenfalls Anforderungen für andere Nutzungen, sollen diese Anforderungswerte für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen hilfsweise herangezogen werden. Ungeachtet dessen ist die maßgebliche Grundlage der Beurteilung die von der Rechtsprechung entwickelte Zumutbarkeitsschwelle, von denen auch der Verordnungsgeber der **24. BImSchV** ausgegangen ist.

4.2.2 Anforderungswerte

In der Anlage zur **24. BImSchV** /3/ sind die mathematischen Beziehungen angegeben, nach denen das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß der gesamten Außenfläche eines Raumes rechnerisch zu ermitteln ist, wenn auf Grund von Grenzwertüberschreitungen dem Grunde nach ein Rechtsanspruch auf Lärmvorsorgemaßnahmen besteht.

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

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 für den Tag innerhalb von Wohnräumen

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

4.2.3 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)] wurde von dem Bundesverwaltungsgericht /5/ bestätigt.

Durch Artikel 1 des 11. Gesetzes zur Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ist dieser Abschlag ab dem 1. Januar 2015 jedoch nicht mehr anzuwenden, soweit zu diesem Zeitpunkt das Planfeststellungsverfahren noch nicht eröffnet ist und die Auslegung des Plans noch nicht öffentlich bekannt gemacht wurde.

Das Planfeststellungsverfahren für den 4-gleisigen Ausbau der S6 wurde bereits in 2011 eingeleitet und mit der 1. Offenlage bekannt gegeben. Daher ist in der vorliegenden Untersuchung der Schienenbonus für den sekundären Luftschall **anzuwenden**.

Die Abschaffung des Schienenbonus gilt damit uneingeschränkt für alle Vorhaben des Neubaus bzw. der wesentlichen Änderung von Schienenwegen der Eisenbahn im Sinne der 16.BImSchV (Planfeststellungsverfahren, Plangenehmigungsverfahren,...), die nach dem 01. Januar 2015 planrechtlich eingeleitet werden.

4.2.4 Kriterien einer wesentlichen Änderung

Für den sekundären Luftschall wird in Anlehnung an die schalltechnische Problemstellung bei der Bewertung nach **16. BImSchV** /2/ eine Erhöhung der Beurteilungspegel von mindestens **3 dB(A)** als wesentlich erachtet. Ein Anspruch auf Vorsorgemaßnahmen ergibt sich demgemäß infolge einer wesentlichen Erhöhung der Beurteilungspegel bei gleichzeitiger Immissionsrichtwertüberschreitung.

5 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

5.1 Grundsätzliches Vorgehen

Im Rahmen der durchgeführten Bebauungsanalyse für die 5 vorgenannten Ortslagen wurde festgestellt, dass sich im gesamten Streckenabschnitt des Vorhabens ca. **475** Gebäude mit schutzwürdiger Nutzung im erschüt-

terungstechnisch kritischen 60-Meter-Korridor befinden. Hierin enthalten sind die 20 Gebäude die bereits 2008 messtechnisch untersucht wurden. Die Gebäude im 60 m Korridor sind in **Anhang 10** gekennzeichnet und in **Anhang 11** tabellarisch mit postalischer Anschrift und Abstand zu dem zukünftig nächstgelegenen Gleis aufgelistet. Insgesamt, d.h. auch unter Berücksichtigung der ehemals untersuchten 20 Gebäude, wurden nunmehr **79 Gebäude** messtechnisch untersucht. Für den Messquerschnitt „Am Spitzacker 22“ (**MP28**) wurden 2 Immissionsorte berücksichtigt. (**IP45** und **IP46**) Daher ergibt sich für die Prognoseberechnungen eine Gesamtzahl von **79 Immissionsorten (IP)**.

Im Rahmen der 2014 durchgeführten Messungen wurden 2 Typen von Messungen ausgeführt.

- ☐ Typ 1: Bestimmung von Gebäudeübertragungsfunktionen
- ☐ Typ 2: Immissions- und / oder Emissions- und Ausbreitungsmessung

Messungen des **Typs 1** erfolgten für insgesamt 54 Gebäude in den Ortslagen Bruchenbrücken, Nieder-Wöllstadt, Okarben, Groß-Karben und Dortelweil. Sie dienen ausschließlich der messtechnischen Analyse der Baudynamik der im Einwirkungsbereich gelegenen Gebäude infolge der Anregung durch den Schienenverkehr. Bei diesen sogenannten „Kurzzeitmessungen“ wurden über einen Zeitraum von ca. 2 Stunden die Schwingungsimmissionen innerhalb der Gebäude erfasst. Des Weiteren wurden bei diesen Messungen auch die schienenverkehrsinduzierten Schwingungen im Freifeld vor dem Gebäude messtechnisch erfasst. Diese Messungen dienen ausschließlich der Erhebung der bauphysikalischen Kenndaten, d.h. der Übertragungsfunktion des jeweiligen Gebäudes und insbesondere der Geschossdecken.

Die Messungen des **Typs 2** wurden an insgesamt 5 Gebäuden in den 5 Ortslagen, sowie zusätzlich auf jeweils einem unbebauten Grundstück in den Ortslagen Okarben und Dortelweil durchgeführt. Diese dienen zur Ermittlung der Emissionen, der Ausbreitungsbedingungen in den verschiedenen Ortslagen sowie der Immissionen innerhalb der Gebäude. Die Durchführung der Messungen erfolgte stets im Nahbereich der Messobjekte, sodass im Rahmen dieser Messungen auch die baulastdynamische Bestandsanalyse des Gebäudes erfolgte. Hierbei wurden die durch den Schienenverkehr auf den Strecke 3900 resultierenden Erschütterungen für jede einzelne Zugvorbeifahrt messtechnisch erfasst.

Bei allen ausgewählten Gebäuden wurden bei beiden Messtypen nach Möglichkeit jeweils mindestens drei Räume in verschiedenen Geschossebenen untersucht. Die tatsächlich vorhandene Nutzung der untersuchten Räume, deren Geschosslage sowie die jeweilige Deckenkonstruktion, soweit bekannt bzw. durch den äußeren Anschein zu erkennen, sind in dem zugehörigen Messbericht /9/ angegeben.

In der nachfolgenden **Tabelle 3** ist nach Ortslagen differenziert die Anzahl der 2014 messtechnisch untersuchten Gebäude zusammengefasst:

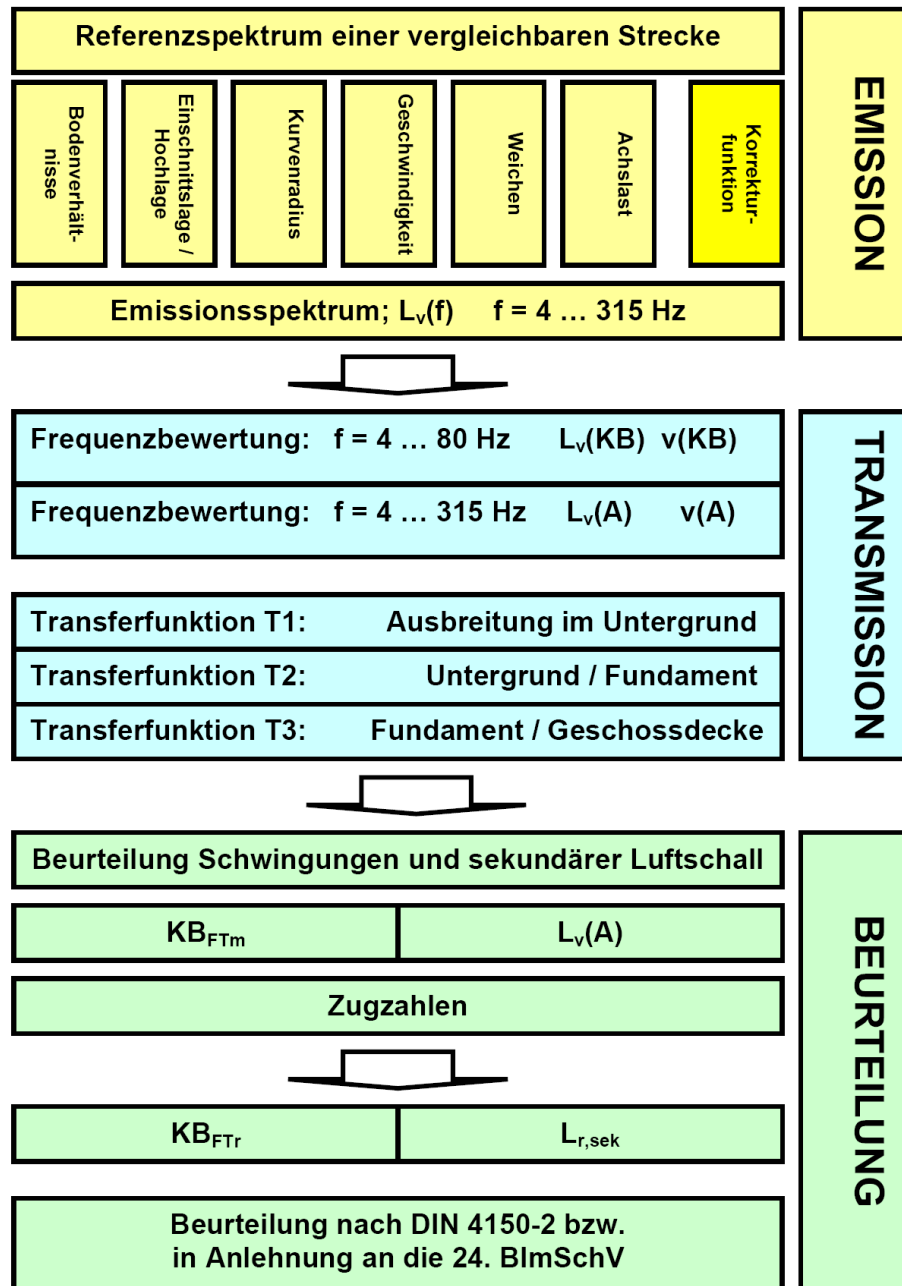
Tabelle 3: Anzahl der durchgeführten Messungen nach Typen

| Ortslage | Anzahl | | |
|------------------|-----------|----------|-----------|
| | Typ 1 | Typ 2 | Summe |
| Bruchenbrücken | 3 | 1 | 4 |
| Nieder-Wöllstadt | 12 | 1 | 13 |
| Okarben | 14 | 2* | 16 |
| Groß-Karben | 7 | 1 | 8 |
| Dortelweil | 17 | 2* | 19 |
| Summe | 53 | 7 | 60 |

* In den Ortslagen Okarben und Dortelweil wurden jeweils eine Ausbreitungs-/ Quellstärkenmessung ohne Immissionsmessung im Gebäude durchgeführt.

Für diese exemplarischen Gebäude wird auf Basis der in den verschiedenen Ortslagen ermittelten Ausbreitungsbedingungen erhobenen Quellstärken ein Prognosemodell erstellt. Hierbei werden 2 Lastfälle unterschieden. Der Prognose-Nullfall (PNF) ohne den 4-gleisigen Ausbau und den Prognose-Planfall (PPF) unter Berücksichtigung des 4-gleisigen Ausbaus. Der prinzipielle Aufbau des Prognosemodells ist in der schematischen Darstellung in **Abbildung 1** erläutert.

Abbildung 1: Prognose verkehrsinduzierter Erschütterungen



Das in **Abbildung 1** angeführte Referenzspektrum einer vergleichbaren Strecke basiert im Rahmen dieser Untersuchung ausschließlich durch die Messergebnisse der vor Ort durchgeführten Quellstärkenmessungen (Emissionsmessungen) in den 5 Ortlagen Bruchenhütten, Niederwöllstadt, Okarben, Groß-Karben und Dortelweil. Hiermit wird erreicht, dass geringe Schwankungen bei den Emissionen bedingt durch die örtlichen Bodenverhältnisse entsprechend der tatsächlichen Gegebenheiten berücksichtigt werden. Die Trasse verläuft bis auf einen Bereich in Nieder-

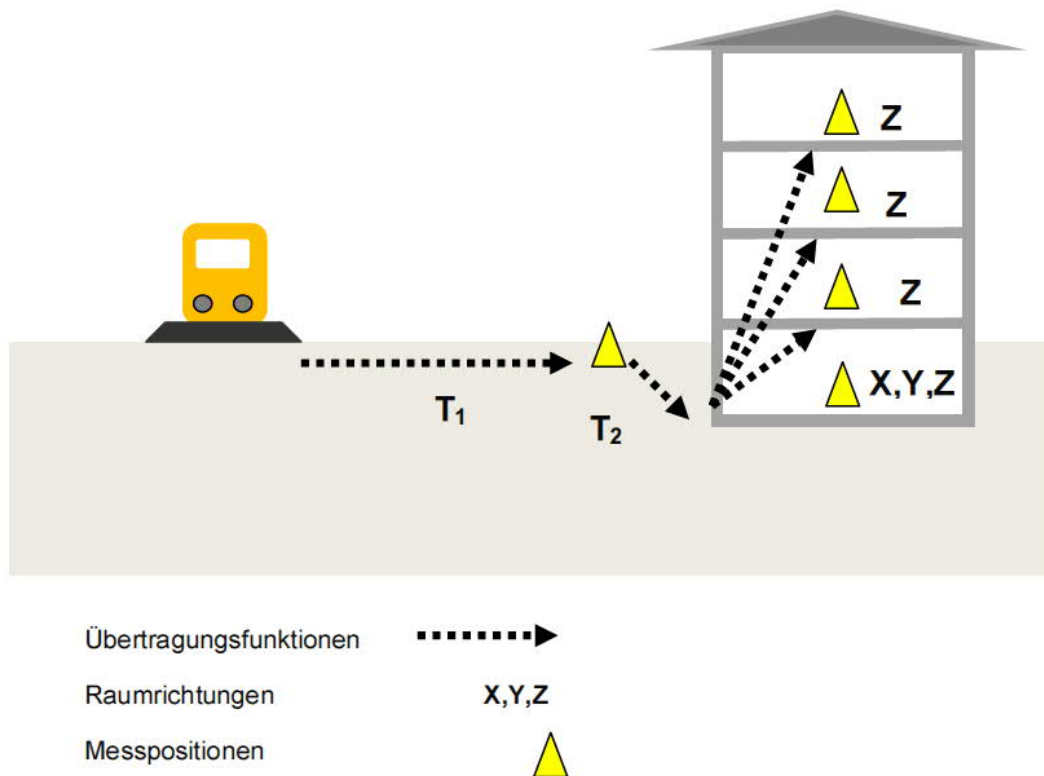
Wöllstadt vorwiegend ebenerdig oder in leichter Einschnittslage. Die Anpassung der bei den Messungen tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten der einzelnen Zuggattungen an die zulässige Höchstgeschwindigkeit erfolgt mit einer auf Erfahrungswerten basierenden Korrekturfunktion auf das Emissionsspektrum angepasst. Die in Nieder-Wöllstadt vorhandene Dammlage der Streckenführung wird ebenfalls durch die Anwendung einer geeigneten Korrekturfunktion auf das Emissionsspektrum Rechnung getragen. Die Bodenverhältnisse werden für die unterschiedlichen Ortslagen durch die Ausbreitungsmessungen auf 7 Querschnitten in den vorgenannten Ortslagen berücksichtigt. Mit Hilfe der messtechnisch erhobenen Transferfunktionen T1 bis T3 werden dann die beurteilungsrelevanten Immissionsgrößen berechnet. Die Untersuchungsergebnisse für die exemplarischen Objekte können dann anschließend auf die Gesamtheit aller im Einwirkungsbereich des Vorhabens gelegenen Gebäude extrapoliert werden.

5.2 Ermittlung der Beurteilungsgrößen

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

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

Abbildung 2: Übertragung von Erschütterungen



5.2.1 Emission

Bei oberirdischen Schienenverkehrswegen wird die Emission durch die in einem festgelegten Abstand zur Gleisachse im Erdboden gemessenen Schwingstärke charakterisiert. Für die vorliegende Untersuchung wurden, wie in **Tabelle 3** angegeben ist (Messung „Typ 2“), in 7 Bereichen entlang der Strecke Quellstärkenmessungen am Tag über einen Zeitraum von etwa 8 Stunden durchgeführt. Die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten der Züge wurden hierbei auf die zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit hochgerechnet. Die Korrektur der Schwingschnellepegel L_v in Abhängigkeit von der gefahrenen Geschwindigkeit wurde für die unterschiedlichen Zuggattungen bestimmt. Hierbei wurde nach Nahverkehr / S-Bahn, Fernverkehr und Güterverkehr differenziert.

Die nunmehr praktizierte Berücksichtigung der zulässigen Streckenhöchstgeschwindigkeit bei der Emissionsermittlung stellt eine obere Abschätzung dar, da hierbei unberücksichtigt bleibt, dass zum Beispiel S-Bahn-Züge im Bereich der Haltepunkte verzögert bzw. beschleunigt werden. Auch die registrierten mittleren Vorbeifahrtgeschwindigkeiten von Zü-

gen des Personenfernverkehrs und des Güterverkehrs liegen stets unterhalb der zulässigen Strecken Höchstgeschwindigkeit. Gleichwohl wird dies im vorliegenden Fall unterstellt.

Die unkorrigierten Emissionsspektren finden sich in **Anhang 1.1**. Die Korrekturfunktionen für die Geschwindigkeit sowie zur Berücksichtigung der Dammlage sind in **Anhang 1.2** dargestellt. Die in der Prognose angewandten korrigierten Emissionsspektren sind in **Anhang 1.3** tabellarisch und grafisch dokumentiert.

5.2.2 Transmission

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

5.2.2.1 Transferfunktion 1

Als Transferfunktion $T_1(f)$ wird die entfernungsbedingte Amplitudenabnahme der Schwingungsschnelle als Funktion der Frequenz f zwischen Emmissionsort und einem Ort im Erdreich unmittelbar vor einem Gebäude bezeichnet. Diese wird im vorliegenden Fall ebenfalls aus den durchgeführten Ausbreitungsmessungen (Messungen vom „Typ 2“) /9/ entnommen. Die angewandten Exponenten der Abnahmebedingung sind in **Anhang 1.5** tabellarisch und graphisch dargestellt. Hierbei sind die Exponenten für jede Terzmittenfrequenz im maßgebenden Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz angegeben. Die Exponenten werden hierbei für jede Ortslage gemittelt. Die Berechnung der T_1 -Funktion erfolgt dann spektral nach der folgenden Gleichung:

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

mit:

R_0 Bezugsabstand [m]

R Abstand Gebäude zur Gleisachse [m]

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

5.2.2.2 Transferfunktion 2

Die Transferfunktion T_2 beschreibt das Übertragungsverhalten vom Boden auf das Gebäudefundament. Sie unterliegt selbst bei verschiedenen Ge-

bäudetyphen relativ geringen Schwankungen und weist keine ausgeprägte spektrale Abhängigkeit auf. Erschütterungen werden umso leichter auf ein Gebäude übertragen, je geringer die Gebäudemasse ist. Das Übertragungsverhalten vom Boden auf das Fundament wurde für die exemplarischen Gebäude messtechnisch ermittelt. Eine grafische und tabellarische Darstellung findet sich in im zugehörigen Messbericht. /9/

5.2.2.3 Transferfunktion 3

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

Da die Transferfunktion 3 maßgebend Einfluss auf das Prognoseergebnis nimmt, wurden diese Übertragungsfunktionen ebenfalls im Rahmen der durchgeführten Erschütterungsmessungen (Messung „Typ 1“ und „Typ 2“) erhoben. Hierzu wurden mindestens an mindestens 2 Geschossdeckenfeldern der untersuchten Gebäude die Transferfunktion $T(f)$ bestimmt. Eine detaillierte Beschreibung der durchgeführten Erschütterungsmessungen zur Erhebung der baulastdynamischen Eigenschaften der Gebäude und eine grafische Darstellung der für das Prognosemodell berücksichtigten T_3 -Funktionen findet sich im Messbericht /9/.

5.2.3 Immissionen

5.2.3.1 Erschütterungen

Als Erschütterungsimmissionen werden die bauwerksbezogenen, gemäß **DIN 4150-2** /7/ in der Mitte von Räumen ermittelten KB-bewerteten Schwingstärken bezeichnet. Da hier die Vertikalkomponente (Z-Richtung) die Horizontalkomponenten (X-, Y-Richtung) übersteigt, werden die Prognoseberechnungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungsimmissionen durchgeführt. Der relevante Frequenzbereich wird in der **DIN 4150-2** auf 80 Hz begrenzt.

5.2.3.2 Sekundärer Luftschall

Die Prognose des sekundären Luftschallpegels im Innenraum L_I basiert auf dem zuvor berechneten maximalen zeitbewerteten Körperschallschnellepegel L_v der im Frequenzband bis 315 Hz ermittelt wird. Dieser entspricht dem Maximalpegel der Schwingstärke, der jedoch im Gegensatz zum KB_{Fmax} -Wert keiner KB-Bewertung, sondern einer A-Bewertung unterzogen wird. Der theoretische Zusammenhang zwischen ermittelter Körperschallschnelle und sekundärem Luftschall kann wie folgt beschrieben werden:

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

mit

- L_{sek} sekundärer Luftschallpegel des betrachteten Bauteils [dB(A)],
 L_v mittlerer A-bewerteter Körperschallschnellepegel des betrachteten Bauteils [dB(A)],
 σ Abstrahlgrad des betrachteten Bauteils [-],
 S Fläche des betrachteten Bauteils [m²],
 F äquivalente Absorptionsfläche des Raumes [m²].

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

Im vorliegenden Fall wurde daher zur Bestimmung des Beurteilungspegels für den sekundären Luftschall der Leitfaden „Körperschall und Erschütterungsschutz“ der DB AG /8/ herangezogen. Hierin wird ein linearer Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Körperschallschnellepegel und dem sekundärem Luftschallpegel genannt. Die Abhängigkeiten wurden dabei für verschiedene Zuggattungen und Deckenkonstruktionsformen (Stahlbetondecken, Holzbalkendecken) beschrieben. Demnach kann zur Ermittlung der Einwirkungen aus sekundärem Luftschall, hervorgerufen durch schienengebundenen Personennahverkehr, in erster Näherung folgende Beziehung herangezogen werden:

- ☐ $L_I = 17,6 + 0,62 \cdot L_{vA}$ [dB(A)] bei Stahlbetondecken,
☐ $L_I = 27,5 + 0,34 \cdot L_{vA}$ [dB(A)] bei Holzbalkendecken.

für den Fernverkehr nennt der Leitfaden folgende Beziehung

- ☐ $L_i = 26,2 + 0,46 \cdot L_{vA}$ [dB(A)] bei Stahlbetondecken,
☐ $L_i = 24,5 + 0,59 \cdot L_{vA}$ [dB(A)] bei Holzbalkendecken.
mit

L_i A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)],

L_{vA} A-bewerteter Körperschallschnellepegel in Fußbodenmitte [dB(A)]

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

5.3 Zugzahlen und Betriebsparameter

Entsprechend der 1. Untersuchung zur Planfeststellung /11/ werden für die vorliegende Untersuchung die Zugzahlen für den Prognosehorizont 2025 zugrunde gelegt. Eine Zusammenfassung der relevanten Verkehrsdaten für den Prognose-Nullfall und den Prognose-Planfall findet sich in **Anhang 1.6.**

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

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

mit

$v_{max.}$ Streckenhöchstgeschwindigkeit in [km/h]

6 Untersuchungsergebnisse

6.1 Zum Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“

Gemäß der aktuellen Rechtsprechung /5/ ist der Sachverhalt einer „**wesentlichen Änderung**“ dann gegeben, wenn eine Erhöhung der zukünftigen Immissionen gegenüber der bestehenden erschütterungstechnischen Vorbelastung um mindestens **25 %** bei gleichzeitiger Anhaltswertüberschreitung erfolgt. Diese Erhöhung kann zum einen durch das Heranrücken der Gleisanlage an die schutzbedürftige Bebauung und zum anderen durch eine Erhöhung des Verkehrsaufkommens im Planfall gegenüber der Vorbelastung resultieren.

Bei dem hier behandelten Vorhaben resultiert die Erhöhung im Wesentlichen nicht durch das zukünftig höhere Verkehrsaufkommen während der entsprechenden Beurteilungszeiträume, sondern hauptsächlich durch die Gleislageverschiebung, sowie durch die Verlagerung des Güterverkehrs von den Bestandsgleisen auf die beiden neuen Fernbahngleise. Dieser Sachverhalt ist für die räumliche Erstreckung möglicher Anspruchsberechtigungen im Siedlungsbereich von großer Bedeutung. In der Summe ändern sich die Zugzahlen des Prognose-Planfalls (PPF) gegenüber denen des Prognose-Nullfalls (PNF) im Tag- bzw. Nachtzeitraum wie folgt:

PNF: $N_{\text{Tag} / \text{Nacht}} = 193 / 75$

PPF: $N_{\text{Tag} / \text{Nacht}} = 239 / 82$

Dies bedeutet, dass sich die Zugzahlen für den Tag projektbedingt um ca. **24%** erhöhen. Für den Nachtzeitraum ist eine Erhöhung des Zugaufkommens von ca. **9 %** zu erwarten.

Hinsichtlich der maßgebenden Beurteilungsgröße nach **DIN 4150-2**, der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} , spielt jedoch auch die Zusammensetzung der einzelnen Zuggattungen (Personenzüge, Güterzüge) eine wichtige Rolle. Vergleicht man nur die Änderung des Güterverkehrs losgelöst von der Gesamtsumme der Zugereignisse, so ergeben sich folgende Zugzahlen für den Tag- bzw. Nachtzeitraum:

PNF: $N_{\text{Tag/Nacht}} = 37 / 47$

PPF: $N_{\text{Tag/Nacht}} = 39 / 52$

Dies bedeutet, eine Steigerung des Güterverkehrs um **5%** im Tagzeitraum und um **11 %** im Nachtzeitraum im Vergleich von Nullfall und Planfall.

Unter Berücksichtigung des Betriebsprogramms wird nun anhand des Vergleiches der Beurteilungsschwingstärken KB_{FT} des Prognose-Planfalls mit denen des Prognose-Nullfalls die zu erwartende Steigerung der Emissionen / Immissionen im Tag- bzw. im Nachtzeitraum ermittelt. Hierbei wird die Gesamtemissionen aller Zugkategorien für den Emissionspunkt (8 m von der Gleisachse entfernt) unter Berücksichtigung der Zugzahlen beispielhaft für einen ebenerdigen Trassenverlauf berechnet. Als Ergebnis erhält man eine auf den Referenzabstand (8 m) bezogene Beurteilungsschwingstärke der Betriebsprogramme für den Nullfall und für den Planfall. Die Ergebnisse sind in **Tabelle 4** zusammengefasst.

Tabelle 4: Verhältnis der Summenemissionspegel für die Tag / Nacht

| Trassenlage | Beurteilungsschwingstärke - KB_{FT} | | | | Verhältnis | |
|-------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|------------|-------|
| | PNF | | PPF | | PPF / PNF | |
| | Tag | Nacht | Tag | Nacht | Tag | Nacht |
| Ebenerdig | 0,0076 | 0,086 | 0,081 | 0,088 | 1,06 | 1,03 |

Der Vergleich zeigt, dass die zukünftigen Emissionen im Prognose-Planfall lediglich um **6 %** im Tag- und **3 %** im Nachtzeitraum größer sind, als die des Prognose-Nullfalls. Die Ergebnisse lassen sich auf die zu erwartenden Immissionen in den Gebäuden übertragen. Damit wird bei Anhaltswertüberschreitungen im Prognose-Planfall nicht zwangsläufig durch das zukünftige Betriebsprogramm der Sachverhalt der „**wesentlichen Änderung**“ erfüllt. Das bedeutet, dass eine mögliche Anspruchsberechtigung für erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen nicht aus der Überschreitung der jeweiligen Anhaltswerte der Beurteilungsschwingstärke ergibt. Verantwortlich für die Erhöhung um mehr als 25% sind wie bereits oben erwähnt das Heranrücken der Gleisanlage an die Gebäude sowie die Verlagerung des Güterverkehrs auf westlichen Fernbahngleise im Prognose-Planfall.

Hierdurch lassen sich für die Gebäude auf der Ostseite, die den S-Bahngleisen nächstgelegenen sind und zudem die Gleise auf denen der relevante Güterverkehr stattfindet von den Gebäuden abrücken Minderungen der zukünftigen Immissionen erwarten.

6.2 Ermittlung und Beurteilung der Immissionen

Die Prüfung auf Einhaltung der Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** bzw. der Immissionsrichtwerte in Anlehnung an die **24. BImSchV** für den Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall wird getrennt für die Bereiche in den nachfolgenden Anhängen dokumentiert:

- ☐ Bruchentrüben (**Anhang 2.1** und **Anhang 2.2**)
- ☐ Nieder-Wöllstadt (**Anhang 3.1** und **Anhang 3.2**)
- ☐ Okarben (**Anhang 4.1** und **Anhang 4.2**)
- ☐ Groß-Karben (**Anhang 5.1** und **Anhang 5.2**)
- ☐ Dortelweil Ost (**Anhang 6.1** und **Anhang 6.2**)
- ☐ Dortelweil West (**Anhang 7.1** und **7.2**)

In den Anhängen sind zusätzlich zu den 2014 messtechnisch untersuchten Gebäuden die im Rahmen der erschütterungstechnischen Untersuchung zur Planfeststellung /11/ behandelten Gebäude aufgeführt. Diese Immissionsorte sind fett gekennzeichnet. Die Immissionsortbezeichnung (**IP**) mit der zugehörigen Messpunktbezeichnung (**MP**) und der Gebäudenummer findet sich in **Anhang 11**. Die Lageplanausschnitte mit den Gebäudeummern sind in **Anhang 10** dokumentiert.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall für die ehemals 20 messtechnisch untersuchten Gebäude aus 2008 unter Berücksichtigung der aktuell erhobenen Emissionen und Ausbreitungsbedingungen erneut berechnet.

Die Immissionen werden für alle untersuchten Räume getrennt für den Tag- und Nachtzeitraum ausgewiesen und beurteilt. **Grün** hinterlegte Felder bedeuten, dass die jeweils gültigen Anforderungen an den Immissionsschutz erfüllt werden. Bei **rot** hinterlegten Feldern sind die Anforderungen nicht erfüllt. Sind Felder **gelb** gekennzeichnet, so sind weitere Beurteilungsschritte erforderlich. Sofern die prognostizierten betriebsbedingten Immissionen das Erfordernis von Vorsorgemaßnahmen ausweisen, werden diese anschließend diskutiert. Für den Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ werden prozentuale Erhöhungen der Beurteilungsschwingstärken des Prognose-Planfalls gegenüber denen des Prognose-Nullfalls < 25% **grün** gekennzeichnet. Bei Erhöhungen ≥ 25% und gleichzeitiger Einhaltung der Anhaltswerte sind die Felder **gelb** hinterlegt. **Rot** sind die

Felder gekennzeichnet bei denen eine Erhöhung von mindestens 25% bei gleichzeitiger Anhaltswertüberschreitung erfolgt.

Für den sekundären Luftschall werden Erhöhungen der Beurteilungspegel $< 2,1 \text{ dB(A)}$ **grün** gekennzeichnet. Bei Pegelerhöhungen $\geq 2,1 \text{ dB(A)}$ sind die Felder gelb hinterlegt. Bei Erhöhungen der Beurteilungspegel um Mindestens $2,1 \text{ dB(A)}$ und gleichzeitiger Überschreitung der Immissionsrichtwerte (IRW) ist der Sachverhalt der „**wesentlichen Änderung**“ erfüllt. Diese Felder sind dann **rot** hinterlegt. Die bereits ehemals messtechnisch untersuchten Gebäude sind fett gekennzeichnet.

6.3 Ortslage Bruchenbrücken

In Bruchenbrücken wurden insgesamt 8 Gebäude messtechnisch untersucht. Schutzwürdige Bebauung befindet sich in dieser Ortslage nur östlich der Bahntrecke. Die Lage der Bestandsgleise bleibt unverändert. Die neuen Gleise werden westlich der Bestandstrasse angebaut. Die Trasse verläuft vorwiegend ebenerdig bzw. im leichten Einschnitt.

6.3.1 Prognose-Nullfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Nullfall sind in **Anhang 2.1** zusammengefasst. Bis auf das Gebäude Klausenstraße 23 (**IP7**) wird eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte A_r in allen messtechnisch untersuchten Gebäuden prognostiziert. Hier werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$KB_{FT} = 0,224 / 0,270$$

erreicht. Für Gebäude in Wohngebieten (**WA**) sind gemäß **DIN 4150-2** folgende Beurteilungsanhaltswerte im Tag- bzw. im Nachtzeitraum anzuwenden:

$$A_{r,T/N} = 0,070 / 0,050.$$

Die Immissionen überschreiten die Beurteilungsanhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) um **219%** bzw. **439%** im Tag- bzw. Nachtzeitraum.

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen sind in den letzten beiden Spalten des gleichen Anhangs dargestellt. Für den Tagzeitraum

wird der Immissionsrichtwert für Wohnräume, für den Nachtzeitraum der für Schlafräume von

$$\text{IRW} = 40 / 30 \text{ dB(A)}$$

angewandt. Im Nullfall werden in 2 der messtechnisch untersuchten Gebäude die Immissionsrichtwerte für den Nachtzeitraum überschritten. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,i} = 32,8 / 35,6 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in 7 der 8 messtechnisch untersuchten Gebäude bereits im Prognose-Nullfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen nicht auszuschließen sind. Die sekundären Luftschallimmissionen hingegen sind nur in 2 Gebäuden und auch nur im Nachtzeitraum als erheblich belästigend einzustufen.

6.3.2 Prognose-Planfall

Die Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen für den Prognose-Planfall sind in **Anhang 2.2** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** wird für 7 der exemplarischen Gebäude prognostiziert. Hier werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$\text{KB}_{\text{FTr}} = 0,210 / 0,241$$

erreicht. Diese Immissionen überschreiten den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) um **200%** bzw. **328%** im Tag- bzw. Nachtzeitraum.

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen zeigen, dass lediglich in einem Gebäude (**IP6**) die Beurteilungspegel in den Innenräumen den Immissionsrichtwert für den Nachtzeitraum überschreiten. Es ergeben sich Beurteilungspegel im Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$L_{r,T/N} = 31,4 / 34,4 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in 7 Gebäuden im Prognose-Planfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Er-

schütterungen bzw. sekundärem Luftschall nicht ausgeschlossen werden können.

6.3.3 „Wesentliche Änderung“

Der Sachverhalt der wesentlichen Änderung ist in **Anhang 2.3** dargestellt. Für keines der exemplarischen Gebäude ist der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ infolge Erschütterungen bzw. sekundärem Luftschall gegeben. Somit besteht für keines der Gebäude ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen.

In der Ortslage Bruchentrup befindet sich lediglich auf der Ostseite der Trasse schutzbedürftige Bebauung. Die neuen Gleise werden auf der Westseite angebaut. Der pegelbestimmende Güterverkehr wird auf die neuen Gleise verlagert, wodurch es sogar zu einer Verminderung der Immissionen des Prognose-Planfalls gegenüber der Vorbelastung (Prognose-Nullfall) kommt. Die Erschütterungsimmissionen im Prognose-Planfall reduzieren sich gegenüber denen des Prognose-Nullfalls im Tag- bzw. Nachtzeitraum um bis zu

$$\Delta K_{B_{FTR}} = -28\% / -29\%.$$

Die Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls vermindern sich um

$$\Delta L_{r,T/N} = -2,7 \text{ dB(A)} / -2,6 \text{ dB(A)}.$$

6.4 Ortslage Nieder-Wöllstadt

Hier wurden insgesamt 17 exemplarische Gebäude untersucht. 10 Gebäude befinden sich östlich und 7 Gebäude westlich der Bahntrasse. Im nördlichen Bereich der Ortslage verschieben sich die Bestandsgleise in östlicher Richtung zur Bebauung hin. Ab der Querung der Friedberger Straße verlaufen diese wieder in der ursprünglichen Lage. Im Bereich der Querung befindet sich die Trasse in Dammlage. In den restlichen Bereichen verläuft sie ebenerdig oder im leichten Einschnitt. Die beiden neuen Fernbahngleise werden auf der Westseite angebaut.

6.4.1 Prognose-Nullfall

Die Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen für den Prognose-Nullfall sind in **Anhang 3.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** ist für 4 Gebäude auf der Ostseite und 2 Gebäude auf der Westseite zu erwarten. Für die Gebäude auf der **Ostseite** werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FT} = 0,297 / 0,323$$

ausgewiesen. Diese Immissionen überschreiten den Beurteilungsanhaltswert für Mischgebiete (**MI**) im Tagzeitraum um **197%** und im Nachtzeitraum um **223%**. Für die Gebäude auf der **Westseite** ergeben sich Beurteilungsschwingstärken von maximal

$$KB_{FT} = 0,070 / 0,084.$$

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen sind in den letzten beiden Spalten des gleichen Anhangs dargestellt. Im Nullfall ergeben sich für 2 Gebäude auf der **Ostseite** (**IP9** und **IP17**) Immissionsrichtwertüberschreitungen im Nachtzeitraum. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,T/N} = 31,8 / 34,5 \text{ dB(A)}.$$

Für die Gebäude auf der **Westseite** werden maximale Beurteilungspegel von

$$L_{r,T/N} = 27,8 / 30,7 \text{ dB(A)}$$

ausgewiesen. Dies bedeutet, dass in 6 Gebäuden im Prognose-Nullfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen oder sekundärem Luftschall nicht ausgeschlossen werden können.

6.4.2 Prognose-Planfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Planfall sind in **Anhang 3.2** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** wird für 4 der exemplarischen Gebäude auf der Ostseite und 3 Gebäude auf der Westseite prognosti-

ziert. Hier werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$\begin{aligned} \mathbf{KB_{FTr} = 0,239 / 0,239 \text{ (Ostseite)}} \\ \mathbf{KB_{FTr} = 0,152 / 0,183 \text{ (Westseite)}} \end{aligned}$$

ausgewiesen. Die Prognosewerte für den Tag- bzw. Nachtzeitraum überschreiten die hier gültigen Beurteilungsanhaltswerte für Mischgebiete (**MI**) um **139%** bzw. **242% (Ostseite)** und **52%** bzw. **161% (Westseite)**.

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen zeigen, dass in 5 Gebäuden die Beurteilungspegel in den Innenräumen den Immissionsrichtwert für den Nachtzeitraum überschreiten. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$\begin{aligned} \mathbf{L_{r,i} = 31,4 / 34,3 \text{ dB(A) (Ostseite)}} \\ \mathbf{L_{r,i} = 31,1 / 34,0 \text{ dB(A) (Westseite).}} \end{aligned}$$

Dies bedeutet, dass in 5 Gebäuden im Prognose-Planfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen oder sekundärem Luftschall nicht ausgeschlossen werden können.

6.4.3 „Wesentliche Änderung“

Das Ergebnis der Prüfung auf "wesentlichen Änderung" ist in **Anhang 3.3** dargestellt. Für die Gebäude auf der **Ostseite** wird lediglich für den **IP9** (Illingweg 9) eine Erhöhung der Erschütterungsimmissionen im Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu maximal

$$\mathbf{\Delta KB_{FTR} = +30\% / +1\%}.$$

ausgewiesen. In diesem Gebäude kommt es auch zu geringfügigen Pegelerhöhungen im Tag bzw. in der Nacht von

$$\mathbf{\Delta L_{r,T/N} = +0,2 \text{ dB(A)} / +0,1 \text{ dB(A).}}$$

Dieses Gebäude befindet sich in der nördlichen Ortsrandlage, wo das Bestandgleis an die Bebauung heranrückt. Gleichzeitig verlagert sich der Güterverkehr auf das neue Fernbahngleis und rückt damit von dem Gebäude ab. Durch die Überlagerung der beiden Effekte kommt es daher zu keiner wesentlichen Änderung gegenüber der Vorbelastung.

Auf der **Westseite** hingegen ergibt sich für 3 Gebäude (**IP21**, **IP23** und **IP24**) eine wesentliche Erhöhung der Erschütterungsimmissionen im Tag- als auch im Nachtzeitraum. Die Erschütterungsimmissionen im Prognose-Planfall erhöhen sich gegenüber denen des Prognose-Nullfalls im Tag- bzw. Nachtzeitraum um bis zu

$$\Delta K_{B_{FTR}} = +146\% / +137\%.$$

Hinsichtlich der sekundären Luftschallimmissionen ist dieser Sachverhalt für die 3 Gebäude nur im Nachtzeitraum erfüllt. Die Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls erhöhen sich um bis zu

$$\Delta L_{r,T/N} = +4,7 \text{ dB(A)} / +4,6 \text{ dB(A)}.$$

Die wesentliche Erhöhung für die Gebäude auf der Westseite resultiert aus der Verlagerung des maßgebenden Güterverkehrs auf die neuen Fernbahngleise und dem daraus resultierenden Heranrücken an die Bebauung auf der Westseite. Somit besteht für 3 exemplarische Gebäude auf der **Westseite** dem Grunde nach ein Anspruch auf eine erschütterungstechnische Schutzmaßnahme. Hierbei handelt es sich um das Gebäude:

- ☐ IP21: Mainstraße 13a
- ☐ IP23: Friedberger Straße 3 und
- ☐ IP24: Am Atzelberg 1a.

Für die Gebäude auf der **Ostseite** besteht keine Anspruchsberechtigung.

6.5 Ortslage Okarben

Der Großteil der Bebauung innerhalb des 60 m Korridors befindet sich östlich der Bahnstrecke. Hier wurden insgesamt, d.h. für beide Seiten zusammen **21** exemplarische Gebäude untersucht. Aufgrund der geringen Bebauungsdichte im Nahbereich der Trasse wurden auf der Westseite 7, auf der Ostseite hingegen 14 exemplarische Gebäude untersucht. Die Lage der Bestandsgleise bleibt nahezu unverändert. Die neuen Gleise werden westlich der Bestandstrasse angebaut. Die Trasse verläuft vorwiegend ebenerdig bzw. im leichten Einschnitt.

6.5.1 Prognose-Nullfall

Die Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen für den Prognose-Nullfall sind in **Anhang 4.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte A_r ist für 4 Gebäude auf der Ostseite und 2 Gebäude auf der Westseite zu erwarten. Für die Gebäude auf der **Ostseite** werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTr} = 0,207 / 0,194 \text{ (IP34)}$$

ausgewiesen. Diese Immissionen überschreiten den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) im Tagzeitraum um **195%** und im Nachtzeitraum um **288%**.

Für die Gebäude auf der **Westseite** ergeben sich Beurteilungsschwingstärken von maximal

$$KB_{FTr} = 0,381 / 0,360.$$

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen sind in den letzten beiden Spalten des gleichen Anhangs dargestellt. Auf der **Ostseite** werden die Immissionsrichtwerte in allen Gebäuden eingehalten. Es ergeben sich Beurteilungspegel im Tag bzw. in der Nacht von

$$L_{r,T/N} = 27,9 / 29,8 \text{ dB(A)}.$$

Im Nullfall ergibt sich lediglich für 1 Gebäude auf der **Westseite** (**IP42**) eine Immissionsrichtwertüberschreitung im Nachtzeitraum. Die Beurteilungspegel liegen hier bei

$$L_{r,T/N} = 28,6 / 31,4 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in 6 Gebäuden im Prognose-Nullfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen oder sekundärem Luftschall nicht ausgeschlossen werden können.

6.5.2 Prognose-Planfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Planfall sind in **Anhang 4.2** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte A_r wird für 2 der exemplarischen

Gebäude auf der Ostseite und 2 Gebäude auf der Westseite ermittelt. Es werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$KB_{FTr} = 0,168 / 0,144 \text{ (Ostseite)}$$

$$KB_{FTr} = 0,733 / 0,652 \text{ (Westseite)}$$

ausgewiesen. Die Prognosewerte für die Tag- bzw. Nachtzeitraum überschreiten die hier gültigen Beurteilungsanhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) um **140%** bzw. **188%** (**Ostseite**) und **947%** bzw. **1205%** (**Westseite**).

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen zeigen, dass in lediglich einem Gebäude (**IP42**) auf der Westseite die Beurteilungspegel in den Innenräumen den Immissionsrichtwert für den Nachtzeitraum überschreiten. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,i} = 34,8 / 37,7 \text{ dB(A) (Westseite)}.$$

Dies bedeutet, dass in 4 Gebäuden im Prognose-Planfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen oder sekundärem Luftschall nicht ausgeschlossen werden können.

6.5.3 „Wesentliche Änderung“

Der Sachverhalt der wesentlichen Änderung ist in **Anhang 4.3** und **Anhang 4.9** dargestellt. Für 2 der 21 Gebäude ist der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ infolge Erschütterungen gegeben. Beide Gebäude liegen **westlich** der Bahnstrecke. Hier werden Erhöhungen der Beurteilungsschwingstärken von

$$\Delta KB_{FTR} = +116\% / +112\%$$

ausgewiesen. Hinsichtlich des sekundären Luftschalls ergeben sich Pegelerhöhungen, die ebenfalls den Sachverhalt einer wesentlichen Änderung erfüllen, um bis zu

$$\Delta L_{r,T/N} = +6,3 \text{ dB(A)} / +6,3 \text{ dB(A)}.$$

Somit kann für insgesamt 2 Gebäude dem Grunde nach ein Anspruch auf eine erschütterungstechnische Schutzmaßnahme nicht ausgeschlossen werden. Hierbei handelt es sich um die Gebäude:

- ☐ IP42: Friedberger Straße 1
- ☐ IP43: Friedberger Straße 5

Die wesentliche Erhöhung für die Gebäude auf der **Westseite** resultiert aus der Verlagerung des maßgebenden Güterverkehrs auf die neuen Fernbahngleise und somit aus einem Heranrücken an die Bebauung auf der Westseite.

Für die Gebäude auf der **Ostseite** der Bahnstrecke ergibt sich keine wesentliche Änderung der Immissionen des Planfalls gegenüber denen des Nullfalls.

6.6 Ortslage Groß-Karben

Der vorwiegende Teil der schutzbedürftigen Bebauung innerhalb des 60 m Korridors befindet sich westlich der Bahnstrecke. Hier wurden insgesamt 10 exemplarische Gebäude untersucht. Aufgrund der geringen Bebauungsdichte im Nahbereich der Trasse wurde auf der Ostseite nur 1 exemplarisches Gebäude untersucht. Auf der Westseite sind dies hingegen 9 Gebäude. Im Bereich des Bahnhofes rückt das östliche Bestandsgleis an die Bebauung heran, das westliche Bestandsgleis von der Bebauung ab. Die neuen Gleise werden westlich der Bestandstrasse angebaut. Die Trasse verläuft vorwiegend ebenerdig bzw. im leichten Einschnitt.

6.6.1 Prognose-Nullfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Nullfall sind in **Anhang 5.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** ist für 9 der insgesamt 10 messtechnisch untersuchten Gebäude auf der **Westseite** zu erwarten. Es werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$KB_{FT} = 0,329 / 0,338$$

ausgewiesen. Diese Immissionen überschreiten den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) im Tag- bzw. Nachtzeitraum um **369%** bzw. **576%**.

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen sind in den letzten beiden Spalten des gleichen Anhangs dargestellt. Für den Nullfall gibt es Überschreitungen der gültigen Immissionsrichtwerte in den exemplari-

schen Gebäuden nur im Nachtzeitraum. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,T/N} = 36,3 / 38,2 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in 9 Gebäuden **westlich** der Trasse im Prognose-Nullfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen oder sekundärem Luftschall nicht auszuschließen sind.

Für das 1 Gebäude auf der **Ostseite** ergeben sich Beurteilungsschwingstärken von

$$KB_{FT_r} = 0,048 / 0,050$$

und Beurteilungspegel von

$$L_{r,T/N} = 26,1 / 28,2 \text{ dB(A)}.$$

Hier werden sowohl die Anhaltswerte der DIN 4150-2 als auch die Immissionsrichtwerte der 24. BImSchV eingehalten.

6.6.2 Prognose-Planfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Planfall sind in **Anhang 5.2** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** ist für 9 der exemplarischen auf der **Westseite** gelegenen Gebäude zu erwarten. Es werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FT_r} = 0,373 / 0,373$$

für den **IP50** prognostiziert.

Diese Immissionen überschreiten den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) um **433%** bzw. **647%** im Tag- bzw. Nachtzeitraum.

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen zeigen, dass ebenfalls in 9 Gebäuden der Beurteilungspegel in den Innenräumen den Im-

missionsrichtwert für den Nachtzeitraum überschreitet. Es ergeben sich Beurteilungspegel tags / nachts von bis zu

$$L_{r,T/N} = 36,9 / 38,9 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in 9 Gebäuden im Prognose-Planfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen bzw. sekundärem Luftschall nicht ausgeschlossen werden können. Alle Gebäude befinden sich auf der Westseite der Trasse.

Für das 1 Gebäude auf der **Ostseite** ergeben sich Beurteilungsschwingstärken von

$$KB_{FTr} = 0,045 / 0,044$$

und Beurteilungspegel von

$$L_{r,T/N} = 26,0 / 28,3 \text{ dB(A)}.$$

Hier werden sowohl die Anhaltswerte der **DIN 4150-2** als auch die Immissionsrichtwerte der **24. BImSchV** eingehalten.

6.6.3 „Wesentliche Änderung“

Der Sachverhalt der wesentlichen Änderung ist in **Anhang 5.3** dargestellt. Für 4 Gebäude, auf der **Westseite** der Trasse gelegen, (**IP48, IP51, IP54** und **IP55**) ist der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ infolge Erschütterungen gegeben.

Hier werden Erhöhungen der Beurteilungsschwingstärken von

$$\Delta KB_{FTR} = +33\% / +30\%$$

ausgewiesen. Hinsichtlich des sekundären Luftschalls ergeben sich Pegelerhöhungen, die ebenfalls den Sachverhalt einer wesentlichen Änderung erfüllen, um bis zu

$$\Delta L_{r,T/N} = +0,7 \text{ dB(A)} / +0,8 \text{ dB(A)}.$$

Für das Gebäude auf der **Ostseite** ergeben sich Verringerungen der Beurteilungsschwingstärken und Pegelminderungen.

Somit kann für die 4 Gebäude auf der **Westseite** der Trasse dem Grunde nach ein Anspruch auf eine erschütterungstechnische Schutzmaßnahme nicht ausgeschlossen werden. Dies sind die nachfolgend aufgeführten Gebäude:

- ☐ IP48: Im Sauerborn 42
- ☐ IP51: Bahnhofstraße 203a
- ☐ IP54: Am Hang 27 und
- ☐ IP55: Am Hang 17.

Die wesentliche Erhöhung für die Gebäude auf der **Westseite** resultiert aus der Verlagerung des maßgebenden Güterverkehrs auf die neuen Fernbahngleise und somit einem Heranrücken an die Bebauung auf der Westseite. Das Heranrücken des westlichen S-Bahn Gleises an die westliche Bebauung spielt hierbei eine untergeordnete Rolle.

6.7 Ortslage Dortelweil

Hier wurden insgesamt 11 exemplarische Gebäude auf der Ostseite (**Anhang 6**) und 12 Gebäude auf der Westseite (**Anhang 7**) untersucht. In diesem Streckenabschnitt verschieben sich die Bestandsgleise in östlicher Richtung zur Bebauung hin. Die beiden neuen Fernbahngleise werden auf der Westseite angebaut und rücken somit zur westlichen Bebauung hin. Die Trasse verläuft vorwiegend ebenerdig oder im leichten Einschnitt.

6.7.1 Prognose-Nullfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Nullfall sind in **Anhang 6.1** und **7.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte A_r sind für die Gebäude auf der **Ostseite** in 3 Gebäuden (**IP63**, **IP65** und **IP66**) zu erwarten. Es ergeben sich Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTr} = 0,112 / 0,116.$$

Diese Immissionen überschreiten den Beurteilungsanhaltswert für Mischgebiete (**MI**) im Tag- bzw. Nachtzeitraum um **12%** bzw. **65%**. Für die Gebäude im Wohngebiet werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FT} = 0,082 / 0,091$$

Ausgewiesen. Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen sind in den letzten beiden Spalten des gleichen Anhangs dargestellt. Im Nullfall gibt es keine Immissionsrichtwertüberschreitungen. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,T/N} = 26,4 / 28,7 \text{ dB(A)}.$$

Für die Gebäude auf der **Westseite** ergeben sich für 4 der 12 exemplarischen Gebäude Überschreitungen der Anhaltswerte. (**IP68, IP70, IP72 und IP74**) Es ergeben sich Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FT} = 0,433 / 0,465.$$

Diese Immissionen überschreiten den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) im Tag- bzw. Nachtzeitraum um **383%** bzw. **720%**. Hinsichtlich des sekundären Luftschalls wird für 1 Gebäude (**IP74**) eine Immissionsrichtwertüberschreitung im Nullfall ausgewiesen. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,T/N} = 33,2 / 35,6 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in der Ortslage Dortelweil für insgesamt 7 Gebäude im Prognose-Nullfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen bzw. sekundären Luftschall nicht ausgeschlossen werden können.

6.7.2 Prognose-Planfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Planfall sind in **Anhang 6.2** und **Anhang 7.2** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** sind für die Gebäude auf der **Ostseite** in 3 Gebäuden (**IP63, IP65 und IP66**) zu erwarten. Es ergeben sich Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTT} = 0,105 / 0,078.$$

Diese Immissionen überschreiten den Beurteilungsanhaltswert für Mischgebiete (**MI**) im Tag- bzw. Nachtzeitraum um **5%** bzw. **11%**. Für die Gebäude im Wohngebiet werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTT} = 0,081 / 0,056$$

ausgewiesen. Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen sind in den letzten beiden Spalten des gleichen Anhangs dargestellt. Im Prognose-Planfall gibt es für die Gebäude auf der Ostseite keine Immissionsrichtwertüberschreitungen. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,T/N} = 23,9 / 25,0 \text{ dB(A)}.$$

Für die Gebäude auf der **Westseite** ergeben sich für 5 der 12 exemplarischen Gebäude Überschreitungen der Anhaltswerte. (**IP68, IP70, IP71, IP72 und IP74**) Es ergeben sich Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTT} = 0,454 / 0,462.$$

Diese Immissionen überschreiten den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) im Tag- bzw. Nachtzeitraum um **548%** bzw. **823%**. Hinsichtlich des sekundären Luftschalls wird für 3 Gebäude (**IP68, IP70 und IP74**) eine Immissionsrichtwertüberschreitung im Nachtzeitraum ausgewiesen. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,T/N} = 33,5 / 35,8 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in der Ortslage Dortelweil für insgesamt 8 Gebäude im Prognose-Planfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen bzw. sekundären Luftschall nicht ausgeschlossen werden können.

6.7.3 „Wesentliche Änderung“

Der Sachverhalt der wesentlichen Änderung ist in **Anhang 6.3** und **Anhang 7.3** dargestellt. Für die exemplarischen Gebäude auf der **Ostseite** ist der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ infolge Erschütterungen nur für das Gebäude Schulheiß-Bilger-Straße 2a (**IP63**) gegeben. Hier

werden Erhöhungen im Tagzeitraum und Verringerungen im Nachtzeitraum von

$$\Delta KB_{FTR} = +37\% / -22\%$$

ausgewiesen. Hinsichtlich der sekundären Luftschallimmissionen kommt es durchweg in allen Gebäuden zu Pegelminderungen im Tag bzw. in der Nacht von bis zu

$$\Delta L_{r,T/N} = -4,7 \text{ dB(A)} / -5,4 \text{ dB(A)}.$$

Für die Gebäude auf der **Westseite** ergibt sich ein Anspruch für 3 Gebäude (**IP68**, **IP70** und **IP71**). Hier werden Erhöhungen der Erschütterungsmissionen von

$$\Delta KB_{FTR} = +144\% / -138\%$$

und Pegelerhöhungen von

$$\Delta L_{r,T/N} = +5,0 \text{ dB(A)} / +4,90 \text{ dB(A)}$$

ausgewiesen.

Ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen besteht im Bereich Dortelweil für insgesamt für **4 Gebäude**.

Die wesentliche Erhöhung für die Gebäude auf der Westseite resultiert aus der Verlagerung des maßgebenden Güterverkehrs auf die neuen Fernbahngleise und somit einem Heranrücken an die Bebauung auf der Westseite. Auf der Ostseite ergibt sich nur für ein Gebäude eine wesentliche Erhöhung, da dort das Abrücken des Güterverkehrs bedingt durch den sehr kurzen Abstand zur Trasse einen nicht ganz so großen Einfluss auf die Minderung der Immissionen hat.

6.8 Extrapolation der Untersuchungsergebnisse

Die Prognose hinsichtlich der zukünftigen Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall infolge des Schienenverkehrs erfolgte für 59 exemplarische Gebäude. Zusätzlich wurden die ehemals für die Planfeststellung untersuchten 20 Gebäude mit berücksichtigt. Von diesen 79

Gebäuden liegen 3 Immissionsorte außerhalb des 60 m Korridors und werden für die Extrapolation nicht weiter berücksichtigt. Zudem wurde für diese Gebäude keine Anspruchsberechtigung ausgewiesen. Die Untersuchungsergebnisse für insgesamt **76** Gebäude werden nunmehr auf die gesamte Bebauung extrapoliert. Hierfür wird zunächst der prozentuale Anteil (d.h. die Quote) der anspruchsberechtigten exemplarischen Gebäude jeweils getrennt für die Korridore von

- ☐ Korridor 1: 0 m – 20 m
- ☐ Korridor 2: 21 m – 40 m
- ☐ Korridor 3: 41 m – 60 m

zu den insgesamt untersuchten exemplarischen Gebäuden ermittelt.

Eine Zusammenstellung ist in der nachfolgenden **Tabelle 5** wie auch in **Anhang 8.1** dokumentiert. Hierbei wird in den Ortslagen, bei denen auf beiden Seiten Bebauung vorhanden ist, nach Gebäude auf der Ost- und Westseite differenziert.

Von den insgesamt **76** messtechnisch untersuchten Gebäuden im 60 m Korridor kann für 13 Gebäude dem Grunde nach ein Anspruch auf erschütterungstechnische Schutzmaßnahmen nicht ausgeschlossen werden. Für die Gebäude in der Ortslage Bruchentrüben ergeben sich keine Anspruchsberechtigungen. Außer in der Ortslage Dortelweil sind die anspruchsberechtigten Gebäude immer auf der Westseite der Bahnstrecke.

Von den 13 anspruchsberechtigten Gebäuden liegen 12 Objekte innerhalb des 20 m Korridors, 1 Objekt im Korridor von 21 m – 40 m und kein Objekt im Korridor von 41 m bis 60 m. Hieraus berechnen sich die in den letzten 3 Spalten angegebenen Quoten in Prozent.

In **Tabelle 5** sind die hochgerechneten Quoten auf die Gesamtheit aller Gebäude innerhalb der Korridorbreiten zusammengefasst.

Es befinden sich **475 Gebäude** innerhalb der Korridorbreite von 60 m. 101 Objekte liegen im 20 m Korridor, 187 Objekte im Korridor 21 m bis 40 m und 187 Gebäude im Korridor 41 m bis 60 m. Eine Anspruchsberechtigung ergibt sich für insgesamt **36 Gebäude**, wovon 32 Gebäude innerhalb des 20 m Korridors liegen und 4 Gebäude im 21 m bis 40 m Korridor liegen. In Tabelle 6 ist für jede Ortslage die Gesamtheit aller Gebäude aufge-

führt. Eine Anspruchsberechtigung auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen ergibt sich im Einwirkungsbereich des hier behandelten gesamten Streckenabschnittes für insgesamt

N = 36 Gebäude.

Tabelle 5: Anspruchsberechtigung exemplarische Gebäude

| Ortslage | Anzahl | | | | Anspruch | | | | Quote [%] | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|--------|--------|
| | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m | 0-20m | 21-40m | 41-60m |
| BB | 8 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0% | 0% |
| NW-Ost | 10 | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0% | - |
| NW-West | 7 | 5 | 1 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 60% | 0% | 0% |
| OK-Ost | 14 | 8 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | - |
| OK-West | 6 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 0 | 0 | 100% | 0% | 0% |
| GK-Ost | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0% | - |
| GK-West | 7 | 3 | 3 | 1 | 4 | 3 | 1 | 0 | 100% | 33% | 0% |
| DW-Ost | 11 | 3 | 4 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 33% | 0% | 0% |
| DW-West | 12 | 6 | 5 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 50% | 0% | 0% |
| Summe | 76 | 37 | 26 | 13 | 13 | 12 | 1 | 0 | | | |

mit

BB Bruchenbrücken
NW Nieder-Wöllstadt
OK Okarben
GK Groß-Karben
DW Dortelweil

Somit sind in den Streckenabschnitten der Ortslagen Nieder-Wöllstadt, Okarben, Groß-Karben und Dortelweil geeignete oberbautechnische Vorsorgemaßnahmen zur Konfliktlösung in Betracht zu ziehen.

Tabelle 6: Anspruchsberechtigung aller Gebäude

| Ortslage | Anzahl | | | | Anspruch | | | |
|--------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| | Σ | 0-20m | 21-40m | 41-60m | Σ | 0-20m | 21-40m | 41-60m |
| BB | 68 | 13 | 32 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NW-Ost | 96 | 17 | 47 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NW-West | 54 | 11 | 15 | 28 | 7 | 7 | 0 | 0 |
| OK-Ost | 91 | 21 | 32 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| OK-West | 21 | 3 | 2 | 16 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| GK-Ost | 4 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GK-West | 35 | 11 | 13 | 11 | 15 | 11 | 4 | 0 |
| DW-Ost | 36 | 5 | 14 | 17 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| DW-West | 70 | 19 | 29 | 22 | 9 | 9 | 0 | 0 |
| Summe | 475 | 101 | 187 | 187 | 36 | 32 | 4 | 0 |

6.9 Dimensionierung von Vorsorgemaßnahmen

6.9.1 Grundsätzlich mögliche Maßnahmen

Grundsätzlich können Maßnahmen zum Erschütterungsschutz an Bahnstrecken in drei Gruppen untergliedert werden:

- ☐ Maßnahmen an der Quelle
- ☐ Maßnahmen im Ausbreitungsweg
- ☐ Maßnahmen am Immissionsort.

Maßnahmen an der Quelle beziehen sich auf den Oberbau und zielen darauf ab, die erschütterungstechnische Quellstärke (Emission) im Zusammenwirken Fahrzeug-Fahrweg zu reduzieren. Maßnahmen im Ausbreitungsweg sollen zu einer „Abschirmung“ einer Erschütterungsquelle führen. Bei Maßnahmen am Immissionsort handelt es sich ebenfalls um abschirmende Maßnahmen. Allerdings wird hierbei nicht die Quelle sondern der Immissionsort selbst, das heißt entweder das gesamte Gebäude oder ein Teil des Gebäudes durch elastische Lagerungen abgeschirmt. Im Folgenden wird auf die einzelnen, grundsätzlich möglichen, Maßnahmen näher eingegangen.

6.9.2 Maßnahmen an der Quelle

6.9.2.1 Masse-Feder-Systeme

Zur Emissionsminderung im Gleisbereich können elastisch gelagerte Gleistragplatten, so genannte **Masse-Feder-Systeme** eingesetzt werden. Bei entsprechender Auslegung der Federelemente und bei einem hinreichend steifen Untergrund können solche Systeme auf vertikale Oberbaueigenfrequenzen von deutlich unter 10 Hz abgestimmt werden. Mit dem Einsatz solcher schweren Masse-Feder-Systeme lassen sich die Immissionen aus dem Bahnverkehr in weiten Bereichen erheblich vermindern. In Teilbereichen, in denen sich Gebäudestrukturen mit sehr tiefen Eigenfrequenzen (zum Beispiel weit gespannte Decken mit Eigenfrequenzen von 8 bis 10 Hz) befinden, lassen sich keine signifikanten Minderungen der Erschütterungen erzielen, da die Einfügungsdämmung solcher Masse-Feder-Systeme in dem Frequenzbereich unter Umständen positive Werte erreicht.

Der Einbau von Masse-Feder-Systemen wurde bereits häufig bei unterirdischen Schienenverkehrsanlagen mit großem Erfolg praktiziert. Der Einbau von Systemen mit Einzellagern in einer oberirdischen Strecke ist insoweit nur theoretisch möglich, da die Federelemente auf einem massiven Unterbau zur Erhöhung der Anschlussimpedanzen für die Federelemente des Systems aufgelagert werden müssen. Ferner kann nicht für die Dauer des Lebenszyklus eines solchen Systems gewährleistet werden, dass die elastisch abgefederte Gleistragplatte stets frei schwingen kann. Durch den Schmutzeintrag durch Oberflächenwasser kann der Hohlraum zwischen Untergrund und schwingender Gleistragplatte zugesetzt werden, so dass die Abfederung der Gleistragplatte und somit auch die Einfügungsdämmung nicht mehr gewährleistet ist. Unter anderem hat dieser Sachverhalt dazu geführt, dass so genannte schwere Masse-Feder-Systeme im Außenbereich keine Anwendung finden. So genannte leichte Masse-Feder-Systeme, also Masse-Feder-Systeme, deren vertikale Oberbaueigenfrequenz oberhalb von 10 Hz liegt, können auch im Außenbereich praktiziert werden, da hier als Federelement flächige Mattenlager, die als verlorene Schalung unter einer Gleistragplatte eingebaut werden, zum Einsatz kommen können. Hier besteht nicht die Gefahr des Verschmutzens und somit auch des Blockierens des Luftspaltes. Da im vorliegenden Fall Schotteroberbau und keine „Feste Fahrbahn“ geplant ist, kann diese Maßnahmen hier nicht angewendet werden. Eine Umstellung der Planung

von Schotteroberbau auf „Feste Fahrbahn“ ist nicht sachgerecht, da hieraus Erhöhungen der Geräuschemissionen und somit auch der Geräuschimmissionen an Wohngebäuden im Einwirkungsbereich der Strecke die Folge werden.

6.9.2.2 Unterschottermatten

Bei oberirdischen Vollbahnstrecken wurden Unterschottermatten bisher nur vereinzelt und meist mit geringem Erfolg eingesetzt. Um die Funktionsfähigkeit einer Unterschottermatte zu erhöhen, muss ein möglichst steifer Unterbau vorliegen. Dies kann in Form einer mindestens 40 bis 50 cm starken zementverfestigten Tragschicht oder in Form einer Betontragplatte realisiert werden. Bei entsprechend dimensionierten Unterschottermatten können Minderungen im Frequenzbereich ab 50 Hz erreicht werden. Die erreichbare Abstimmfrequenz eines solchen Systems liegt bei ca. 20 bis 30 Hz. Hieraus ergibt sich, dass Unterschottermatten im Bereich tiefer Frequenzen, die im Wesentlichen für die Erschütterungswirkung verantwortlich sind, ein lediglich geringes Minderungspotential bieten. Darüber hinaus können aus dem Einsatz von Unterschottermatten oberbautechnische Probleme, wie eine Minderung der Gleislagestabilität oder „Schotterfließen“, resultieren. Insgesamt überwiegen bei dieser Maßnahme die technischen Nachteile, die aus Sicht des Immissionsschutzes zu erwartenden Vorteile. Demgemäß stellt der Einsatz von unter Schottermatten im vorliegenden Fall keinen geeigneten Lösungsansatz für die festgestellten Immissionskonflikte dar.

6.9.2.3 Optimierter Schotteroberbau (System „BSO“)

Das System „BSO“ verbindet die Vorteile des herkömmlichen Schotteroberbaus mit den Vorteilen der Festen Fahrbahn. Konstruktiv besteht dieses System aus einem Betontrog mit einer Schotterfüllung auf einer Unterschottermatte. Die Unterschottermatte dient in erster Linie zur Reduzierung der Schotterbelastung. Durch den Einsatz geeigneter Unterschottermatten kann eine mittlere Pegelreduzierung der Körperschallemission von ca.

$$\Delta L_v = -3,0 \text{ dB}$$

erreicht werden. Die Einfügungsdämmung des Systems ergibt sich zum einen aus der Wirkung der Unterschottermatte und zum andern aus der Masse des Betontroges. In der Überlagerung der beiden Effekte ergibt sich eine breitbandige Wirkung, so dass das System gut für den Einsatz

an oberirdischen Streckenabschnitten geeignet ist. Wesentliche Nachteile des Systems sind die hohen Kosten und der erhebliche bauliche Eingriff in die bestehenden Gleisanlagen,

6.9.2.4 Besohlte Schwellen

Eine weitere oberbautechnische Möglichkeit zur Reduzierung der Körperschallemissionen stellen elastische Schwellensohlen unter Betonschwellen dar, die so genannten „Besohlten Schwellen“. Prinzipiell kann jede Schwellenform mit einer elastischen Sohle ausgerüstet werden. Durch die elastische Schwellenbesohlung wird der harte Kontakt zwischen Betonschwellensohle und die Schotterpressung verringert. Die Schwellensohlen besitzen in der Regel Steifigkeiten von 10 – 80 KN/mm je Stützpunkt. Im erschütterungstechnisch relevanten „tieferen“ Frequenzbereich bis ca. 40 Hz erfolgt jedoch nur eine geringe Minderung der Schwingungsemissionen im Vergleich zu dem Optimierten Schotteroberbau (System „BSO“). Ab ca. 40 Hz bewirkt dieses System deutliche Pegelminderungen in den einzelnen Frequenzbändern. Großer Vorteil dieses Schutzsystems sind die relativ geringen Kosten und der einfache Einbau des Systems.

6.9.3 Maßnahmen im Ausbreitungsweg

6.9.3.1 Gefüllte Bodenschlitze

Durch Abschirmeinrichtungen im Untergrund (gas- oder elastomergefüllte Schlitzwände) können deutliche Immissionsminderungen im Nahbereich der Abschirmeinrichtung erreicht werden. Aufgrund der großen Wellenlänge von Erschütterungswellen im Untergrund wirkt die Abschirmung jedoch nur kleinräumig. Bei Abständen von mehr als 10 m hinter der Abschirmeinrichtung lässt die Wirkung erheblich nach. Die erzielbare Wirkung solcher Abschirmeinrichtungen hängt darüber hinaus empfindlich von den geologischen Verhältnissen ab. Durch Reflexionen oder Refraktionen an ausgeprägten Schichtgrenzen kann die Wirksamkeit der Maßnahme deutlich verringert werden.

Die Realisierung derartiger Abschirmmaßnahmen ist auf Grund der nötigen Tieferenerstreckung der Abschirmung sehr aufwendig. Die erforderliche Tieferenerstreckung ist abhängig von der Wellenlänge der zu mindernden Schwingung. Um eine möglichst hohe Abschirmwirkung zu erzielen, muss die Einbautiefe in der Größenordnung der 1- bis 1,5-fachen Wellenlänge liegen. Dies bedeutet, dass bei typischen Bodenverhältnissen zur Minderung von Schwingungen im Frequenzbereich ab 12 Hz bereits Einbautie-

fen von 10 bis 15 m nötig sind. Daher ist der Einsatz bautechnisch derart aufwendiger Maßnahmen zur Minderung tieffrequenter Schwingungen technisch wie wirtschaftlich im Regelfall nicht vertretbar. Geeignet ist die Maßnahme ausschließlich zum Schutz besonders exponierter einzelner Gebäude mit hohem Schutzanspruch im unmittelbaren Nahbereich eines Schienenverkehrsweges.

6.9.3.2 Senkrechte Wandelemente im Boden

Die Abschirmwirkung beruht im Wesentlichen auf einer Änderung des Wellenwiderstandes bei Ausbreitung einer Welle im Ausbreitungsmedium. Daher kann eine Abschirmwirkung wie oben beschrieben durch das Einbringen offener oder mit „weichen“ Materialien verfüllten Schlitzten erreicht werden. Eine Abschirmwirkung kann ebenfalls durch massive Wandebauten in den Untergrund (zum Beispiel Bohrpfahlwände) erreicht werden. Genau wie bei den mediumgefüllten Schlitzten beschränkt sich die Wirkung derartiger Einbauten auf den unmittelbaren Nahbereich hinter der Abschirmmaßnahme. Die oben getroffenen Aussagen zu den Einbautiefen gelten gleichermaßen für die senkrechten Wandelemente im Boden.

6.9.4 Maßnahmen am Immissionsort

6.9.4.1 Konstruktive Änderung an Gebäuden

Durch Maßnahmen an Deckenbauteilen, wie zum Beispiel Erhöhung der Deckenmassen (Ausbetonieren von Fehlböden) bzw. Versteifung der Decken durch Einziehen zusätzlicher Tragsysteme (Stahlprofile) können die dynamischen Eigenschaften von Deckenaufbauten so verändert werden, dass ungünstige Resonanzkopplungen abgebaut werden. Die Maßnahmen stellen in der Regel einen erheblichen baulichen Eingriff in das Gebäude dar und sind daher lediglich in begründeten Ausnahmefällen zu empfehlen.

6.9.4.2 Elastische Auflagerung von Gebäuden

Im Sinne einer passiven Erschütterungsschutzmaßnahme kann eine nachträgliche elastische Lagerung eines Gebäudes zur Minderung der Erschütterungsimmissionen in diesem Gebäude erfolgen. Prinzipiell ist eine elastische Lagerung von Gebäuden eine wirkungsvolle Maßnahme. Bei Neuplanungen können derartige Abfederungsmaßnahmen mit vertretbarem technischem und finanziellem Aufwand praktiziert werden. Bei einer nachträglichen Auflagerung von Gebäuden sind zahlreiche konstruktive Probleme zu berücksichtigen, auf die an dieser Stelle nicht im Einzelnen ein-

gegangen werden soll. Die nachträgliche Auflagerung von Gebäuden wurde in vielen Fällen zur Sanierung von Gebäuden, zum Beispiel zum Ausgleich unterschiedlicher Setzungen in Bergsenkungsgebieten, eingesetzt. Die Auflagerung zur Behebung von Setzungsschäden geht zwar von einer anderen Zielsetzung aus, unterscheidet sich jedoch von einer Auflagerung aus Gründen des Schwingungsschutzes lediglich in der Auswahl der Federkörper. Besteht eine Eignung des Gebäudes für eine solche nachträgliche Auflagerung so ist bei entsprechender Auswahl der geeigneten Federkörper eine erhebliche Minderung der Immissionen zu erwarten. Zur Entkopplung des Gebäudes können sowohl Elastomerefederelemente als auch Stahlfederelemente in Erwägung gezogen werden. Bei Lagerung mit Elastomerelementen sind Abstimmfrequenzen bis herab zu 10 Hz möglich. Mit Stahlfedersystemen lassen sich vertikale Gebäudeeigenfrequenzen von bis zu 4 Hz realisieren. Aufgrund der erheblichen Kosten für eine derartige Maßnahme ist der Aufwand lediglich für besonders exponierte einzelne Objekte angemessen. Der Einsatz solcher Maßnahmen ist daher ausschließlich im Einzelfall sinnvoll.

6.10 Im vorliegenden Fall geeignete Maßnahmen

Im vorliegenden Fall kommen als mögliche Vorsorgemaßnahmen unter Berücksichtigung aller technischen und wirtschaftlichen Aspekte und unter Beachtung des Grundsatzes einer wirtschaftlichen Angemessenheit generell der Einbau besohlter Schwellen oder der Einbau eines Optimierten Schotteroberbaus (System BSO) in Betracht. Alle anderen in Kapitel 6.7 genannten Maßnahmen scheiden auf Grund nicht lösbarer technischer oder auch wirtschaftlicher Zwangspunkte aus. In Anbetracht des Sachverhaltes, dass der Oberbau als Schotteroberbau ausgeführt werden soll, handelt es sich bei den beiden in Betracht gezogenen Maßnahmen um in der Praxis bewährte Technologien, die individuellen Erfordernissen des Vorhabens leicht angepasst werden können.

Der wesentliche Vorteil der besohlenen Schwellen als Schutzsystem liegt in den relativ geringen Kosten und im einfachen Einbau des Systems. Für das System BSO hingegen werden umfangreiche Eingriffe in die Bahngleise erforderlich. Einen weiteren Nachteil des Systems BSO stellen die wesentlich höheren Kosten für das System gegenüber den besohlenen Schwellen dar. In der vorliegenden Untersuchung werden nunmehr 4 unterschiedliche Varianten der möglichen Vorsorgemaßnahmen (VMN) behandelt. Dies sind:

- ☐ Variante 1: System BSO in allen 4 Gleisen (Str. 3900 und 3684)
- ☐ Variante 2: System BSO in 2 Gleisen (Str. 3900)
- ☐ Variante 3: Besohlte Schwellen in allen 4 Gleisen (Str. 3900 u. 3684)
- ☐ Variante 4: Besohlte Schwellen in 2 Gleisen (Str. 3900)

Die Dimensionierung von Vorsorgemaßnahmen erfolgt für die Teilbereiche der Strecken 3900 und 3684, für die der Sachverhalt einer wesentlichen Änderung im Hinblick auf Erschütterungsimmissionen gegeben ist. Die Einfügedämmkurven der berücksichtigten besohnten Schwellen und des Systems BSO sind in **Anhang 8.1** und **Anhang 8.2** dargestellt. Die beschriebenen oberbautechnischen Vorsorgemaßnahmen sind für nachfolgende, in **Tabelle 7** ausgewiesene, Streckenabschnitte vorzusehen.

Die Kilometrierung bezieht sich auf die der Strecke 3900. Eine genaue Differenzierung der Bereiche in denen ein Umbau im Bestand erforderlich wird, bzw. in denen ein Neubau vorgesehen ist, findet sich für jedes Gleis der beiden Strecken in **Anhang 8.5**.

Tabelle 7: Erforderliche Erstreckung der Vorsorgemaßnahme

| Ortslage | Vorsorgemaßnahme | | | |
|------------------|------------------|---------|--------------|---------|
| | Strecke 3900 | | Strecke 3684 | |
| | von km | bis km | von km | bis km |
| Nieder-Wöllstadt | 172,210 | 172,750 | 172,210 | 172,750 |
| Okarben | 175,950 | 176,180 | 175,950 | 176,180 |
| Groß-Karben | 178,170 | 178,580 | 178,170 | 178,580 |
| Dortelweil | 181,070 | 181,840 | 181,070 | 181,840 |

6.11 Prognose mit Vorsorgemaßnahmen

6.11.1 Ortslage Nieder-Wöllstadt

Die unter Berücksichtigung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmenvarianten 1 bis 4 berechneten Immissionen sind in **Anhang 3.4** bis **Anhang 3.7** dokumentiert. Die Schwingungsimmissionen für die Ortslage Nieder-Wöllstadt im Planfall mit Schutzsystem erreichen maximalen Beurteilungsschwingstärken tags bzw. nachts von

$$KB_{FTI} = 0,180 / 0,188 \text{ (Variante 1)}$$

$KB_{FT_r} = 0,201 / 0,197$ (Variante 2)

$KB_{FT_r} = 0,188 / 0,188$ (Variante 3)

$KB_{FT_r} = 0,207 / 0,196$ (Variante 4).

Für den Sekundären Luftschall ergeben sich Beurteilungspegel von

$L_{r,T/N} = 30,5 / 33,4$ dB(A) (Variante 1)

$L_{r,T/N} = 30,5 / 33,4$ dB(A) (Variante 2)

$L_{r,T/N} = 28,3 / 31,2$ dB(A) (Variante 3)

$L_{r,T/N} = 28,4 / 31,3$ dB(A) (Variante 4).

Diese Ergebnisse für die exemplarischen Gebäude belegen, dass die Erschütterungsimmissionen deutlich reduziert werden können. Eine Einhaltung der Anhaltswerte der **DIN 4150-2** kann hingegen mit allen 4 Varianten **nicht** erreicht werden.

6.11.2 Ortslage Okarben

Die unter Berücksichtigung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmenvarianten 1 bis 4 berechneten Immissionen für die Ortslage Okarben sind in **Anhang 4.4** bis **Anhang 4.7** dokumentiert. Die Schwingungsimmissionen im Planfall mit Schutzsystem erreichen maximalen Beurteilungsschwingstärken tags bzw. nachts von

$KB_{FT_r} = 0,448 / 0,414$ (Variante 1)

$KB_{FT_r} = 0,462 / 0,420$ (Variante 2)

$KB_{FT_r} = 0,581 / 0,516$ (Variante 3)

$KB_{FT_r} = 0,589 / 0,520$ (Variante 4).

Für den Sekundären Luftschall ergeben sich Beurteilungspegel von

$L_{r,T/N} = 33,0 / 35,9$ dB(A) (Variante 1)

$L_{r,T/N} = 33,1 / 35,9$ dB(A) (Variante 2)

$L_{r,T/N} = 30,8 / 33,5$ dB(A) (Variante 3)

$L_{r,T/N} = 30,9 / 33,5$ dB(A) (Variante 4).

Diese Ergebnisse für exemplarische Gebäude belegen, dass bei allen Varianten die Erschütterungsimmissionen zum Teil deutlich reduziert werden können. Eine Einhaltung der Anhaltswerte der **DIN 4150-2** kann hingegen mit allen 4 Varianten **nicht** erreicht werden.

6.11.3 Ortslage Groß-Karben

Die unter Berücksichtigung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmenvarianten 1 bis 4 berechneten Immissionen für die Ortslage Groß-Karben sind in **Anhang 5.4** bis **Anhang 5.7** dokumentiert. Die Schwingungsimmissionen im Planfall mit Schutzsystem erreichen maximalen Beurteilungsschwingstärken tags bzw. nachts von

$$KB_{FTr} = 0,362 / 0,364 \text{ (Variante 1)}$$

$$KB_{FTr} = 0,363 / 0,365 \text{ (Variante 2)}$$

$$KB_{FTr} = 0,169 / 0,172 \text{ (Variante 3)}$$

$$KB_{FTr} = 0,198 / 0,184 \text{ (Variante 4).}$$

Für den Sekundären Luftschall ergeben sich Beurteilungspegel von

$$L_{r,T/N} = 36,5 / 38,7 \text{ dB(A) (Variante 1)}$$

$$L_{r,T/N} = 36,6 / 38,7 \text{ dB(A) (Variante 2)}$$

$$L_{r,T/N} = 33,3 / 35,5 \text{ dB(A) (Variante 3)}$$

$$L_{r,T/N} = 34,1 / 35,7 \text{ dB(A) (Variante 4).}$$

Diese Ergebnisse für exemplarische Gebäude in der Ortslage Groß-Karben belegen, dass bei allen Varianten die Erschütterungsimmissionen zum Teil deutlich reduziert werden können. Eine Einhaltung der Anhaltswerte der **DIN 4150-2** kann mit allen 4 Varianten jedoch nicht erreicht werden.

6.11.4 Ortslage Dortelweil Ost

Die unter Berücksichtigung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmenvarianten 1 bis 4 berechneten Immissionen für die Bereich Dortelweil Ost sind in **Anhang 6.4** bis **Anhang 6.7** dokumentiert. Die Schwingungsimmissionen im Planfall mit Schutzsystem erreichen maximalen Beurteilungsschwingstärken tags bzw. nachts von

$$KB_{FTr} = 0,073 / 0,056 \text{ (Variante 1)}$$

$$KB_{FTr} = 0,096 / 0,066 \text{ (Variante 2)}$$

$$KB_{FTr} = 0,083 / 0,061 \text{ (Variante 3)}$$

$$KB_{FTr} = 0,099 / 0,068 \text{ (Variante 4).}$$

Für den Sekundären Luftschall ergeben sich Beurteilungspegel von

$$L_{r,T/N} = 22,4 / 23,7 \text{ dB(A) (Variante 1)}$$

$$L_{r,T/N} = 23,2 / 23,9 \text{ dB(A) (Variante 2)}$$

$$L_{r,T/N} = 21,9 / 23,3 \text{ dB(A) (Variante 3)}$$

$$L_{r,T/N} = 22,9 / 23,5 \text{ dB(A) (Variante 4).}$$

Diese Ergebnisse für exemplarische Gebäude im Bereich Dortelweil Ost zeigen, dass bei allen Varianten die Erschütterungsimmissionen zum Teil deutlich reduziert werden können. Eine Einhaltung der Anhaltswerte der **DIN 4150-2** kann nur mit Variante 1 erreicht werden.

6.11.5 Ortslage Dortelweil West

Die unter Berücksichtigung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmenvarianten 1 bis 4 berechneten Immissionen für den Bereich Dortelweil West sind in **Anhang 7.4** bis **Anhang 7.7** dokumentiert. Die Schwingungsimmissionen im Planfall mit Schutzsystem erreichen maximalen Beurteilungsschwingstärken tags bzw. nachts von

$$KB_{FT,r} = 0,280 / 0,294 \text{ (Variante 1)}$$

$$KB_{FT,r} = 0,289 / 0,297 \text{ (Variante 2)}$$

$$KB_{FT,r} = 0,350 / 0,355 \text{ (Variante 3)}$$

$$KB_{FT,r} = 0,355 / 0,357 \text{ (Variante 4).}$$

Für den Sekundären Luftschall ergeben sich Beurteilungspegel von

$$L_{r,T/N} = 32,3 / 34,6 \text{ dB(A) (Variante 1)}$$

$$L_{r,T/N} = 32,3 / 34,6 \text{ dB(A) (Variante 2)}$$

$$L_{r,T/N} = 30,7 / 33,2 \text{ dB(A) (Variante 3)}$$

$$L_{r,T/N} = 30,9 / 33,3 \text{ dB(A) (Variante 4).}$$

Diese Ergebnisse für exemplarische Gebäude im Bereich Dortelweil West zeigen, dass bei allen Varianten die Erschütterungsimmissionen zum Teil deutlich reduziert werden können. Eine Einhaltung der Anhaltswerte der **DIN 4150-2** kann mit allen 4 Varianten jedoch nicht erreicht werden.

7 Konfliktanalysen

Mit Hilfe der in Kapitel 6.8 dargestellten Varianten wurden für die exemplarischen Gebäude in den Ortslagen Nieder-Wöllstadt, Okarben, Groß-Karben und Dortelweil die Wirkungsweise der einzelnen Vorsorgemaßnahmenvarianten hinsichtlich der Reduzierung der Immissionen aus Er-

schütterungen und sekundärem Luftschall untersucht. In den **Anhängen 9.2, 9.4, 9.6 und 9.8** werden für die einzelnen Varianten die verbleibenden Restkonflikte der anspruchsberechtigten exemplarischen Gebäude trotz Vorsorgemaßnahme ausgewiesen. Hieraus werden dann wieder die Quoten des Restkonfliktes für die exemplarischen Gebäude berechnet. Mit Hilfe der Quote erfolgt dann eine Hochrechnung auf die Gesamtheit aller im 60 m Korridor liegender Gebäude.

Tabelle 8: Konfliktanalyse – Variante 1

| Ortslage | Gebäude mit Anspruch | | | | Restkonflikt | | | | Konfliktfrei | | | |
|------------------|----------------------|-----------|----------|----------|--------------|-----------|----------|----------|--------------|-----------|----------|----------|
| | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m |
| Nieder-Wöllstadt | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 |
| Okarben | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Groß-Karben | 15 | 11 | 4 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 8 | 4 | 4 | 0 |
| Dortelweil | 11 | 11 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 8 | 8 | 0 | 0 |
| Summe | 36 | 32 | 4 | 0 | 13 | 13 | 0 | 0 | 23 | 19 | 4 | 0 |

Tabelle 9: Konfliktanalyse – Variante 2

| Ortslage | Gebäude mit Anspruch | | | | Restkonflikt | | | | Konfliktfrei | | | |
|------------------|----------------------|-----------|----------|----------|--------------|-----------|----------|----------|--------------|-----------|----------|----------|
| | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m |
| Nieder-Wöllstadt | 7 | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| Okarben | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Groß-Karben | 15 | 11 | 4 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 8 | 4 | 4 | 0 |
| Dortelweil | 11 | 11 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 6 | 6 | 0 | 0 |
| Summe | 36 | 32 | 4 | 0 | 17 | 17 | 0 | 0 | 19 | 15 | 4 | 0 |

Die Quoten werden wieder differenziert nach den 3 Abstandsgruppen 0 – 20 m, 21 m – 40 m und 41 m bis 60 m bestimmt. In den nachfolgenden Tabellen ist die für die Gesamtheit aller Gebäude die Gebäude mit Restkonflikt, sowie die konfliktfreien Gebäude unter Berücksichtigung der einzelnen Vorsorgemaßnahmenvarianten zusammengefasst.

Tabelle 10: Konfliktanalyse – Variante 3

| Ortslage | Gebäude mit Anspruch | | | | Restkonflikt | | | | Konfliktfrei | | | |
|------------------|----------------------|-----------|----------|----------|--------------|-----------|----------|----------|--------------|-----------|----------|----------|
| | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m |
| Nieder-Wöllstadt | 7 | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| Okarben | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Groß-Karben | 15 | 11 | 4 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 8 | 4 | 4 | 0 |
| Dortelweil | 11 | 11 | 0 | 0 | 6 | 6 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| Summe | 36 | 32 | 4 | 0 | 18 | 18 | 0 | 0 | 18 | 14 | 4 | 0 |

Tabelle 11: Konfliktanalyse – Variante 4

| Ortslage | Gebäude mit Anspruch | | | | Restkonflikt | | | | Konfliktfrei | | | |
|------------------|----------------------|-----------|----------|----------|--------------|-----------|----------|----------|--------------|-----------|----------|----------|
| | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m | Σ | 0-20 m | 21-40 m | 41-60 m |
| Nieder-Wöllstadt | 7 | 7 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| Okarben | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Groß-Karben | 15 | 11 | 4 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 8 | 4 | 4 | 0 |
| Dortelweil | 11 | 11 | 0 | 0 | 8 | 8 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| Summe | 36 | 32 | 4 | 0 | 22 | 22 | 0 | 0 | 14 | 10 | 4 | 0 |

Aus den in den **Tabellen 8 bis 11** ausgewiesenen konfliktfreien Gebäuden ergibt sich die Anzahl der gelösten Schutzfälle. Hierbei wird von durchschnittlich 2 Wohneinheiten je Gebäude ausgegangen. Eine Wohneinheit (WE) entspricht einem Schutzfall. Somit berechnet sich die Anzahl der ge-

lösten Schutzfälle aus der Anzahl der konfliktfreien Gebäude multipliziert mit dem Faktor 2. (2 Wohneinheiten je Gebäude)

8 Abwägung des Aufwandes zum Schutzzweck

In den **Tabellen 7 bis 10** ist für jede Variante die Anzahl der Gebäude mit Konfliktfreiheit getrennt für die 4 Ortslagen Nieder-Wöllstadt, Okarben, Groß-Karben und Dortelweil zusammengefasst. Im Rahmen der Abwägung werden nun für die einzelnen Varianten die Kosten für die Vorsorgemaßnahme den Kosten für einen typischen Verkehrswert einer Wohneinheit verglichen. Für die Wohneinheit wird ein kalkulatorischer Verkehrswert von

$$K = 150.000 \text{ € je Wohneinheit}$$

berücksichtigt. In dem genannten Verkehrswert ist der Bewertung des dazugehörigen Grundstückanteils nicht enthalten, da erschütterungstechnischer Konflikte ausschließlich innerhalb von Gebäuden und nicht auf Freiflächen bestehen können. Das Beurteilungskriterium für die Wirkung einer Maßnahme ist die Anzahl der Schutzfälle, die mit der Maßnahme gelöst werden können. Für alle Ortslagen wird von durchschnittlich 2 Wohneinheiten je Gebäude ausgegangen. Dies wurde auf Grundlage der durchgeführten Ortsbesichtigung abgeschätzt. Eine Wohneinheit (WE) entspricht einem Schutzfall.

Die Mehrkosten für die oberbautechnische Schutzmaßnahme sind für die nur für den „**Neubau**“ berücksichtigt, da die Schutzmaßnahme im Umbaubereich nicht erforderlich wird. Der „Neubau“ bedeutet, dass das jeweilige Gleis im Zuge des Planvorhabens ohnehin neu gebaut. Die Mehrkosten ergeben sich also ausschließlich aus dem Einbau der jeweiligen Schutzvorrichtungen.

Die Mehrkosten gegenüber einem Standard Schotteroberbau (SchO) wurden gemäß den Angaben der DB ProjektBau GmbH /13/ für die oberbautechnischen Schutzmaßnahmen wie folgt ermittelt:

| | | |
|--|--------|------------------------|
| <input type="checkbox"/> Besohlte Schwelle: | Neubau | 80 € / m Gleis |
| <input type="checkbox"/> System BSO: | Neubau | 930 € / m Gleis |

In **Anhang 8.5** sind die Umbau- und Neubaubereiche der einzelnen Gleise der Strecken 3900 und 3684 tabellarisch zusammengefasst.

Unter Berücksichtigung der vorgenannten Kostenansätze wird für jede Ortslage separat der Verhältniswert der Kosten je gelöstem Schutzfall zu den Summen der Verkehrswerte der Objekte gebildet. Ein Verhältniswert von 100% bedeutet, dass die Kosten pro gelöstem Schutzfall dem hier angesetzten Verkehrswert des Objektes (150.000 €) entspricht.

Die Abwägung des Aufwandes zum Schutzzweck ist für die 4 Varianten in **Anhang 9.3, Anhang 9.5, Anhang 9.7 und Anhang 9.9** dargestellt. In der nachfolgenden **Tabelle 11** sind die Verhältniswerte der Kosten je gelösten Schutzfall zu den Summen der Verkehrswerte für die verschiedenen Varianten zusammengestellt. Ein Schutzfall gilt dann als gelöst, wenn die Anhaltswerte der **DIN 4150-2** entweder für den Tag- oder für den Nachtzeitraum eingehalten werden. Diese Festlegung erfolgt im Sinne der Betroffenen, da bei sehr hohen Erschütterungsimmissionen in den meisten Fällen keine Einhaltung der Anhaltswerte für den Tag und die Nacht erreicht werden können und somit demzufolge der Einbau einer oberbautechnischen Schutzvorrichtung als unverhältnismäßig einzustufen wäre.

Tabelle 12: Verhältnis Aufwand zum Schutzzweck

| Ortslage | Verhältnis Kosten zum Schutzzweck [%] | | | |
|------------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|
| | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 |
| Nieder-Wöllstadt | 96% | 67% | 12%- | 10% |
| Okarben | - ** | - ** | - ** | - ** |
| Groß-Karben | 64% | 32% | 5% | 3% |
| Dortelweil | 119% | 80%1 | 16% | 14% |

** Hier kann kein Verhältniswert gebildet werden, da die Schutzfälle mit den 4 verschiedenen oberbautechnischen Maßnahmen **nicht** gelöst werden (Division durch Null)

mit

Variante 1: System BSO in allen 4 Gleisen (Str. 3900 und 3684)

Variante 2: System BSO in 2 Gleisen (Str. 3900)

Variante 3: Besohlte Schwellen in allen 4 Gleisen (Str. 3900 u. 3684)

Variante 4: Besohlte Schwellen in 2 Gleisen (Str. 3900)

8.1 Nieder-Wöllstadt

In **Nieder-Wöllstadt** können mit Variante 1 alle Schutzfälle gelöst werden. Mit Variante 2 und Variante 3 werden jeweils 10 Schutzfälle gelöst und mit Variante 4 nur 6. (siehe hierzu **Anhang 9.5**)

Mit **Variante 1** können zwar die meisten Konflikte gelöst werden, sie ist aber auch mit Abstand die teuerste Schutzmaßnahme. (**2.008.800€**) Für **Variante 1** ist das Verhältnis der Kosten je gelöstem Schutzfall zum Verkehrswert mit **96%** als unverhältnismäßig einzustufen. Erst ab einem Verhältniswert von **50%** ist der Aufwand für die Schutzmaßnahme zum erzielbaren Schutzzweck als verhältnismäßig einzustufen. Dies gilt auch für die **Variante 2 (67%)**. Mit **Variante 3** (besohlte Schwellen in allen 4 Gleisen) können genauso viele Schutzfälle wie mit der Variante 2 gelöst werden. Die Kosten sind jedoch um den Faktor 5 geringer. Der Verhältniswert ergibt sich zu **12%**, welcher als verhältnismäßig einzustufen ist. Die Verhältnismäßigkeit ist auch für **Variante 4** gegeben jedoch werden hiermit weniger Schutzfälle gelöst. Daher ist für den Bereich Nieder-Wöllstadt **Variante 3** als Vorzugsvariante zu präferieren.

8.2 Okarben

In **Okarben** kann mit keiner der 4 Varianten ein Schutzfall gelöst werden. Somit ist für keine der 4 Variante die Verhältnismäßigkeit gegeben. Daher ist für diesen Bereich **keine** Schutzmaßnahme vorzusehen.

Dennoch werden mit allen Varianten die zukünftigen Erschütterungsmissionen deutlich reduziert. Für **Variante 1** werden die Immissionen in den beiden exemplarischen anspruchsberechtigten Gebäuden im Tag im Mittel um ca. **-38%** und in der Nacht um ca. **-32%** reduziert. Für **Variante 2** beträgt die Reduzierung für den Tag- bzw. Nachtzeitraum ca. **-37% / -31%**, für **Variante 3 -26% / -22%** und für **Variante 4 -22% / -21%**.

8.3 Groß-Karben

In **Groß-Karben** können mit allen 4 Varianten 16 Schutzfälle gelöst werden. **Variante 1** scheidet auf Grund der Unverhältnismäßigkeit (**64%**) als Vorzugsvariante aus. Bei Variante 2 bis Variante 4 ist die Verhältnismäßigkeit hingegen gegeben. (**32%, 5% und 3%**) Vergleicht man die Anzahl der gelösten Schutzfälle so scheidet Variante 4 aus. Da mit Variante 2 und Variante 3 gleich viele Schutzfälle gelöst werden können, **Variante 3** je-

doch mit Kosten von **8.200 € / gelöstem Schutzfall** um mehr als den Faktor 5 günstiger als Variante 2 (**47.663€**) ist, ist für den Bereich Groß-Karben die **Variante 3** als Vorzugsvariante zu präferieren.

8.4 Dortelweil

Für die Ortslage **Dortelweil** erfolgt die größte Anzahl an gelösten Schutzfällen mit Hilfe der **Variante 1** (16 gelöste Schutzfälle). Mit **Variante 2** können noch 12 Schutzfälle, mit **Variante 3** 10 Konfliktfälle und mit **Variante 4** die geringste Anzahl mit 6 Schutzfällen gelöst werden.

Mit **Variante 1** können zwar die meisten Konflikte gelöst werden, sie ist aber auch mit Abstand die teuerste Schutzmaßnahme der 4 Varianten. **Variante 1** ist daher als unverhältnismäßig einzustufen und scheidet daher aus (**95%**).

Für **Variante 2** sind die Kosten gegenüber der Variante 1 geringer. Dennoch ergibt sich bei Variante 2 ein Verhältniswert der Kosten je gelöstem Schutzfall zum Verkehrswert der Objekte von **80%**. Bei Variante 3 und Variante 4 liegen die Verhältniswerte bei 16% und 14% und sind daher als verhältnismäßig einzustufen. Da jedoch mit **Variante 3** 50% mehr Schutzfälle gegenüber **Variante 4** gelöst werden können, ist diese Variante für den Bereich Dortelweil zu präferieren.

9 Empfehlung für ein Beweissicherungskonzept

In Anbetracht des Sachverhaltes, dass erschütterungstechnische Immissionsprognosen stets mit einer Unsicherheit in der Größenordnung von 50% behaftet sind, ist es zur Gewährleistung des Immissionsschutzes sachgerecht nach Inbetriebnahme des Vorhabens ein Beweissicherungsprogramm zu absolvieren. Dieses muss darauf ausgerichtet sein zu klären, ob die hier vorgestellten und in die Abwägung von Schutzvorkehrungen eingestellten Untersuchungsergebnisse auch tatsächlich zutreffend sind. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, an welchen Gebäuden eine derartige Beweissicherung nach Inbetriebnahme sachgerecht ist.

Insgesamt wurden 79 Gebäude in den Untersuchungsumfang einbezogen, von denen 76 Gebäude innerhalb des 60 m Korridors liegen. Für insgesamt **13** der **76** Gebäude wurde eine Anspruchsberechtigung auf erschütterungstechnischen Vorsorgemaßnahmen festgestellt. Demgemäß ist es

sachgerecht an diesen 13 Gebäuden, für die kritische Erschütterungs-
immissionen festgestellt wurden, nach Inbetriebnahme Beweissiche-
rungsmessungen zu fordern. Die im Rahmen dieser Beweissicherung er-
hobenen Beurteilungsschwingstärken sind dann mit den im vorliegenden
Gutachten ausgewiesenen Beurteilungsschwingstärken für den Tag und
die Nacht zu vergleichen. Soweit sich hierbei zeigt, dass die im Rahmen
der Beweissicherung erhobenen Beurteilungsschwingstärken unter den
prognostizierten Werten liegen, kann dies als Nachweis dafür gewertet
werden, dass die hier präsentierten Ergebnisse tatsächlich obere Ab-
schätzung darstellen.

Für den Fall, dass die im Rahmen der Beweissicherung an den 13 Ge-
bäuden erhobenen Beurteilungsschwingstärken oberhalb der prognosti-
zierten Werte liegen, muss im Lichte der sich dann konkret darstellenden
Sachlage über eine sinnvolle Ausdehnung des Beweissicherungspro-
gramms entschieden werden. Im ungünstigsten Fall kann es sich als
sachgerecht erweisen, die Beweissicherungsmessungen an sämtlichen im
Vorfeld messtechnisch untersuchten 76 Gebäuden innerhalb des 60 m
Korridors durchzuführen.

10 Abschließende Bemerkungen

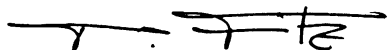
Die erschütterungstechnische Untersuchung zeigt, dass in allen Ortlagen
sowohl im Prognose-Nullfall, das heißt ohne die geplante Ausbaumaß-
nahme als auch im Prognose-Planfall (mit Ausbaumaßnahme) ein relevan-
tes Konfliktpotential infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen
aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall zu erwarten ist. Eine An-
spruchsberechtigung auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen
ergibt sich für die Gebäude in Nieder-Wöllstadt, Okarben, Groß-Karben
und Dortelweil. Selbst mit einer maximalen Vorsorgemaßnahme (System
BSO in allen 4 Gleisen) können die Immissionen lediglich reduziert wer-
den. Eine vollständige Konfliktlösung, das heißt eine Einhaltung der An-
haltswerte der **DIN 4150-2** an allen Gebäuden ist jedoch mit Abstand nicht
möglich.

Setzt man den wirtschaftlichen Aufwand für die nach dem gegenwärtigen
Stand der Technik verfügbaren oberbautechnischen Schutzmaßnahme ins
Verhältnis zum Schutzzweck, so ist dieser für die Ortlagen Nieder-
Wöllstadt, Groß-Karben und Dortelweil für **Variante 3** (besohlte Schwellen
in allen 4 Gleisen) als geeignetes Schutzkonzept als **verhältnismäßig**

einzustufen. Lediglich in der Ortslage Okarben ist keines der 4 betrachteten Schutzmaßnahmen als verhältnismäßig einzustufen. In diesem Bereich kann mit keinem der 4 Varianten eine Schutzfalllösung herbeigeführt werden. Daher wird für die Ortslage Okarben von dem Einbau einer oberbautechnischen Vorsorgemaßnahme abgesehen.

Gleichwohl ergibt sich insbesondere für die Siedlungsflächen östlich der Bahntrasse eine Verbesserung der erschütterungstechnischen Situation. Durch die Verlagerung des maßgebenden Güterverkehrs auf die neuen westlich der bestehenden Strecke anzubauenden Gleise kommt es zu einer Verminderung der zukünftigen Immissionen des Prognose-Planfalls gegenüber der Vorbelastung (Prognose-Planfall).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Ausweitung der erschütterungstechnischen Untersuchung auf eine deutlich erhöhte Anzahl von Gebäuden und somit von Untersuchungsquerschnitten prinzipiell zu demselben Ergebnis geführt hat, wie die Erschütterungstechnischen Untersuchung von 2008 /11/. Gegenüber der ersten Untersuchung ergeben sich jedoch aktuell kürzere Abschnitte in denen das Schutzsystem vorzusehen ist.



Dipl.-Phys. Peter Fritz



Dipl.-Ing. Rolf Schneider

