

Anlage 12.4b
Ersetzt Anlage 12.4a
Nur zur Information

ERSCHÜTTERUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

BAUVORHABEN:	S-Bahn Rhein-Main, S6 2. Baustufe Bad Vilbel – Friedberg Strecke 3900 Kassel Hbf. – Frankfurt (Main) Hbf. km 165,9+00 bis km 183,0+95
UMFANG:	Ermittlung und Beurteilung der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall auf Grundlage der Betriebsprognose für das Jahr 2030
AUFTRAGGEBER:	DB Netz AG Hahnstraße 49 60528 Frankfurt am Main
BEARBEITUNG:	KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH Heinrich-Hertz-Straße 2 64295 Darmstadt T 06151 885-383 F 06151 885-220
AKTENZEICHEN:	20088003-805-VVE-8
DATUM:	Darmstadt, 28.02.2022

Dieser Bericht umfasst 69 Seiten und 15 Anhänge mit 264 Blättern.

Dieser Bericht ist nur für den Gebrauch des Auftraggebers im Zusammenhang mit dem oben genannten Vorhaben bestimmt. Eine darüberhinausgehende Verwendung, vor allem durch Dritte, unterliegt dem Schutz des Urheberrechts gemäß UrhG.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	9
2	Sachverhalt und Aufgabenstellung	11
3	Bearbeitungsgrundlagen	12
3.1	Rechtsgrundlagen und Regelwerke	12
3.2	Planunterlagen	13
4	Anforderungen an den Immissionsschutz	15
4.1	Erschütterungen	15
4.1.1	Beurteilungsverfahren	15
4.1.2	Anhaltswerte	16
4.1.3	Kriterien einer wesentlichen Änderung	16
4.1.4	Grundrechtsverletzungen durch Erschütterungsimmissionen	17
4.1.5	Lösen von Schutzfällen	18
4.2	Sekundärer Luftschall	18
4.2.1	Grundlagen der Beurteilung	18
4.2.2	Anforderungswerte	19
4.2.3	Anwendung des „Schienenbonus“	20
4.2.4	Kriterien einer wesentlichen Änderung	21
4.2.5	Lösen von Schutzfällen	21
5	Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise	21
5.1	Grundsätzliches Vorgehen	21
5.1.1	Die Auswahl zu untersuchender Gebäude	21
5.1.2	Durchführung der messtechnischen Bestandsanalyse	23
5.1.3	Analyse der Emissions- und Transmissionsbedingungen	23
5.2	Prognosemodell	24
5.2.1	Emission	25
5.2.2	Transmission	25
5.3	Immissionen	26
5.3.1	Erschütterungen	26
5.3.2	Sekundärer Luftschall	27
5.4	Betriebsparameter der Bahnstrecke	27

6	Untersuchungsergebnisse	29
6.1	Zum Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“	29
6.2	Ermittlung und Beurteilung der Immissionen	30
6.3	Ortslage Bruchenbrücken	31
6.3.1	Prognose-Nullfall	31
6.3.2	Prognose-Planfall	32
6.3.3	„Wesentliche Änderung“	33
6.4	Ortslage Nieder-Wöllstadt-Ost	33
6.4.1	Prognose-Nullfall	34
6.4.2	Prognose-Planfall	34
6.4.3	„Wesentliche Änderung“	35
6.5	Ortslage Nieder-Wöllstadt-West	36
6.5.1	Prognose-Nullfall	36
6.5.2	Prognose-Planfall	36
6.5.3	„Wesentliche Änderung“	37
6.6	Ortslage Okarben-Ost	38
6.6.1	Prognose-Nullfall	38
6.6.2	Prognose-Planfall	39
6.6.3	„Wesentliche Änderung“	39
6.7	Ortslage Okarben-West	40
6.7.1	Prognose-Nullfall	40
6.7.2	Prognose-Planfall	40
6.7.3	„Wesentliche Änderung“	41
6.8	Ortslage Groß-Karben	42
6.8.1	Prognose-Nullfall	42
6.8.2	Prognose-Planfall	43
6.8.3	„Wesentliche Änderung“	44
6.9	Ortslage Dortelweil-Ost	45
6.9.1	Prognose-Nullfall	45
6.9.2	Prognose-Planfall	46
6.9.3	„Wesentliche Änderung“	46
6.10	Ortslage Dortelweil-West	47
6.10.1	Prognose-Nullfall	47
6.10.2	Prognose-Planfall	48
6.10.3	„Wesentliche Änderung“	48
6.11	Extrapolation der Untersuchungsergebnisse	49

6.12	Dimensionierung von Vorsorgemaßnahmen	52
6.12.1	Anspruchsberechtigung	52
6.12.2	Grundsätzlich mögliche Maßnahmen	52
6.12.3	Maßnahmen an der Quelle	52
6.12.4	Maßnahmen im Ausbreitungsweg	55
6.12.5	Maßnahmen am Immissionsort	56
6.13	Im vorliegenden Fall geeignete Maßnahmen	57
6.14	Prognose mit Vorsorgemaßnahmen	58
6.14.1	Ortslage Nieder-Wöllstadt	58
6.14.2	Ortslage Groß-Karben	59
6.14.3	Ortslage Dortelweil-West	60
6.15	Prüfung der möglichen Grundrechtsverletzungen	60
7	Konfliktanalysen	62
8	Abwägung des Aufwandes zum Schutzzweck	64
8.1	Nieder-Wöllstadt	65
8.2	Groß-Karben	66
8.3	Dortelweil	66
9	Empfehlung für ein Beweissicherungskonzept	66
10	Abschließende Bemerkungen	67

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übertragungen von Erschütterungen.....	24
---	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen.....	16
Tabelle 2: Immissionsrichtwerte für den sekundären Luftschall.....	20
Tabelle 3: Anzahl der messtechnisch untersuchten Gebäude.....	22
Tabelle 4: Betriebsprogramm Strecke 3900 in PNF2030 (Bad Vilbel – Groß-Karben).....	28
Tabelle 5: Betriebsprogramm Strecke 3900 in PNF2030 (Groß-Karben - Friedberg).....	28

Tabelle 6:	Betriebsprogramm Strecke 3900 in PNF2030 (Bad Vilbel – Groß-Karben)	28
Tabelle 7:	Betriebsprogramm Strecke 3900 in PNF2030 (Groß-Karben - Friedberg).....	28
Tabelle 8:	Anspruchsberechtigung exemplarische Gebäude	50
Tabelle 9:	Anspruchsberechtigung aller Gebäude	51
Tabelle 10:	Erforderliche Erstreckung der Vorsorgemaßnahme	58
Tabelle 11:	Konfliktanalyse – Variante 1	62
Tabelle 12:	Konfliktanalyse – Variante 2	63
Tabelle 13:	Konfliktanalyse – Variante 3	63
Tabelle 14:	Konfliktanalyse – Variante 4	63
Tabelle 15:	Gesamtmehrkosten	65
Tabelle 16:	Kosten je gelösten Schutzfall gegenüber der Variante 4	65

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-Ost Teil 1
Anhang 3.2	Prognose-Planfall – Ortslage Nieder-Wöllstadt-Ost Teil 1
Anhang 3.3	Wesentliche Änderung – Ortslage Nieder-Wöllstadt-Ost Teil 1
Anhang 4.1	Prognose-Nullfall – Ortslage Nieder-Wöllstadt-Ost Teil 2
Anhang 4.2	Prognose-Planfall – Ortslage Nieder-Wöllstadt- Ost Teil 2
Anhang 4.3	Wesentliche Änderung – Ortslage Nieder-Wöllstadt- Ost Teil 2
Anhang 5.1	Prognose-Nullfall – Ortslage Nieder-Wöllstadt-West
Anhang 5.2	Prognose-Planfall – Ortslage Nieder-Wöllstadt-West
Anhang 5.3	Wesentliche Änderung – Ortslage Nieder-Wöllstadt-West
Anhang 5.4	Prognose-Planfall mit VMN – V1 – Ortslage Nieder-Wöllstadt-West
Anhang 5.5	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V1 - Ortslage Nieder-Wöllstadt-West
Anhang 5.6	Prognose-Planfall mit VMN – V2 – Ortslage Nieder-Wöllstadt-West
Anhang 5.7	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V2 - Ortslage Nieder-Wöllstadt-West
Anhang 5.8	Prognose-Planfall mit VMN – V3 – Ortslage Nieder-Wöllstadt-West
Anhang 5.9	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V3 - Ortslage Nieder-Wöllstadt-West
Anhang 5.10	Prognose-Planfall mit VMN – V4 – Ortslage Nieder-Wöllstadt-West
Anhang 5.11	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V4 - Ortslage Nieder-Wöllstadt-West
Anhang 6.1	Prognose-Nullfall – Ortslage Okarben-Ost Teil 1
Anhang 6.2	Prognose-Planfall – Ortslage Okarben-Ost Teil 1
Anhang 6.3	Wesentliche Änderung – Ortslage Okarben-Ost Teil 1

Anhang 7.1	Prognose-Nullfall – Ortslage Okarben-Ost Teil 2
Anhang 7.2	Prognose-Planfall – Ortslage Okarben-Ost Teil 2
Anhang 7.3	Wesentliche Änderung – Ortslage Okarben-Ost Teil 2
Anhang 8.1	Prognose-Nullfall – Ortslage Okarben-West
Anhang 8.2	Prognose-Planfall – Ortslage Okarben-West
Anhang 8.3	Wesentliche Änderung – Ortslage Okarben-West
Anhang 9.1	Prognose-Nullfall – Ortslage Groß-Karben
Anhang 9.2	Prognose-Planfall – Ortslage Groß-Karben
Anhang 9.3	Wesentliche Änderung – Ortslage Groß-Karben
Anhang 9.4	Prognose-Planfall mit VMN – V1 – Ortslage Groß-Karben
Anhang 9.5	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V1 – Ortslage Groß-Karben
Anhang 9.6	Prognose-Planfall mit VMN – V2 – Ortslage Groß-Karben
Anhang 9.7	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V2 – Ortslage Groß-Karben
Anhang 9.8	Prognose-Planfall mit VMN – V3 – Ortslage Groß-Karben
Anhang 9.9	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V3 – Ortslage Groß-Karben
Anhang 9.10	Prognose-Planfall mit VMN – V4 – Ortslage Groß-Karben
Anhang 9.11	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V4 – Ortslage Groß-Karben
Anhang 10.1	Prognose-Nullfall – Ortslage Dortelweil-Ost
Anhang 10.2	Prognose-Planfall – Ortslage Dortelweil-Ost
Anhang 10.3	Wesentliche Änderung – Ortslage Dortelweil-Ost
Anhang 11.1	Prognose-Nullfall – Ortslage Dortelweil-West
Anhang 11.2	Prognose-Planfall – Ortslage Dortelweil-West
Anhang 11.3	Wesentliche Änderung – Ortslage Dortelweil-West
Anhang 11.4	Prognose-Planfall mit VMN – V1 – Ortslage Dortelweil-West
Anhang 11.5	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V1 – Ortslage Dortelweil-West
Anhang 11.6	Prognose-Planfall mit VMN – V2 – Ortslage Dortelweil-West
Anhang 11.7	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V2 – Ortslage Dortelweil-West
Anhang 11.8	Prognose-Planfall mit VMN – V3 – Ortslage Dortelweil-West
Anhang 11.9	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V3 – Ortslage Dortelweil-West
Anhang 11.10	Prognose-Planfall mit VMN – V4 – Ortslage Dortelweil-West
Anhang 11.11	Wesentliche Änderung PPF mit VMN – V4 – Ortslage Dortelweil-West
Anhang 12	System BSO / Bes. Schwellen Einfügedämm. und Erstreckung der SMN
Anhang 13	Konfliktanalyse und Abwägung
Anhang 14	Lageplanausschnitte
Anhang 15	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	Bruchenbrücken
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
BSO	Betontrog mit Schotter und USM
BS	Besohlte Schwellen
dB	Dezibel
ΔL	Pegeldifferenz [dB]
DW	Dortelweil
f	Frequenz [Hz]
f ₀	Deckeneigenfrequenz [Hz]
FV	Personenschnellverkehr
GE	Gewerbegebiet
GK	Groß-Karben
GV	Güterverkehr, Güterzüge
Hz	Hertz, Schwingung je Sekunde
IRW	Immissionsrichtwert [dB(A)]
KB _{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke [-]
KB _{FTr}	Beurteilungsschwingstärke [-]
L _{AF}	A-bewerteter Schalldruckpegel [dB(A)]
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
R ₁	Bezugsabstand [m]
RE	RegionalExpress
S	Schienenbonus

Sch0	Schotteroberbau
S	S-Bahn-Verkehr
T	Übertragungsfunktion
T _e	Einwirkungszeit einer Zugvorbeifahrt [s]
T ₁	Übertragung vom Emissionspunkt EP bis vor das Gebäude
T ₂	Übertragung vom Erdreich auf das Gebäudedefundament
T ₃	Übertragung vom Gebäudedefundament auf die Geschossdecken
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 erschütterungstechnischen Untersuchung für das Vorhaben „S6 2. Baustufe“ wurden messtechnische Analysen an insgesamt 171 exemplarischen Gebäuden durchgeführt. Für diese Gebäude wurden erneut Prognoseberechnungen zu Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden durchgeführt. Hierbei wurde die Betriebsprognose für das Jahr 2030 zu Grunde gelegt. 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 durchgehend 4-gleisigen-Strecke zu einer Erhöhung der für den Prognose-Nullfall zu erwartenden Erschütterungsimmissionen kommen wird. Prognosehorizont ist hierbei das Jahr 2030. Soweit dies der Fall ist, wird untersucht, ob diese vorhabenbedingte Erhöhung der Erschütterungsimmissionen als „wesentliche Änderung“ zu klassifizieren ist. Soweit dies in Abschnitten des Vorhabens der Fall ist, sind erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen zur Konfliktlösung bzw. zur Konfliktminimierung zu dimensionieren.
- ❑ Unter Berücksichtigung der bestehenden und der planungsbedingten Abstände der zu einem Gebäude nächst gelegenen Gleisanlagen kommt es im Prognose-Planfall in **12** der **171** exemplarisch untersuchten Gebäude zu einer Steigerung der Erschütterungsimmissionen. Diese Steigerung ist als „**wesentliche Änderung**“ einzustufen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die wesentlichen Änderungen teilweise nur in einzelnen und nicht zwangsläufig in allen untersuchten Räumen auftreten. Es ist also zu prüfen, ob mit den nach dem gegenwärtigen Stand der Technik möglichen und wirtschaftlich verhältnismäßigen Maßnahmen eine 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 bezogen auf den Prognose-Nullfall ist für die untersuchten Gebäude nicht erfüllt. Somit besteht infolge der Einwirkungen aus sekundärem Luftschall kein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen.

- ❑ Zur Ermittlung des gesamten Umfanges des zu erwartenden Immissionskonfliktes wurden nun die Erkenntnisse für die **171** exemplarisch untersuchten Gebäude auf die Gesamtheit aller im Einwirkungsbereich der Strecke gelegenen Gebäude extrapoliert. Für alle Ortslagen zusammen ergibt sich von den **468** innerhalb der relevanten Korridorbreite von 60 m vorhandenen Gebäuden mit schutzbedürftigen Nutzungen für insgesamt **17** Gebäude eine Anspruchsberechtigung auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen.
- ❑ Für die Ortslage Okarben werden 3 Konflikte ausgewiesen. Hierbei handelt es sich um Gebäude, die im 20-Meter-Korridor liegen. Die Vorhabenträgerin beabsichtigt den Erwerb dieser Gebäude. Diese Gebäude werden dann im Zuge der Baumaßnahmen mit dem Ausbau der Strecke zurückgebaut. Somit werden diese Gebäude bei der Abwägung der Vorsorgemaßnahmen nicht weiter betrachtet. Für die Ortslage Okarben bestehen keine weiteren Konflikte, so dass keine Vorsorgemaßnahmen erforderlich sind.
- ❑ Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik können als emissionsmindernde erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen die Sonderoberbauformen „BSO“ (optimierter Schotteroberbau) und „besohlte Schwellen“ in Betracht gezogen werden. Die erschütterungsmindernde Wirkung dieser Sonderoberbauformen wird in folgenden Maßnahmen-Varianten untersucht:

Variante 1: System BSO in allen 4 Gleisen
Variante 2: System BSO nur in den Gleisen der Strecke 3900
Variante 3: Besohlte Schwellen in allen 4 Gleisen
Variante 4: Besohlte Schwellen nur in den Gleisen der Strecke 3900
- ❑ Für 4 Varianten von möglichen oberbautechnischen Schutzsystemen wurde nunmehr geprüft, inwieweit die prognostizierten Konflikte durch diese Maßnahmen gelöst werden können und welche zusätzlichen Mehrkosten hierdurch entstehen. Ein Konflikt gilt dann als gelöst, wenn durch eine Maßnahme erreicht werden kann, dass die vorhabenbedingte Erhöhung der verkehrsinduzierten Erschütterungen im Vergleich zwischen Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall unterhalb von 25 % bleibt.
- ❑ In der Ortslage Groß-Karben ist mit allen 4 Varianten eine vollständige Lösung aller Konflikte zu erreichen. In Dortelweil lässt sich mit allen Maßnahmen eine Reduzierung der prognostizierten Konflikte erreichen. Jedoch wird mit keiner der untersuchten Varianten eine vollständige Konfliktlösung erreicht. In der Ortslage Nieder-Wöllstadt können alle 4 Schutzfälle mit dem System BSO (Variante 1 und 2) gelöst werden. Mit Variante 3 und Variante 4 können in der Ortslage Nieder-Wöllstadt 2 der 4 Schutzfälle gelöst werden.

Somit ist für die Varianten 1 bis 4 zu prüfen, ob die hieraus resultierenden Kosten, konkret die Kosten pro gelösten Schutzfall und ggf. die Kosten je zusätzlich gelösten Schutzfall, im Verhältnis zum Schutzzweck stehen.

- Unter Betrachtung des wirtschaftlichen Aufwands für die nach dem gegenwärtigen Stand der Technik verfügbaren oberbautechnischen Vorsorgemaßnahmen ist Variante 4 (Besohlte Schwellen nur in den Gleisen der Strecke 3900) für die Ortslagen Nieder-Wöllstadt, Groß-Karben und Dortelweil als verhältnismäßig einzustufen. Die Vorsorgemaßnahmen der Variante 4 sind wie folgt umzusetzen:

Ortslage	Erstreckung Schutzmaßnahme Variante 4 (besohlte Schwelle)				
	Strecke 3900	Strecke 3684	von km	bis km	Länge [m]
Nieder-Wöllstadt	Ja	Nein	172,050	173,800	1.750
Groß-Karben	Ja	Nein	178,170	178,580	410
Dortelweil	Ja	Nein	181,000	182,100	1.100

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Im Zuge des Planfeststellungsverfahrens für das Vorhaben S 6, 2. Baustufe wurden bereits zwei erschütterungstechnischen Untersuchungen /11/ und /13/ erstellt, die im Rahmen der Offenlagen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurden und deren Inhalt unter anderem Gegenstand des bereits durchgeführten Erörterungstermins war. In diesem Zusammenhang wurden Bedenken hinsichtlich des Umfanges der exemplarisch untersuchten Gebäude vorgetragen. Die Kritik, es seien Untersuchungen an zu wenig Gebäuden durchgeführt worden, stützt sich hierbei auf die Rechtsauffassung des hessischen Verwaltungsgerichtshofes, die im Zusammenhang mit einer Klage gegen das Vorhaben S6, 1. Baustufe entwickelt wurde. Auf Grundlage der im Jahre 2017 stattgefundenen Erörterungstermine zur 1. und 2. Offenlage der S6 2. Baustufe wurde im Rahmen der Untersuchung der betrieblichen Erschütterungen die Empfehlung des Regierungspräsidiums Darmstadt und des Eisenbahn-Bundesamtes aufgegriffen, alle besonders konfliktträchtigen Gebäude innerhalb des 20-m-Korridors messtechnisch zu untersuchen /14/. Hierbei lag zunächst der Fokus auf den Gebäuden in Bereichen von Ortslagen, für die eine Erhöhung der Erschütterungseinwirkungen in Folge der Umsetzung des Planvorhabens vorrangig zu erwarten ist. Im Rahmen der Vollständigkeitsprüfung wurde nunmehr im Jahr 2021 von Seiten der Planfeststellungsbehörde gefordert, die Untersuchungen der umliegenden Bebauungen zu erweitern und demgemäß die Forderungen des VGH Kassel vollständig umzusetzen.

Im Jahr 2008 wurden die ersten Erschütterungsmessungen in 20 Gebäuden durchgeführt. Im Jahr 2014 erfolgte die Durchführung einer erweiterten erschütterungstechnischen Untersuchung, die 55 weitere Gebäude erfasste. Im Dezember 2017 und Januar 2018 folgte eine weitere Untersuchung mit zusätzlich 11 Gebäudemessungen. Darüber hinaus wurde aufgrund der oben genannten Forderungen der Planfeststellungsbehörde die Anzahl der Gebäudemessungen im Jahr 2021 nochmals ausgeweitet, sodass schließlich eine Quote der untersuchten Gebäude von mindestens einem Drittel aller Gebäuden im 60-m-Korridor erreicht wurde. Somit wurden zur Klärung der Fragen des Erschütterungsschutzes insgesamt 171 Gebäude messtechnisch untersucht. Weiterhin wurden an insgesamt 7 Ausbreitungsquerschnitten Erschütterungsmessungen zur Quantifizierung der erschütterungstechnischen Ausbreitungsbedingungen im Boden durchgeführt.

Im Rahmen der Überarbeitung der erschütterungstechnischen Untersuchung, d. h. die Beurteilung der künftigen Erschütterungseinwirkungen unter Zugrundelegung des Betriebsprogramms, basierend auf den Prognosezahlen 2030 des Bundes, werden nun die vorgetragenen Bedenken zum Untersuchungsumfang berücksichtigt, indem die Anzahl der exemplarisch untersuchten Gebäude nochmals erhöht wird, um die statistische Absicherung der erhobenen Prognoseergebnisse weiter zu verbessern.

Das Vorgehen zur Auswahl der untersuchten Gebäude ist im Bericht 20088003-VVE-6 /14/ (Anlage 12.4.5b) ausführlich beschrieben. Hierin wird darüber hinaus dargelegt, in welchen Punkten auf die im Rahmen des abgeschlossenen Erörterungsverfahrens vorgetragenen Anregungen und Bedenken zum Untersuchungsumfang reagiert wurde.

3 Bearbeitungsgrundlagen

3.1 Rechtsgrundlagen und Regelwerke

Der durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchung liegen die folgenden Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Regelwerke zu Grunde:

- /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 Art. 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2269)

- /3/ 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz-gesetzes (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/ Eisenbahn-Bundesamt, Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der Planfeststellung vom 30.01.2017
- /7/ DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen: Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
- /8/ DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
- /9/ DB-Richtlinie 820.2050, Erschütterungen und sekundärer Luftschall, Stand vom 15.09.2017

3.2 Planunterlagen

Der durchgeführten erschütterungstechnischen Untersuchung standen die folgenden Planunterlagen und Schriftsätze zur Verfügung:

- /10/ „Ermittlung der schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen in 20 exemplarischen Gebäude an der Strecke zur Ermittlung der baudynamischen Kenndaten für die Erschütterungsprognose im Zusammenhang mit dem Bau der S6 parallel zur Strecke 3900 zwischen Frankfurt/M.-West und Friedberg, Planfeststellungsabschnitt Friedberg – Bad Vilbel“, Anlage 12.4.24b, Messbericht-Erschütterungen, FRITZ GmbH, Bericht-Nr. 08160-VME-1 vom 10.07.2009
- /11/ „Ermittlung und Beurteilung der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall im Rahmen der Genehmigungsplanung, Erschütterungstechnische Untersuchung, Anlage 12.4, FRITZ GmbH, Bericht-Nr. 08160-VVE-2 vom 11.05.2011
- /12/ „Messtechnische Erhebung der Erschütterungsemissionen sämtlicher Zuggattungen, der Ausbreitungsbedingungen im Boden und der baudynamischen Kenndaten von Gebäuden auf insgesamt 60 Untersuchungsquerschnitten in den Ortslagen Dortelweil,

Groß-Karben, Okarben, Nieder-Wöllstadt und Bruchenbrücken“, Anlage 12.4.1b, Messbericht-Erschütterungen, FRITZ GmbH, Bericht-Nr. 08160-VME-2 vom 14.10.2014

- /13/ „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“, Erschütterungstechnische Untersuchung, Anlage 12.4a, FRITZ GmbH, Bericht-Nr. 08160-VVE-4.1 vom 24.01.2014
- /14/ „Durchführung ergänzender, erschütterungstechnischer Untersuchung zur Umsetzung der Vorgaben des Verwaltungsberichtes Kassel im Zusammenhang mit der Klage gegen Planfeststellungsbeschluss der 1. Baustufe“, Anlage 12.4.5b, Messkonzept-Erschütterung, KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, Bericht-Nr. 20088003-VVE-6 vom 28.02.2022
- /15/ „Messtechnische Erhebung der Erschütterungsemissionen in den gemäß dem Messkonzept ausgesuchten 11 Gebäuden in den Ortslagen Dortelweil, Groß-Karben, Okarben, Nieder-Wöllstadt zur Berücksichtigung der Forderung des VGH Kassel“, Anlage 12.4.3b, Messbericht-Erschütterung, KREBS+KIEFER FRITZ AG, Bericht-Nr. 20088003-VME-3 vom 21.06.2019
- /16/ „Messtechnische Erhebung der Erschütterungsemissionen in den gemäß dem Messkonzept ausgesuchten 82 Gebäuden in den Ortslagen Dortelweil, Groß-Karben, Okarben, Nieder-Wöllstadt, Bruchenbrücken zur Berücksichtigung der Forderung des VGH Kassel“, Anlage 12.4.2b, Messbericht-Erschütterung, KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, Bericht-Nr. 20088003-VME-4 vom 25.02.2022
- /17/ S-Bahn Rhein-Main, S6 2. Baustufe: Lagepläne Verkehrsanlagen, Maßstab 1:1.000, DB E&C GmbH, Regionalbereich Mitte, Frankfurt am Main, Genehmigungsplanung, Stand vom 20.03.2018
- /18/ Achsdaten zu den Strecken 3900 und 3684 in digitaler Form, DB Engineering & Consulting, Frankfurt a. M., erhalten am 08.08.2018
- /19/ Betriebskonzept – Prognose für das Jahr 2030, DB Netz AG, Regionalbereich Mitte, Frankfurt am Main, erhalten am 30.08.2018
- /20/ Angaben zu den Bebauungsplanen im Umfeld der Trasse, zur Verfügung gestellt von der Kreisstadt Friedberg (Hessen), Stadtbauamt, der Gemeindeverwaltung Wöllstadt, der Stadt Karben, Fachdienst Bauverwaltung, sowie der Stadtverwaltung Bad Vilbel, Fachdienst Planung und Stadtentwicklung

4 Anforderungen an den Immissionsschutz

4.1 Erschütterungen

Für die Beurteilung von Einwirkungen durch verkehrsinduzierte Erschütterungsimmissionen gibt es derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen, in denen Grenzwerte festgelegt sind. Daher werden zur Bewertung von Erschütterungsimmissionen die in Fachkreisen als Beurteilungsgrundlage allgemein anerkannten **Anhaltswerte** nach **DIN 4150-2** /8/ herangezogen. Bei Einhaltung der hierin angegebenen Anhaltswerte kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen keine „erheblich belästigenden Einwirkungen“, die als niedrigste Qualifikationsstufe schädlicher Umwelteinwirkungen im Sinne des Immissionsschutzrechtes /1/ anzusehen sind, darstellen.

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 /13/ praktiziert, wird für die Gebäude, für die zukünftig eine Überschreitung der Anhaltswerte gemäß **DIN 4150-2** /8/ 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** zwei Beurteilungsgrößen heranzuziehen:

- ☐ die maximale zeit- und frequenzbewertete Schwingstärke **KB_{Fmax}**,
- ☐ die Beurteilungsschwingstärke **KB_{FTr}**.

Für die Beurteilung schienenverkehrsinduzierter Immissionen nennt die Norm zwei Kriterien. Der untere Anhaltswert **A_u** ist ein Anhaltswert für den **KB_{Fmax}**-Wert. Ist **KB_{Fmax}** kleiner oder gleich

dem unteren Anhaltswert A_u , so sind die Anforderungen der Norm erfüllt, es gilt als nachgewiesen, dass die schienenverkehrsinduzierten Erschütterungsimmissionen **nicht** als **erheblich belästigend** einzustufen sind. Übersteigt KB_{Fmax} den unteren Anhaltswert A_u , so ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu bilden und mit dem Beurteilungsanhaltswert A_r zu vergleichen.

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.

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

Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

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.

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.

4.1.4 Grundrechtsverletzungen durch Erschütterungsimmissionen

Im Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes /5/ geht das Gericht auf eine mögliche Grenze zur Eigentums- bzw. Gesundheitsverletzung aufgrund von Erschütterungsimmissionen ein. Konkret weist das Gericht darauf hin, dass eine Zumutbarkeitsschwelle bei Beurteilungsschwingstärken (KB_{FT} -Werte) von mindestens 0,3 am Tag und 0,23 in der Nacht liegen muss. Das bedeutet, dass den Betroffenen ohne Weiteres die Erschütterungsimmissionen bis zum 1,5-fachen Anhaltswert für Industriegebiete zugemutet werden kann.

Des Weiteren führt das Gericht hinsichtlich der Erheblichkeit der Änderung der Erschütterungsintensitäten hierzu, dass bei einer hohen Vorbelastung ggf. die Prüfung der Anpassung der Wahrnehmbarkeitsschwelle erforderlich ist. Jedoch sieht das Gericht keine Veranlassung die Erheblichkeitsschwelle von 25 % zu korrigieren, wenn die durch einzelnen Zugvorbeifahrten hervorgerufenen KB_{Fmax} -Werte in der Größenordnung von 1,6 liegen. Die Unbewohnbarkeit einer Wohnung wird beim Überschreiten von deutlich über 3,5 erreicht.

Weiterhin wird in der aktuellen EBA-Verfügung /6/ aufgeführt, dass in Abschnitten mit Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} von 1,1 tags und 0,7 nachts, die durch die bestehende Vorbelastung zu Stande kommen, ist der vorhabenbezogene Anstieg der Erschütterungsimmissionen gutachterlich besonders zu untersuchen und unter Berücksichtigung des Einzelfalls im Hinblick auf den Eigentums- und Gesundheitsschutz in der Abwägung über zu treffende Schutzmaßnahme zu betrachten.

4.1.5 Lösen von Schutzfällen

Sofern nach Realisierung des Bauvorhabens die Erschütterungsimmissionen aus dem Schienenverkehr im Vergleich zum Prognose-Nullfall um mehr als 25 % zunehmen, ist eine sorgfältige Abwägung von Erschütterungsvorsorgemaßnahmen durchzuführen. Hierbei wird geprüft, unter welchen Voraussetzungen bestehende Konflikte gelöst werden können. Gemäß der EBA-Verfügung /6/ gilt bei einer Änderung des bestehenden Schienenverkehrsweges ein Schutzfall als „gelöst“, wenn die vorhabenbedingte Zunahme der Erschütterungsimmissionen auf unter 25 % gesenkt wird.

4.2 Sekundärer Luftschall

4.2.1 Grundlagen der Beurteilung

Für Einwirkungen aus sekundären Luftschallimmissionen, hervorgerufen von schienengebundenen Verkehrssystemen, existieren derzeit weder vom Gesetzgeber noch in technischen Regelwerken verbindlich vorgegebene Anforderungswerte. 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 Verkehrsgeräusche 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 4.2.2**).

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass das Heranziehen von Anforderungswerten gemäß Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung für die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen implizit die in der Rechtsprechung allgemein anerkannten Zumutbarkeitsschwellen bei Innenraumpegeln tags von 40 dB(A) für Wohnräume und nachts von 30 dB(A) für Schlafräume berücksichtigt. Der Verordnungsgeber der **24. BImSchV** hat diese Zumutbarkeitsschwellen ebenfalls zu Grunde gelegt. Diese wurden vom Bundesverwaltungsgericht bereits in der Zeit vor Inkrafttreten der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BImSchV**) am Maßstab des **§ 74 (2)** Satz 2 **VwVfG** /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.

$$L_{r,Nacht/Tag} = D + 3 \text{ dB.}$$

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, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind	50	-
6	Sonstige Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind	entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen	
$L_{ri,T}$	Beurteilungspegel innerhalb von Räumen für den Tag		
$L_{ri,N}$	Beurteilungspegel innerhalb von Räumen für die Nacht		

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte für den sekundären Luftschall

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.

4.2.5 Lösen von Schutzfällen

Sobald die Immissionen aus sekundärem Luftschall nach Realisierung des Bauvorhabens im Vergleich zum Prognose-Nullfall um mehr als 3 dB zunehmen, ist sorgfältig zu prüfen, unter welchen Voraussetzungen bestehende Konflikte gelöst werden können. Gemäß der EBA-Verfügung /6/ gilt bei einer Änderung des bestehenden Schienenverkehrsweges ein Schutzfall als „gelöst“, wenn die vorhabenbedingte Zunahme der Immissionen aus sekundärem Luftschall auf unter 3 dB gesenkt wird.

5 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

5.1 Grundsätzliches Vorgehen

5.1.1 Die Auswahl zu untersuchender Gebäude

Im Rahmen der durchgeführten Bebauungsanalyse /14/ für die 5 vorgenannten Ortslagen wurde festgestellt, dass sich im gesamten Streckenabschnitt des Vorhabens zum gegenwärtigen Zeitpunkt ca. **468** Gebäude mit schutzwürdiger Nutzung im erschütterungstechnisch kritischen 60-Meter-Korridor befinden. In der erschütterungstechnischen Untersuchung von 2014 wurden 475 Immissionsorte genannt. Der Unterschied liegt in der Tatsache, dass die Bebauungssituation in den Ortslagen sich teilweise geändert hat. Die in der Ortslage Bruchenhäuser 13 ehemals betrachteten Flurstücke (Gebäude Nr. 56 bis 68 /13/) wurden mittlerweile mit 6 Wohngebäuden (Gebäude Nr. 56 bis 61) bebaut. Ferner wurde die Bebauung in der Ilbenstädter Straße 4 (Gebäude Nr. 114 /13/) nach vorliegender Information abgerissen.

Hierin enthalten sind die 20 Gebäude, die bereits 2009 /10/ messtechnisch untersucht wurden, 55 Gebäude, die 2014 /12/ messtechnisch untersucht wurden, 11 Gebäude, die die 2017 / 2018 /15/ messtechnisch untersucht wurden, sowie die 82 Gebäude aus der aktuellen Messreihe /16/. Die Gebäude im 60-Meter-Korridor sind in **Anhang 14** gekennzeichnet und in **Anhang 15** tabellarisch mit postalischer Anschrift und Abstand zu dem zukünftig nächstgelegenen Gleis aufgelistet.

Für den Messquerschnitt „Am Spitzacker 22“ (**Gebäude Nr. 325**) wurden 2 Immissionsorte berücksichtigt (**IP112** und **IP113**). Das Gebäude „Bahnhofstraße 203a“ (**IP121**) wurde bereits 2009 untersucht. Im Jahr 2018 wurden die Erschütterungseinwirkungen erneut messtechnisch ermittelt, um die bereits gesammelten Messdaten zu verifizieren. Dementsprechend ergibt sich für die Prognoseberechnungen, inklusive den 82 Messungen die im Jahr 2021 durchgeführt wurden, eine Gesamtzahl von 171 Immissionsorten (**IP**).

Insgesamt wurden in 5 Ortslagen 171 Gebäude messtechnisch untersucht. Davon liegen 3 Immissionsorte (**IP113**, **IP122** und **IP123**) außerhalb des 60 m Korridors, die aus organisatorischen Gründen in das Messprogramm aufgenommen wurden. Für diese 2009, 2014 und 2018 untersuchten 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.

In der nachfolgenden Tabelle ist, nach Ortslagen differenziert, die Anzahl der gemäß dem Messkonzept /14/ messtechnisch untersuchten Gebäude zusammengefasst. Die berechneten Quoten beziehen sich auf die gesamte Anzahl der vorhandenen Gebäude in den jeweiligen Messkorridoren.

Ortslage	Anzahl von Gebäuden		
	Gesamt	0 m-20 m	21 m-60 m
Bruchenbrücken	22	8	14
Nieder-Wöllstadt-West	19	7	12
Nieder-Wöllstadt-Ost	31	12	19
Okarben-Ost	32	16	16
Okarben-West	8	3	5
Groß-Karben-Ost	2	0	2
Groß-Karben-West	15	6	9
Dortelweil-Ost	16	5	11
Dortelweil-West	23	11	12
Gesamt:	168	68	100

Tabelle 3: Anzahl der messtechnisch untersuchten Gebäude

5.1.2 Durchführung der messtechnischen Bestandsanalyse

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

In den Jahren 2010, 2017 / 2018 und 2021 erfolgten die Messungen von **Typ 1** 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. 3 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.

Bei allen ausgewählten Gebäuden wurden bei beiden Messtypen nach Möglichkeit von bis zu 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 /15/ angegeben.

5.1.3 Analyse der Emissions-und Transmissionsbedingungen

Die Prognose basiert im Rahmen dieser Untersuchung ausschließlich durch die Messergebnisse der vor Ort durchgeführten Quellstärkenmessungen (Emissionsmessungen) in den 5 Ortslagen Bruchenbrücken, Nieder-Wöllstadt, 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 er-

hoben Transferfunktionen T_1 bis T_3 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 Prognosemodell

Bei der Prognose der Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall für schutzwürdige Räume eines Gebäudes wird von der in **Abbildung 1** skizzierten Übertragungskette ausgegangen.

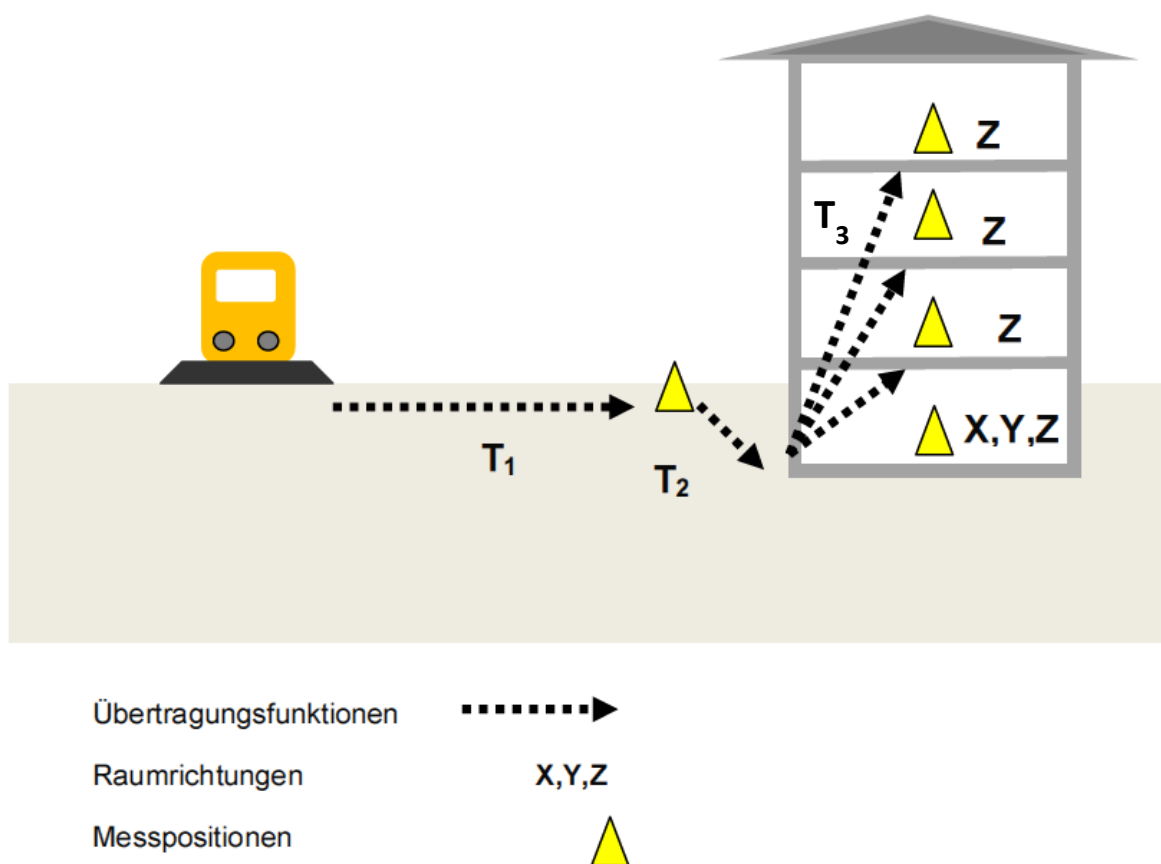


Abbildung 1: Übertragungen von Erschütterungen

Diese berücksichtigt neben den erschütterungstechnischen Quellstärken (Emissionen) und der Ausbreitung der Schwingungen im Untergrund (Transmission T_1) das Schwingungsverhalten, der zu untersuchenden Gebäude (Transmission T_2 und T_3). Die dargestellten Übertragungswege wer-

den separat ermittelt und dann zu einer Gesamtübertragungsfunktion überlagert. 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.

Die der Prognose zu Grunde gelegten Komponenten werden im Folgenden beschrieben.

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 oben angegeben ist (Messung „Typ 2“), im Jahr 2014 in 7 Bereichen entlang der Strecke Quellstärkenmessungen am Tag über einen Zeitraum von etwa 8 Stunden /12/ 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 Zügen des Personenfernverkehrs und des Güterverkehrs liegen stets unterhalb der zulässigen Strecken Höchstgeschwindigkeit. Gleichwohl wird dies im vorliegenden Fall unterstellt.

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 Schwingschnelle als Funktion der Frequenz f zwischen Emissionsort und einem Ort im Erdreich unmittelbar vor einem Gebäude bezeichnet. Diese wird im vorliegenden Fall ebenfalls aus den durchgeführten Ausbreitungsmessungen (Messungen vom „Typ 2“) /12/ entnommen. Die angewandten Exponenten der Abnahmebedingung sind in /12/ 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.

5.2.2.2 Transferfunktion 2

Die Transferfunktion T_2 beschreibt das Übertragungsverhalten vom Boden auf das Gebäudefundament. Sie unterliegt selbst bei verschiedenen Gebäudetypen 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 der aktuell untersuchten Gebäuden findet sich in in den zugehörigen Messberichten /10/, /12/, /15/ und /15/.

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 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 in den Messberichten /10/, /12/, /15/ und /15/.

5.3 Immissionen

5.3.1 Erschütterungen

Als Erschütterungsimmissionen werden die bauwerksbezogenen, gemäß **DIN 4150-2** /8/ in der Mitte von Räumen auftretenden KB-bewerteten Schwingstärken bezeichnet. Da hier die

Vertikalkomponente (Z-Richtung) die Horizontalkomponenten (X-, Y-Richtung) übersteigt, werden die Abschätzungen ausschließlich für die Vertikalkomponenten der Erschütterungsimmissionen durchgeführt. Der relevante Frequenzbereich wird in der **DIN 4150-2** auf 80 Hz begrenzt.

5.3.2 Sekundärer Luftschall

Im vorliegenden Fall wurde zur Bestimmung des Beurteilungspegels für den sekundären Luftschall die Richtlinie 820.2050 der DB AG /9/ herangezogen. Die Berechnung des A-bewerteten sekundären Luftschallpegels erfolgt nach den Gesamtpegel-Korrelationsbeziehungen. Hierin wird ein linearer Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Schwinggeschwindigkeitspegel und dem sekundären Luftschallpegel genannt. Die Abhängigkeiten wurden dabei für verschiedene Deckenkonstruktionsformen (Stahlbetondecken, Holzbalkendecken) beschrieben. Demnach kann zur Ermittlung der Einwirkungen aus sekundärem Luftschall, hervorgerufen durch schienengebundenen Personen- und Güterverkehr, in erster Näherung folgende Beziehung herangezogen werden:

$$L_{\text{sek,A}} = 15,75 + 0,60 \cdot L_{\text{v,A}} \quad [\text{dB(A)}] \text{ bei Stahlbetondecken}$$

$$L_{\text{sek,A}} = 19,88 + 0,47 \cdot L_{\text{v,A}} \quad [\text{dB(A)}] \text{ bei Holzbalkendecken,}$$

mit

$L_{\text{sek,A}}$ A-bewerteter sekundärer Luftschallpegel [dB(A)],

$L_{\text{v,A}}$ A-bewerteter Gesamt-Schwinggeschwindigkeitspegel [dB(A)]

Der Auswertebereich wird bei der Einzahlmethode bis 100 Hz beschränkt, da erfahrungsgemäß oberhalb von 80 Hz keine pegelbestimmenden Anteile im Spektrum des sekundären Luftschallpegels vorhanden sind.

5.4 Betriebsparameter der Bahnstrecke

Für die vorliegende Untersuchung werden die Zugzahlen für den Prognosehorizont 2030 /19/ zugrunde gelegt. Eine Zusammenfassung der relevanten Verkehrsdaten für den Prognose-Nullfall und den Prognose-Planfall findet sich in den nachfolgenden Tabellen und in **Anhang 1.6**.

Strecke	Zugart	Anzahl		V _{max}	Zuglänge	T _e
		Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
3900	FV	29	5	160	185	4,2
	NV	94	16	120-160	128 – 233	3,8 – 6,0
	GV	25	16	100-120	740	22,2 – 26,6
	S	122	26	140	205	5,3

Tabelle 4: Betriebsprogramm Strecke 3900 in PNF2030 (Bad Vilbel – Groß-Karben)

Strecke	Zugart	Anzahl		V _{max}	Zuglänge	T _e
		Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
3900	FV	29	5	160	185	4,2
	NV	94	16	120-160	128 – 233	3,8 – 6,0
	GV	25	16	100-120	740	22,2 – 26,6
	S	69	25	140	205	5,3

Tabelle 5: Betriebsprogramm Strecke 3900 in PNF2030 (Groß-Karben - Friedberg)

Strecke	Zugart	Anzahl		V _{max}	Zuglänge	T _e
		Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
3900	FV	29	5	160	185	4,2
	NV	120	20	120-160	128 – 233	3,8 – 6,0
	GV	25	16	100-120	740	22,2 – 26,6
3684	S	122	26	140	205	5,3

Tabelle 6: Betriebsprogramm Strecken 3900, 3684 in PNF2030 (Bad Vilbel – Groß-Karben)

Strecke	Zugart	Anzahl		V _{max}	Zuglänge	T _e
		Tag	Nacht	[km/h]	[m]	[s]
3900	FV	29	5	160	185	4,2
	NV	120	20	120-160	128 – 233	3,8 – 6,0
	GV	25	16	100-120	740	22,2 – 26,6
3684	S	89	25	140	205	5,3

Tabelle 7: Betriebsprogramm Strecken 3900, 3684 in PNF2030 (Groß-Karben - Friedberg)

Die Einwirkzeit des sekundären Luftschalls, 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 geometrischen Vorbeifahrtzeit berücksichtigt

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

mit

v_{max} maximale Streckengeschwindigkeit bzw. zugspezifische Höchstgeschwindigkeit [km/h]

Mit diesem Vorgehen wird gewährleistet, dass für jeden Vorbeifahrt Vorgang der energieäquivalente Mittelungspegel abgeschätzt wird.

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_{Tag / Nacht} = 270 / 63**

PPF: **N_{Tag / Nacht} = 296 / 67**

Dies bedeutet, dass sich die Zugzahlen für den Tag projektbedingt um ca. **10%** erhöhen. Für den Nachzeitraum ist eine Erhöhung des Zugaufkommens von ca. **6 %** zu erwarten.

Wie bereits in der vorherigen Untersuchung /13/ gezeigt wurde, ergibt sich der Sachverhalt der „**wesentlichen Änderung**“ nicht zwangsläufig durch das zukünftige Betriebsprogramm, also nicht aus der Überschreitung der jeweiligen Beurteilungsanhaltswerte, sondern durch das Heranrücken der Gleisanlage an die Gebäude sowie der Verlagerung des Güterverkehrs auf die westlichen Fernbahngleise im Prognose-Planfall. Hierdurch lassen sich für die Gebäude auf der Ostseite, die den S-Bahngleisen nächstgelegen 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:

- ☐ Bruchentrassen (Anhang 2.1 und Anhang 2.2)
- ☐ Nieder-Wöllstadt-Ost (Anhang 3.1 / 4.1 und Anhang 3.2 / 4.2)
- ☐ Nieder-Wöllstadt-West (Anhang 5.1 und Anhang 5.2)
- ☐ Okarben-Ost (Anhang 6.1 / 7.1 und Anhang 6.2 / 7.2)
- ☐ Okarben-West (Anhang 8.1 und Anhang 8.2)
- ☐ Groß-Karben (Anhang 9.1 und Anhang 9.2)
- ☐ Dortelweil Ost (Anhang 10.1 und Anhang 10.2)
- ☐ Dortelweil West (Anhang 11.1 / 12.1 und 11.2 / 12.2)

In den Anhängen sind zusätzlich zu den 2021 messtechnisch untersuchten Gebäuden die im Rahmen der erschütterungstechnischen Untersuchung zur Planfeststellung /10/ und die im Rahmen der ergänzenden erschütterungstechnischen Untersuchungen /13/ und /15/ behandelten Gebäude aufgeführt. Die Immissionsortbezeichnung (**IP**) mit dem zugehörigen Untersuchungsjahr und der Gebäudenummer findet sich in **Anhang 15**. Die Lageplanausschnitte mit den Gebäudenummern sind in **Anhang 14** dokumentiert.

Entsprechend des Messkonzeptes (Anlage 12.4.5b) waren alle Gebäude innerhalb des 20-Meter-Korridors messtechnisch zu untersuchen.

Im 20-Meter-Korridor befinden sich 94 Gebäude. Hiervon wurden in 70 Gebäuden erschütterungstechnische Messungen durchgeführt. Für 24 Gebäuden wurde uns keine Zugänglichkeit gewährt.

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. Felder, für die aus dem Vergleich des Prognose-Planfalls zum Prognose-Nullfall eine Division durch Null ergibt, werden mit „+ ∞“ dargestellt. Die Division durch Null ergibt sich aus der Tatsache, dass gemäß **DIN 4150-2** alle Werte, die kleiner als 0,1 sind, zu Null gesetzt werden.

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 \geq 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 < 3 dB(A) **grün** gekennzeichnet. Bei Pegelerhöhungen \geq 3 dB(A) sind die Felder gelb hinterlegt. Bei Erhöhungen der Beurteilungspegel um Mindestens 3 dB(A) und gleichzeitiger Überschreitung der Immissionsrichtwerte (**IRW**) ist der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ erfüllt. Diese Felder sind dann **rot** hinterlegt.

6.3 Ortslage Bruchenbrücken

In Bruchenbrücken wurden insgesamt 22 Gebäude messtechnisch untersucht. Schutzwürdige Bebauung befindet sich in dieser Ortslage nur östlich der Bahntrecke. Die Lage der Bestands- gleise bleibt im Allgemeinen unverändert. Nur in einem Abschnitt rücken sie von den schutzwürdigen Nutzungen ab. 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 im **Anhang 2.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A**

wird in 18 der 22 messtechnisch untersuchten Gebäuden prognostiziert. Hier werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$KB_{FTr} = 0,218 / 0,190$$

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

$$A_{r,Tag/Nacht} = 0,070 / 0,050.$$

Die Immissionen schöpfen die Beurteilungswerte für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) um bis zu

$$p_{Tag/Nacht} = 312 \% / 380 \%$$

im Tag- bzw. Nachtzeitraum aus.

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

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

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

$$L_{r,i} = 22,7 / 22,7 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in 18 der 22 messtechnisch untersuchten Gebäude bereits im Prognose-Nullfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen nicht auszuschließen sind. Durch den sekundären Luftschall hingegen ist in keinem der untersuchten Gebäude mit erheblichen Belästigungen zu rechnen.

6.3.2 Prognose-Planfall

Die Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen für den Prognose-Planfall sind in **Anhang 2.2** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungswerte **A_r** wird für 16 der exemplarischen Gebäude prognostiziert. Die Einhaltung der Beurteilungswerte an den Immissionsorten „Erasmus-Albert-Straße 19“ und „Wingertstraße 33“ wird zusätzlich durch das Abrücken der Bestandsgleise erreicht. Hier belaufen sich Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum auf maximal

$$KB_{FTR} = 0,212 / 0,166.$$

Diese Immissionen schöpfen den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) um bis zu

$$p_{\text{Tag/Nacht}} = 303 \% / 331 \%$$

im Tag- bzw. im Nachtzeitraum aus.

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen zeigen, dass im Prognose-Planfall ebenfalls keine Konflikte zu erwarten sind. Es ergeben sich Beurteilungspegel im Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 21,1 / 20,6 \text{ dB(A)}.$$

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 Bruchengraben 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

$$\Delta KB_{FTR} = -100 \% / -100 \%.$$

Die Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls vermindern sich um

$$\Delta L_{r,\text{Tag/Nacht}} = -3,8 \text{ dB(A)} / -4,8 \text{ dB(A)}.$$

6.4 Ortslage Nieder-Wöllstadt-Ost

Im Bereich von Nieder-Wöllstadt liegen die schutzwürdigen Nutzungen sowohl östlich als auch westlich der Bahnstrecke. Östlich von den Gleisen wurden insgesamt 31 exemplarische Gebäude untersucht. Im nördlichen Bereich der Ortslage verschieben sich die Bestandsgleise in

östlicher Richtung zur Bebauung hin. Ab der Querung der Friedberger Straße verlaufen diese ungefähr in der ursprünglichen Lage. Im Bereich der Querung befindet sich die Trasse in Damm-lage. 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** und in **Anhang 4.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhalts-werte A_r ist für 6 Gebäude zu erwarten. Es werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FT} = 0,307 / 0,254$$

ausgewiesen. Diese Immissionen schöpfen den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohn-gebiete (**WA**)

$$p_{\text{Tag/Nacht}} = 439 \% / 509 \%$$

im Tag- bzw. im Nachtzeitraum aus.

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen sind in den letzten beiden Spalten des gleichen Anhangs dargestellt. Im Nullfall sind keine erheblichen Belästigungen aus dem sekun-dären Luftschall zu erwarten. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 23,2 / 23,1 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in 6 Gebäuden im Prognose-Nullfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen 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** und in **Anhang 4.2** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungs-anhaltswerte A_r wird für 5 der exemplarischen Gebäude prognostiziert. Hier werden Beurtei-lungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$KB_{FT} = 0,244 / 0,192$$

ausgewiesen. Die Prognosewerte für den Tag- bzw. Nachtzeitraum schöpfen die hier gültigen Beurteilungsanhaltswerte um bis zu

$$p_{\text{Tag/Nacht}} = 349 \% / 384 \%$$

im Tag- bzw. im Nachtzeitraum aus.

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen zeigen, dass im Prognose-Planfall ebenfalls mit keinen erheblichen Belästigungen in den Innenräumen der exemplarisch untersuchten Gebäude zu rechnen ist. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 20,7 / 20,0 \text{ dB(A)}.$$

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

6.4.3 „Wesentliche Änderung“

Das Ergebnis der Prüfung auf "wesentlichen Änderung" ist in **Anhang 3.3** und **Anhang 4.3** dargestellt. Für die Gebäude auf der **Ostseite** wird lediglich für den **IP25** (Illingweg 9a) eine Erhöhung der Erschütterungsmissionen im Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu maximal

$$\Delta K_{B_{FTR}} = +44 \% / +24 \%.$$

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

$$\Delta L_{r,\text{Tag/Nacht}} = +0,9 / +0,1 \text{ dB(A)}.$$

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.

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

6.5 Ortslage Nieder-Wöllstadt-West

Westlich von der Bahnstrecke wurden insgesamt 19 exemplarische Gebäude untersucht. Aufgrund des Anbaus der neuen Fernbahngleise rückt die Bahnanlage zu den Bebauungen hin. Die Bestandsgleise hingegen rücken abschnittsweise ab. Im Bereich der Querung der Friedberger Straße befindet sich die Trasse in Dammlage. In den restlichen Bereichen verläuft sie ebenerdig oder im leichten Einschnitt.

6.5.1 Prognose-Nullfall

Die Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen für den Prognose-Nullfall sind in **Anhang 5.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** ist nur für 1 Gebäude zu erwarten. Hier werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$KB_{FTr} = 0,071 / 0,059$$

ausgewiesen. Die Prognosewerte für den Tag- bzw. Nachtzeitraum schöpfen die hier gültigen Beurteilungsanhaltswerte um

$$p_{Tag/Nacht} = 102 \% / 118 \%$$

im Tag- und Nachtzeitraum aus.

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen zeigen, dass im Prognose-Nullfall mit keinen erheblichen Belästigungen in den Innenräumen der exemplarisch untersuchten Gebäude zu rechnen ist. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,Tag/Nacht} = 18,8 / 18,2 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass lediglich in 1 Gebäude im Prognose-Nullfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden können.

6.5.2 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** wird für 2 der exemplarischen Gebäude auf der Westseite prognostiziert. Hier werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$KB_{FTR} = 0,136 / 0,109$$

ausgewiesen. Die Prognosewerte für den Tag- bzw. Nachtzeitraum schöpfen die hier gültigen Beurteilungsanhaltswerte um bis zu

$$p_{\text{Tag/Nacht}} = 195 \% / 217 \%$$

im Tag- bzw. im Nachtzeitraum aus.

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen zeigen, dass die Immissionen aus dem sekundären Luftschall nicht als erheblich belästigend einzustufen sind. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 21,2 / 20,5 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in 2 Gebäuden im Prognose-Planfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden können.

6.5.3 „Wesentliche Änderung“

Das Ergebnis der Prüfung auf "wesentlichen Änderung" ist in **Anhang 5.3** dargestellt. Es ergibt sich für 2 Gebäude (**IP69** und **IP70**) eine wesentliche Erhöhung der Erschütterungsimmissionen im Tag- und / bzw. im Nachtzeitraum. Die Erschütterungsimmissionen im Prognose-Planfall erhöhen sich gegenüber denen des Prognose-Nullfalls im Tag- bzw. Nachtzeitraum um bis zu

$$\Delta KB_{FTR} = +116 \% / +105 \%.$$

Die Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls erhöhen sich zwar um bis zu

$$\Delta L_{r,\text{Tag/Nacht}} = +4,0 \text{ dB(A)} / +3,7 \text{ dB(A)}$$

für die betroffenen Gebäude. Da gleichzeitig der Beurteilungsanhaltswert für den Tag bzw. für die Nacht nicht überschritten wird, ist der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ jedoch nicht gegeben.

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 2 exemplarische Gebäude auf

der **Westseite** dem Grunde nach ein Anspruch auf eine erschütterungstechnische Schutzmaßnahme. Hierbei handelt es sich um das Gebäude:

- ☐ IP69: Friedberger Straße 3
- ☐ IP70: Am Atzelberg 1a.

6.6 Ortslage Okarben-Ost

Der Großteil der Bebauung innerhalb des 60-Meter-Korridors befindet sich östlich der Bahnstrecke. Hier wurden **32** 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.

6.6.1 Prognose-Nullfall

Die Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen für den Prognose-Nullfall sind in **Anhang 6.1** und **Anhang 7.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** ist für 5 Gebäude auf der Ostseite zu erwarten. Hier werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{Tr} = 0,218 / 0,161 \text{ (IP90)}$$

ausgewiesen. Diese Immissionen schöpfen den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) um bis zu

$$p_{Tag/Nacht} = 312 \% / 321 \%$$

Im Tag- bzw. Nachtzeitraum aus.

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

$$L_{r,Tag/Nacht} = 22,1 / 21,7 \text{ dB(A)}.$$

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

6.6.2 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** wird bei 3 der exemplarischen Gebäude auf der Ostseite ermittelt. Es werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTr} = 0,172 / 0,123$$

ausgewiesen. Die Prognosewerte für die Tag- bzw. Nachtzeitraum schöpfen die hier gültigen Beurteilungsanhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) um bis zu

$$p_{Tag/Nacht} = 246 \% / 245 \%$$

im Tag- bzw. Nachtzeitraum aus.

Die Beurteilungspegel des sekundären Luftschalls werden im Prognose-Planfall in allen exemplarisch untersuchten Gebäuden ebenfalls eingehalten. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,Tag/Nacht} = 19,7 / 18,7 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in 3 Gebäude im Prognose-Planfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden können.

6.6.3 „Wesentliche Änderung“

Der Sachverhalt der wesentlichen Änderung ist in **Anhang 6.3** und **Anhang 7.3** dargestellt. Für die Gebäude auf der **Ostseite** der Bahnstrecke ergibt sich keine wesentliche Änderung der Immissionen des Planfalls gegenüber denen des Nullfalls aufgrund der Verlagerung des maßgebenden Güterverkehrs auf die neuen Fernbahngleise und somit aus einem Abrücken von der Bebauung.

Es werden Minderungen der Beurteilungsschwingstärken von bis zu

$$\Delta KB_{FTr} = -100 \% / -100 \%$$

ausgewiesen. Hinsichtlich des sekundären Luftschalls ergeben sich Pegelsenkungen um bis zu

$$\Delta L_{r,Tag/Nacht} = -3,4 \text{ dB(A)} / -4,7 \text{ dB(A)}.$$

6.7 Ortslage Okarben-West

Der Großteil der Bebauung innerhalb des 60-Meter-Korridors befindet sich östlich der Bahnstrecke. Westlich liegen 3 Gebäude im Prognose-Planfall innerhalb des 20-Meter-Korridors. Hier wurden auf der westlichen Seite insgesamt 9 exemplarische Gebäude untersucht. Die Lage der Bestandsgleise bleibt nahezu unverändert. Die neuen Gleise rücken an die Bebauungen heran. Die Trasse verläuft vorwiegend ebenerdig bzw. im leichten Einschnitt.

6.7.1 Prognose-Nullfall

Die Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen für den Prognose-Nullfall sind in **Anhang 8.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** ist für 3 Gebäude auf der Westseite zu erwarten.

Für die Gebäude auf der Westseite ergeben sich Beurteilungsschwingstärken von maximal

$$\mathbf{KB_{FTTr} = 0,409 / 0,293.}$$

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

$$\mathbf{L_{r,Tag/Nacht} = 20,7 / 19,9 \text{ dB(A).}}$$

Dies bedeutet, dass in 3 Gebäuden im Prognose-Nullfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden können.

6.7.2 Prognose-Planfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Planfall sind in **Anhang 8.2** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** wird für 3 der exemplarischen Gebäude auf der Westseite ermittelt. Es werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$\mathbf{KB_{FTTr} = 0,727 / 0,496}$$

ausgewiesen. Die Prognosewerte für die Tag- bzw. Nachtzeitraum schöpfen die hier gültigen Beurteilungsanhaltswerte für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) um

$$\mathbf{p_{Tag/Nacht} = 1039 \% / 992 \%}$$

im Tag- bzw. Nachtzeitraum aus.

Die Immissionsrichtwerte werden an allen Immissionsorten eingehalten. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,i} = 27,5 / 26,5 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in 3 Gebäuden im Prognose-Planfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden können.

6.7.3 „Wesentliche Änderung“

Der Sachverhalt der wesentlichen Änderung ist in **Anhang 8.3** dargestellt. Für 3 der 9 Gebäude ist der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ infolge Erschütterungen gegeben. Hier werden Erhöhungen der Beurteilungsschwingstärken von

$$\Delta K_{BTR} = +93 \% / +85 \%$$

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

$$\Delta L_{r,Tag/Nacht} = +6,8 / +6,5 \text{ dB(A)}.$$

Somit kann für insgesamt 3 Gebäude dem Grunde nach ein Anspruch auf eine erschütterungstechnische Schutzmaßnahme nicht ausgeschlossen werden. Hierbei handelt es sich um die Gebäude:

- ☐ IP108: Friedberger Straße 1
- ☐ IP109: Friedberger Straße 3
- ☐ IP110: Friedberger Straße 5

Gemäß den Angaben der Vorhabenträgerin wird sie für die oben aufgeführten Bebauungen die Eigentumsrechte erwerben. Diese Gebäude werden im Laufe der Realisierung des Bauvorhabens abgebrochen. Aus diesem Grund werden die für diese Gebäude ermittelten Ergebnisse bei der Abwägung der Vorsorgemaßnahmen nicht berücksichtigt.

Für die restlichen Immissionsorte ergibt sich keine wesentliche Änderung der Immissionen des Planfalls gegenüber denen des Nullfalls.

6.8 Ortslage Groß-Karben

Der vorwiegende Teil der schutzbedürftigen Bebauung innerhalb des 60-Meter-Korridors befindet sich westlich der Bahnstrecke. Insgesamt wurden 19 exemplarische Gebäude untersucht. Aufgrund der geringen Bebauungsdichte im Nahbereich der Trasse wurden auf der Ostseite nur 2 exemplarische Gebäude untersucht. Auf der Westseite sind es hingegen 17 Gebäude. Im Bereich des Bahnhofes bleibt das östliche Bestandsgleis unveränderlich, das westliche Bestandsgleis rückt hingegen von der Bebauung ab. Die neuen Gleise werden westlich der Bestandstrasse angebaut. Die Trasse verläuft vorwiegend ebenerdig bzw. im leichten Einschnitt.

6.8.1 Prognose-Nullfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Nullfall sind in **Anhang 9.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** ist für 9 der insgesamt 17 messtechnisch untersuchten Gebäude auf der **Westseite** zu erwarten. Es werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von

$$KB_{FT} = 0,306 / 0,237$$

ausgewiesen. Diese Immissionen schöpfen den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) im Tag- bzw. Nachtzeitraum um bis zu

$$p_{\text{Tag/Nacht}} = 437 \% / 474 \%$$

im Tag- bzw. Nachtzeitraum aus.

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 1 der exemplarischen Gebäude und nur im Nachtzeitraum. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 33,3 / 32,8 \text{ dB(A)}.$$

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 die 2 Gebäude auf der **Ostseite** ergeben sich Beurteilungsschwingstärken von

$$KB_{FT} = 0,050 / 0,038$$

und Beurteilungspegel von

$$L_{r, \text{Tag/Nacht}} = 21,7 / 21,2 \text{ dB(A)}.$$

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

6.8.2 Prognose-Planfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Planfall sind in **Anhang 9.2** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** ist für 13 der exemplarischen auf der **Westseite** gelegenen Gebäude zu erwarten. Es werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTr} = 0,352 / 0,265$$

für den **IP120** prognostiziert.

Diese Immissionen schöpfen den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) um bis zu

$$p_{\text{Tag/Nacht}} = 502 \% / 529 \%$$

im Tag- bzw. Nachtzeitraum aus.

Die Ergebnisse der sekundären Luftschallimmissionen zeigen, dass nur in 1 Gebäude der Beurteilungspegel in den Innenräumen den Immissionsrichtwert für den Nachtzeitraum überschreitet. Es ergeben sich Beurteilungspegel tags / nachts von bis zu

$$L_{r, \text{Tag/Nacht}} = 34,1 / 33,4 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in 13 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 die 2 Gebäude auf der **Ostseite** ergeben sich Beurteilungsschwingstärken von

$$KB_{FTr} = 0,045 / 0,034$$

und Beurteilungspegel von

$$L_{r, \text{Tag/Nacht}} = 21,6 / 20,9 \text{ dB(A)}.$$

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

6.8.3 „Wesentliche Änderung“

Der Sachverhalt der wesentlichen Änderung ist in **Anhang 9.3** dargestellt. Für 5 Gebäude, auf der **Westseite** der Trasse gelegen, (**IP116, IP127, 128, 129 und IP130**) ist der Sachverhalt der „**wesentlichen Änderung**“ infolge Erschütterungen gegeben.

Hier werden Erhöhungen der Beurteilungsschwingstärken von

$$\Delta K_{B_{FTR}} = +41 \% / +40 \%$$

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

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

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

Somit kann für die 5 Gebäude auf der **Westseite** der Trasse dem Grunde nach ein Anspruch auf eine erschütterungstechnische Schutzmaßnahme nicht ausgeschlossen werden. Dies sind die nachfolgend aufgeführten Gebäude:

- ☐ IP116: Im Sauerborn 42
- ☐ IP127: Am Hang 19,
- ☐ IP128: Am Hang 17,
- ☐ IP129: Am Hang 13
- ☐ IP130: Am Hang 11

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.

6.9 Ortslage Dortelweil-Ost

In Dortelweil-Ost wurden insgesamt 39 exemplarische Gebäude untersucht, wobei 16 davon auf der Ostseite liegen. 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.

6.9.1 Prognose-Nullfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Nullfall sind in **Anhang 10.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A** sind für die Gebäude auf der Ostseite in 3 Gebäuden (**IP139**, **IP141** und **IP142**) zu erwarten. Es ergeben sich Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FT} = 0,118 / 0,090.$$

Diese Immissionen schöpfen den Beurteilungsanhaltswert für Mischgebiete (**MI**) im Tag- bzw. Nachtzeitraum um bis zu

$$p_{\text{Tag/Nacht}} = 118 \% / 128 \%.$$

im Tag- bzw. Nachtzeitraum aus.

Für die Gebäude im Wohngebiet werden Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FT} = 0,087 / 0,069$$

ausgewiesen. Diese Immissionen schöpfen den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) im Tag- bzw. Nachtzeitraum um bis zu

$$p_{\text{Tag/Nacht}} = 124 \% / 137 \%$$

im Tag- bzw. Nachtzeitraum aus.

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

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 19,8 / 19,4 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in der Ortslage Dortelweil-Ost für 3 Gebäude im Prognose-Nullfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden können.

6.9.2 Prognose-Planfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Planfall sind in **Anhang 10.2** dargestellt. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r** sind für die Gebäude auf der Ostseite lediglich in 1 Gebäude (**IP141**) zu erwarten. Es ergeben sich Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTR} = 0,074 / 0,054.$$

Diese Immissionen schöpfen den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) im Tag- bzw. Nachtzeitraum um

$$p_{\text{Tag/Nacht}} = 105 \% / 108 \%$$

im Tag- bzw. Nachtzeitraum aus.

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

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 17,6 / 15,7 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in der Ortslage Dortelweil-Ost für 1 Gebäude im Prognose-Planfall erhebliche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden können.

6.9.3 „Wesentliche Änderung“

Der Sachverhalt der wesentlichen Änderung ist in **Anhang 10.3** dargestellt. Für die exemplarischen Gebäude auf der Ostseite ist der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ infolge Erschütterungen **nicht** gegeben. Hier werden Verringerungen im Tag- und Nachtzeitraum von bis zu

$$\Delta KB_{FTR} = -100 \% / -100 \%$$

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

$$\Delta L_{r, \text{Tag/Nacht}} = -2,2 \text{ dB(A)} / -4,4 \text{ dB(A)}.$$

Im Bereich Dortelweil-Ost besteht somit kein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorge-
maßnahmen.

6.10 Ortslage Dortelweil-West

Auf der Westseite beläuft sich die Anzahl der untersuchten Gebäude auf 23 von 39. 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 west-
lichen Bebauung hin. Die Trasse verläuft vorwiegend ebenerdig oder im leichten Einschnitt.

Gemäß den Angaben der Vorhabenträgerin wird sie für den Immissionsort „Hügelstraße 2“, die
in unmittelbarer Nähe zur Bahnstrecke liegt, die Eigentumsrechte erwerben.

6.10.1 Prognose-Nullfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Nullfall
sind in **Anhang 11.1** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A_r**
sind in 6 Gebäuden auf der Westseite (**IP157, IP158, IP159, IP161, IP165 und IP169**) zu erwarten.
Es ergeben sich Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTr} = 0,419 / 0,298.$$

Diese Immissionen schöpfen den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) im
Tag- bzw. Nachtzeitraum um bis zu

$$p_{\text{Tag/Nacht}} = 599 \% / 596 \%$$

aus.

Hinsichtlich des sekundären Luftschalls werden Beurteilungspegel ausgewiesen, die die heran-
ziehenden Immissionsrichtwerte unterschreiten. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r, \text{Tag/Nacht}} = 28,6 / 27,3 \text{ dB(A)}.$$

Dies bedeutet, dass in der Ortslage Dortelweil-West für 6 Gebäude im Prognose-Nullfall erheb-
liche Belästigungen infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen
nicht ausgeschlossen werden können.

6.10.2 Prognose-Planfall

Die Immissionen aus Erschütterungen und aus sekundärem Luftschall für den Prognose-Planfall sind in **Anhang 11.2** zusammengefasst. Eine Überschreitung der Beurteilungsanhaltswerte **A** sind in 8 Gebäuden auf der Westseite (**IP155, IP157, IP158, IP159, IP161, IP162, IP165 und IP171**) zu erwarten. Es ergeben sich Beurteilungsschwingstärken für den Tag- bzw. Nachtzeitraum von bis zu

$$KB_{FTR} = 0,466 / 0,331.$$

Diese Immissionen schöpfen den Beurteilungsanhaltswert für Allgemeine Wohngebiete (**WA**) im Tag- bzw. Nachtzeitraum um bis zu

$$p_{\text{Tag/Nacht}} = 666 \% / 662 \%$$

aus.

Hinsichtlich des sekundären Luftschalls werden ebenfalls Beurteilungspegel ausgewiesen, die die heranzuziehenden Immissionsrichtwerte unterschreiten. Es ergeben sich Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,\text{Tag/Nacht}} = 29,7 / 28,5 \text{ dB(A)}.$$

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

6.10.3 „Wesentliche Änderung“

Der Sachverhalt der wesentlichen Änderung ist in **Anhang 11.3** dargestellt. Für die exemplarischen Gebäude auf der Westseite ergibt sich ein Anspruch auf Vorsorgemaßnahmen für 2 Gebäude (**IP155 und IP157**). Hier werden Erhöhungen der Erschütterungsimmissionen von

$$\Delta KB_{FTR} = +115 \% / +111 \%$$

und Pegelerhöhungen von

$$\Delta L_{r,\text{Tag/Nacht}} = +5,8 \text{ dB(A)} / +5,7 \text{ dB(A)}$$

ausgewiesen.

Ein Anspruch auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen besteht im Bereich Dortelweil-West für insgesamt **2** Gebäude:

- ☐ IP155: Weitzesweg 1
- ☐ IP157: Kreisstraße 46a

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.

6.11 Extrapolation der Untersuchungsergebnisse

Die Prognose hinsichtlich der zukünftigen Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall infolge des Schienenverkehrs erfolgte für 171 exemplarische Gebäude, die im Jahr 2009, 2014, 2017/2018 und 2021 untersucht wurden. Von diesen 171 Gebäuden liegen 3 Immissionsorte (**IP113**, **IP122** und **IP123**) 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 **168** 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 8** wie auch in **Anhang 11.1** 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 **168** messtechnisch untersuchten Gebäuden im 60-m-Korridor kann für 12 Gebäude dem Grunde nach ein Anspruch auf erschütterungstechnische Schutzmaßnahmen nicht ausgeschlossen werden. Für die Gebäude in der Ortslage Bruchenbrücken ergeben sich keine Anspruchsberechtigungen. In der Ortslage Okarben-West besteht der Anspruch für insgesamt 3 Gebäude, die allerdings zurückgebaut werden. Daher werden sie bei der Betrachtung der Vorsorgemaßnahmen nicht berücksichtigt. Da für die restlichen, untersuchten Gebäude kein Anspruch besteht, ist für die Ortslage Okarben keine Konfliktanalyse erforderlich. Alle Gebäude, für

die ein Anspruch auf Vorsorgemaßnahme ausgewiesen wurde, befinden sich auf der westlichen Seite der Bahnanlage.

Ortslage	Anzahl				Anspruch				Quote [%]		
	Σ	0-20 m	21-40 m	41-60 m	Σ	0-20 m	21-40 m	41-60 m	0-20 m	21-40 m	41-60 m
BB	22	8	9	5	0	0	0	0	0%	0%	0%
NW-Ost	31	12	10	9	0	0	0	0	0%	0%	-
NW-West	19	7	7	5	2	2	0	0	29%	0%	0%
OK-Ost	32	16	10	6	0	0	0	0	0%	0%	0%
OK-West	8	3	1	4	3	3	0	0	100%	0%	0%
GK-Ost	2	0	2	0	0	0	0	0	-	0%	-
GK-West	15	6	5	4	5	5	0	0	83%	0%	0%
DW-Ost	16	5	4	7	0	0	0	0	0%	0%	0%
DW-West	23	11	10	2	2	2	0	0	18%	0%	0%
Summe	168	68	58	42	12	12	0	0			

Tabelle 8: Anspruchsberechtigung exemplarische Gebäude

mit

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

Alle anspruchsberechtigten Objekte liegen innerhalb des 20-m-Korridors und kein Objekt im Korridor von 21 m bis 40 m und von 41 m bis 60 m. Hieraus berechnen sich die in den letzten 3 Spalten der exemplarischen Analyse angegebenen Quoten in Prozent.

In **Tabelle 9** sind die hochgerechneten Quoten auf die Gesamtheit aller Gebäude innerhalb der Korridorbreiten zusammengefasst.

Ortslage	Anzahl				Anspruch			
	Σ	0-20m	21-40m	41-60m	Σ	0-20m	21-40m	41-60m
BB	61	11	25	25	0	0	0	0
NW-Ost	94	17	46	32	0	0	0	0
NW-West	53	8	16	29	2	2	0	0
OK-Ost	93	22	33	38	0	0	0	0
OK-West	21*	3	1	17	3*	3*	0	0
GK-Ost	4	1	3	0	0	0	0	0
GK-West	35	11	12	12	9	9	0	0
DW-Ost	36	5	13	18	0	0	0	0
DW-West	71*	19*	30	22	3	3	0	0
Summe	468*	97	178	193	17*	17	0	0
* 3 Gebäude in OK-West und 1 Gebäude in DW-West werden zurückgebaut								

Tabelle 9: Anspruchsberechtigung aller Gebäude

Es befinden sich **468 Gebäude** innerhalb der Korridorbreite von 60 m. 97 Objekte liegen im 20 m Korridor, 178 Objekte im Korridor 21 m bis 40 m und 193 Gebäude im Korridor 41 m bis 60 m. Eine Anspruchsberechtigung ergibt sich für insgesamt **17 Gebäude**, die alle innerhalb des 20-m-Korridors liegen. In **Tabelle 9** ist für jede Ortslage die Gesamtheit aller Gebäude aufgeführt. Eine Anspruchsberechtigung auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen ergibt sich im Einwirkungsbereich des hier behandelten gesamten Streckenabschnittes für insgesamt

N = 17 Gebäude.

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

6.12 Dimensionierung von Vorsorgemaßnahmen

6.12.1 Anspruchsberechtigung

Ist im Rahmen der Planung für den Neu- oder Ausbau einer Bahnstrecke davon auszugehen, dass die zu erwartenden Erschütterungsbelastungen die Beurteilungskriterien für eine oder mehrere Immissionsorte überschreiten, so haben die betroffenen Anlieger gemäß §74 des VwVfG /4/ einen Anspruch auf entsprechende Minderungsmaßnahmen. Der Anspruch auf Zahlung einer Entschädigung kommt nur zum Tragen, wenn keine geeigneten Schutzmaßnahmen zur Verfügung stehen oder die Kosten hierfür unverhältnismäßig hoch sind. Zurzeit gibt es zur Minderung von Erschütterung keine standardisierten Maßnahmen. Deshalb ist für jeden Einzelfall eine individuell geeignete Lösung zu generieren.

6.12.2 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.

6.12.3 Maßnahmen an der Quelle

6.12.3.1 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.

6.12.3.2 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.

6.12.3.3 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 anderen 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, verbunden mit einem erhöhten Flächenbedarf entlang der Strecke.

6.12.3.4 Besohlte Schwellen

Eine weitere oberbautechnische Möglichkeit zur Reduzierung der Körperschallemissionen stellen elastische Schwellensohlen unter Betonschwellen dar, die so genannten „Besohnten 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. Im erschütterungstechnisch relevanten „tieferen“ Frequenzbereich bis ca. 40 Hz erfolgt jedoch nur eine geringe Minderung der Schwingungsemissionen im Vergleich zu dem Optimalen 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.

Des Weiteren ist hinsichtlich der Auswirkungen des Einbaus von besohnten Schwellen auf die Belange des Erschütterungsschutzes festzustellen, dass die Maßnahme neben der oben dargestellten Einfügungsdämmung den weiteren Vorteil einer erhöhten Gleislagequalität mit sich bringt. Das bedeutet, dass durch den Einbau „besohlter Schwellen“ darüber hinaus ein positiver Einfluss auf die maßgebliche Ursache der schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen, nämlich den instationäre Abrollvorgang von Stahlrädern auf Stahlschienen, erfolgt. Durch die Erhöhung der Gleislagequalität kommt es bereits an der Quelle zu einer Minderung der Erschütterungen. durch den Einbau „besohlte Schwellen“ erwartet werden, dass die Gleislagequalität einer Strecke mit

„besohlten Schwellen“ signifikant besser ist, als bei einem Standard Schotteroberbau und sich somit eine reduzierte Schwingungsemission ergibt.

Es sollte darauf geachtet werden, dass keine besonders weichen Schwellensohlen verwendet werden. Diese sogenannten „hochelastische Schwellensohlen“, die einen Bettungsmodul unterhalb von $0,10 \text{ N/mm}^3$ aufweisen, können im Bereich der typischen Deckeneigenfrequenzen (16 Hz bis 31,5 Hz) zu ausgeprägten Resonanzphänomenen führen. Das bedeutet, dass deren Einsatz eine Verstärkung der Erschütterungseinwirkungen zu Folge haben kann. Darüber hinaus ist auch bekannt, dass „hochelastische Schwellensohlen“ unter Umständen nachteilige Wirkungen auf die primären Luftschallimmissionen des Schienenverkehrs haben können.

6.12.4 Maßnahmen im Ausbreitungsweg

6.12.4.1 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 Tiefenerstreckung der Abschirmung sehr aufwendig. Die erforderliche Tiefenerstreckung 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 Einbautiefen 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.

6.12.4.2 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 Wandeinbauten 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.

6.12.5 Maßnahmen am Immissionsort

6.12.5.1 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.

6.12.5.2 Elastische Auflagerung von Gebäuden

Im Sinne einer passiven Erschütterungsschutzmaßnahme kann eine nachträgliche elastische Lagerung eines Gebäudes zur Minderung der Erschütterungsmissionen 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 eingegangen 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 Elastomerfederelemente 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.

6.13 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 6.12 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 besohnten 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 und der erhöhte Flächenbedarf für das System gegenüber den besohnten 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 des berücksichtigten Systems BSO und der besohnten Schwellen sind in **Anhang 12.1** und **Anhang 12.2** dargestellt. Die beschriebenen oberbautechnischen Vorsorgemaßnahmen sind für nachfolgende, in **Tabelle 10** ausgewiesene, Streckenabschnitte vorzusehen.

Die Kilometrierung bezieht sich auf die der Strecke 3900 (**Anhang 12.3**). 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 12.4**.

Ortslage	Vorsorgemaßnahme			
	Strecke 3900		Strecke 3684	
	von km	bis km	von km	bis km
Nieder-Wöllstadt	172,050	173,800	172,050	173,800
Groß-Karben	178,170	178,580	178,170	178,580
Dortelweil	181,000	182,100	181,000	182,100

Tabelle 10: Erforderliche Erstreckung der Vorsorgemaßnahme

6.14 Prognose mit Vorsorgemaßnahmen

Gemäß der EBA-Verfügung zum Umgang mit betriebsbedingten Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der Planfeststellung /6/ sind weiterhin bei der Betrachtung von Vorsorgemaßnahmen die Anhaltswerte bzw. die zulässigen Innenschallpegel einzuhalten. Bei einer Änderung der bestehenden Bahnstrecke gelten Konflikte als gelöst, wenn durch die Vorsorgemaßnahme die vorhabenbedingte Zunahme der Immissionen aus Erschütterungen bzw. sekundärem Luftschall auf unter 25 % bzw. 3 dB(A) gesenkt werden können.

Die Immissionen unter Berücksichtigung der jeweiligen Vorsorgemaßnahme werden für alle untersuchten Räume getrennt für den Tag- und Nachtzeitraum ausgewiesen und beurteilt. **Grün** hinterlegte Felder bedeuten, dass das oben genannte Kriterium erfüllt ist. Bei **rot** hinterlegten Feldern ist das Kriterium für den „gelösten Fall“ nicht erfüllt.

6.14.1 Ortslage Nieder-Wöllstadt West

Die unter Berücksichtigung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmenvarianten 1 bis 4 berechneten Immissionen sind in **Anhang 5.4** bis **Anhang 5.11** dokumentiert. Die Schwingungsimmissionen für die Ortslage Nieder-Wöllstadt im Planfall mit Schutzsystem erreichen maximalen Beurteilungsschwingstärken tags bzw. nachts von

$KB_{FTr} = 0,070 / 0,056$ (Variante 1)

$KB_{FTr} = 0,076 / 0,060$ (Variante 2)

$KB_{FTr} = 0,107 / 0,085$ (Variante 3)

$KB_{FTr} = 0,109 / 0,087$ (Variante 4)

Diese Ergebnisse für die exemplarischen Gebäude belegen, dass die Erschütterungsimmissionen deutlich reduziert werden können. Die Änderungen der Prognosewerte unter Berücksichtigung der Vorsorgemaßnahme gegenüber dem Prognose-Nullfall belaufen sich für die Immissionsorte (**IP69** und **IP70**), für die der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ ausgewiesen wurde, auf maximal

$$\Delta KB_{FTR} = +44 \% / +33 \% \text{ (Variante 1)}$$

$$\Delta KB_{FTR} = +44 \% / +33 \% \text{ (Variante 2)}$$

$$\Delta KB_{FTR} = +68 \% / +60 \% \text{ (Variante 3)}$$

$$\Delta KB_{FTR} = +72 \% / +63 \% \text{ (Variante 4)}$$

Eine Einhaltung der Anhaltswerte der **DIN 4150-2** kann bei den oben beschriebenen Vorsorgemaßnahmen nur mit den Varianten 1 und 2 erreicht werden. Durch den Einbau der „besohnten Schwellen“ wird hingegen der Konflikt an **IP69** nicht gelöst.

6.14.2 Ortslage Groß-Karben

Die unter Berücksichtigung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmenvarianten 1 bis 4 berechneten Immissionen für die Ortslage Groß-Karben sind in **Anhang 9.4** bis **Anhang 9.11** dokumentiert. Die Schwingungsimmissionen im Planfall mit Schutzsystem erreichen maximalen Beurteilungsschwingstärken für die Immissionsorte (**IP116, IP127, IP128, IP129** und **IP130**), für die der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ ausgewiesen wurde, tags bzw. nachts von

$$KB_{FTR} = 0,124 / 0,096 \text{ (Variante 1)}$$

$$KB_{FTR} = 0,128 / 0,100 \text{ (Variante 2)}$$

$$KB_{FTR} = 0,129 / 0,095 \text{ (Variante 3)}$$

$$KB_{FTR} = 0,135 / 0,100 \text{ (Variante 4)}$$

Diese Ergebnisse für die exemplarischen Gebäude belegen, dass die Erschütterungsimmissionen deutlich reduziert werden können. Die Änderungen der Prognosewerte unter Berücksichtigung der Vorsorgemaßnahme gegenüber dem Prognose-Nullfall belaufen sich für die Immissionsorte (**IP116, IP127, IP128, IP129** und **IP130**), für die der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ ausgewiesen wurde, auf maximal

$$\Delta KB_{FTR} = +9 \% / +7 \% \text{ (Variante 1)}$$

$$\Delta KB_{FTR} = +11 \% / +8 \% \text{ (Variante 2)}$$

$$\Delta KB_{FTR} = +4 \% / +2 \% \text{ (Variante 3)}$$

$$\Delta KB_{FTR} = +11 \% / +7 \% \text{ (Variante 4)}$$

Diese Ergebnisse für exemplarische Gebäude in der Ortslage Groß-Karben belegen, dass bei allen Varianten die Erschütterungsimmissionen zum Teil deutlich reduziert werden können. Das Kriterium für den „gelösten Fall“ wird somit für alle 4 Varianten erfüllt.

6.14.3 Ortslage Dortelweil-West

Die unter Berücksichtigung der empfohlenen Vorsorgemaßnahmenvarianten 1 bis 4 berechneten Immissionen für die Ortslage Dortelweil-West sind in **Anhang 11.4** bis **Anhang 11.11** dokumentiert. Die Schwingungsimmissionen im Planfall mit Schutzsystem erreichen maximalen Beurteilungsschwingstärken für die Immissionsorte (**IP155** und **IP157**), für die der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ ausgewiesen wurde, tags bzw. nachts von

$$\mathbf{KB_{FTR} = 0,085 / 0,068 \text{ (Variante 1)}}$$

$$\mathbf{KB_{FTR} = 0,087 / 0,069 \text{ (Variante 2)}}$$

$$\mathbf{KB_{FTR} = 0,091 / 0,069 \text{ (Variante 3)}}$$

$$\mathbf{KB_{FTR} = 0,093 / 0,071 \text{ (Variante 4)}}$$

Diese Ergebnisse für die exemplarischen Gebäude belegen, dass die Erschütterungsimmissionen deutlich reduziert werden können. Die Änderungen der Prognosewerte unter Berücksichtigung der Vorsorgemaßnahme gegenüber dem Prognose-Nullfall belaufen sich für die Immissionsorte (**IP155** und **IP157**), für die der Sachverhalt der „wesentlichen Änderung“ ausgewiesen wurde, auf maximal

$$\mathbf{\Delta KB_{FTR} = +53 \% / +48 \% \text{ (Variante 1)}}$$

$$\mathbf{\Delta KB_{FTR} = +53 \% / +48 \% \text{ (Variante 2)}}$$

$$\mathbf{\Delta KB_{FTR} = +55 \% / +53 \% \text{ (Variante 3)}}$$

$$\mathbf{\Delta KB_{FTR} = +55 \% / +53 \% \text{ (Variante 4)}}$$

Diese Ergebnisse für exemplarische Gebäude in der Ortslage Dortelweil-West belegen, dass bei allen Varianten die Erschütterungsimmissionen zum Teil deutlich reduziert werden können. Das Kriterium für den „gelösten Fall“ wird für alle 4 Varianten jedoch nicht erfüllt.

6.15 Prüfung der möglichen Grundrechtsverletzungen

Die Ergebnisse der erschütterungstechnischen Untersuchung zeigen, dass an vier Immissionsorten die Intensitäten einzelner Zugvorbeifahrten im Prognose-Nullfall in der Größenordnung von 1,6 liegen:

- ☐ IP50: Kudlich Siedlung 13, Nieder-Wöllstadt
- ☐ IP108: Friedberger Straße 1, Okarben
- ☐ IP120: Bahnhofstraße 203c, Groß-Karben
- ☐ IP165: Hügelstraße 2, Dortelweil

Für den Immissionsort „Kudlich Siedlung 13“ wird im Prognose-Planfall durch die Verlagerung des Fernverkehrs auf die westlich angebauten neuen Gleise der Strecke 3900 eine Verbesserung der erschütterungstechnischen Belastung erreicht. Der Schwellenwert der maximalen bewerteten Schwingstärke von 1,6 wird deutlich unterschritten. Auch die prognostizierten Beurteilungsschwingstärken liegen im Prognose-Planfall unter der Zumutbarkeitsschwelle der Beurteilungsschwingstärken.

Bei den Immissionsorten „Friedberger Straße 1“ und „Hügelstraße 2“ handelt es sich um Immissionsorte in Okarben bzw. Dortelweil, die unter „enteignungsgleichen Eingriff“ fallen und zurückgebaut werden.

Somit kommt es, bedingt durch die heranrückenden Gleise, in einem Fall zu einer Erhöhung der Erschütterungsintensitäten. Im Prognose-Nullfall wird für den Immissionsort „Bahnhofstraße 203c“ der KB_{Fmax} -Wert von 1,722 und im Prognose-Planfall der KB_{Fmax} -Wert von 1,913 ermittelt. Die KB_{FTr} -Werte liegen im Prognose-Planfall mit 0,352 am Tag und 0,265 in der Nacht ebenfalls über der Zumutbarkeitsschwelle. Dementsprechend müssen Maßnahmen zur Reduktion der Erschütterungen in Betracht gezogen werden, obwohl für diesen Immissionsort der Sachverhalt einer wesentlichen Änderung nicht gegeben ist.

Gemäß der in **Kapitel 6.14.2** durchgeführten Variantenbetrachtung werden bei Variante 1 und 2 die oben genannten KB_{Fmax} - und KB_{FTr} -Werte unwesentlich gemindert. Das liegt daran, dass die Deckeneigenfrequenz des im 1. Obergeschoss befindlichen Raumes genau in diesem Frequenzbereich liegt, in dem das System BSO keine Minderung erwirkt. Hingegen werden mit der Vorsorgemaßnahme „besohlte Schwelle“ (Variante 3 und 4) Prognosewerte erreicht, die die Zumutbarkeitsschwellenwerte deutlich unterschreiten.

Demgemäß wird zur Gewährleistung des Eigentums- und Gesundheitsschutzes am Immissionsort „Bahnhofstraße 203c“ in Groß-Karben empfohlen, besohlte Schwellen als Vorsorgemaßnahme zu verwenden.

7 Konfliktanalysen

Mit Hilfe der in **Kapitel 6.14** dargestellten Varianten wurden für die exemplarischen Gebäude in den Ortslagen Nieder-Wöllstadt, Groß-Karben und Dortelweil die Wirkungsweise der einzelnen Vorsorgemaßnahmenvarianten hinsichtlich der Reduzierung der Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall untersucht. In den **Anhängen 13.2, 13.4, 13.6 und 13.8** 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.

Die exemplarischen Gebäude in Okarben-West, die im 20-m-Korridor liegen und für die der Sachverhalt der wesentlichen Änderung ausgewiesen wurde, werden in den Anhängen zwar dargestellt, entfallen jedoch bei der Abwägungsbetrachtung, da diese Gebäude zurückgebaut werden. Dementsprechend wird für die Ortslage Okarben-West kein Konflikt ausgelöst.

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 sind die Gebäude mit Restkonflikt und die konfliktfreien Gebäude unter Berücksichtigung der einzelnen Vorsorgemaßnahmenvarianten zusammengefasst.

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-West	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
Groß-Karben-West	9	9	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0
Dortelweil-West	3	3	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0
Summe	14	14	0	0	1	1	0	0	13	13	0	0

Tabelle 11: Konfliktanalyse – Variante 1

Ortslage	Gebäude mit An- spruch				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-West	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
Groß-Karben-West	9	9	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0
Dortelweil-West	3	3	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0
Summe	14	14	0	0	1	1	0	0	13	13	0	0

Tabelle 12: Konfliktanalyse – Variante 2

Ortslage	Gebäude mit An- spruch				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-West	2	2	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
Groß-Karben-West	9	9	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0
Dortelweil-West	3	3	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0
Summe	14	14	0	0	2	2	0	0	12	12	0	0

Tabelle 13: Konfliktanalyse – Variante 3

Ortslage	Gebäude mit An- spruch				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-West	2	2	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
Groß-Karben-West	9	9	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0
Dortelweil-West	3	3	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0
Summe	14	14	0	0	2	2	0	0	12	12	0	0

Tabelle 14: Konfliktanalyse – Variante 4

Aus den in **Tabelle 11** bis **Tabelle 14** 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 gelösten Schutzfälle aus der Anzahl der konfliktfreien Gebäude multipliziert mit dem Faktor 2 (2 Wohneinheiten je Gebäude).

8 Abwägung des Aufwandes zum Schutzzweck

In den **Tabelle 11** bis **Tabelle 14** ist für jede Variante die Anzahl der Gebäude mit Konfliktfreiheit getrennt für die 3 Ortslagen Nieder-Wöllstadt-West, Groß-Karben-West und Dortelweil-West zusammengefasst. Im Rahmen der Abwägung werden nun für die einzelnen Varianten die Gesamtkosten für die Vorsorgemaßnahme sowie die Kosten je gelöstem Schutzfall verglichen. 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 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 wird. Die Mehrkosten ergeben sich also ausschließlich aus dem Einbau der jeweiligen Schutzvorrichtungen.

Die Mehrkosten gegenüber einem Standard-Schotteroberbau (Sch0) wurden gemäß den Angaben der DB Netz AG (Stand 2021) für die oberbautechnischen Schutzmaßnahmen wie folgt ermittelt:

<input type="checkbox"/> Besohlte Schwelle:	Neubau	90 € / m Gleis
<input type="checkbox"/> System BS0:	Neubau	1200 € / m Gleis

In **Anhang 10.4** sind die Umbau- und Neubaubereiche der einzelnen Gleise der Strecken 3900 und 3684 tabellarisch zusammengefasst.

Die Abwägung des Aufwandes zum Schutzzweck ist für die 4 Varianten in **Anhang 13.3**, **Anhang 13.5**, **Anhang 13.7** und **Anhang 13.9** dargestellt. In **Anhang 13.10** sind die Abwägungen für die betrachteten Varianten sowie für die einzelnen Ortslagen zusammengefasst. Hier sind die gelösten Schutzfälle, die Gesamtmehrkosten je Vorsorgemaßnahmen und die Kosten je gelösten Schutzfall dargestellt. In der unteren Tabelle des Anhangs wurden die Kosten für die einzelne

Variante je zusätzlich gelösten Schutzfall berechnet. Als Referenzwert wurde die Variante 4 genommen, da für die Ortslage Nieder-Wöllstadt-West gegenüber der Variante 1 und 2 weniger Schutzfälle gelöst wurden.

Ortslage	Kosten je gelösten Schutzfall			
	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Nieder-Wöllstadt-West	2.100.000 €	1.050.000 €	315.000 €	157.500 €
Groß-Karben-West	109.333 €	54.667 €	8.200 €	4.100 €
Dortelweil-West	1.320.000 €	660.000 €	99.000 €	49.500 €

Tabelle 15: Kosten je gelösten Schutzfall

Ortslage	Kosten je zusätzlich gelösten Schutzfall			
	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Nieder-Wöllstadt-West	4.042.500 €	1.942.500 €	0 €	0 €
Groß-Karben-West	0 €	0 €	0 €	0 €
Dortelweil-West	0 €	0 €	0 €	0 €

Tabelle 16: Kosten je zusätzlich gelösten Schutzfall gegenüber der Variante 4

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 und 2 alle 4 Schutzfälle gelöst werden. Mit Variante 3 und 4 hingegen werden jeweils 2 Schutzfälle gelöst. Mit **Variante 1** und **Variante 2** können zwar die meisten Konflikte gelöst werden, sie sind aber auch mit Abstand die teuersten Schutzmaßnahmen (**8.400.000 € bzw. 4.200.000 €**). Mit **Variante 3** und **Variante 4** kann hingegen nur die Hälfte der Konflikte (2) gelöst werden. Die Gesamtmehrkosten belaufen sich auf **630.000 € bzw. 315.000 €**. Betrachtet man die Kosten je zusätzlich gelösten Schutzfall, so belaufen sich die Mehrkosten pro gelösten Schutzfall auf 4.042.500 € bzw. 1.942.500 €. Demgemäß sind die Kosten für die Varianten 1 und 2 als unverhältnismäßig einzustufen.

Mit **Variante 4** (besohlte Schwellen in allen 4 Gleisen) können genauso viele Schutzfälle wie mit Variante **3** gelöst werden. Die Kosten sind jedoch um den Faktor 2 geringer. Daher ist für den Bereich Nieder-Wöllstadt **Variante 4** als Vorzugsvariante zu präferieren.

8.2 Groß-Karben

In **Groß-Karben** können mit allen 4 Varianten alle 18 Schutzfälle gelöst werden. **Variante 1** scheidet auf Grund der Gesamtmehrkosten gegenüber der Variante 4 (Faktor 27) als Vorzugsvariante aus. Bei **Variante 2** liegt der Faktor für die Gesamtmehrkosten bei ca. 13, bei **Variante 3** bei Faktor 2. Da bei allen Varianten gleich viele Konflikte gelöst werden, ist für den Bereich Groß-Karben die **Variante 4** als Vorzugsvariante zu präferieren, da hier die geringsten Mehrkosten entstehen.

Ein weiterer Grund, hier das System „besohlte Schwellen“ zu präferieren, ist die in Kapitel 6.15 betrachtete Verletzung des Eigentums- und Gesundheitsschutzes am Immissionsort „Bahnhofstraße 203c“. Mit dem System „besohlte Schwellen“ können die Zumutbarkeitsschwellenwerte mit Abstand eingehalten werden.

8.3 Dortelweil

Für die Ortslage **Dortelweil** können mit keiner der betrachteten Variante alle Konflikte gelöst werden. Jedoch ist die Anzahl der gelösten Konflikte bei allen Varianten gleich. Zieht man zum Vergleich die Mehrkosten heran, so sind die Kosten je gelösten Schutzfall mit der **Variante 4** (49.500 €) am geringsten. **Variante 3** ist um Faktor 2 teuer, die Varianten mit dem System BSO sind mit Abstand teurer. Daher ist auch hier **Variante 4** zu präferieren.

9 Empfehlung für ein Beweissicherungskonzept

In Anbetracht des Sachverhaltes, dass erschütterungstechnische Immissionsprognosen stets mit einer Unsicherheit in der Größenordnung von +0% / - 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 171 Gebäude in den Untersuchungsumfang einbezogen, von denen 168 Gebäude innerhalb des 60-m-Korridors liegen. Von diesen Gebäuden werden 3 Gebäude in Okar-

ben-West (**IP113**, **IP122** und **IP123**), für die der Sachverhalt einer wesentlichen Änderung festgestellt wurde, und 1 Gebäude in Dortelweil-West (**IP165**) zurückgebaut. Für insgesamt **9** der **164** verbleibenden Gebäude (siehe **Anhang 13.1**) wurde eine Anspruchsberechtigung auf erschütterungstechnischen Vorsorgemaßnahmen festgestellt. Demgemäß ist es sachgerecht an 9 messtechnisch untersuchten Gebäuden, für die kritische Erschütterungsimmissionen festgestellt wurden, nach Inbetriebnahme Beweissicherungsmessungen zu fordern. Die im Rahmen dieser Beweissicherung erhobenen 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, was aufgrund des Verfahrens der „oberen Abschätzung“ zu erwarten ist, kann dies als Nachweis dafür gewertet werden, dass die hier präsentierten Ergebnisse tatsächlich obere Abschätzungen darstellen.

Für den Fall, dass die im Rahmen der Beweissicherung an den 9 Gebäuden erhobenen Beurteilungsschwingstärken oberhalb der prognostizierten Werte liegen, muss im Lichte der sich dann konkret darstellenden Sachlage über eine sinnvolle Ausdehnung des Beweissicherungsprogramms entschieden werden. Im ungünstigsten Fall kann es sich als sachgerecht erweisen, die Beweissicherungsmessungen an sämtlichen im Vorfeld messtechnisch untersuchten 164 Gebäuden innerhalb des 60-m-Korridors durchzuführen.

10 Abschließende Bemerkungen

Um die zukünftigen Erschütterungseinwirkungen infolge des Ausbaus der DB-Strecke zwischen Bad Vilbel und Friedberg prognostizieren zu können, wurden bereits im Jahr 2010 messtechnischen Untersuchungen an 20 exemplarischen Gebäuden im Einwirkungsbereich der Strecke und darauf aufgebaut eine erschütterungstechnische Untersuchung durchgeführt. Im Jahr 2014 wurde die erschütterungstechnische Untersuchung um 58 und im Jahr 2017/2018 um weitere 11 Gebäude ausgeweitet. Schließlich wurde im Jahr 2021 eine umfangreiche Untersuchung mit den zusätzlichen 82 Gebäuden durchgeführt, um die geforderte Quote von einem Drittel aller Gebäude im 60-m-Korridor zu erreichen.

Die durchgeführten Erschütterungsprognosen zeigten jedoch keine Abweichungen bei den empfohlenen Vorsorgemaßnahmen. Die neuen Untersuchungen bestätigten somit die bereits empfohlenen Schutzmaßnahmen. Demnach führt ein größerer Umfang an Stichproben zum gleichen Ergebnis, wie z. B. die Prognose von 2014 mit einem deutlich kleineren Umfang.

Die aktuelle erschütterungstechnische Untersuchung zeigt, dass in allen Ortslagen sowohl im Prognose-Nullfall, das heißt ohne die geplante Ausbaumaßnahme als auch im Prognose-Planfall

(mit Ausbaumaßnahme) ein relevantes Konfliktpotential infolge der schienenverkehrsinduzierten Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall zu erwarten ist. Eine Anspruchsberechtigung auf erschütterungstechnische Vorsorgemaßnahmen ergibt sich für die Gebäude in Nieder-Wöllstadt, Groß-Karben und Dortelweil. Eine vollständige Konfliktlösung in allen Ortslagen ist jedoch nicht möglich.

Betrachtet man den wirtschaftlichen Aufwand für die nach dem gegenwärtigen Stand der Technik verfügbaren oberbautechnischen Vorsorgemaßnahmen, so ist dieser für die Ortslagen Nieder-Wöllstadt, Groß-Karben und Dortelweil für **Variante 4** (besohlte Schwellen in 2 Gleisen der Strecke 3900) als **verhältnismäßig** einzustufen.

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).

AUFGESTELLT:


B. Eng. Mikis Gutsche

GEPRÜFT:


Dipl.-Phys. Andreas Malizki

ENDE DES BERICHTS

ANHÄNGE