

Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart

Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg

Bereich Stuttgart-Wendlingen mit Flughafenbindung

Planfeststellungsabschnitt 1.3, Filderbereich mit Flughafenbindung

Teilabschnitt 1.3b, Gäubahnführung



Erläuterungsbericht

Erschütterungen - Bauphase

Nur zur Information

Vorhabenträger:

DB Netz AG



Großprojekte Südwest

Schwarzwaldstraße 82

76137 Karlsruhe

Vertreter des Vorhabenträgers:

DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH

I.GV (3)

Räpplenstraße 17

70191 Stuttgart

15.03.2017 gez. i.V. Breidenstein

Verfasser:

Ingenieurgemeinschaft Stuttgart 21 - PFA 1.3



Hasenbergstraße 31

70178 Stuttgart

15.03.2017 gez. i.V. G. Schneider

Genehmigungsvermerk Eisenbahn-Bundesamt

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Allgemeines.....	1
1.1 Projektbeschreibung	1
1.2 Aufgabenstellung	1
2 Grundlagen.....	2
2.1 Was sind Erschütterungen und sekundärer Luftschall?	2
2.2 Wodurch entstehen Erschütterungen und sekundärer Luftschall?	2
2.3 Allgemeines zu Erschütterungen während der Bauzeit	3
2.4 Bauerschütterungen bezogen auf den Menschen (DIN 4150 Teil 2)	3
2.5 Erschütterungen bezogen auf Gebäude (DIN 4150 Teil 3).....	5
2.6 Erschütterungen durch Gründungsarbeiten und Verdichtungsarbeiten	5
2.7 Grundlagen der Prognoseberechnung	7
3 Beurteilung der Baumaßnahmen	9
3.1 Bau der Rohrer Kurve	10
3.2 Aufweitung Gleise.....	11
3.3 Verlegung der Speisekabel / Randwegverbreiterung	11
3.4 Anpassung Kappen EÜ Markomannenstraße bei km 20,977	12
3.5 Anpassung Kappen EÜ Max-Lang-Straße bei km 21,563	13
3.6 Erweiterung der S-Bahnstation am Flughafen um ein drittes Gleis	13
4 Zusammenfassung	15
Literaturverzeichnis	16

Tabellenverzeichnis

Seite

Tab. 1: Anhaltswerte nach Tabelle 2 der DIN 4150-2 für die Beurteilung von Erschütterungen durch Baumaßnahmen tagsüber	4
Tab. 2: Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3, Tabelle 1	5
Tab. 3: Minimaler Arbeitsabstand bei erschütterungsträchtigen Bauarbeiten	6

Abbildungsverzeichnis

Seite

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Ausbreitung von Erschütterungen	2
---	---

Abkürzungsverzeichnis

s. Unterlage 17.1

1 Allgemeines

1.1 Projektbeschreibung

Der Planfeststellungsabschnitt (PFA) 1.3b umfasst die Anbindung der Gäubahn Stuttgart – Horb über den Flughafen Stuttgart an die NBS Stuttgart – Ulm.

Im Einzelnen gliedert sich der PFA 1.3b in folgende Bestandteile:

- Rohrer Kurve
- Anpassungsmaßnahmen an der Bestandsstrecke 4861 zwischen Stuttgart Rohr und Flughafen
- Errichtung einer neuen Fernbahnstation am Flughafen parallel zur bestehenden S-Bahn-Station („Station 3. Gleis“)
- Flughafenkurve

Der Neubau der Rohrer Kurve als Verbindung zwischen den Strecken 4860 Stuttgart – Horb und 4861 Stuttgart – Filderstadt ermöglicht die direkte Fahrbeziehung zwischen Böblingen und dem Flughafen über die für den Fernverkehr angepasste Strecke 4861. Durch die neue Fernbahnstation am Flughafen wird dieser direkt an den Bahnverkehr im Süden Stuttgarts angeschlossen.

Der vorliegende Bericht enthält eine Erschütterungstechnische Untersuchung zum Baubetrieb für den PFA 1.3b.

1.2 Aufgabenstellung

Aufgabe der vorliegenden Untersuchung ist es zu prüfen, ob und ggf. wo sich infolge der geplanten Baumaßnahmen im PFA 1.3b Beeinträchtigungen für die Anwohner und Bebauung in der Umgebung der Baustellen durch Bauerschütterungen ergeben. Ggf. sind Schutzmaßnahmen vorzuschlagen.

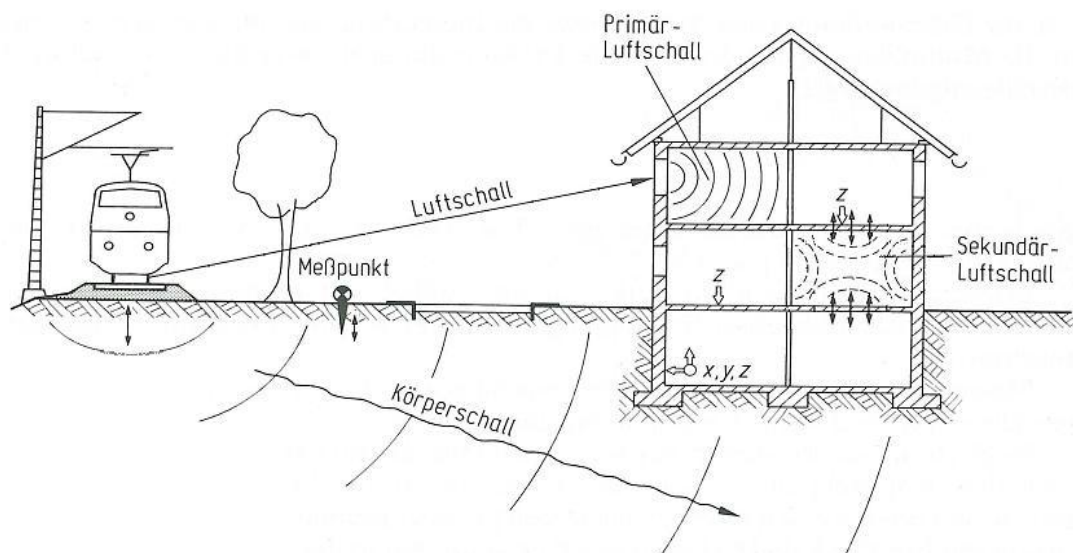
2 Grundlagen

2.1 Was sind Erschütterungen und sekundärer Luftschall?

Erschütterungsimmissionen bestehen aus - fühlbaren - mechanischen Schwingungen (Vibrationen, Erschütterungen), und - hörbarem - sekundärem Luftschall, der durch die Schallabstrahlung schwingender Raumbegrenzungsflächen entsteht. Die physikalische Größe, die zur Beschreibung der Erschütterungseinwirkungen überwiegend verwendet wird, ist die Schwinggeschwindigkeit (oder Körperschall-Schnelle), die i.d.R. als Pegel (dB, bezogen auf 5×10^{-5} mm/s) angegeben wird. Sie ist in Festkörpern (Erdboden, Bausubstanz) stark frequenzabhängig und muss daher spektral betrachtet werden.

2.2 Wodurch entstehen Erschütterungen und sekundärer Luftschall?

Beispielsweise entstehen bei einer Zugvorbeifahrt oder Rammarbeiten dynamische Kräfte, die über den Entstehungsort auf den Untergrund einwirken. Hiervon gehen Erschütterungen aus, die sich über den Baugrund ausbreiten und mit zunehmendem Abstand vermindern. Benachbarte Bauwerke werden von den Erschütterungen am Fundament erfasst und ebenfalls zu Schwingungen angeregt, die sich innerhalb der Gebäude aufgrund deren Eigendynamik verstärken oder abschwächen können. Diese Erschütterungen können von Menschen wahrgenommen werden, wenn sie eine bestimmte „Fühlbarkeitsschwelle“ überschreiten. Man unterscheidet bei der Ausbreitung von Erschütterungen die Bereiche Emission / Transmission / Immission.



I-----1. Emission-----I-----2. Transmissions-----I-----3. Immission-----I

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Ausbreitung von Erschütterungen

Neben Erschütterungen können die in die Gebäude eingetragenen Schwingungen auch sogenannten „sekundären Luftschall“ hervorrufen. Hierunter versteht man den durch die Schwingungsanregung von Umfassungsbauteilen (Wände, Wohnungsdecken) abgestrahlten Schallanteil innerhalb von Räumen. Dieser kann u. U. als tieffre-

quentes Geräusch wahrgenommen werden. Sekundärer Luftschall ist vor allem in Räumen wahrzunehmen, die gegenüber dem von außen einwirkenden Luftschall (Primärschall) abgeschirmt sind.

2.3 Allgemeines zu Erschütterungen während der Bauzeit

Erschütterungsintensive Arbeiten sind beim Bau von Verkehrswegen erfahrungsgemäß unvermeidbar. Verdichtungsarbeiten des Erdbodens, Aushub, Bewegungen von Bau- und Transportgeräten können Erschütterungsimmissionen hervorrufen. Hohe Belastungen durch Erschütterungsimmissionen können z.B. bei Rammarbeiten auftreten.

Die Körperschalleinleitung in den Erdboden, die Ausbreitung im Boden und die Übertragung in Gebäude sind jeweils wegen unterschiedlicher Bodeneigenschaften wie z.B. Inhomogenitäten, Filterwirkung eingeschlossener Lockerbodenschichten, Brechung und Reflexion von Wellen an Grenzschichten und Übergängen sehr komplex. In der Regel kann mit Hilfe von messtechnisch ermittelten Emissionen anhand statistisch oder individuell ermittelter Gebäude-Übertragungsfaktoren eine Aussage über die erschütterungstechnischen Einwirkungen auf die vorhandene Bebauung getroffen werden.

Die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen wird gemäß DIN 4150 Teil 2 [3] anhand von KB-Werten vorgenommen. Bei dem KB-Wert (eigentlich präzise: $KB_{F(t)}$) handelt es sich um eine der menschlichen Wahrnehmung angepasste Größe für die Erschütterungen. Die Norm unterscheidet folgende wesentliche Beurteilungsgrößen:

KB_{Fmax} : Maximalwert von $KB_{F(t)}$ während des Beurteilungszeitraumes

KB_{FTT} : Aus den energetisch gemittelten Taktmaximalpegeln (KB_{FTm}) der einzelnen Ereignisse über den jeweiligen Beurteilungszeitraum (Tag / Nacht) durch energetische Addition berechnete Gesamtbeurteilungsschwingstärke

2.4 Bauerschütterungen bezogen auf den Menschen (DIN 4150 Teil 2)

Die Erschütterungseinwirkungen auf den Menschen während der Bauphase sind nach DIN 4150, Teil 2, Abschnitt 6.5.4 zu beurteilen. Grundsätzlich werden für Bauarbeiten tagsüber höhere Anhaltswerte zugelassen als Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2 für ständig einwirkende Erschütterungen vorsieht. Erschütterungen, die nur an einem Tag auftreten, dürfen intensiver sein. Die DIN 4150 Teil 2 unterscheidet daher 3 Klassen. Ab 6 Tagen bzw. 26 Tagen Dauer erschütterungsintensiver Arbeiten sind die Anhaltswerte jeweils strenger, ab 78 Tagen Dauer der Bauarbeiten ist die Erschütterungseinwirkung nach Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2 zu beurteilen. Dabei sind Tage mit Erschütterungseinwirkungen, die unter den jeweiligen Werten der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2 für A_u oder A_r liegen, nicht mitzuzählen.

Für nachts auftretende Erschütterungen gelten die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2.

Dauer	D ≤ 1 Tag			6 Tage < D ≤ 26 Tage			26 Tage < D ≤ 78 Tage		
Anhaltswert	Au	Ao*)	Ar	Au	Ao*)	Ar	Au	Ao*)	Ar
Stufe I	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
Stufe II	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe III	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6
*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt A0 = 6									

Tab. 1: Anhaltswerte nach Tabelle 2 der DIN 4150-2 für die Beurteilung von Erschütterungen durch Baumaßnahmen tagsüber

Die in Tab. 1 dargestellten Anhaltswerte klassieren die Einwirkungen folgendermaßen:

Stufe I: Bei Unterschreitung ist auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen.

Stufe II: Bei Unterschreitung ist ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen, falls die nachfolgend genannten Maßnahmen ergriffen werden. Bei zunehmender Überschreitung auch dieser Stufe werden mit wachsender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten.

Ist zu erwarten, dass Erschütterungseinwirkungen auftreten, die oberhalb der Anhaltswerte der Stufe II liegen, so ist zu prüfen, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren möglich ist.

Stufe III: Zumutbarkeitsschwelle, bei deren Überschreitung die Fortführung von Bauarbeiten nur unter Berücksichtigung und Vereinbarung besonderer Maßnahmen möglich ist.

Als Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen durch Erschütterungen aus Bauarbeiten nennt die DIN:

- die umfassende Information der Betroffenen vorab über die Arbeiten und die daraus zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen
- die Aufklärung über die Unvermeidbarkeit
- die Anwendung baubetrieblicher Maßnahmen wie Einhaltung von Pausen und Ruhezeiten
- den Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungseinwirkungen

Diese Aufgaben obliegen dem die Baumaßnahme durchführenden Betrieb. Es ist daher möglich, während der Durchführung der Baumaßnahmen die Erschütterungen messtechnisch zu überwachen und im Rahmen der Baudurchführung darauf zu reagieren, um die Anforderungen der DIN einzuhalten.

2.5 Erschütterungen bezogen auf Gebäude (DIN 4150 Teil 3)

Die Einwirkungen von Erschütterungen auf bauliche Anlagen werden in der DIN 4150 Teil 3 [4] behandelt. Es werden Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung nicht mit Schäden im Sinne einer Gebrauchswertminderung von Gebäuden oder Gebäudeteilen zu rechnen ist.

Es wird hierbei zwischen kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen auf Bauwerke unterschieden.

Kurzzeitige Erschütterungen:

Es ist nicht mit Gebäudeschäden zu rechnen, wenn an Wohn- und Bürogebäuden oder in der Nutzung entsprechenden Bauten folgende maximale Schwinggeschwindigkeiten an Fundament oder Decke nicht überschritten werden:

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v in mm/s			
		Fundament Frequenz			Oberste Deckenebene, Horizontal
		1 Hz -10 Hz	10 Hz -50 Hz	50 Hz -100 Hz	alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Gebäude	20	20 bis 40	40 bis 50	40
2	Wohngebäude	5	5 bis 15	15 bis 20	15

Tab. 2: Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3, Tabelle 1

Dauererschütterungen:

Es ist in der Regel nicht mit Gebäudeschäden zu rechnen, wenn an Wohn- und Bürogebäuden oder in der Nutzung entsprechenden Bauten folgende maximale Schwinggeschwindigkeiten der Decken nicht überschritten werden:

$$v \leq 5 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \quad \text{für Wohnhäuser,}$$

$$v \leq 10 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \quad \text{für Industriebauten,}$$

Durch den allgemeinen Baubetrieb ist in der Regel nicht mit Überschreitungen der Beurteilungskriterien der DIN 4150 Teil 3 zu rechnen. Während begrenzter Bauphasen sind allerdings in Gebäuden in geringen Abständen zu den Baumaschinen Überschreitungen der Anhaltswerte nicht auszuschließen.

2.6 Erschütterungen durch Gründungsarbeiten und Verdichtungsarbeiten

Es muss davon ausgegangen werden, dass insbesondere der Bau bzw. Versatz von Fahrleitungsmasten und die damit verbundenen Pfahlgründungen erschütterungstechnische Auswirkungen auf die anliegenden Objekte entlang der Bahntrasse haben können. Gleiches gilt für den Neubau von Stützwänden. Das Rammen von Spund-

wänden hat ähnliche erschütterungstechnische Auswirkungen wie die Arbeiten bei Pfahlgründungen, sofern diese durch Rammen erfolgen.

Das Ausmaß der Erschütterungen hängt stark davon ab, welche Bauweise und welche Baumaschinen zum Einsatz kommen. Dies betrifft beispielsweise Boden-Verdichtungsarbeiten. Die Intensität der Erschütterungen ist hierbei stark von den verwendeten Maschinen bzw. deren Masse abhängig. Ähnliches gilt auch für das zuvor angesprochene Einbringen von Pfahlfundamenten. Je nachdem, ob Schlagrammen oder Vibrationsrammen zum Einsatz kommen, kann die Stärke und Art der Erschütterungen stark variieren. Eine Schlagramme mit ihrer impulsartigen Anregung kann kurzfristig hohe Schwingschnellen am Fundament umliegender Gebäude verursachen mit entsprechenden Folgen für die Bausubstanz. Die Schwingungen von Vibrationsrammen haben im ungünstigsten Fall (bei resonanter Anregung) hohe Erschütterungen der Decken in Gebäuden zur Folge. Aufgrund der unterschiedlichen Formen der Erschütterungsimmissionen und deren Auswirkungen werden die Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3 nach kurzzeitiger und Dauererschütterung unterschieden.

Hingegen können beim Einschrauben, Einbetonieren oder Einpressen der Fundamente die Erschütterungsimmissionen nahezu vernachlässigt werden. Allerdings ist damit ein deutlich höherer zeitlicher wie wirtschaftlicher Aufwand verbunden und die Methoden können nicht bei allen Bodenverhältnissen angewandt werden.

Da zum Zeitpunkt der Erstellung der Planungsunterlagen noch keine detaillierte Bauablaufplanung vorlag, war es nicht möglich, die Erschütterungen genauer zu prognostizieren. Es konnte daher nur eine grobe Abschätzung der erschütterungstechnischen Auswirkungen relevanter Arbeiten erfolgen.

Die nachfolgende Tab. 3 beschreibt, unterhalb welcher Abstände mit kritischen Schwingschnellen (Überschreitungen der Anhaltswerte aus Tab. 2) bei erschütterungsrelevanten Bauarbeiten gerechnet werden muss.

min. Abstand (m)	Schlagramme (Freifallbär mit 96 kNm)	Vibrationsramme (resonante Anregung)	Verdichtungsarbeiten (Gewicht = 1 t)
Holzbalkendecke	15 m	38 m	19 m
Betondecke	15 m	27 m	16 m

Tab. 3: Mindest - Arbeitsabstand bei erschütterungsträchtigen Bauarbeiten

Die Tabelle zeigt, dass bei Rammarbeiten in Abständen für von weniger als 15 m (Freifallbär, 96 kNm) und weniger als ca. 27 m bei Vibrationsrammungen bei Betondecken eine Beschädigung der Bausubstanz im Sinne der DIN 4150 Teil 3 nicht mehr ausgeschlossen werden kann. Bei Überschreitungen ist beispielsweise durch Überwachungsmessungen sicherzustellen, dass keine Bauschäden im Sinne der DIN 4150 Teil 3 auftreten. Bei noch erschütterungsintensiveren Rammungen, beispielsweise mit einem leistungsstarken Dieselfär, sind dementsprechend deutlich größere Abstände einzuhalten als bei den beiden anderen Rammentypen.

2.7 Grundlagen der Prognoseberechnung

Die Prognoseberechnung orientiert sich an dem Leitfaden des Institutes für Bauforschung e.V. Hannover (IFB 2004): Bauwerksarbeiten durch Tiefbauarbeiten, Kapitel 9 „Empfehlung zur Prognose und zur Bewertung von Erschütterungen“ [13].

Für die Beurteilung, wann eventuelle Schäden an der Bausubstanz auftreten können, muss die maximale Schwinggeschwindigkeit v_F am Fundament errechnet werden. Für deren Bestimmung sieht der Leitfaden [13] bei Rammarbeiten und Verdichtungsarbeiten einen indirekt proportionalen Zusammenhang zwischen Schwingschnelle und Abstand r vor. Je nach Bodenverhältnissen und Art der Ramme, sowie die aus einem Datenblatt errechnete Schlagenergie E , ist dieser Zusammenhang noch mit einem Korrekturfaktor zu versehen. Es werden drei klassische Rammentypen unterschieden, sowie Maschinen für Verdichtungsarbeiten:

Vibrationsramme:	$v_F = 6,8 / r^{0,8}$	
Hydraulikramme:	$v_F = 3,82 \cdot \sqrt{E} / r$	(Freifallbär)
Hydraulikramme:	$v_F = 11,07 \cdot \sqrt{E} / r^{1,3}$	(Dieselbär)
Verdichtungsarbeiten :	$v_F = 9,72 \cdot \sqrt{G} / r$	

Der Abriss von massiven Betonbauteilen erfolgt in der Regel mit einem Hydraulik-Meißel mit größerer Leistung. Hierzu wird in der Prognoseberechnung ein 2,3 Tonnen-Meißel (zzgl. Bagger) mit einer Maximalenergie von 7500 Joule und einem cima-Wert von 4275 Joule angesetzt. Der cima-Wert ist die effektive Energie, welche tatsächlich in das Bauwerk eingeleitet werden kann. Anhand dieses Wertes kann auf die Schwingbeschleunigung a umgerechnet werden, welche in das Bauwerk induziert wird. Somit ergibt sich ein Wert von:

$$a_{\text{Meißel}} = 9,30 \text{ m/s}^2$$

Diese Beschleunigung kann unter Berücksichtigung der Dämpfung auf dem Ausbreitungsweg wiederum auf mögliche Fundamentalschwingschnellen umliegender Objekte umgerechnet werden.

Um eine KB-Bewertung durchzuführen, wird die errechnete Schwingschnelle am Fundament mit Hilfe von Übertragungspegeldifferenzen aus einer Richtlinie der Deutschen Bahn [5], in die maximalen Schwingschnellen v_{max} , abhängig von der jeweiligen Deckenresonanzfrequenz f der Räume, hochgerechnet. Hieraus kann nun nach Gleichung (1) und (2) der KB_{Fmax} bestimmt werden.

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{v}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2}}$$

(1) mit

$$f_0 = 5,6 \text{ Hz}$$

v = von der Deckenfrequenz abhängige maximale Schwinggeschwindigkeit

$$KB_{F_{\max}} = KB \cdot c_F$$

(2)

Die Konstante c_F entstammt der DIN 4150-Teil 2, Tabelle 3 und geht wie auch der KB-Wert dimensionslos ein. Der ermittelte $KB_{F_{\max}}$ –Wert kann nun mit den Anhaltswerten (s. Tab. 1) verglichen werden. Bei einer Überschreitung des unteren Anhaltswertes kann mit Hilfe des $KB_{F_{Tr}}$ -Wertes eine maximale Betriebsdauer für die Rammen bestimmt werden, bei der die Belästigung für die Betroffenen noch zumutbar ist. Die jeweils angegebene Betriebsdauer gilt nur tagsüber von 6 - 22 Uhr und unter Einhaltung der Ruhezeiten von 6 - 7 Uhr und 19 - 22 Uhr.

3 Beurteilung der Baumaßnahmen

Die Beurteilung der Bauerschütterungen berücksichtigt den aktuellen Planungsstand während der Erstellung der vorliegenden Unterlage. Grundsätzlich ist vorgesehen, lärm- und erschütterungsreiche Arbeiten nur im Tageszeitraum (6 bis 22 Uhr) durchzuführen. Folgende Baumaßnahmen sind zu beurteilen:

1. Bau der Rohrer Kurve
2. Aufweitung Gleise (Oberbau) von km 20,7 bis 22,1 und km 22,9 bis 23,9
3. Verlegung Speisekabel von km 17,2 bis 24,9
4. Randwegverbreiterung
5. Anpassung Kappen EÜ Markomannenstraße bei km 20,977
6. Anpassung Kappen EÜ Max-Lang-Straße bei km 21,563
7. Erweiterung der Station am Flughafen um ein drittes Gleis

Es ist in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass hinsichtlich des Baubetriebs und Bauablaufs zum gegenwärtigen Zeitpunkt naturgemäß noch erhebliche Unsicherheiten bestehen. Der konkrete Baubetrieb (Art und Anzahl der verwendeten Baumaschinen, zeitliche und räumliche Verteilung der Bauarbeiten, Art der Bauverfahren, u. s. w.) liegt erst im Zuge der Bauausführung und Vergabe der Bauleistungen vor. Insoweit ist eine abschließende Beurteilung und Entscheidung zu den baubedingten Erschütterungswirkungen des Vorhabens derzeit noch nicht möglich. Zudem besteht – wie im Übrigen bei allen Prognosen bezüglich Erschütterungen – eine große Prognoseunsicherheit, auch wegen Ungewissheiten bezüglich der Rückwirkung des Baugrunds auf die Geräte.

Bei erschütterungsträchtigen Bauarbeiten im Nahbereich von schützenswerter Bebauung werden Überwachungsmessungen durchgeführt, anhand deren Ergebnisse Einfluss auf Bauverfahren und -abläufe genommen wird. Ziel ist, zum einen die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3, zum Schutz vor Bauschäden, zum anderen die Anhaltswerte nach Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2, zur Beurteilung der Zumutbarkeit für Menschen in Gebäuden, einzuhalten. Beide Beurteilungssysteme sind nicht unmittelbar zu vergleichen, da nach der DIN 4150, Teil 3, die Schwingschnelle in bestimmten Frequenzbereichen, nach DIN 4150, Teil 2 jedoch KB-Werte zur Beurteilung herangezogen werden. Es kann daher z.B. sein, dass Bauschäden durch Einflussnahme auf das Bauverfahren (Verschiebung der Arbeitsfrequenz, Intensität der Anregung) vermieden werden, während die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 auch eingehalten werden können, indem die tägliche Arbeitszeit beschränkt wird. Das wiederum würde zu Verlängerungen der Bauzeit führen und stünde damit weder mit der effektiven Abwicklung eines im öffentlichen Interesse legenden Bauvorhabens in Einklang noch könnte es im Interesse der Betroffenen sein.

In jedem Falle steht bereits jetzt fest, dass die Thematik der baubedingten Erschütterungen einer Lösung zugeführt werden kann, wobei das Monitoring in den angrenzenden Gebäuden mit der daraus resultierenden Beeinflussung des Bauablaufs die entscheidende Rolle spielt. Für den Fall, dass sich für die Anwohner unzumutbare Erschütterungen nicht vermeiden lassen, kommen u.U. Entschädigungsansprüche

der betroffenen Nachbarschaft in Betracht. Der Vorhabenträger wird der Planfeststellungsbehörde rechtzeitig vor Baubeginn in den vorgenannten durch Erschütterungen betroffenen Bereichen entsprechende Unterlagen und Pläne für ein Immissionschutzkonzept bezüglich der Erschütterungen vorlegen.

3.1 Bau der Rohrer Kurve

Die bestehenden Gleisanlagen werden durch eine 2-gleisige Verbindung aus Richtung Böblingen in Richtung Flughafen ergänzt. Weiterer Bestandteil ist ein neuer Tunnel („Berghautunnel neu“), der die planfreie Fahrbeziehung von Böblingen nach Stuttgart Hbf gewährleistet. Die Streckenlänge der oberirdisch geführten neuen Verbindung Böblingen – Flughafen beträgt ca. 1,2 km. Der neue Berghautunnel hat eine Länge von 446 m. Die Gesamtlänge des neuen linken Gleises der Strecke 4860 Stuttgart Hbf - Horb beträgt ca. 900 m. Die Voreinschnitte des neuen Tunnels werden teilweise mit Trögen ausgebildet.

Relevant für Bauerschütterungen sind die Bauarbeiten am linken Gleis der Strecke 4860 im Bereich der Bebauung von Rohr (Bereich der Berghaustraße 30 bis 34) anzusehen. Hierbei handelt es sich um Erdbaumaßnahmen zur Einbindung der neuen Gleisanlagen in die bestehende Strecke 4860. Im Einsatz befindet sich dabei ein Bagger, eventuell ein Verdichtungsgerät und eine Bohrmaschine für die Befestigung der Erdung an der Schiene.

Beurteilung:

Aus erschütterungstechnischer Sicht sind hierbei ausschließlich (vibrierende) Verdichtungsarbeiten beurteilungsrelevant, sofern diese notwendig werden. Da für die Verdichtungsarbeiten vergleichsweise kleine Verdichtungsmaschinen notwendig sind (z.B. Verdichtungsplatte <0,5 to) ist nicht mit Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150 Teil 3 zu rechnen, wenn Abstände <15 m nicht unterschritten werden. Ggf. sind an dem Gebäude Berghaustr. 34 Überwachungsmessungen durchzuführen.

Aufgrund des anzunehmenden Arbeitsfortschritts werden sich die Baugeräte, die zu Erschütterungseinwirkungen führen können, nur begrenzte Zeit im Nahbereich der einzelnen Häuser bewegen und dann weiterrücken. Daher ist bei Bauarbeiten im Beurteilungszeitraum Tag nicht mit einer unzumutbaren Belästigung durch Erschütterungen für die Anwohner zu rechnen (Überschreitung der Anhaltswerte aus Tabelle 1, Stufe II), sofern diese umfangreich über die anstehenden Baumaßnahmen informiert werden.

Für den Nachtzeitraum werden allerdings nicht mehr die Anhaltswerte der Tabelle 2 der DIN 4150 Teil 2 zur Beurteilung herangezogen, sondern die deutlich strengeren Anhaltswerte zur allgemeinen Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen aus der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2. Bei kleineren Abständen kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass der nächtliche obere Anhaltswert der Tabelle 1 aus der DIN 4150 Teil 2 überschritten wird. Dieser liegt je nach Gebietsnutzung zwischen $A_0=0,2$ (Wohngebiet) bis $A_0=0,4$ (Gewerbegebiet). Sollten Verdichtungsarbeiten in Abständen unter 50 m durchgeführt werden, kann

speziell bei Gebäuden mit Holzbalkendecken nicht ausgeschlossen werden, dass dieser obere Anhaltswert überschritten wird. Es wird daher empfohlen, die Verdichtungsarbeiten im Tageszeitraum durchzuführen, oder Probe/- Überwachungsmessungen einzurichten.

Bei weiteren Baumaßnahmen an der Rohrer Kurve hat die nächstliegende schützenswerte Bebauung bereits einen ausreichenden Abstand, wodurch nicht mehr mit Beeinträchtigungen durch Bauerschütterungen zu rechnen ist.

3.2 Aufweitung Gleise

Die oberirdische Aufweitung der Gleise (Strecke 4861) beginnt bei km 20,7 in Leinfelden (Bereich Bahnhofstraße/Geraniestraße) und endet bei km 23,9 – Tunnelportal Flughafen. Im Bereich des Tunnels Echterdingen (km 22,1 bis 22,9) werden die Gleise nicht aufgeweitet.

Die Aufweitung der Gleise erfolgt mittels eines Bettungsreinigungszuges. Dabei handelt es sich um einen Bauzug, der in einem Arbeitsgang den Gleisrost verschiebt, das Gleis neu einschottert und eine Stopfung durchführt. Die maximale Arbeitsleistung beträgt 390 m/h.

Beurteilung:

Der erschütterungstechnisch relevante Arbeitsschritt während der Gleisaufweitung ist der Stopfvorgang. Aufgrund der Abstände zwischen Trasse und Bebauung ist entlang der gesamten Strecke nicht damit zu rechnen, dass Bauschäden aufgrund des Stopfvorgangs auftreten. Es ist auch nicht mit einer unzumutbaren Belästigung durch Erschütterungen für die Anwohner zu rechnen (Überschreitung der Anhaltswerte aus Tabelle 1, Stufe II), sofern diese umfangreich über die anstehenden Baumaßnahmen informiert werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der zuvor beschriebene Arbeitsfortschritt von 390 m/h ausreichend schnell ist, damit die Erschütterungseinwirkungen ausreichend kurz sind, um nicht zur unzumutbaren Belastung zu werden.

3.3 Verlegung der Speisekabel / Randwegverbreiterung

Im Bereich der Bahnstrecke soll ein erdverlegtes Speisekabel zwischen km 17,2 und km 24,9 verlegt werden. Hierbei handelt es sich um Erdbaumaßnahmen, die von einem Bauzug aus durchgeführt werden. Im Einsatz befindet sich dabei ein Bagger, eventuell ein Verdichtungsgerät und eine Bohrmaschine für die Befestigung der Erdung an der Schiene. Die Verlegung des Speisekabels kann von einem Bauzug aus erfolgen. Dabei wird das Kabel in einem Schacht oder im Erdreich verlegt, der Boden ggf. verdichtet und die Erdung an der Schiene befestigt. Die Arbeiten sind in der nächtlichen Betriebsruhe vorgesehen.

Im Bereich der oberirdischen Aufweitung der Gleise von km 20,7 in Leinfelden (Bereich Bahnhofstraße/Geraniestraße) und km 22,1 (Tunnel Echterdingen), sowie von km 22,9 bis 23,9 ist es notwendig, den bestehenden Randweg zu erneuern. Hierbei

handelt es sich um Erdbaumaßnahmen. Die Verbreiterung des Randweges erfolgt von einem Bauzug aus. Dabei werden Verpresspfähle eingebracht und der Randweg gemäß Richtlinie 836.4304 der DB Netz AG erstellt. Die Arbeiten finden während eines eingleisigen Betriebs oder während der nächtlichen Betriebsruhe statt.

Beurteilung:

Sofern notwendig, sind hierbei ausschließlich (vibrierende) Verdichtungsarbeiten aus erschütterungstechnischer Sicht beurteilungsrelevant. Da für die Verdichtungsarbeiten vergleichsweise kleine Verdichtungsmaschinen notwendig sind (z.B. Verdichtungsplatte <0,5 to) ist nicht mit Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150 Teil 3 zu rechnen, wenn Abstände <15 m nicht unterschritten werden.

Geringere Abstände weisen in Oberaichen die Gebäude Keßlerwiesen 4, 6, Steinbeisstraße 2, Raiffeisenstraße 8, Dürtlewangweg 5 und Rohrer Straße 102 auf und in Leinfelden die Gebäude Bahnhofstr. 6 - 8 und Neuer Markt 3. Es wird daher empfohlen Überwachungsmessungen an einigen dieser nächstgelegenen Wohngebäude durchzuführen.

Aufgrund des anzunehmenden Arbeitsfortschritts ist bei Bauarbeiten im Beurteilungszeitraum Tag nicht mit einer unzumutbaren Belästigung durch Erschütterungen für die Anwohner zu rechnen (Überschreitung der Anhaltswerte aus Tabelle 1, Stufe II), sofern diese umfangreich über die anstehenden Baumaßnahmen informiert werden.

Für den Nachtzeitraum werden allerdings nicht mehr die Anhaltswerte der Tabelle 2 der DIN 4150 Teil 2 zur Beurteilung herangezogen, sondern die deutlich strengeren Anhaltswerte zur allgemeinen Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen aus der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2. Bei kleineren Abständen kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass der nächtliche obere Anhaltswert der Tabelle 1 aus der DIN 4150 Teil 2 überschritten wird. Dieser liegt je nach Gebietsnutzung zwischen $A_0=0,2$ (Wohngebiet) bis $A_0=0,4$ (Gewerbegebiet). Sollten Verdichtungsarbeiten in Abständen unter 50 m durchgeführt werden, kann speziell bei Gebäuden mit Holzbalkendecken nicht ausgeschlossen werden, dass dieser obere Anhaltswert überschritten wird. Es wird daher empfohlen, die Verdichtungsarbeiten im Tageszeitraum durchzuführen, oder Probe/- Überwachungsmessungen einzurichten.

3.4 Anpassung Kappen EÜ Markomannenstraße bei km 20,977

Im Bereich der Eisenbahnüberführung (EÜ) Markomannenstraße ist es notwendig, im Zuge der Gleisaufweitung die Kappen der Überführung zu erneuern. In einem ersten Arbeitsschritt werden die bestehenden Kappen abgerissen und im Anschluss daran die neuen Kappen erstellt. Die Arbeiten finden während eines eingleisigen Betriebs im Tageszeitraum statt. Der Abriss der Kappen kann mittels Meißel oder einer Fräse erfolgen.

Beurteilung:

Der Abriss mittels Fräse wäre aus erschütterungstechnischer Sicht unbedenklich und daher empfehlenswert. Da dies jedoch nicht immer umsetzbar ist wird auch der Abriss mit dem Meißel betrachtet. Hierzu wird der Ansatz aus Punkt 2.7 herangezogen. Da nur die Kappen abgetragen werden müssen, die restliche Brücke hingegen intakt bleiben soll, kann davon ausgegangen werden, dass weniger Energie aus den Meißelarbeiten in den Untergrund eingeleitet wird, als wie es beim Abriss einer gesamten massiven Brückenkonstruktion der Fall wäre und unter Punkt 2.7 angenommen wurde. Bis zu einem Abstand von ca. 20 m ist mit Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150 Teil 3 zu rechnen. Das Gebäude Markomannenstr. 3 unterschreitet mit ca. 18 m knapp den o.g. Mindestabstand. Hier werden daher bei Abrissarbeiten mit dem Meißel Überwachungsmessungen erforderlich.

Aufgrund des anzunehmenden Arbeitsfortschritts ist bei Bauarbeiten im Beurteilungszeitraum Tag nicht mit einer unzumutbaren Belästigung durch Erschütterungen für die Anwohner zu rechnen (Überschreitung der Anhaltswerte aus Tabelle 1, Stufe II), sofern diese umfangreich über die anstehenden Baumaßnahmen informiert werden.

3.5 Anpassung Kappen EÜ Max-Lang-Straße bei km 21,563

Im Bereich der Eisenbahnüberführung (EÜ) Max-Lang-Straße sind dieselben Arbeitsschritte notwendig wie zuvor für die EÜ an der Markomannenstraße beschrieben.

Beurteilung:

Da die nächste schützenswerte Bebauung noch weiter entfernt liegt, als wie es bei der Beurteilung für die EÜ Markomannenstraße der Fall ist, ist auch bei dieser Baumaßnahme nicht mit unzumutbaren Erschütterungen zu rechnen.

3.6 Erweiterung der S-Bahnstation am Flughafen um ein drittes Gleis

Eine relevante zu schützende Bebauung im Bereich der geplanten Station 3. Gleis stellt das Hotel Mövenpick (Flughafenstraße 50) dar.

Der Bau der Station 3. Gleis erfolgt in den Regelbereichen zwischen den im Lockergestein ausgeführten Trägerbohlwänden bzw. zwischen den unterhalb des Felshorizontes liegenden Felsverbauten – vertikale Spritzbetonwände mit Felsnägeln.

In den Bereichen mit der direkt an der Baugrube angrenzenden Bebauung (Anlieferrampe des Hotels Mövenpick bzw. Parkhaus P6 am nördlichen Rand der Baugrube) ist aufgrund beengter Verhältnisse eine Regelausführung, gemäß vorausgegangenem Absatz nicht möglich. Dort wird der Verbau aufgrund der unmittelbaren Nähe der Bauwerksfundamentierung über die maßgebende Höhe in Form eines rückverankerten verformungsarmen Verbaus (Stahlbetonschürze) realisiert. In Teilbereichen ist eine im Vorfeld der Verbauarbeiten herzustellende Unterfangung der Außenwände erforderlich (Anlieferrampe Hotel Mövenpick).

Beurteilung:

Da in diesem Bereich die Mindestabstände nach Tab. 3 unterschritten werden, müssen erschütterungsarme Verfahren geprüft werden (Einpressen, Bohrpfahlwände etc.), um Gebäudeschäden zu vermeiden. Zusätzlich sollte mittels Überwachungsmessungen bei erschütterungsintensiven Bauarbeiten in unmittelbarer Nähe der Bauwerksfundamentierung geprüft werden, ob die Anhaltswerte nach Tab. 2 in ausgewählten empfindlichen Räumen eingehalten werden.

4 Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurde geprüft, ob und ggf. wo sich infolge der geplanten Baumaßnahmen im PFA 1.3b Beeinträchtigungen für die Anwohner und die Bebauung in der Umgebung der Baustellen durch Bauerschütterungen ergeben.

Für den Fall der Bauerschütterungen können Gebäudeschäden während der Ramm- und Verdichtungsarbeiten bei Abständen <15 m von den Baustellen nicht ausgeschlossen werden. Es wird daher empfohlen Überwachungsmessungen an nächstgelegenen Wohngebäuden durchzuführen.

Im Bereich der EÜ Markomannenstraße werden die bestehenden Kappen der Überführung abgerissen. Der Abriss mittels Fräse wäre aus erschütterungstechnischer Sicht unbedenklich und daher empfehlenswert. Da dies jedoch nicht immer umsetzbar ist, wurde auch der Abriss mit dem Meißel betrachtet. Bis zu einem Abstand von ca. 20 m sind Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150 Teil 3 nicht auszuschließen. Das Gebäude Markomannenstr. 3 unterschreitet mit ca. 18 m knapp den o.g. Mindestabstand. Hier werden daher bei Abrissarbeiten mit dem Meißel Überwachungsmessungen erforderlich.

Aufgrund des anzunehmenden Arbeitsfortschritts ist bei Bauarbeiten im Beurteilungszeitraum Tag nicht mit einer unzumutbaren Belästigung durch Erschütterungen für die Anwohner zu rechnen (Überschreitung der Anhaltswerte aus Tabelle 1, Stufe II), sofern diese umfangreich über die anstehenden Baumaßnahmen informiert werden.

Das Hotel Mövenpick befindet sich unmittelbar im Bereich der geplanten Station 3. Gleis. Da in diesem Bereich die Mindestabstände nach Tab. 3 unterschritten werden, müssen erschütterungsarme Verfahren geprüft werden, um Gebäudeschäden zu vermeiden. Zusätzlich sollte mittels Überwachungsmessungen bei erschütterungsintensiven Bauarbeiten in unmittelbarer Nähe der Bauwerksfundamentierung geprüft werden, ob die Anhaltswerte nach Tab. 2 in ausgewählten empfindlichen Räumen eingehalten werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)
- [2] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauNVO)
- [3] DIN 4150 Teil 2: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [4] DIN 4150 Teil 3: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dez. 2016
- [5] Garburg, Rüdiger: Erschütterungen und sekundärer Luftschall. DB AG-Richtlinien 800.2501 bis 800.2503, Entwurf vom 01.12.2008
- [6] Zeichart und andere: „Erschütterungsauswirkungen aus dem Schienenverkehr“ im Auftrag des Umweltbundesamtes und des Bundesbahnzentralamtes vom November 1993
- [7] Said und andere: „Zur Bewertung von Erschütterungsimmissionen aus Schienenverkehr“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 48(2001) Nr. 6, November 2001
- [8] VDI-Richtlinie 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI. Ausgabedatum: 08/1987
- [9] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmen-Verordnung - 24. BImSchV); Ausfertigungsdatum: 04.02.1997
- [10] VDI-Richtlinie 3837: Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen – Spektrales Prognoseverfahren, NALS/VDI C 15 „Schwingungsminderung in der Umgebung von Schienenverkehrerschütterungen“. Ausgabedatum: 03/2006
- [11] Sechste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA Lärm) vom 26.08.1998
- [12] Urteil des BverwG, 7. Senat, AZ 7 A 24.12 vom 19.03.2014
- [13] Institut für Bauforschung e.V.: Bauwerkerschütterungen durch Tiefbauarbeiten, Hannover 2004