

fischer

Ingenieurbüro für Bau, Verkehr und Umwelt

Dipl.-Ing. (FH) Klaus Fischer

Von der IHK Karlsruhe öffentlich bestellter und gerichtlich vereidigter
Sachverständiger für Lärm- und Erschütterungsschutz im Bauwesen

**VBK
Verkehrsbetriebe
Karlsruhe GmbH**

**Straßenbahn KA - Knielingen, Verlängerung
Linie 2: Lassallestraße Gleisdreieck
bis Sudetenstraße Wendeschleife**

Erschütterungstechnische Untersuchung

im Rahmen der Planfeststellung

14.08.2015

Auftraggeber:

VBK - Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH
Tullastraße 71
76127 Karlsruhe

Auftragnehmer:

fischer Ingenieurbüro
für Bau, Verkehr und Umwelt
Moltkestraße 83
76185 Karlsruhe

Tel.: 0721/8200177

Fax: 0721/8200179

Projektleitung:

Dipl.-Ing.(FH) K. Fischer

Projektbearbeitung:

Dipl.-Geogr. S. Snizek

Impressum

Erstelldatum:	30.07.2014
letzte Änderung:	14.08.2015
Autor:	S. Snizek
Auftragsnummer:	14.597
Datei:	E_150814a.DOC
Seitenzahl:	10

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Veranlassung und Zielsetzung	2
2	Grundlagen	2
3	Messungen	3
3.1	Messgeräte	3
3.2	Freifeldmessungen	4
3.3	Gebäudemessungen	4
4	Prognosen	5
4.1	Methodik	5
4.2	Ergebnisse	6
4.3	Sekundärer Luftschall	7
5	Beurteilung und Fazit	8
5.1	Erschütterungsimmissionen aus Schienenwegen	8
5.2	Erschütterungsimmissionen aus Baulärm	8
Anlagen		
A	Lagepläne	
B	Messprotokolle	
C	Prognosetabellen	

1 Veranlassung und Zielsetzung

Die VBK - Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH plant die Verlängerung der Straßenbahn Linie 2 Richtung Baugebiet Knielingen 2.0.

Im Rahmen der Erschütterungstechnischen Untersuchung sind die künftigen Erschütterungsimmissionen im Prognose-Planfall (2017: geplante Inbetriebnahme) zu untersuchen und zu beurteilen.

2 Grundlagen

Die Messung und Beurteilung der Erschütterungsimmissionen erfolgt auf der Grundlage von:

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), i.d.F.d. Bek. vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S.1274).
- DIN 45669, Teil 1, vom September 2010, „Messung von Schwingungsimmissionen“, Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfungen.
- DIN 45669, Teil 2, vom Juni 2005, „Messung von Schwingungsimmissionen“, Messverfahren.
- DIN 4150, Teil 1, vom Juni 2001, „Erschütterungen im Bauwesen“, Grundsätze, Vorermittlung von Schwingungsgrößen.
- DIN 4150, Teil 2, vom Juni 1999, „Erschütterungen im Bauwesen“, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.
- DIN 4150, Teil 3 vom Februar 1999, „Erschütterungen im Bauwesen“, Einwirkung auf bauliche Anlagen.
- Durchführung der Schwingungsmessungen am 15.07.2014.
- Verkehrszahlen gemäß Angaben der VBK vom 09.05.2014.
- Grütz H-P, Said A: „Zur Ermittlung des sekundären Luftschalls aus oberirdischem Schienenverkehr“, in: Fortschritte der Akustik, S. 353-356, Berlin, 1992.
- Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV.

- Bebauungsplan „Eggensteiner-, Sudeten- und Pionierstraße“, Maßstab 1:1000, Stadtplanungsamt Karlsruhe, Stand: 25.05.2009.
- fischer Ingenieurbüro: „Erschütterungstechnische Untersuchung - Quellstärkenmessungen für den Niederflurwagen im Bereich der Rheinstrandsiedlung. Messbericht.“ 02.07.1999.

3 Messungen

Im Rahmen der Untersuchung erfolgten insgesamt drei Messungen (s. Anlage A und B):

- Eine Freifeldmessung an Straßenbahngleisen zur Bestimmung des Ausgangsspektrums.
- Schwingungsmessungen zur Ermittlung der Übertragungsfunktion für zwei relevante Gebäudestrukturen.

Für die Ermittlung der Gebäudeübertragungsfunktion wurden die Erschütterungen mittels Rüttelplatte der Marke SRG-000777 simuliert.

3.1 Messgeräte

Zum Einsatz kamen nachfolgende Gerätschaften.

- zwei Lennartz 3D-Sensoren
- drei Lennartz 1D-Sensoren
- Mess- und Auswerte-System: MEDA_AD – Fa. Wölfel, Würzburg

Die Messaufnehmer werden regelmäßig kalibriert.

Das Zeitsignal der Messungen wurde mittels EDV und der Software MEDA_AD aufgezeichnet.

Gemessen wurde entsprechend der DIN 4150 die Schwinggeschwindigkeit v in mm/s. Die Auswertungen nach DIN 4150/Teil 2 sind in der Anlage C dargestellt.

3.2 Freifeldmessungen

Die Freifeldmessungen erfolgten an den Haltepunkten Dornröschenweg (Gleisoberbau als feste Fahrbahn) und Karl-Delisle-Straße (Gleisoberbau als Rasengleis). Für die Freifeldmessung wurde jeweils ein einachsialer Aufnehmer in 8 Metern Entfernung zur Gleisachse aufgebaut. Die Ankopplung im Erdreich erfolgte über 70 cm lange Erdspieße. In den Bereichen, wo Bordsteine vorhanden waren, wurden die Aufnehmer an den Bordsteinen angekoppelt.

Für alle Freifeldmessungen wurde ein Zug vom Typ Niederflurwagen (GT6 - 70 D/N) mit einer Geschwindigkeit von 30 km/h zum Einsatz gebracht.

Aus allen Einzelmessungen wurde das energetische Mittel über alle Terzen gebildet und somit das Ausgangsspektrum bestimmt. Die Ergebnisse können der Anlage C3 entnommen werden.

3.3 Gebäudemessungen

Die vorhandene Gebäudestruktur lässt sich grob in 2 Kategorien aufteilen. Die Baujahre der überwiegend älteren Gebäude fallen in die Zeit der 50er und 60er-Jahre. Als Referenzgebäude wurde die Siemensallee 88 ausgewählt. Wenige neue Gebäude der Baujahre ab ca. 2012 befinden sich in der Sudetenstraße. Als Referenzgebäude wurde die Sudetenstraße 51 ausgewählt.

Ein weiteres Kriterium zur Gebäudeauswahl bildet der Abstand zur geplanten Gleislage. Die Lage des älteren Gebäudes Siemensallee 88 befindet sich außerdem noch im Kurvenbereich zur Sudetenstraße und wird damit von 2 Seiten tangiert.

Im Gebäude Siemensallee 88 wurden drei Sensoren positioniert (s. Anlage B):

- Aufnehmer 1 außen (vor Gebäude)
- Aufnehmer 2 Fundament (im Keller an der Außenwand)
- Aufnehmer 3 im 1.OG (Raummitte)

Im Gebäude Sudetenstraße 51 wurden vier Sensoren positioniert (s. Anlage B):

- Aufnehmer 1 außen (vor Gebäude)
- Aufnehmer 2 Fundament (im Keller an der Außenwand)
- Aufnehmer 3 im EG (Raummitte)
- Aufnehmer 4 im 2.OG (Raummitte)

Die Aufnehmer aller Gebäudemessungen wurden im KG (Fundamentbereich) möglichst nahe an der Außenwand und in den anderen Geschossen in der Mitte des jeweiligen Raumes platziert.

4 Prognosen

4.1 Methodik

Das Prognoseverfahren wird frequenzabhängig durchgeführt und läuft in folgenden Schritten ab:

1. Ausgangsspektrum der Emission auf Grundlage der Freifeldmessungen in einem Abstand von 8 Metern zur Gleisachse. Die Vorgehensweise ist auf der sicheren Seite liegend, da die Entfernung zwischen Gleisachse und Gebäude 12 Meter (Siemensallee 88), bzw. 17 Meter (Sudetenstraße 51) beträgt. Nach diesem Berechnungsschritt ergeben sich die Schwingungen außen vor dem Gebäude.
2. Gebäudeankopplung: Gebäudespezifisches Differenzspektrum Außenbereich / Fundament. (Anregung mittels Rüttelplatte)
3. Gebäudeverstärkung: Gebäude- und Raumspezifisches Differenzspektrum Fundament / Geschossdecke. Nach diesem Berechnungsschritt ergibt sich das Spektrum der mittleren maximalen Deckenschwinggeschwindigkeit. (Anregung mittels Rüttelplatte)
4. Aus der maßgebenden Freifeldmessung mit der gemittelten maximalen Schwinggeschwindigkeit über alle Frequenzen (s. Anlage C) wird die maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} (außen vor dem Gebäude) berechnet. Für die maßgebende Decke des Gebäudes wird dieser KB_{Fmax} - Wert außen vor dem Gebäude mit dem Verhältnis der Summenspektren der Gebäudeankopplung und der Gebäudeverstärkung multipliziert. Damit ergibt sich der KB_{Fmax} - Wert für den maßgebenden Deckenbereich. Ist der ermittelte KB_{Fmax} - Wert (maßgebende Geschossdecke) kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert A_u , dann ist die Anforderung der DIN 4150 eingehalten.
5. Ist der untere Anhaltswert A_u überschritten, wird in Abhängigkeit der Summe über das Spektrum der mittleren maximalen Deckenschwingung und der geplanten Anzahl der Züge, der KB_{FTr} - Wert berechnet. Ist dieser nicht größer als der Anhaltswert A_r , dann ist die Anforderung der DIN 4150 eingehalten.
6. Der Berechnung des Körperschalls und des sich daraus ableitenden sekundären Luftschalls liegt ein empirisches Verfahren zugrunde, das von H.-P. Grütz von der DB AG in München entwickelt wurde. Allerdings ist die große Streubreite (Standardabweichung ca. 5 dB) zu beachten. Der so ermittelte Schallpegel stellt somit nur eine Richtgröße dar.

4.2 Ergebnisse

Gemäß vorliegendem Bebauungsplan ist der untersuchte Immissionsort in der Sudetenstraße 51 als Allgemeines Wohngebiet eingestuft. Für den Immissionsort Siemensallee 88 existiert kein gültiger Bebauungsplan. Entsprechend der umliegenden Nutzung wird dieser Immissionsort als Allgemeines Wohngebiet eingestuft.

Nach DIN 4150-2, Abschnitt 6.5.3.3, sind die A_U - und A_R -Werte für oberirdische Schienenwege des öffentlichen Personennahverkehrs um den Faktor 1,5 anzuheben.

Aufgrund der Messdaten und der beschriebenen Prognose (s. Anlage C) ergeben sich folgende Erschütterungswerte:

Tabelle 1

Die Immissionsrichtwerte in Abhängigkeit der Gebietsnutzung nach DIN 4150/Teil2, Tabelle 1, Zeile 4.

	A_U tags/nachts	KB_{Fmax}		A_R tags/nachts	KB_{FTr}	
Immissionsort						
Siemensallee 88, 1.OG	0,23/0,15	0,1502	> A_U	0,10/0,07	0,042	< A_R
Sudetenstraße 51, EG	0,23/0,15	0,0200	< A_U	0,10/0,07	-	-

Für den Immissionsort „Sudetenstraße 51“ sind die Orientierungswerte der DIN 4150, Teil 2, für Allgemeines Wohngebiet, in der Erschütterungsprognose für den ermittelten KB_{Fmax} – Wert unterschritten.

Für den Immissionsort „Siemensallee 88“ ergibt sich eine Überschreitung des KB_{Fmax} – Wertes. Der für diesen Fall heranzuziehende KB_{FTr} – Wert unterschreitet den Anhaltswert gemäß DIN 4150, Teil 2, für Allgemeines Wohngebiet.

4.3 Sekundärer Luftschall

Aufgrund der Messdaten und der beschriebenen Prognosen (Berechnungen siehe Anlage C) ergeben sich folgende Immissionswerte als Richtgrößen des sekundären Luftschalls:

Tabelle 2
sekundärer Luftschall am Messort

Prognoseort	Mittelungspegel	
	tags dB(A)	nachts dB(A)
Siemensallee 88, 1.OG	8 (7,5)	4 (4,0)
Sudetenstraße 51, EG	-2 (-2,7)	-6 (-6,1)

Die Werte in Klammer sind die auf eine Nachkommastelle berechneten Werte. Die gerundeten Werte werden mit den Grenzwerten der 24.BImSchV (ohne Nachkommastelle) verglichen.

Eine Beurteilung ist nach den örtlichen Nutzungen vorzunehmen. Entsprechend der 24.BImSchV, Tabelle 1, beträgt der Innenraumpegel (Korrektursummand D) für Wohn- und Arbeitsräume am Tag 37 dB(A), für Schlafräume in der Nacht 27 dB(A).

Die Grenzwerte der 24.BImSchV werden eingehalten bzw. deutlich unterschritten.

5 Beurteilung und Fazit

5.1 Erschütterungsimmissionen aus Schienenwegen

Die Anhaltswerte der DIN 4150/2 werden eingehalten. Erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen sind somit auszuschließen. Zusätzliche Maßnahmen werden nicht erforderlich.

Die Prognose des sekundären Luftschalls ergibt eine Unterschreitung der Grenzwerte für Innenraumpegel gemäß der 24.BImSchV.


Aufgrund der ähnlichen Gebäudestrukturen der weiteren älteren Gebäude wie auch der weiteren neu erstellten Gebäude kann davon ausgegangen werden, dass auch für diese Gebäude die Richtwerte der DIN 4150/2 nicht überschritten werden.


5.2 Erschütterungsimmissionen aus Baulärm

Durch die Bautätigkeit anfallende Erschütterungsimmissionen sind nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Vor Baubeginn ist jedoch ein Beweissicherungsverfahren der nächstgelegenen Gebäude geplant, um eventuell auftretende Gebäudeschäden dokumentieren zu können. Zur Vermeidung von Gebäudeschäden während der Bautätigkeit sind baubegleitende Erschüttungsmessungen an maßgebenden Gebäudenlagen empfehlenswert.

fischer

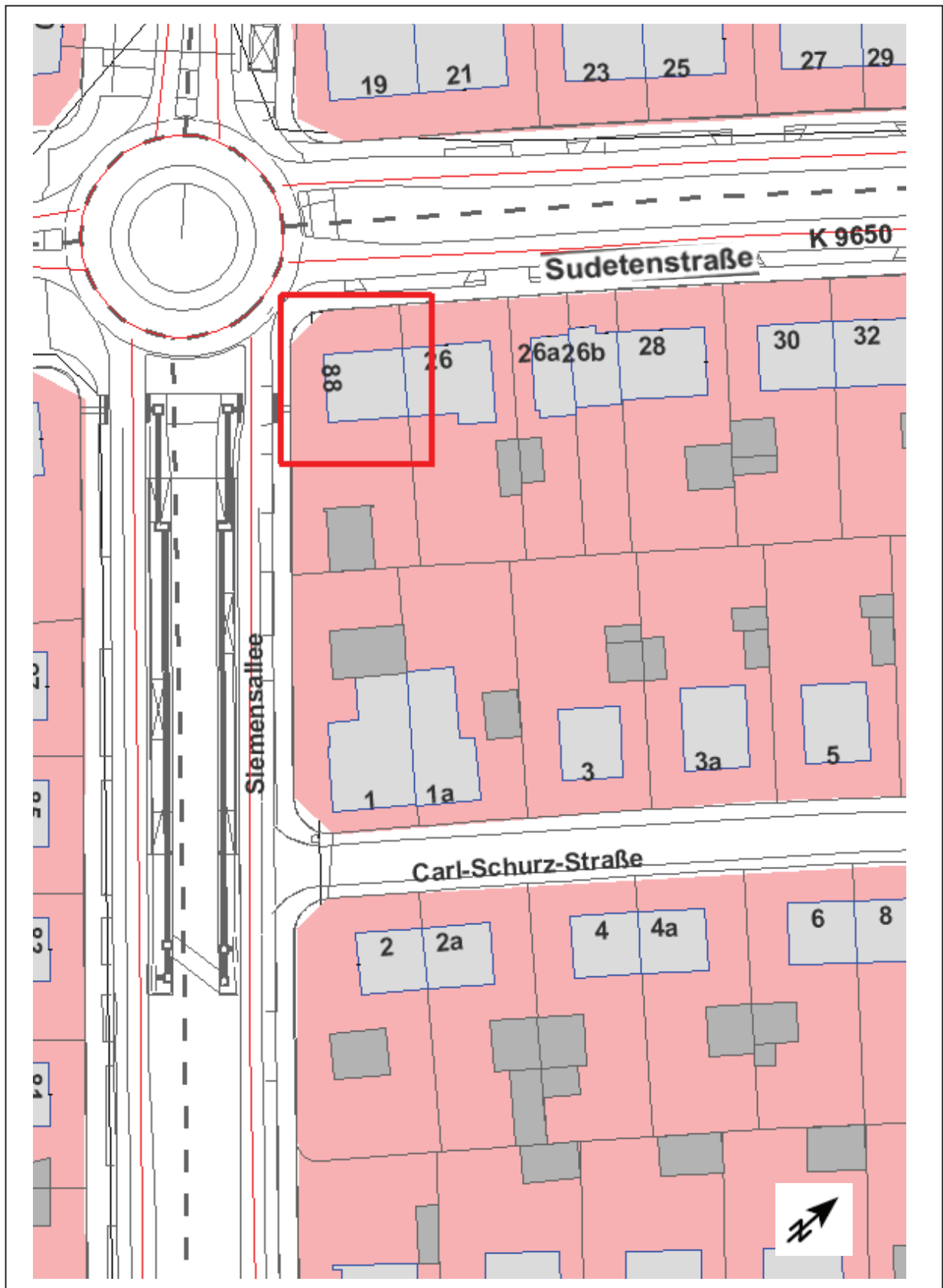
Ingenieurbüro für Bau, Verkehr und Umwelt


Dipl.-Ing. (FH) K. Fischer
(ö.b.u.v. Sachverständiger)



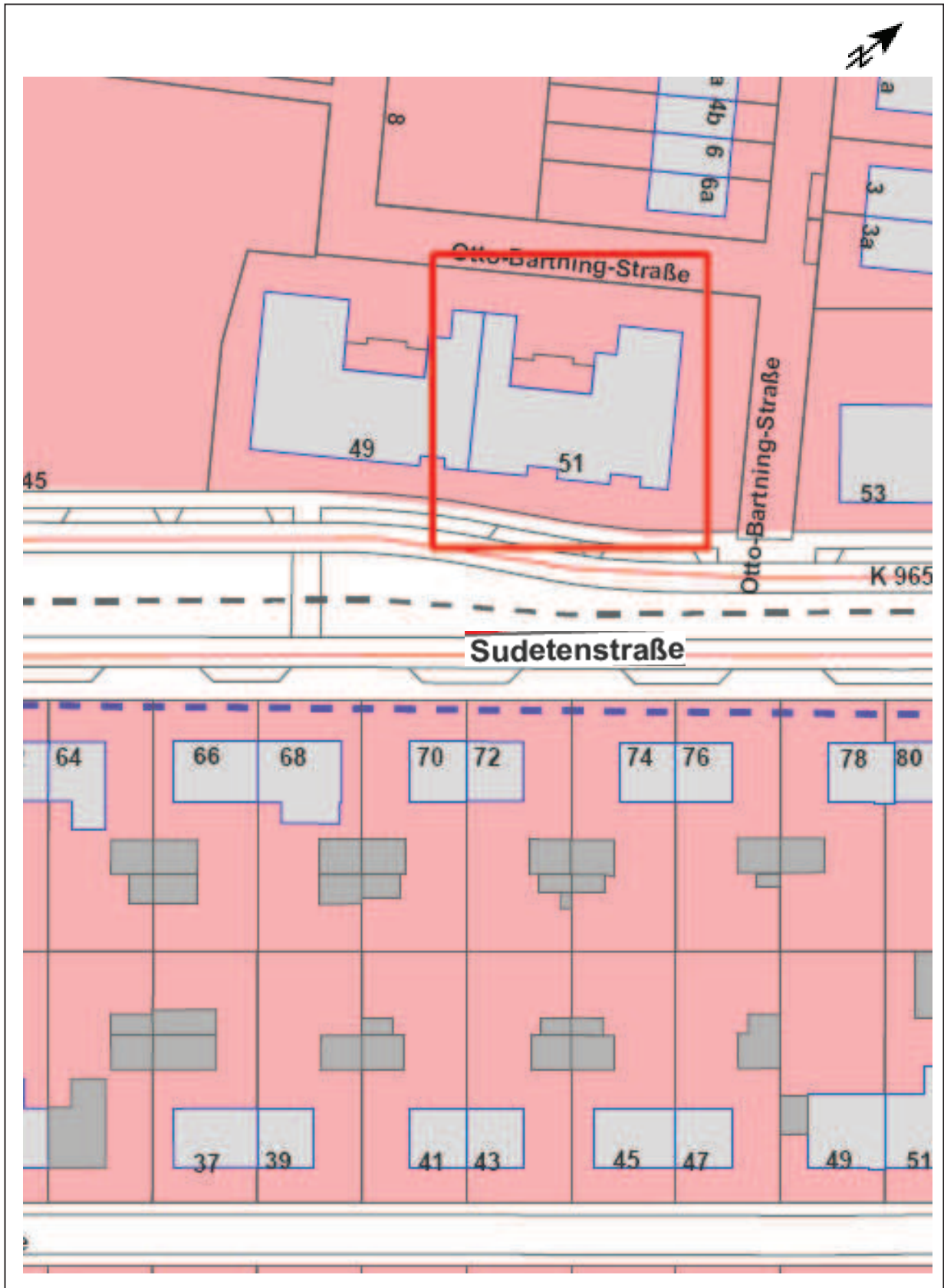
Anlagen

A Lagepläne



Objekt: Siemensallee 88

Straßenbahn KA - Knielingen, Verlängerung Linie 2



Objekt: Sudetenstraße 51

Straßenbahn KA - Knielingen, Verlängerung Linie 2

B Messprotokolle

C Prognosetabellen

Siemensallee 88																						
Prognose - KBFmax - Werte und sekundärer Luftschall											Messung vom 15.07.2014											
Erschütterungen: KBFTmax- Wert / Körperschall: A-bewerteter Schalldruck [dBA re 2*10 ⁻⁵ Pa]																						
Erschütterungen aus Straßenbahnfahrten (Niederflurwagen), feste Fahrbahn																						
Erschütterungen		Ausgangsspektrum:										Mittelwert Messungen, Straßenbahn, maßgebend vertikale z-Richtung										
Terzbänder [Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Summe	Bemerkungen
Ausgangsspektrum	0,0004	0,0006	0,0006	0,0019	0,0075	0,0167	0,0168	0,0076	0,0076	0,0069	0,0067	0,0079	0,0092	0,0082	0,0039	0,0020	0,0023	0,0013	0,0005	0,0003	0,0327	8m Außenpunkt v=30km/h
Abstandskorrektur	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		
Maßnahme	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		
Diverses	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250		Kurvenzuschlag
vor Gebäude	0,0005	0,0008	0,0008	0,0024	0,0093	0,0209	0,0211	0,0095	0,0095	0,0086	0,0083	0,0099	0,0115	0,0103	0,0048	0,0025	0,0029	0,0016	0,0007	0,0004	0,0409	
Gebäudeankopplung	1,333	1,250	1,034	1,000	0,944	0,929	0,667	0,786	0,333	0,156	0,133	0,160	0,129	0,101	0,158	0,157	0,143	0,535	0,286	0,474		Messung außen/Fund.
Gebäudeverstärkung	1,667	1,500	0,931	1,071	1,167	1,143	0,926	1,429	1,083	0,656	0,300	0,147	0,300	0,203	1,309	1,343	0,321	1,282	0,857	0,263		Fundament/OG
ungünstigster Raum	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		
Decke OG	0,0011	0,0015	0,0008	0,0026	0,0103	0,0222	0,0130	0,0107	0,0034	0,0009	0,0003	0,0002	0,0004	0,0002	0,0010	0,0005	0,0001	0,0011	0,0002	0,0000	0,0301	Feldmitte [mm/s]
Verhältnis der Schwinggeschwindigkeiten Geschoßdecke/vor Gebäude:																				0,7358		
KBmax und v-Korrektur		Geschwindigkeitskorrektur von/auf [km/h]:										30	60									
KB _{FT} max	0,1502	>	0,150	= A _v (DIN 4150-2)	Anzahl Straßenbahnen/Tag:		132	KB _{FT} :	0,042	≤	0,10	= A _{v,tags} (DIN 4150-2)										
							Anzahl Straßenbahnen/Nacht:	30	KB _{FT} :	0,028	≤	0,07	= A _{v,nachts} (DIN 4150-2)									
Körperschall																						
Geschoßdecke	27,2	29,4	23,9	34,2	46,3	52,9	48,3	46,6	36,7	24,9	16,5	13,3	18,9	12,5	26,1	20,4	8,6	26,7	10,4	-0,6	55,6	
A-Bewertung	-78,0	-78,0	-78,0	-78,0	-70,4	-63,4	-56,7	-50,5	-44,7	-39,4	-34,6	-30,2	-26,3	-22,5	-19,1	-16,5	-13,5	-11,0	-8,5	-6,6		
Geschoßdecke	-50,8	-48,6	-54,1	-43,8	-24,1	-10,5	-8,4	-3,9	-8,0	-14,5	-18,1	-16,9	-7,4	-10,0	7,0	3,9	-4,9	15,7	1,9	-7,2	16,7	Imm. Prognose [dBA]
																				25,8	nach Grätz DB AG	
Raum Tag											Fahrtgeschw. Tag/Nacht [km/h]:		60	60	Leq Tag [dBA]:		7,5	An-/Abschwell je 2s				
Raum Nacht											Durchschnittl. Straßenbahnlänge Tag/Nacht [m]:		38,7	38,7	Leq Nacht [dBA]:		4,0	An-/Abschwell je 2s				
Regressionsbeziehung zur Berechnung von L _{sub,KA} nach [1]:		1	(1) Betondecke (2) Holzbalkendecke																			

Sudetenstraße 51																						
Prognose - KBFmax - Werte und sekundärer Luftschall																						
Messung vom 15.07.2014																						
Erschütterungen: KBFTmax- Wert / Körperschall: A-bewerteter Schalldruck [dBA re 2*10 ⁻⁵ Pa]																						
Erschütterungen aus Straßenbahnfahrten (Niederflurwagen), Rasengleis																						
Erschütterungen																						
Ausgangsspektrum: Mittelwert Messungen, Straßenbahn, maßgebend vertikale z-Richtung																						
Terzbänder [Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Summe	Bemerkungen
Ausgangsspektrum	0,0004	0,0005	0,0007	0,0014	0,0075	0,0140	0,0111	0,0087	0,0079	0,0074	0,0096	0,0153	0,0262	0,0307	0,0037	0,0032	0,0030	0,0007	0,0004	0,0003	0,0506	8m Außenpunkt v=30km/h
Abstandskorrektur	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		
Maßnahme	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		
Diverses	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		Kurvenzuschlag
vor Gebäude	0,0004	0,0005	0,0007	0,0014	0,0075	0,0140	0,0111	0,0087	0,0079	0,0074	0,0096	0,0153	0,0262	0,0307	0,0037	0,0032	0,0030	0,0007	0,0004	0,0003	0,0506	
Gebäudeankopplung	1,000	1,000	1,000	0,714	0,500	0,412	0,167	0,115	0,091	0,156	0,111	0,072	0,028	0,091	0,089	0,128	0,188	0,267	0,200	0,682		Messung außen/Fund.
Gebäudeverstärkung	1,000	0,889	2,000	0,857	0,667	0,412	0,292	0,154	0,091	0,656	0,889	0,275	0,135	0,127	0,045	0,092	0,292	0,037	0,160	0,318		Fundament/EG
ungünstigster Raum	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		
Decke EG	0,0004	0,0005	0,0013	0,0009	0,0025	0,0024	0,0005	0,0002	0,0001	0,0008	0,0009	0,0003	0,0001	0,0004	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	0,0041	Feldmitte [mm/s]
Verhältnis der Schwinggeschwindigkeiten Geschoßdecke/vor Gebäude:																					0,0810	
KBFmax und v-Korrektur																						
Geschwindigkeitskorrektur von/auf [km/h]: 30 60																						
KB _{FT} max	0,020	≤	0,150	= A _v (DIN 4150-2)	Anzahl Straßenbahnen/Tag: 132		KB _{FT} : 0,006		≤	0,10	= A _{v, tags} (DIN 4150-2)											
					Anzahl Straßenbahnen/Nacht: 30		KB _{FT} : 0,004		≤	0,07	= A _{v, nachts} (DIN 4150-2)											
Körperschall																						
Geschoßdecke	18,0	19,4	28,6	24,7	33,9	33,5	20,7	9,8	2,3	23,6	25,6	15,7	6,0	17,0	-10,7	-2,3	10,2	-16,7	-11,2	2,3	38,3	
A-Bewertung	-78,0	-78,0	-78,0	-78,0	-70,4	-63,4	-56,7	-50,5	-44,7	-39,4	-34,6	-30,2	-26,3	-22,5	-19,1	-16,5	-13,5	-11,0	-8,5	-6,6		
Geschoßdecke	-60,0	-58,6	-49,4	-53,3	-36,5	-29,9	-36,0	-40,7	-42,4	-15,8	-9,0	-14,5	-20,3	-5,5	-29,8	-18,8	-3,3	-27,7	-19,7	-4,3	-0,1	Imm. Prognose [dBA]
																					15,7	nach Grätz DB AG
Raum Tag											Fahrtgeschw. Tag/Nacht [km/h]: 60 60		Leq Tag [dBA]:			-2,7	An-/Abschwell je 2s					
Raum Nacht											Durchschnittl. Straßenbahnlänge Tag/Nacht [m]: 38,7 38,7		Leq Nacht [dBA]:			-6,1	An-/Abschwell je 2s					
Regressionsbeziehung zur Berechnung von L _{sub,KA} nach [1]:																						
1 (1) Betondecke (2) Holzbalkendecke																						

Ausgangsspektrum

ermittelt aus Straßenbahnfahrten, Messung vom 15.03.1999

Erschütterungen Ausgangsspektrum Mittelwert Messungen, Straßenbahn, maßgebend vertikale z-Richtung

Gleisoberbau: Rasengleis

Terzbänder [Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Summe	
Schw.geschw. [mm/s]	0,0004	0,0005	0,0007	0,0014	0,0075	0,0140	0,0111	0,0087	0,0079	0,0074	0,0096	0,0153	0,0262	0,0307	0,0037	0,0032	0,0030	0,0007	0,0004	0,0003	0,0003	0,0506

Gleisoberbau: feste Fahrbahn

Terzbänder [Hz]	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	Summe	
Schw.geschw. [mm/s]	0,0004	0,0006	0,0006	0,0019	0,0075	0,0167	0,0168	0,0076	0,0076	0,0069	0,0067	0,0079	0,0092	0,0082	0,0039	0,0020	0,0023	0,0013	0,0005	0,0003	0,0003	0,0327