Anlage 17.1

Schall- und Erschütterungstechnische Untersuchung der Bautätigkeiten an der Ausbaustrecke U5, Leinfelden-Echterdingen bis 200m nach Endhaltestelle Neuer Markt

(Revision 2)

Dipl. Phys. Helmut Venghaus
Dipl.-Ing. (FH) Jörg-M. Czogalla

Bericht-Nr.: ACB-1118-7540/08 Rev.2

10.10.2019

Titel:	Schall- und Erschütterungstechnische Untersuchung der Bautätigkeiten an der Ausbaustrecke U5, Leinfelden-Echterdingen bis 200m nach Endhaltestelle Neuer Markt (Revision 2)
Auftraggeber:	Stuttgarter Straßenbahnen AG Postfach 80 10 06 70510 Stuttgart
Auftrag vom:	20.06.2018
Bericht-Nr.:	ACB-1118-7540/08 Rev.2
Ersetzt Bericht-Nr.: vom:	ACB-1118-7540708 Rev.1 28.03.2019
Umfang:	40 Seiten Bericht und 9 Seiten Anlagen
Datum:	10.10.2019
Auftragnehmer:	ACCON GmbH Gewerbering 5 86926 Greifenberg
Bearbeiter:	Dipl. Phys. Helmut Venghaus Dipl.-Ing. (FH) Jörg-M. Czogalla

Diese Unterlage darf nur insgesamt kopiert und weiterverwendet werden.

Inhalt

Quellenverzeichnis **4**

1 Anlass und Aufgabenstellung **5**

2 Örtliche Situation **5**

3 Ermittlungs- und Beurteilungsgrundlagen **6**

3.1 Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm **6**

3.2 Lärmvorbelastung **8**

3.3 Erschütterungseinwirkungen durch Bautätigkeit **11**

4 Bauablauf **12**

5 Schallemissionen **13**

5.1 Allgemeines **13**

5.2 Schallemissionen der einzelnen Bauphasen **15**

5.3 Baustelleneinrichtungsflächen **16**

5.4 Baustellenverkehr **17**

6 Berechnungsverfahren **17**

6.1 Allgemeines **17**

6.2 Ausbreitungsberechnung Schall **17**

6.3 Ausbreitungsberechnung Erschütterung **18**

6.3.1 Verdichtungsarbeiten 18

6.3.2 Abbruch mittlerer Trog Unterführung Markomannenstraße 19

7 Ergebnisse Baulärmeinwirkungen **21**

7.1 Schallimmissionen ohne Lärmminderungsmaßnahmen **21**

7.1.1 Immissionsorte 21

7.1.2 Ergebnisse der Schallausbreitungsberechnung 21

7.2 Zusammenfassende Beurteilung der Schallimmissionen **28**

7.3 Minderungsmaßnahmen Baulärm **29**

7.3.1 Prinzipielle Minderungsmöglichkeiten 29

7.3.2 Diskussion und Empfehlung vorzusehender Minderungsmaßnahmen 30

8 Ergebnisse Erschütterungseinwirkungen **34**

8.1 Erschütterungen aus den Baumaßnahmen entlang der Trasse **34**

8.2 Erschütterungen Abbruch Trog Unterführung Markomannenstraße **36**

9 Allgemeine Hinweise und Auflagenvorschläge **37**

10 Zusammenfassung **39**

Anlagen

Quellenverzeichnis

[1] BImSchG, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt gändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771)

[2] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm (Geräuschimmissionen – AVV Baulärm) vom 19 August 1970 (Beilage zum BAnz Nr. 160 vom 1. September 1970)

[3] DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999.

[4] DIN 4150-3, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Februar 1999.

[5] Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften – Outdoor-Richtlinie 2000/14/EG, Richtlinie 2000/14/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen, 8. Mai 2000

[6] 32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung – 32. BImSchV), 29. August 2002 (BGBl. I S. 3478), zuletzt geändert durch Artikel 83 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474)

[7] Hessische Landesanstalt für Umwelt, HLFU: Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz Heft 247 – Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen, Wiesbaden, 1998.

[8] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, HLUG: Lärmschutz in Hessen Heft 2 – Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen, Wiesbaden, 2004.

[9] DIN ISO 9613-2 E, Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, September 1997.

[10] M. Achmus, J. Kaiser und F. tom Wörden, Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten – Mitteilungen des Instituts für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau der Universität Hannover, Heft 61, 2005.

[11] Auszug aus Projekt 02214-ABS-1; Stadtbahn Stuttgart Linie U15 ; „"Ermittlung und Beurteilung der aus dem Baubetrieb zu erwartenden Geräuschimmissionen auf Grundlage der Ausführungsplanung und unter Berücksichtigung der tatsächlich zum Einsatz kommenden Baumaschinen“ IB Fritz vom 24.10.2008

[12] Bundesverwaltungsgericht (BVerwG), Urteil: Wesentliche Grundsätze für die Anwendung der Anforderungen nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift Baulärm (AVV Baulärm) zum Schutz der Nachbarschaft vor unzumutbaren Beeinträchtigungen durch Baustellenlärm (BVerwG – 7 A 11.11), 10.07.2012

[13] Eisenbahnbundesamt (EBA) – Referat 53: Lärmkartierung, Lärmaktionsplanung und Geoinformation, Umgebungslärmkartierung an Schienenwegen von Eisenbahnen des Bundes – Runde 3 (30.06.2017), Bonn, Karte vom 01.06.2018, abgerufen auf http://laermkartierung1.eisenbahn-bundesamt.de/mb3/app.php/application/eba am 25.10.2018

[14] Große Kreisstadt Leinfelden-Echterdingen, „Fortschreibung Flächennutzungsplan 2005-2020“, 20.03.2009/15.10.2009

[15] Bebauungsplan Nr. 25-13/2, „Schelmenäcker Änderung Nord“, Satzungsbeschluss 18.09.2018

[16] Bebauungsplan Nr. 25-13/1, „Schelmenäcker Änderung Süd“, Entwurfsfassung Stand Februar 2019

[17] Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg; „Leitfaden für Lärmschutz in Städten und Gemeinden – Straßenverkehrslärm“; Stuttgart; Dezember 2014

1 Anlass und Aufgabenstellung

Die Stuttgarter Straßenbahnen AG plant die Linie U 5, in Leinfelden-Echterdingen bis 200 m über die Endhaltstelle Neuer Markt hinaus auszubauen. In der Bauphase wird es entlang der Ausbaustrecke an den benachbarten Gebäuden zu bauzeitlich bedingten Einwirkungen sowohl in Bezug auf Lärm als auch Erschütterungen kommen.

In der vorliegenden Untersuchung werden die mit dem Baubetrieb einhergehenden Geräusch- und Erschütterungseinwirkungen ermittelt und beurteilt. In Fällen der Überschreitung der gesetzlichen Vorschriften sind Minderungsmaßnahmen vorzuschlagen.

Die ACCON GmbH wurde mit der Durchführung der schall- und erschütterungstechnischen Untersuchung der Bauphase betraut. Im vorliegenden Bericht werden Vorgehensweise sowie Ergebnisse der Untersuchung zusammenfassend dargestellt.

2 Örtliche Situation

Der neue zu untersuchende Streckenabschnitt der U 5 beginnt im Norden bei km 4+370 (in etwa auf Höhe der Enzianstraße und Ernst-Mey-Straße) und führt von da parallel zur DB-Strecke 4861 (Stuttgart-Filderstadt) bis zur neuen Endhaltestelle Neuer Markt (Abbildung 1). Die Strecke wird in der hier vorgesehenen Baustufe mit einem 200 m langen Ausziehgleis über diese Haltestelle hinaus verlängert (km 5+040), um dort Züge abstellen zu können bzw. den Gleiswechsel für die Fahrtrichtungsänderung zu ermöglichen. Zudem soll südlich des Ausziehgleises ein Unterwerk errichtet werden.

Die Bautätigkeiten werden schwerpunktmäßig im Bereich der Stadtbahntrasse und der neuen Haltestelle, sowie im Bereich des geplanten Unterwerks stattfinden.

In Abbildung 1 sind Bauanfang und Bauende der geplanten Streckenverlängerung markiert. Zudem sind dort die Gebietseinstufungen der angrenzenden schutzbedürftigen Flächen dargestellt. Die Gebietseinstufung basiert dabei auf dem aktuellen Flächennutzungsplan für Leinfelden-Echterdingen [14]. Zudem wurde der Bebauungsplan Nr. 25-13/2 „Schelmenäcker Änderung Nord“ [15] sowie der im Verfahren befindliche Bebauungsplan Nr. 25-13/1 „Schelmenäcker Süd“ [16] (Entwurf Februar 2019) berücksichtigt. Weiterhin ist die Lage der betrachteten Immissionsorte dargestellt. Die Immissionsorte wurden dabei so gewählt, dass die Berechnungen an -in Bezug auf das Bauvorhaben- ungünstig gelegenen Gebäuden erfolgen. Die Betrachtung des Baulärms nach AVV Baulärm wird in der vorliegenden Untersuchung auf die exemplarisch gewählten Immissionsorte beschränkt. Alle übrigen im Umfeld der Baumaßnahme befindlichen Gebäude liegen entweder vergleichbar oder günstiger, auf eine gesonderte Betrachtung wird daher verzichtet.

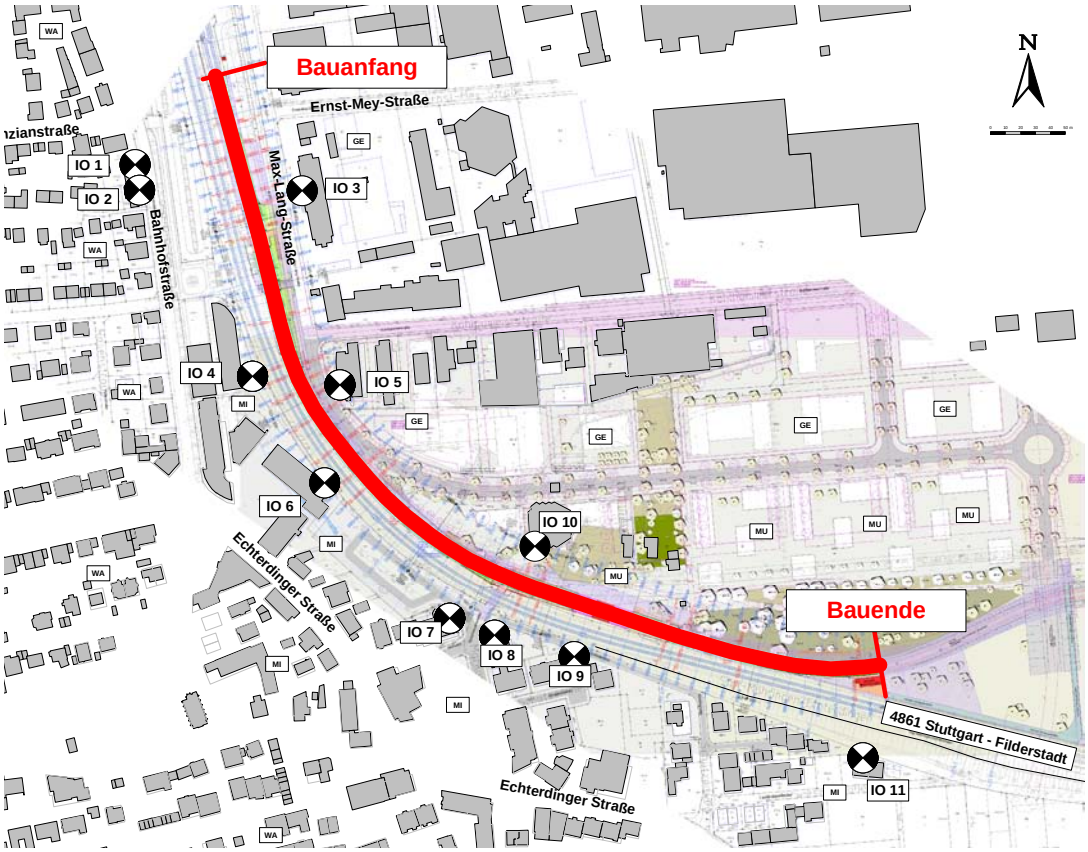


Abbildung 1: Übersichtslageplan zum Ausbau der U5 in Leinfelden

3 Ermittlungs- und Beurteilungsgrundlagen

3.1 Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm

Geräuschimmissionen, die durch den Betrieb von Baumaschinen auf Baustellen hervorgerufen werden, sind nach der AVV Baulärm (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm, August 1970) [1] zu beurteilen. Die AVV Baulärm gilt für Baumaschinen, die gewerblichen Zwecken dienen, oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden. Sie enthält u. a. Bestimmungen über Richtwerte für die von Baumaschinen auf Baustellen hervorgerufenen Geräuschimmissionen für die Zeiträume Tag und Nacht, über das Messverfahren und über Maßnahmen, die von den zuständigen Behörden bei Überschreiten der Immissionsrichtwerte angeordnet werden sollen.

Als Beurteilungszeitraum „*nachts*“ gilt die Zeit von 20:00 Uhr bis 07:00 Uhr. Der Beurteilungszeitraum „*tags*“ liegt in der Zeit von 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr.

Hierbei gelten die in Tabelle 1 aufgeführten, gebietsspezifischen Immissionsrichtwerte.

Tabelle 1: Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm für verschiedene Gebietsnutzungen

Nutzungsart	Immissionsrichtwerte	
	Tag dB(A)	Nacht dB(A)
Gebiete in denen nur gewerbliche oder industrielle Anlagen und Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind	70	70
Gebiete, in denen vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (GE)	65	50
Gebiete mit gewerblichen Anlagen und Wohnungen, in denen weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (MI, MK, MD)	60	45
Gebiete in denen vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (WA)	55	40
Gebiete in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (WR)	50	35
Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35

Dabei sollen einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen die Immissionsrichtwerte *„nachts“* um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten.

Die Art der baulichen Nutzung der Gebiete ergibt sich:

- Aus Festsetzungen im Bebauungsplan
- Aus der tatsächlichen baulichen Nutzung, sofern diese erheblich von der im Bebauungsplan festgesetzten baulichen Nutzung abweicht oder
- aus der tatsächlichen Nutzung, sofern keine Bebauungspläne aufgestellt sind.

Nach der AVV Baulärm sollen Maßnahmen zur Minderung des Baulärms dann angeordnet werden, wenn die messtechnisch erfassten Geräusche den Immissionsrichtwert um mehr als 5 dB überschreiten (sog. Eingriffsschwelle).

Folgende Maßnahmen kommen dabei in Betracht:

- Maßnahmen bei der Einrichtung der Baustelle
- Abschirmung der Baustelle
- Maßnahmen an Baumaschinen
- Verwendung geräuscharmer Baumaschinen
- Anwendung geräuscharmer Bauverfahren
- Beschränkung der Betriebszeit lautstarker Baumaschinen

Die Anlage 5 der AVV Baulärm enthält hierzu fachtechnische Hinweise.

Entsprechend der AVV Baulärm ist der Wirkpegel des Baulärms nach dem Takt-Maximalpegelverfahren ($L_{AFTm,5}$) mit einer Taktzeit von 5 Sekunden zu bilden. Dieser entspricht dem Mittelungspegel L_{Aeq} inklusive Zuschlag für Impulshaltigkeit K_I.

Zur Ermittlung des Beurteilungspegels ist von dem Wirkpegel unter Berücksichtigung der durchschnittlichen täglichen Betriebsdauer der Baumaschinen die in der letzten Spalte der folgenden Tabelle angegebene Zeitkorrektur abzuziehen.

Tabelle 2: Zeitkorrektur nach AVV Baulärm für verschiedene Betriebsdauern

Durchschnittliche tägliche Betriebsdauer in der Zeit von		Zeitkorrektur
7 Uhr bis 20 Uhr	20 Uhr bis 7 Uhr	
bis 2½ h	bis 2 h	10 dB
über 2½ h bis 8 h	über 2 h bis 6 h	5 dB
über 8 h	über 6 h	0 dB

3.2 Lärmvorbelastung

Nach aktueller Rechtsprechung [12] kann bei der Abwägung der bauzeitlich zu erwartenden Beeinträchtigungen eine Abweichung von den Immissionsrichtwerten der AVV Baulärm in Betracht kommen, wenn im Einwirkungsbereich der Baustelle eine tatsächliche Lärmvorbelastung vorhanden ist, die über den maßgeblichen Richtwerten der AVV Baulärm liegt.

Im vorliegenden Fall kann eine relevante Vorbelastung aus dem Schienenverkehrslärm der Strecke 4861 erwartet werden. Andere Geräuschquellen (z.B. Gewerbe, Sportanlagen, Straßenverkehr) leisten im Untersuchungsraum keinen relevanten Beitrag.

Im Rahmen der Umgebungslärmkartierung des Eisenbahnbundesamtes (EBA) sind für Schienenwege von Eisenbahnen des Bundes Lärmkarten entlang der Hauptstrecken und in den Ballungsräumen erstellt worden. Die nach Vorgabe der europaweit einheitlichen EU-Richtlinien ermittelten, auf den Seiten des Eisenbahn-Bundesamtes einsehbaren Kartierungsergebnisse (Runde 3, 30.06.2017), werden als Grundlage für die Abschätzung der Lärmvorbelastung an den betrachteten IO herangezogen. Die Berechnungen des EBA basieren auf dem Bestandsfahrplan und sind für den Beurteilungszeitraum Nacht mit Berechnungen nach der deutschen Berechnungsvorschrift Schall 03 vergleichbar, können im vorliegenden Fall also für eine überschlägige Beurteilung nachts direkt herangezogen werden.

Für den Zeitbereich tags ist dies nicht möglich, da im Rahmen der Lärmkartierung neben den Nachtwerten L_N der L_{DEN}, also der Beurteilungspegel Day-Evening-Night, letztendlich ein 24 h-Mittelwert bei dem Ruhezeiten und Nachtwerte mit entsprechender Gewichtung eingerechnet sind, angegeben wird (Abbildung 2). Im Allgemeinen kann man bei den Hauptstrecken des Schienenverkehrs jedoch davon ausgehen, dass die Belastung „*tags*“ sich nicht wesentlich von der Belastung nachts unterscheidet bzw. bei Strecken mit sehr hohem Güterverkehrsanteil „*tags*“ etwas unterhalb der nächtlichen Belastung und bei Strecken mit weniger starkem Güterverkehrsanteil eher etwas oberhalb der nächtlichen Belastung liegt. Nach unserem Kenntnisstand wird die Bahnstrecke 4810 derzeit ausschließlich für Personenverkehr genutzt. Nach fachgutachterlicher Einschätzung kann in dem vorliegenden Fall davon ausgegangen werden, dass der Beurteilungspegel tags in etwa 4 dB über dem Beurteilungspegel nachts liegt.

Im Rahmen der Abwägung könnte für den Fall, dass die für einen Immissionsort ermittelte Vorbelastung den gebietsspezifischen Richtwert nach AVV Baulärm überschreitet, die Vor-

belastung beispielsweise durch eine Anhebung der Richtwerte Berücksichtigung finden. Die Höhe der Anhebung könnte hierbei in Abhängigkeit der Differenz zwischen gebietsspezifischem Richtwert und Vorbelastung erfolgen. Ein Beispiel hierfür zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: Beispiel: Anhebung Immissionsrichtwerte (IRW) der AVV Baulärm in Abhängigkeit der Überschreitung der IRW durch die Vorbelastung ($L_{r,vor}$)

Überschreitung der IRW durch $L_{r,vor}$ [dB]	Korrektur IRW [dB]
< 5	+ 1,5
5 bis 10	+ 3,0
10 bis 15	+ 5,0
15 bis 20	+ 7,5
20 bis 25	+ 10,0
25 bis 30	+ 12,5
> 30	+ 15,0

Für die in der vorliegenden Untersuchung repräsentativ untersuchten Immissionsorte würden sich demnach beispielhaft die in der Tabelle 4 dargestellten, unter Berücksichtigung der Vorbelastung laut Lärmkartierung des EBA angepassten IRW ergeben.

Tabelle 4: Beispiel Anhebung Immissionsrichtwerte (IRW) der AVV Baulärm in Abhängigkeit der Überschreitung der IRW durch die Vorbelastung ($L_{r,vor}$) an den repräsentativ betrachteten Immissionsorten (IO)

Immissionsort			IRW nach AVV		$L_{r,vor}$		Differenz $L_{r,vor}$ – IRW		IRW angepasst	
Nr		Nutzung	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]	tags [dB]	nachts [dB]	tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]
IO 01	Bahnhofstr. 23	WA	55	40	60	56	5	16	58.0	47.5
IO 02	Bahnhofstr. 21	WA	55	40	60	56	5	16	58.0	47.5
IO 03	Max-Lang-Str. 30	GE	65	50	61	57	-4	7	65.0	53.0
IO 04	Bahnhofstr. 6	MI	60	45	71	67	11	22	65.0	55.0
IO 05	Max-Lang-Str 24	GE	65	50	68	64	3	14	66.5	55.0
IO 06	Neuer Markt 3	MI	60	45	74	70	14	25	65.0	55.0
IO 07	Silcherstr. 2	MI	60	45	69	65	9	20	63.0	52.5
IO 08	Markomannenstr. 3	MI	60	45	66	62	6	17	63.0	52.5
IO 09	Schützenweg 15/3	MI	60	45	54	50	-6	5	60.0	48.0
IO 10	Max-Lang-Str. 10	MI	60	45	63	59	3	14	61.5	50.0
IO 11	Länderwiesenstr. 9	MI	60	45	59	55	-1	10	60.0	50.0

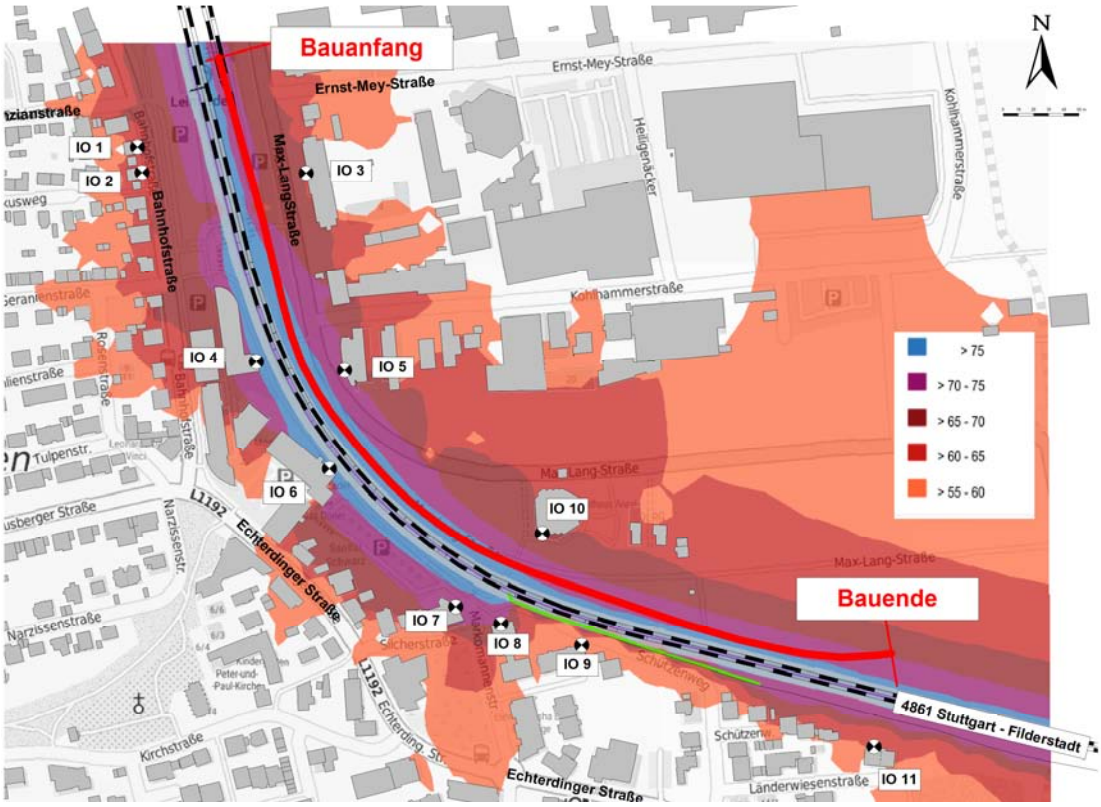


Abbildung 2: Lärmbelastung L_{DEN} an der Strecke 4861 im Abschnitt Leinfelden-Echterdingen Kartierung Stand 2017 (Quelle: [13])

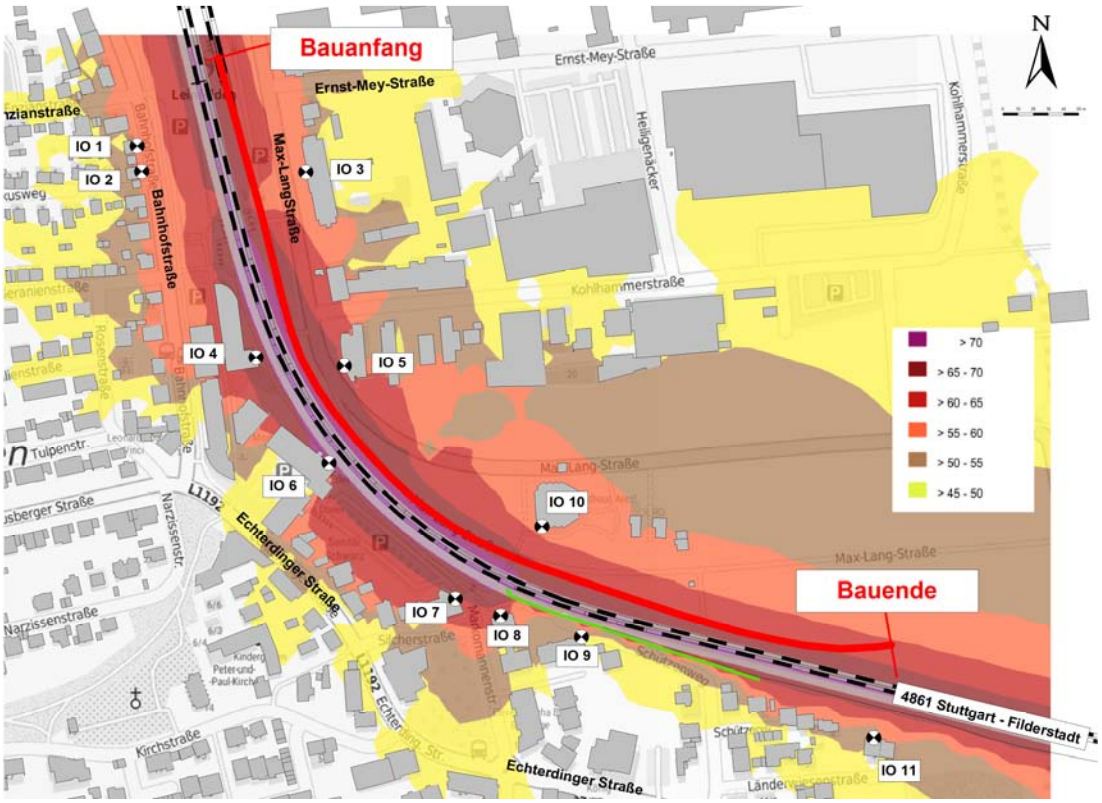


Abbildung 3: Lärmbelastung L_N an der Strecke 4861 im Abschnitt Leinfelden-Echterdingen Kartierung Stand 2017 (Quelle: [13])

3.3 Erschütterungseinwirkungen durch Bautätigkeit

Bei Einsatz von bestimmten Baumaschinen wie z.B. Walzen, Verdichtern und Schaufelbaggern ist in den angrenzenden Gebäuden mit Erschütterungseinwirkungen zu rechnen. Die Erschütterungseinwirkungen sind abhängig von der Entfernung der Baumaschine zum Gebäude, der Untergrundgeologie und der Schwingungsempfindlichkeit insbesondere der Gebäudedecken. Im Fall des Ausbaus der U 5, Leinfelden-Echterdingen, werden die Baumaschinen in relativ geringer Entfernung zu Nachbargebäuden eingesetzt.

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen wird die DIN 4150-2 (Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden; Juni 1999) [3] herangezogen. Zweck der Norm ist die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. In der DIN 4150-2 werden Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden.

Die DIN 4150-2 berücksichtigt mittels einer Frequenzbewertung der Schwinggeschwindigkeit die menschliche Erschütterungswahrnehmung. Nach dieser Frequenzbewertung der Schwinggeschwindigkeit erhält man den dimensionslosen KBF(t)-Wert. Dieser KBF(t)-Wert soll mit seinem maximalen Wert (KB_{Fmax}) den unteren Anhaltswert A_u möglichst nicht überschreiten. Ist der KB_{Fmax} größer als A_u und kleiner als der obere Anhaltswert A_o, dann ist die Norm eingehalten, falls die zeitabhängige Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} nicht größer als A_r ist. Oberhalb von A_o ist die Anforderung nicht eingehalten.

In Tabelle 5 sind die Anhaltswerte der DIN 4150-2, Tabelle 2, für Baumaßnahmen mit einer Dauer von 6 bis 26 Tagen aufgeführt. In der Beurteilung nach „Stufe II“ wird davon ausgegangen, dass von Seiten der Bauleitung die betroffene Bevölkerung über die anstehenden Baumaßnahmen eingehend informiert wird. Es wird im vorliegenden Fall davon ausgegangen, dass die Zeitblöcke mit erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten in einem Baubereich insgesamt nie länger als 26 Tage andauern werden.

Tabelle 5: Anhaltswerte nach DIN 4150-2 für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen

Dauer	**6 Tage < D ≤ 26 Tage**		
Anhaltswerte	A_u	A_o	A_r
Stufe II	0,8	5	0,6

Die Gefährdung von Gebäuden aus dem Betrieb von Quellen, die starke Erschütterungen emittieren, wird entsprechend der Anhaltswerte der DIN 4150-3 [4] für kurzzeitige Einwirkungen (Tabelle 6) und Dauereinwirkungen (Tabelle 7) beurteilt. In dieser Norm werden die Erschütterungsimmissionen bezüglich ihres Frequenzgehaltes und der darauf bezogenen zulässigen Schwingamplituden an unterschiedlichen Bezugsorten in Gebäuden überprüft. In das Verfahren werden auch die Gebäudearten mit einbezogen.

Tabelle 6: Anhaltswerte für die max. Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ [mm/s] zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke

Messort	**Fundament**			**Oberste Deck-enebene, horizontal**	**Decken vertikal**
Frequenzbereich	**< 10 Hz**	**10 - 50 Hz**	**50 – 100 Hz**	**1 - 100 Hz**	**1 - 100 Hz**
Industriebau, gewerbliche Bauten	20	20 - 40	40 – 50	40	20
Wohngebäude	5	5 - 15	15 – 20	15	20
empfindliche Bauten, Denkmalschutz	3	3 - 8	8 – 10	8	20

Tabelle 7: Anhaltswerte für die max. Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ [mm/s] zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Bauwerke

Messort	**Oberste Deck-enebene, horizontal**	**Decken vertikal**
Frequenzbereich	**1 - 100 Hz**	**1 - 100 Hz**
Industriebau, gewerbliche Bauten	10	10
Wohngebäude	5	10
empfindliche Bauten, Denkmalschutz	2,5	10

4 Bauablauf

Die im Zuge des Ausbaus der U 5 zu betrachtenden Bautätigkeiten können nach dem Baustellenkonzept der SSB AG in folgende Bauphasen aufgegliedert werden:

1. Baufeldfreimachung mit Kabel-, Kanal- und Leitungsverlegungen
2. Abbruch Trog (Block 2) Unterführung Markomannenstr.
3. Bau Stützwand Unterführung Markomannenstr.
4. Gleisunterbau
5. Gleisoberbau
6. Haltestellenbau
7. Stadtbahntechnischer Ausbau
8. Bau Unterwerk

Die in den Bauphasen vorkommenden Bautätigkeiten werden in Tabelle 8 grob skizziert, hierbei werden im Wesentlichen nur laute Tätigkeiten aufgeigt.

Tabelle 8 Bauphasen und Bautätigkeiten

Bauphasen		Bautätigkeiten
Nr.	Bezeichnung	
1	Baufeldfreimachung mit Kabel-, Kanal- und Leitungsverlegungen	• Asphalt, Bordsteine schneiden • Straßenflächen, Bordsteine etc. ausbrechen, laden und abfahren • Leitungen und Kanäle verlegen
2	Abbruch Trog (Block 2) Bereich Unterführung Markomannenstr.	• Abbruch Betonwände und Bodenplatte • Abbruch zerkleinern, sortieren, laden und abfahren
3	Bau Stützwand im Bereich Unterführung Markomannenstr.	• Mikrobohrpfähle od. Träger-Bohl-Verbau • Betonarbeiten

Bauphasen		Bautätigkeiten
Nr.	Bezeichnung	
4	Gleisunterbau	• Bodenabtrag • Herstellung Erdplanum und Schutzschichten • Herstellung Planum
5	Gleisoberbau	• Feste Fahrbahn betonieren • Gleise verlegen, verschweißen und verschrauben
6	Haltestellenbau	• Betonarbeiten • Estrich und Beläge auf Bahnsteig und Treppenanlagen einbauen • Stahlkonstruktion der Bahnsteigüberdachung montieren
7	Stadtbahntechnischer Ausbau	• Oberleitungsmasten, Oberleitungsausleger und Oberleitung montieren
8	Bau Unterwerk	• Betonarbeiten

Die Bauphasen 2, 3, 6 und 8 treten dabei nur örtlich begrenzt auf.

Die verschieden Bauphasen beinhalten einen unterschiedlichen Einsatz von Baugeräten und deren durchschnittliche Einsatzzeiten. Dies wird bei der Ermittlung der Emissionen entsprechend berücksichtigt.

Die Zuwegung zu den Bauabschnitten erfolgt je nach Bauphase im Wesentlichen über den öffentlichen Straßenraum als auch gleisgebunden (z. B. Stopfarbeiten). Im östlichen Bereich der Trasse soll ggf. eine Baustraße angelegt werden. Ob die Baustraße erforderlich wird, ist derzeit nicht abschließend geklärt. Auch der mögliche Verlauf steht derzeit noch nicht fest. Diskutiert wird eine Führung entlang der Trasse der zukünftigen Verlängerung der Stadtbahn oder aber über das vorhandene Feldwegenetz. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird trotz der noch offenen Punkte zur sicheren Seite hin eine Baustraße berücksichtigt. Hierbei wird ein Verlauf auf der zukünftigen Trassenverlängerung nach Osten bis zur Max-Lang-Straße zugrunde gelegt.

5 Schallemissionen

5.1 Allgemeines

Um nächtliche Ruhestörungen auszuschließen, werden die Bauarbeiten nach Abstimmung mit der SSB AG ausschließlich während des Tagzeitraums, also im Zeitraum zwischen 7 Uhr und 20 Uhr, stattfinden.

Die folgende Aufstellung der Schallemissionen der Baumaschinen setzt voraus, dass Maschinen eingesetzt werden, die dem Stand der Technik entsprechen. Die Aufstellung zeigt jedoch auf, dass trotz Einsatzes solcher Maschinen bei zahlreichen Bautätigkeiten relativ hohe Schallemissionen zumindest zeitweise kaum vermeidbar sind. Darunter fallen z.B. das Asphaltschneiden und das Abheben der Straßendecke.

Auf Basis der in Tabelle 8 zusammengestellten Bautätigkeiten werden die zum Einsatz kommenden Baumaschinen und Bauverfahren abgeleitet. Den in Frage kommenden Baumaschinen und Bauverfahren werden gutachterlich baubetriebstypische Schallemissionen

(Schallleistungspegel) zugeordnet. Als maßgebliche Baumaschinen werden dabei im Wesentlichen Großgeräte berücksichtigt, deren Schallleistungspegel sich aufgrund von Anforderungen an Baumaschinen nach EU-Richtlinie 2000/14/EG [5], Ansätzen aus der Fachliteratur ([7], [8]) sowie Erfahrungswerten ergeben.

Für die Berechnung der Immissionspegel an den Immissionsorten werden Flächenschallquellen angesetzt, die die Bautätigkeiten im Bereich der Immissionsorte repräsentativ wieder spiegeln. Da es sich um eine linienhafte Baustelle handelt, wird die Baustelle für die Bauphasen 1, 4, 5, 6 und 7 in 100 m Abschnitte unterteilt und die Flächenschallquellen mit entsprechender Länge immer so angeordnet, dass sie schwerpunktmäßig eine in Bezug auf die jeweiligen Immissionsorte ungünstige Lage aufweisen. In Bezug auf die Bauphasen 2 und 3, die sich auf den Bereich der Unterführung Markomannenstr. beschränken, werden Flächenschallquellen mit einer Größe von rd. 100 m² verwendet. Bauphase 8 wird durch eine rd. 530 m² große Flächenschallquelle abgebildet.

Insgesamt ergeben sich unter Berücksichtigung der repräsentativ betrachteten Immissionsorte 4 Betrachtungsabschnitte mit unterschiedlich verorteten Flächenschallquellen. Abbildung 4 dokumentiert die Lage der betrachten Abschnitte. Zudem ist hierin auch die Lage der Baustraßen dargestellt, die für die Abschnitte 3 und 4 berücksichtigt wurden.

Abbildung 4: Übersichtsplan Lage betrachtete Bauabschnitte und Baustraßen

Da sich die Bauphasen 2 und 3 auf den Bereich der Unterführung Markomannenstr. beschränken, wurden hier -wie weiter oben erwähnt- abweichend von der in Abbildung 4 dargestellten Flächenschallquelle des Abschnitts 3, je rd. 100 m² große Flächenschallquellen

nebst zugehöriger Baustraße angesetzt. Die Lage der Quellen für die Bauphasen 2 und 3 verdeutlicht Abbildung 5

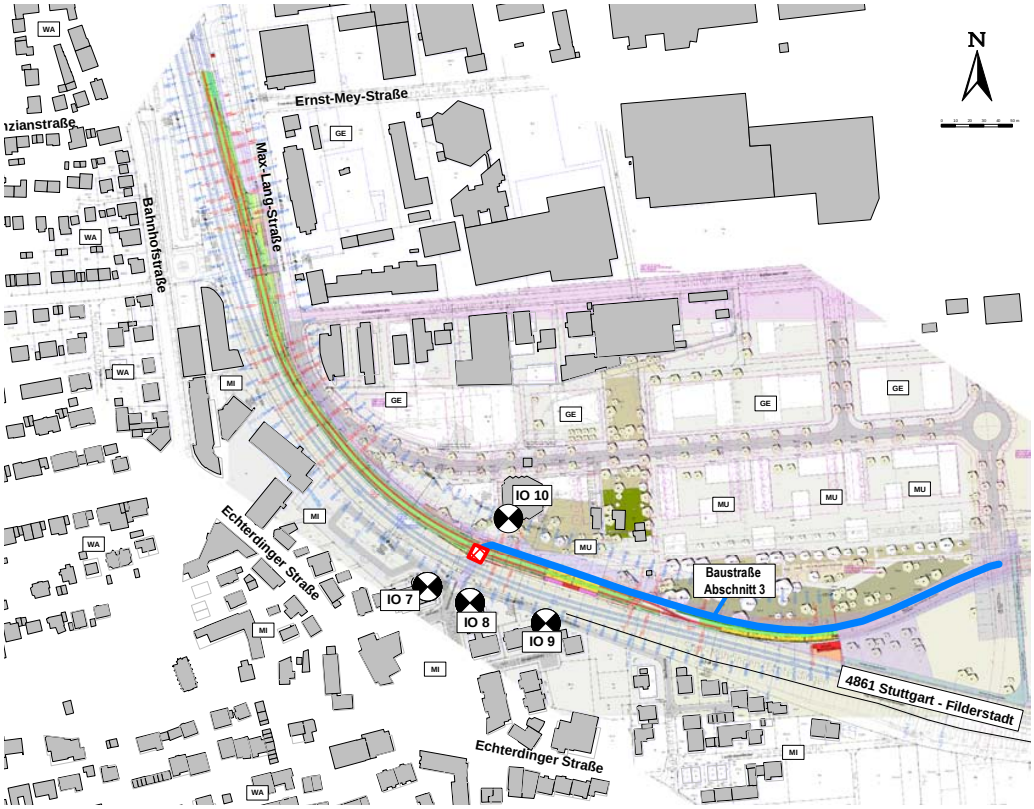


Abbildung 5: Übersichtsplan Lage Quellen Bauphase 2 und 3 (rot) mit Baustraße

Den Flächenschallquellen werden die Gesamtschallleistungspegel der einzelnen Bauphasen zugeordnet. Wobei in Abschnitt 4 lediglich die Bauphase 8 „Bau Unterwerk“ betrachtet wird. Eine gesonderte Betrachtung der anderen Bauphasen ist in Abschnitt 4 nicht erforderlich, da der Immissionsort günstiger liegt als die in Abschnitt 3.

Die Bauphasen 2 (Abbruch Trog Unterführung Markomannenstr.), 3 (Bau Stützwand Unterführung Markomannenstr.) und 5 (Haltestellenbau) kommen nur im Abschnitt 3 zum Tragen.

Die Gesamtschallleistungspegel der einzelnen Bauphasen werden nachfolgend dargestellt.

5.2 Schallemissionen der einzelnen Bauphasen

Bei der Ermittlung der Gesamtschallleistung der einzelnen Bauphasen wird nicht jeder denkbare Arbeitsschritt behandelt. Vielmehr dominieren in der Praxis bestimmte Arbeiten bzw. der Einsatz bestimmter Geräte die Emissionssituation. Die übrigen hier nicht gelisteten zur Anwendung kommenden (Klein-) Geräte können entweder aufgrund ihrer Einsatzzeit und Schallentwicklung als nicht relevant angesehen werden oder sind vergleichbar mit einer der aufgeführten Maschinen und sind daher in den Berechnungen nicht gesondert berücksichtigt worden.

Die angegebenen Schallleistungspegel beziehen sich auf den Lastbetrieb. Der Leerlauf ist demgegenüber zu vernachlässigen bzw. hat keinen signifikanten Einfluss auf die Beurtei-

lung, bzw. liegt im Rahmen der Prognoseunsicherheit. Die Einwirkzeiten der einzelnen Quellen im Lastbetrieb entsprechen durchschnittlichen Erfahrungswerten und tragen dem Umstand Rechnung, dass im realen Baubetrieb stets auch Pausen für Umsetzvorgänge, Rüstzeiten, Materialaufnahme etc. entstehen, und somit so gut wie kein Gerät in der Praxis durchgängig in Volllast in Betrieb ist.

Da derzeit nicht geklärt werden kann, welche der unterschiedlichen Maschinen in den einzelnen Bauphasen zeitgleich in Betrieb sind wird zur sicheren Seite ein zeitgleicher Betrieb aller gelisteten Maschinen je Bauphase postuliert. Die prognostizierten Gesamtschallleistungspegel der einzelnen Bauphasen stellen somit obere Abschätzungen der tatsächlich auftretenden baubetriebsbedingten Schallemissionen dar. Die schalltechnische Untersuchung ist in diesem Sinne als eine Machbarkeitsstudie zu verstehen, um sich abzeichnende Konfliktpotenziale bereits vor einer Baumaßnahme zu erkennen und damit Schutzmaßnahmen zu deren Verminderung/Vermeidung schon im Vorfeld treffen zu können.

Die Abbildung der Emissionsquellen erfolgt im Rechenmodell anhand von Flächenschallquellen, denen die Gesamtschallleistungspegel der einzelnen Bauphasen zugeordnet werden. Tabelle 9 zeigt die für jede Bauphase ermittelten resultierenden Gesamtschallleistungspegel. Die detaillierte Bestimmung der Gesamtschallleistungspegel der Bauphasen ist in Anlage 1 dokumentiert.

Tabelle 9 Bauphasen mit zugehörigen Gesamtschallleistungspegeln

Nr.	Bauphase / Bezeichnung	$L_{wA,r}$ [dB(A)]
1	Baufeldfreimachung mit Kabel-, Kanal- und Leitungsverlegungen	110
2	Abbruch Trog im Bereich Unterführung Markomannenstr.	117
3	Bau Stützwand im Bereich Unterführung Markomannenstr.	108
4	Gleisunterbau	108
5	Gleisoberbau	109
6	Haltestellenbau	106
7	Stadtbahntechnischer Ausbau	106
8	Bau Unterwerk	106

In Bezug auf die Dauer der einzelnen Bauphasen wird davon ausgegangen, dass die schalltechnischen Einwirkungen aus dem Baubetrieb als länger andauernd (mindestens 1 Tag) und somit als kontinuierliche Lärmquelle über einen Tag zu betrachten sind. Eine genaue Angabe der Dauer der Einwirkungen der einzelnen lauten Bauphasen auf einzelne Gebäude ist zum derzeitigen Verfahrensstand im Rahmen der schalltechnischen Untersuchung nicht möglich.

5.3 Baustelleneinrichtungsflächen

Da Baustelleneinrichtungsflächen im Vergleich zu geräuschintensiven Bautätigkeiten in der Regel keine bedeutenden Lärmquellen darstellen – häufig dienen sie als Lager- und Abstell-

flächen – werden sie im vorliegenden Fall bei den Immissionsberechnungen nicht gesondert berücksichtigt.

5.4 Baustellenverkehr

Im Einwirkungsbereich der Baustelle ist der Baustellenverkehr in den Emissionsansätzen der einzelnen Bauphasen bereits berücksichtigt.

Innerhalb der Ortslage wird der Baustellenverkehr über öffentliche Verkehrswege (z.B. Max-Lang-Str) abgewickelt, es werden keine Baustraßen errichtet. Es findet eine Vermischung mit dem vorherrschenden Verkehr statt, wodurch sich eine gesonderte Betrachtung erübrigt.

Für die möglicherweise erforderliche Baustraße im östlichen Bereich der Baustelle (Bauabschnitt 3 und 4, siehe Abbildung 4) werden Linienschallquellen mit einem längenbezogenen Schallleistungspegel von L'_W = 61 dB(A)/m je Lkw angesetzt (entspricht einem Lkw mit einem Schalleistungspegel von L'_W = 103 dB(A) der sich mit einer Geschwindigkeit von 15 km/h bewegt). Es wurde davon ausgegangen, dass je Stunde 6 Lkw zu- und auch wieder abfahren. Dies entspricht 12 Lkw-Bewegungen je Stunde. Abweichend davon wurde für die Bauphase 2 (Abbruch Trog Bereich Unterführung Markomannenstr) davon ausgegangen, dass je Stunde 1 Lkw zu- und auch wieder abfahren. Dies entspricht 2 Lkw-Bewegungen je Stunde

6 Berechnungsverfahren

6.1 Allgemeines

Die Bauarbeiten werden nach Abstimmung mit der SSB AG ausschließlich tags im Zeitraum zwischen 7 Uhr und 20 Uhr stattfinden. Damit kann auf eine Berechnung des Baulärms nachts verzichtet werden.

Da die DIN 4150 den Zeitbereich nachts von 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr definiert, erübrigt sich zudem auch eine Berechnung baubedingter Erschütterungen im Zeitbereich nachts.

6.2 Ausbreitungsberechnung Schall

Die AVV Baulärm [1] ist eine Mess- und Beurteilungsvorschrift. Sie enthält Bestimmungen zur vereinfachten Bestimmung von Beurteilungspegeln aus Messungen, zur Addition der Pegel unterschiedlicher Teilquellen und zur Anwendung von Zeitkorrekturen für unterschiedliche Einwirkzeiten.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ist eine Prognose des Baustellenlärms gefordert, Messungen sind derzeit naturgemäß nicht möglich. Nach heutigem Stand der Technik wird die Schallausbreitung von (u. a.) gewerblichen Lärmquellen nach DIN ISO 9613-2 mit entsprechend ausgelegten Rechenprogrammen berechnet. Die Schallausbreitungsberechnung erfolgt im Rahmen des vorliegenden Gutachtens daher analog zu den Berechnungsvorschriften der DIN ISO 9613-2 [9]. Da bereits im Emissionsansatz der Bauphasen u.a. die Zeitkorrekturen nach AVV Baulärm berücksichtigt sind (Ansatz Schallleistungsbeurteilungspegel L_{wAr}), stellt der prognostizierte Immissionspegel gleichzeitig den Beurteilungspegel in Anlehnung an die AVV Baulärm dar.

Aufgrund der zum jetzigen Zeitpunkt im Vorfeld der Baumaßnahmen noch nicht genau bekannten Bauabläufe und Aufstellungen der Maschinen und Geräte wurde eine vereinfachte Modellbildung anhand von Flächen- und ggf. Linienschallquellen im Bereich der Baustelle vorgenommen.

Die Ausbreitungsrechnung wird mit der Software CadnaA in der aktuellsten Programmversion auf Grundlage der Schallemissionen von Abschnitt 5.2 unter Verwendung eines dreidimensionalen Rechenmodells durchgeführt. Bei den Immissionsberechnungen werden Einflüsse von Gebäuden und Topographie berücksichtigt, die Bodendämpfung wird nach Kap. 7.3.2. („alternatives Verfahren“) ermittelt. Berücksichtigt wurde zudem die erste Reflexionsordnung unter Ansatz eines Reflexionsverlustes von 1 dB für glatte Fassaden.

6.3 Ausbreitungsberechnung Erschütterung

Die Berechnung der Erschütterungsimmissionen erfolgt nach dem Prognoseverfahren von M. Achmus [10], das unterschiedliche Anregearten von Baumaschinen und den Energieeintrag mit in die Berechnungsmethodik aufnimmt.

Im vorliegenden Fall ist hauptsächlich von Erschütterungseinwirkungen bei Verdichtungsarbeiten und im Zuge der Bauphase 2 von Einwirkungen eines Meißelbaggers auszugehen.

6.3.1 Verdichtungsarbeiten

Für Verdichtungsarbeiten wird die Gleichung zur Bestimmung der maximalen Fundamentschwinggeschwindigkeit $v_{Fi,max}$ abhängig vom Abstand r zwischen Baumaschine und Immissionsort in [10] wie folgt angegeben:

$$v_{Fi,max} = K_{Verd} * \frac{\sqrt{G}}{r}$$

$$mit: \quad K_{Verd} = 4{,}31 \ (wahrscheinlicher\ Wert)$$

$$K_{Verd} = 10{,}87 \ (ungünstiger\ Wert)$$

$$Gewicht\ G\ in\ t, Abstand\ r\ in\ m, v_{Fi,max}\ in\ mm/s$$

Der Korrekturfaktor K bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung der Prognosewerte, wobei der ungünstige Wert eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 % beschreibt.

Wie sich Fundamentschwingungen auf Bauteile übertragen, hängt von den Eigenfrequenzen der Bauteile und damit von den Eigenschaften des Gebäudes und seiner Gründung ab. Die Veränderung der Schwinggeschwindigkeitsamplitude wird durch Übertragungsfaktoren beschrieben:

$$v_{Bauteil} = k_{Bauteil} * v_F$$

Durch Resonanzeffekte kann es vor allem bei vertikalen Deckenschwingungen zu deutlichen Erhöhungen der Schwinggeschwindigkeit kommen. Erfahrungsgemäß können im Resonanzfall Übertragungsfaktoren von $k_{z,Decke} \leq 10$ für Stahlbetondecken auftreten. Für horizontale Bauteilschwingungen spielen Resonanzen meist keine Rolle. Nur bei Gebäuden auf weichem Untergrund können gegebenenfalls leichte Amplitudenerhöhungen gegenüber der

Fundamentschwingung auftreten. Zur sicheren Seite hin wird hier der Übertragungsfaktor mit $k_{x,y,Decke} \leq 1{,}25$ angenommen.

Als Eingangsdaten für die Ausbreitungsberechnung werden die in Tabelle 10 dargestellten Werte genutzt.

Tabelle 10 Basisdaten zur Berechnung der Erschütterungseinwirkung von Baumaschinen

Baumaschine	Einsatzbereich	Gewicht [t]	Arbeitsfrequenz [Hz]
Rüttelplatte	Oberfläche einebnen	≤ 0,6	50
Rüttelwalze leicht	Oberfläche einebnen	≤ 4	30
Rüttelwalze mittel	Oberfläche einebnen	≤ 13	30
Rüttelwalze schwer	Verdichtung Untergrund	≤ 32	30

Für die Beurteilung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden wird die maximale Beurteilungsschwingstärke KB_{Fmax} aus den maximalen Deckenschwingungen $v_{F,max}$ wie folgt bestimmt:

$$KB_{Fmax} = v_{Fmax} * 0{,}432$$

Basierend auf dem KB_{Fmax} kann der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} für Betondecken wie folgt abgeschätzt werden:

$$KB_{FTm} = \frac{KB_{Fmax}}{1{,}5}$$

Schließlich wird die Beurteilungsschwingstärke nach folgender Formel berechnet:

$$KB_{FTr} = KB_{FTm}\sqrt{\frac{T_e}{T_r}}$$

$$mit: \quad T_r = Beurteilungszeit\ tags\ 16h, nachts\ 8h$$
$$T_e = Einwirkungszeit\ außerhalb\ Ruhezeit$$

6.3.2 Abbruch mittlerer Trog Unterführung Markomannenstraße

Im südlichen Bereich der Stadt Leinfelden besteht eine Fußgängerunterquerung der DB-Strecke zwischen der Markomannenstraße und der Max-Lang-Straße. Diese Unterquerung wurde aus 3 nebeneinanderliegenden aber separaten Betontrögen erstellt. Im Zuge der Verlängerung der U5 wird der mittlere der 3 Tröge abgebrochen (siehe Abbildung 6).

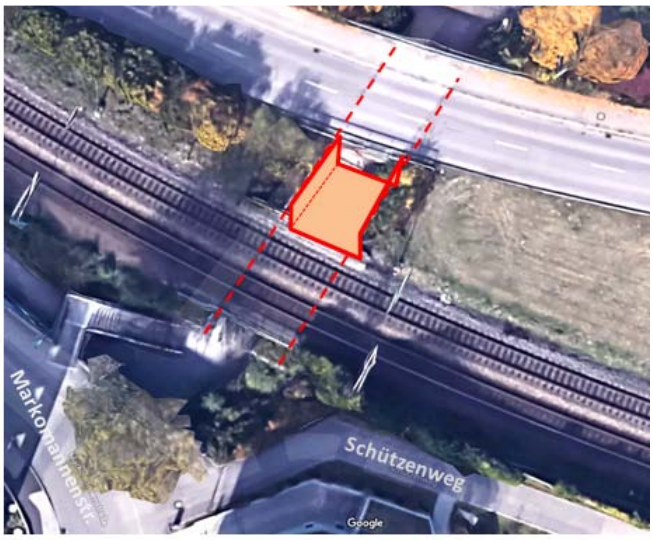


Abbildung 6: Skizze Abbruchbereich Trogbauwerk

Der Abbruch soll mittels Meißelbagger erfolgen. Als maßgebende Immissionsorte für die damit einhergehenden Erschütterungseinwirkungen wird das südlich zur Baustelle gelagerte Wohngebäude Markomannenstr. 3 und das nördlich gelagerte Jugendzentrum Max-Lang-Straße 10 angesehen.

Die Einwirkungen des Meißelbaggers im Zuge der Bauphase 2 können nach fachgutachterlicher Einschätzung unter Anwendung der Ausbreitungsgleichung für Schlagrammung nach Achmus [10] abgeschätzt werden, da die hier zum Einsatz kommenden Hydraulikhämmer dieser Schwingungsanregung im Erdreich und in nahestehenden Gebäuden sehr ähnlich ist.

Die Prognosegleichung für die resultierende Fundamentschwingschnelle bei Schlagrammungen nach Achmus [10] lautet:

$$v_R^F = K * \frac{\sqrt{E}}{r}$$

$$mit: \quad K = 2{,}45\ (wahrscheinlicher\ Wert)\ bis\ 3{,}82\ (sungünstiger\ Wert), hier\ mit\ K = 20\ angesetzt$$

$$E = Energieeintrag\ der\ Quelle\ in\ kJ\ bzw. kNm$$

$$r = Abstand\ r\ zwischen\ Quelle\ und\ Bezugspunkt\ in\ m$$

Für die Ausbreitungsberechnung werden folgende Eingangsparameter genutzt:

- Kürzeste Abstände zwischen Signalquelle und Außenkante der Gebäude während der Abbrucharbeiten (Markomannenstr. 3 rd. 28 m und Max-Lang-Str. 10 rd. 29 m)
- Trägergeräteklasse (Gewicht des Baggers) ≤ 40 t
- nach Trägergeräteklasse geschätzte max. Energie des Hydraulikmeißels E ≤ 8,5 kJ

7 Ergebnisse Baulärmeinwirkungen

7.1 Schallimmissionen ohne Lärmminderungsmaßnahmen

7.1.1 Immissionsorte

Die Berechnung des zu erwartenden Baulärms wurde für insgesamt 10 repräsentative, aus akustischer Sicht in Bezug auf den Baulärm ungünstig gelegene Immissionsorte im Untersuchungsgebiet durchgeführt. Im Hinblick auf die Baulärmeinwirkungen beim Bau des geplanten Unterwerks wurde zudem ein weiterer Immissionsort (IO 11) berücksichtigt, der in Bezug auf das Unterwerk am ungünstigsten gelegen ist. Die Lage der Immissionsorte ist Abbildung 1 oder Abbildung 4 zu entnehmen, Tabelle 11 listet die IO mit Gebietseinstufung Richtwerten gemäß AVV Baulärm und sowie der angepassten Richtwerte aufgrund vorherrschender Vorbelastung auf.

Tabelle 11 Immissionsorte Baulärm

Immissionsort		Gebiets-einstufung	IRW tags [dB(A)]	IRW_{VB} tags [dB(A)]
Bezeichnung	Ort			
IO 01	Bahnhofstr. 23	WA	55	58.0
IO 02	Bahnhofstr. 21	WA	55	58.0
IO 03	Max-Lang-Str. 30	GE	65	65.0
IO 04	Bahnhofstr. 6	MI	60	65.0
IO 05	Max-Lang-Str 24	GE	65	66.5
IO 06	Neuer Markt 3	MI	60	65.0
IO 07	Silcherstr. 2	MI	60	63.0
IO 08	Markomannenstr. 3	MI	60	63.0
IO 09	Schützenweg 15/3	MI	60	60.0
IO 10	Max-Lang-Str. 10	MI	60	61.5
IO 11	Länderwiesenstr. 9	MI	60	60.0

IRW: Immissionsrichtwert

IRW_{VB}: Immissionsrichtwert angepasst aufgrund Vorbelastung

Es wird nur der Tageszeitraum in die Beurteilung des Baulärms aufgenommen, da im Nachtzeitraum unzumutbar hohe Lärmbelastungen auftreten würden. Bauarbeiten während der Nacht (20:00 Uhr bis 07:00 Uhr) sind folglich auszuschließen.

7.1.2 Ergebnisse der Schallausbreitungsberechnung

In Anlage 2 wird anhand von Rasterlärmkarten die Schallausbreitung aus den Bautätigkeiten der jeweils lautesten Bauphase (Bauphase 1 für die Abschnitte 1 und 2, Bauphase 1 und 2 für den Abschnitt 3 und Bauphase 8 für den Abschnitt 4) bei freier Schallausbreitung in Form von Rasterlärmkarten dargestellt.

In den nachfolgenden Ergebnistabellen werden Bauphasen zusammenfassend dargestellt, sofern der Gesamtschallleistungspegel der Bauphasen identisch ist (z.B. Bauphase 3 und 4).

Die Ergebnistabellen zeigen Bezeichnung, Adresse und Stockwerke der exemplarisch betrachteten Immissionsorte (IO). Für jeden IO wird die zugrunde gelegte Gebietsausweisung

und der damit verbundene Immissionsrichtwert (IRW) nach AVV Baulärm angegeben. Daneben wird der basierend auf aktueller Rechtsprechung aufgrund vorherrschender Vorbelastung angehobene IRW_{VB} (siehe hierzu auch 3.2) dargestellt. Danach folgen die berechneten Beurteilungspegel. Für die Bewertung werden schließlich die Differenzen zwischen Beurteilungspegel und den unterschiedlichen Bewertungskriterien gebildet. Neben dem IRW nach AVV Baulärm und der zugehörigen Eingriffsschwelle (IRW +5dB), werden hierbei auch die IRW_{VB} mit entsprechender Eingriffsschwelle (IRW_{VB} +5dB) und letztlich auch die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung (tags nach [17] in Wohngebieten 70 dB(A), in Gewerbegebieten 75 dB(A)) berücksichtigt.

Tabelle 12 Bauphase 1 - Baufeldfreimachung mit Kabel-, Kanal- und Leitungsverlegungen

Nr.	Bauphase / Bezeichnung	LwA,r in dB(A)	Bemerkung
1	Baufeldfreimachung mit Kabel-, Kanal- und Leitungsverlegungen	110	

Bauphase jeweils gesamt:	LwA,r=	110	dB(A)	Quellen:	GOK
				Ausbreitung:	frei

Immissionsort				Gebiets-nutzung	IRW Tag [dB(A)]	IRW_{VB} Tag [dB(A)]	Beurteilungspegel Tags in [dB(A)]	Überschreitung in dB				
Ort	Bezeichnung	Adresse	Stockwerk					IRW	IRW+5	IRW_{VB}	IRW_{VB}+5	70/75 dB(A)
Abschnitt 1	IO 01	Bahnhofstr. 23	EG	WA	55	58.0	60.7	5.7	0.7	2.7	-	-
			1.OG	WA	55	58.0	61.8	6.8	1.8	3.8	-	-
	IO 02	Bahnhofstr. 21	EG	WA	55	58.0	61.2	6.2	1.2	3.2	-	-
			1.OG	WA	55	58.0	62.1	7.1	2.1	4.1	-	-
			2.OG	WA	55	58.0	63.1	8.1	3.1	5.1	0.1	-
	IO 03	Max-Lang-Str. 30	EG	GE	65	65.0	66.7	1.7	-	1.7	-	-
			1.OG	GE	65	65.0	68.2	3.2	-	3.2	-	-
Abschnitt 2	IO 04	Bahnhofstr. 6	EG	MI	60	65.0	68.6	8.6	3.6	3.6	-	-
			1.OG	MI	60	65.0	69.3	9.3	4.3	4.3	-	-
			2.OG	MI	60	65.0	69.4	9.4	4.4	4.4	-	-
			3.OG	MI	60	65.0	69.3	9.3	4.3	4.3	-	-
			4.OG	MI	60	65.0	69.2	9.2	4.2	4.2	-	-
	IO 05	Max-Lang-Str 24	EG	GE	65	66.5	69.8	4.8	-	3.3	-	-
			1.OG	GE	65	66.5	71.4	6.4	1.4	4.9	-	-
			2.OG	GE	65	66.5	71.8	6.8	1.8	5.3	0.3	-
			3.OG	GE	65	66.5	71.7	6.7	1.7	5.2	0.2	-
	IO 06	Neuer Markt 3	EG	MI	60	65.0	69.9	9.9	4.9	4.9	-	-
			1.OG	MI	60	65.0	70.2	10.2	5.2	5.2	0.2	-
			2.OG	MI	60	65.0	70.2	10.2	5.2	5.2	0.2	-
Abschnitt 3	IO 07	Silcherstr. 2	EG	MI	60	63.0	64.6	4.6	-	1.6	-	-
			1.OG	MI	60	63.0	65.9	5.9	0.9	2.9	-	-
			2.OG	MI	60	63.0	66.6	6.6	1.6	3.6	-	-
			4.OG	MI	60	63.0	66.7	6.7	1.7	3.7	-	-
			3.OG	MI	60	63.0	66.7	6.7	1.7	3.7	-	-
	IO 08	Markomannenstr. 3	EG	MI	60	63.0	65.2	5.2	0.2	2.2	-	-
			1.OG	MI	60	63.0	66.5	6.5	1.5	3.5	-	-
			2.OG	MI	60	63.0	67.3	7.3	2.3	4.3	-	-
			3.OG	MI	60	63.0	67.4	7.4	2.4	4.4	-	-
	IO 09	Schützenweg 15/3	EG	MI	60	60.0	65.3	5.3	0.3	5.3	0.3	-
			1.OG	MI	60	60.0	67.2	7.2	2.2	7.2	2.2	-
			2.OG	MI	60	60.0	67.6	7.6	2.6	7.6	2.6	-
	IO 10	Max-Lang-Str. 10	EG	MI	60	61.5	68.4	8.4	3.4	6.9	1.9	-

EG:	Erdgeschoß	IRW:	Immissionsrichtwert	LwAr:	Schallleistungs-Beurteilungspegel
OG:	Obergeschoß	IRW_{VB}:	Immissionsrichtwert angepasst aufgrund Vorbelastung	Lr:	Beurteilungspegel
GOK:	Geländeoberkante			LSW:	Lärmschutzwand

Die Tabelle zeigt, dass die Bauphase 1 im Maximalfall deutliche Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV zwischen rd. 2 dB bis 10 dB erwarten lässt. Auch die Eingriffsschwelle nach AVV Baulärm wird nahezu an allen Punkten überschritten.

Die aufgrund Vorbelastung angepassten IRW_{VB} werden um rd. 2 dB bis max. rd. 8 dB überschritten. Die entsprechende Eingriffsschwelle wird aber nahezu an allen IO eingehalten bzw. an den IO 02, 05 und 06 nur geringfügig überschritten. Lediglich am IO 09 und IO 10 treten nennenswerte Überschreitungen der Eingriffsschwelle bis zu rd. 2-3 dB auf.

Die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung werden an keinem IO überschritten.

Tabelle 13 Bauphase 2 – Abbruch Trog Bereich Markomannenstraße

Nr.	Bauphase / Bezeichnung	LwA,r in dB(A)	Bemerkung
2	Abbruch Trog im Bereich Markomannenstraße	117	nur Bereich Unterführung Markomannenstraße

Bauphase jeweils gesamt: **LwA,r=** **117** **dB(A)**

Quellen: GOK

Ausbreitung: frei

Immissionsort				Gebiets-nutzung	IRW Tag [dB(A)]	IRW_{VB} Tag [dB(A)]	Beurteilungspegel Tags in [dB(A)]	Überschreitung in dB				
Ort	Bezeichnung	Adresse	Stockwerk					IRW	IRW+5	IRW_{VB}	IRW_{VB}+5	70/75 dB(A)
Abschnitt 3	IO 07	Silcherstr. 2	EG	MI	60	63.0	73.9	13.9	8.9	10.9	5.9	3.9
			1.OG	MI	60	63.0	75.2	15.2	10.2	12.2	7.2	5.2
			2.OG	MI	60	63.0	76.0	16.0	11.0	13.0	8.0	6.0
			4.OG	MI	60	63.0	75.7	15.7	10.7	12.7	7.7	5.7
			3.OG	MI	60	63.0	75.9	15.9	10.9	12.9	7.9	5.9
	IO 08	Markomannenstr. 3	EG	MI	60	63.0	76.2	16.2	11.2	13.2	8.2	6.2
			1.OG	MI	60	63.0	77.8	17.8	12.8	14.8	9.8	7.8
			2.OG	MI	60	63.0	77.8	17.8	12.8	14.8	9.8	7.8
			3.OG	MI	60	63.0	77.6	17.6	12.6	14.6	9.6	7.6
	IO 09	Schützenweg 15/3	EG	MI	60	60.0	69.0	9.0	4.0	9.0	4.0	-
			1.OG	MI	60	60.0	69.7	9.7	4.7	9.7	4.7	-
			2.OG	MI	60	60.0	71.1	11.1	6.1	11.1	6.1	1.1
	IO 10	Max-Lang-Str. 10	EG	MI	60	61.5	76.3	16.3	11.3	14.8	9.8	6.3

EG:	Erdgeschoß	IRW:	Immissionsrichtwert
OG:	Obergeschoß	IRW_{VB}:	Immissionsrichtwert angepasst aufgrund Vorbelastung
GOK:	Geländeoberkante		
LwAr:	Schallleistungs-Beurteilungspegel		
Lr:	Beurteilungspegel		
LSW:	Lärmschutzwand		

Die Tabelle zeigt, dass die Bauphase 2 im Maximalfall deutliche Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV zwischen rd. 9 dB bis rd. 18 dB erwarten lässt. Auch die Eingriffsschwelle nach AVV Baulärm wird an allen betrachteten IO deutlich überschritten.

Die aufgrund Vorbelastung angepassten IRW_{VB} werden um rd. 9 dB bis max. rd. 15 dB überschritten. Auch die entsprechende Eingriffsschwelle wird an allen IO deutlich überschritten.

Zudem werden die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung an allen betrachteten IO überschritten.

Tabelle 14 Bauphase 3 – Bau Stützmauer Bereich Markomannenstraße

Nr.	Bauphase / Bezeichnung	LwA,r in dB(A)	Bemerkung
3	Bau Stützmauer im Bereich Markomannenstraße	108	nur Bereich Unterführung Markomannenstraße

	Bauphase jeweils gesamt:	**LwA,r=**	**108**	**dB(A)**		Quellen:	GOK
						Ausbreitung:	frei

Immissionsort				Gebiets-nutzung	IRW Tag [dB(A)]	IRW_{VB} Tag [dB(A)]	Beurteilungspegel Tags in [dB(A)]	Überschreitung in dB				
Ort	**Bezeichnung**	**Adresse**	**Stockwerk**					**IRW**	**IRW+5**	**IRW_{VB}**	**IRW_{VB}+5**	**70/75 dB(A)**
Abschnitt 3	IO 07	Silcherstr. 2	EG	MI	60	63.0	64.9	4.9	-	1.9	-	-
			1.OG	MI	60	63.0	66.2	6.2	1.2	3.2	-	-
			2.OG	MI	60	63.0	67.0	7.0	2.0	4.0	-	-
			4.OG	MI	60	63.0	66.7	6.7	1.7	3.7	-	-
			3.OG	MI	60	63.0	66.9	6.9	1.9	3.9	-	-
	IO 08	Markomannenstr. 3	EG	MI	60	63.0	67.2	7.2	2.2	4.2	-	-
			1.OG	MI	60	63.0	68.8	8.8	3.8	5.8	0.8	-
			2.OG	MI	60	63.0	68.8	8.8	3.8	5.8	0.8	-
			3.OG	MI	60	63.0	68.6	8.6	3.6	5.6	0.6	-
	IO 09	Schützenweg 15/3	EG	MI	60	60.0	60.0	0.0	-	0.0	-	-
			1.OG	MI	60	60.0	60.7	0.7	-	0.7	-	-
			2.OG	MI	60	60.0	62.1	2.1	-	2.1	-	-
	IO 10	Max-Lang-Str. 10	EG	MI	60	61.5	67.3	7.3	2.3	5.8	0.8	-

EG:	Erdgeschoß	IRW:	Immissionsrichtwert	LwAr:	Schallleistungs-Beurteilungspegel
OG:	Obergeschoß	IRW_{VB}:	Immissionsrichtwert angepasst aufgrund Vorbelastung	Lr:	Beurteilungspegel
GOK:	Geländeoberkante			LSW:	Lärmschutzwand

Die Tabelle zeigt, dass die Bauphase 3 im Maximalfall deutliche Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV bis zu rd. 9 dB erwarten lässt. Auch die Eingriffsschwelle nach AVV Baulärm wird an nahezu allen betrachteten IO überschritten.

Die aufgrund Vorbelastung angepassten IRW_{VB} werden um bis zu rd. 6 dB überschritten. Die entsprechende Eingriffsschwelle wird nur am IO 8 und IO 10 leicht (bis zu 0,8 dB) überschritten.

Die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung werden an keinem IO überschritten.

Tabelle 15 Bauphase 4 - Gleisunterbau

Nr.	Bauphase / Bezeichnung	LwA,r in dB(A)	Bemerkung
4	Gleisunterbau	108	

Bauphase jeweils gesamt:	**LwA,r=**	**108**	**dB(A)**		Quellen:	GOK	
					Ausbreitung:	frei	

Immissionsort				Gebiets-nutzung	IRW Tag [dB(A)]	IRW_{VB} Tag [dB(A)]	Beurteilungspegel Tags in [dB(A)]	Überschreitung in dB				
Ort	**Bezeichnung**	**Adresse**	**Stockwerk**					**IRW**	**IRW+5**	**IRW_{VB}**	**IRW_{VB}+5**	**70/75 dB(A)**
Abschnitt 1	IO 01	Bahnhofstr. 23	EG	WA	55	58.0	58.7	3.7	-	0.7	-	-
			1.OG	WA	55	58.0	59.8	4.8	-	1.8	-	-
	IO 02	Bahnhofstr. 21	EG	WA	55	58.0	59.2	4.2	-	1.2	-	-
			1.OG	WA	55	58.0	60.1	5.1	0.1	2.1	-	-
			2.OG	WA	55	58.0	61.1	6.1	1.1	3.1	-	-
	IO 03	Max-Lang-Str. 30	EG	GE	65	65.0	64.7	-	-	-	-	-
			1.OG	GE	65	65.0	66.2	1.2	-	1.2	-	-
Abschnitt 2	IO 04	Bahnhofstr. 6	EG	MI	60	65.0	66.6	6.6	1.6	1.6	-	-
			1.OG	MI	60	65.0	67.3	7.3	2.3	2.3	-	-
			2.OG	MI	60	65.0	67.4	7.4	2.4	2.4	-	-
			3.OG	MI	60	65.0	67.3	7.3	2.3	2.3	-	-
			4.OG	MI	60	65.0	67.2	7.2	2.2	2.2	-	-
	IO 05	Max-Lang-Str 24	EG	GE	65	66.5	67.8	2.8	-	1.3	-	-
			1.OG	GE	65	66.5	69.4	4.4	-	2.9	-	-
			2.OG	GE	65	66.5	69.8	4.8	-	3.3	-	-
			3.OG	GE	65	66.5	69.7	4.7	-	3.2	-	-
	IO 06	Neuer Markt 3	EG	MI	60	65.0	67.9	7.9	2.9	2.9	-	-
			1.OG	MI	60	65.0	68.2	8.2	3.2	3.2	-	-
			2.OG	MI	60	65.0	68.2	8.2	3.2	3.2	-	-
Abschnitt 3	IO 07	Silcherstr. 2	EG	MI	60	63.0	62.6	2.6	-	-	-	-
			1.OG	MI	60	63.0	63.9	3.9	-	0.9	-	-
			2.OG	MI	60	63.0	64.6	4.6	-	1.6	-	-
			4.OG	MI	60	63.0	64.7	4.7	-	1.7	-	-
			3.OG	MI	60	63.0	64.7	4.7	-	1.7	-	-
	IO 08	Markomannenstr. 3	EG	MI	60	63.0	63.2	3.2	-	0.2	-	-
			1.OG	MI	60	63.0	64.5	4.5	-	1.5	-	-
			2.OG	MI	60	63.0	65.3	5.3	0.3	2.3	-	-
			3.OG	MI	60	63.0	65.4	5.4	0.4	2.4	-	-
	IO 09	Schützenweg 15/3	EG	MI	60	60.0	63.3	3.3	-	3.3	-	-
			1.OG	MI	60	60.0	65.2	5.2	0.2	5.2	0.2	-
			2.OG	MI	60	60.0	65.6	5.6	0.6	5.6	0.6	-
	IO 10	Max-Lang-Str. 10	EG	MI	60	61.5	66.4	6.4	1.4	4.9	-	-

EG:	Erdgeschoß	IRW:	Immissionsrichtwert	LwAr:	Schallleistungs-Beurteilungspegel
OG:	Obergeschoß	IRW_{VB}:	Immissionsrichtwert angepasst aufgrund Vorbelastung	Lr:	Beurteilungspegel
GOK:	Geländeoberkante			LSW:	Lärmschutzwand

Die Tabelle zeigt, dass die Bauphase 4 im Maximalfall deutliche Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV um bis zu rd. 8 dB erwarten lassen. Die Eingriffsschwelle nach AVV Baulärm wird aber bereichsweise eingehalten.

Die aufgrund Vorbelastung angepassten IRW_{VB} werden um rd. 1 dB bis max. rd. 6 dB überschritten. Die entsprechende Eingriffsschwelle wird aber nahezu an allen IO eingehalten und lediglich am IO 09 geringfügig (max. 0,6 dB) überschritten.

Die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung werden an keinem IO überschritten.

Tabelle 16 Bauphase 5 – Gleisoberbau

Nr.	Bauphase / Bezeichnung	LwA,r in dB(A)	Bemerkung
5	Gleisoberbau	109	

Bauphase jeweils gesamt:	**LwA,r=**	**109**	**dB(A)**		Quellen:	GOK	
					Ausbreitung:	frei	

Immissionsort				Gebiets-nutzung	IRW Tag [dB(A)]	IRW_{VB} Tag [dB(A)]	Beurteilungspegel Tags in [dB(A)]	Überschreitung in dB				
Ort	Bezeichnung	Adresse	Stockwerk					IRW	IRW+5	IRW_{VB}	IRW_{VB}+5	70/75 dB(A)
Abschnitt 1	IO 01	Bahnhofstr. 23	EG	WA	55	58.0	59.7	4.7	-	1.7	-	-
			1.OG	WA	55	58.0	60.8	5.8	0.8	2.8	-	-
	IO 02	Bahnhofstr. 21	EG	WA	55	58.0	60.2	5.2	0.2	2.2	-	-
			1.OG	WA	55	58.0	61.1	6.1	1.1	3.1	-	-
			2.OG	WA	55	58.0	62.1	7.1	2.1	4.1	-	-
	IO 03	Max-Lang-Str. 30	EG	GE	65	65.0	65.7	0.7	-	0.7	-	-
			1.OG	GE	65	65.0	67.2	2.2	-	2.2	-	-
Abschnitt 2	IO 04	Bahnhofstr. 6	EG	MI	60	65.0	67.6	7.6	2.6	2.6	-	-
			1.OG	MI	60	65.0	68.3	8.3	3.3	3.3	-	-
			2.OG	MI	60	65.0	68.4	8.4	3.4	3.4	-	-
			3.OG	MI	60	65.0	68.3	8.3	3.3	3.3	-	-
			4.OG	MI	60	65.0	68.2	8.2	3.2	3.2	-	-
	IO 05	Max-Lang-Str 24	EG	GE	65	66.5	68.8	3.8	-	2.3	-	-
			1.OG	GE	65	66.5	70.4	5.4	0.4	3.9	-	-
			2.OG	GE	65	66.5	70.8	5.8	0.8	4.3	-	-
			3.OG	GE	65	66.5	70.7	5.7	0.7	4.2	-	-
	IO 06	Neuer Markt 3	EG	MI	60	65.0	68.9	8.9	3.9	3.9	-	-
			1.OG	MI	60	65.0	69.2	9.2	4.2	4.2	-	-
			2.OG	MI	60	65.0	69.2	9.2	4.2	4.2	-	-
Abschnitt 3	IO 07	Silcherstr. 2	EG	MI	60	63.0	63.6	3.6	-	0.6	-	-
			1.OG	MI	60	63.0	64.9	4.9	-	1.9	-	-
			2.OG	MI	60	63.0	65.6	5.6	0.6	2.6	-	-
			4.OG	MI	60	63.0	65.7	5.7	0.7	2.7	-	-
			3.OG	MI	60	63.0	65.7	5.7	0.7	2.7	-	-
	IO 08	Markomannenstr. 3	EG	MI	60	63.0	64.2	4.2	-	1.2	-	-
			1.OG	MI	60	63.0	65.5	5.5	0.5	2.5	-	-
			2.OG	MI	60	63.0	66.3	6.3	1.3	3.3	-	-
			3.OG	MI	60	63.0	66.4	6.4	1.4	3.4	-	-
	IO 09	Schützenweg 15/3	EG	MI	60	60.0	64.3	4.3	-	4.3	-	-
			1.OG	MI	60	60.0	66.2	6.2	1.2	6.2	1.2	-
			2.OG	MI	60	60.0	66.6	6.6	1.6	6.6	1.6	-
	IO 10	Max-Lang-Str. 10	EG	MI	60	61.5	67.4	7.4	2.4	5.9	0.9	-

EG:	Erdgeschoß	IRW:	Immissionsrichtwert	LwAr:	Schallleistungs-Beurteilungspegel
OG:	Obergeschoß	IRW_{VB}:	Immissionsrichtwert angepasst aufgrund Vorbelastung	Lr:	Beurteilungspegel
GOK:	Geländeoberkante			LSW:	Lärmschutzwand

Die Tabelle zeigt, dass die Bauphase 4 im Maximalfall deutliche Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV zwischen rd. 1 dB bis 9 dB erwarten lassen. Die Eingriffsschwelle nach AVV Baulärm wird größtenteils überschritten.

Die aufgrund Vorbelastung angepassten IRW_{VB} werden um rd. 1 dB bis max. rd. 7 dB überschritten. Die entsprechende Eingriffsschwelle wird nahezu an allen IO eingehalten und lediglich an den IO 09 und 10 um rd. 1-2 dB überschritten.

Die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung werden an keinem IO überschritten.

Tabelle 17 Bauphase 6 und 7 – Haltestellenbau und Stadtbahntechnischer Ausbau

Nr.	Bauphase / Bezeichnung	LwA,r in dB(A)	Bemerkung
6	Haltestellenbau	106	nur Bereich Haltestelle
7	Stadtbahntechnischer Ausbau	106	

Bauphase jeweils gesamt: LwA,r= 106 dB(A) Quellen: GOK

Ausbreitung: frei

Immissionsort				Gebiets-nutzung	IRW Tag [dB(A)]	IRW_{VB} Tag [dB(A)]	Beurteilungspegel Tags in [dB(A)]	Überschreitung in dB				
Ort	Bezeichnung	Adresse	Stockwerk					IRW	IRW+5	IRW_{VB}	IRW_{VB}+5	70/75 dB(A)
Abschnitt 1	IO 01	Bahnhofstr. 23	EG	WA	55	58.0	56.7	1.7	-	-	-	-
			1.OG	WA	55	58.0	57.8	2.8	-	-	-	-
	IO 02	Bahnhofstr. 21	EG	WA	55	58.0	57.2	2.2	-	-	-	-
			1.OG	WA	55	58.0	58.1	3.1	-	0.1	-	-
			2.OG	WA	55	58.0	59.1	4.1	-	1.1	-	-
	IO 03	Max-Lang-Str. 30	EG	GE	65	65.0	62.7	-	-	-	-	-
			1.OG	GE	65	65.0	64.2	-	-	-	-	-
Abschnitt 2	IO 04	Bahnhofstr. 6	EG	MI	60	65.0	64.6	4.6	-	-	-	-
			1.OG	MI	60	65.0	65.3	5.3	0.3	0.3	-	-
			2.OG	MI	60	65.0	65.4	5.4	0.4	0.4	-	-
			3.OG	MI	60	65.0	65.3	5.3	0.3	0.3	-	-
			4.OG	MI	60	65.0	65.2	5.2	0.2	0.2	-	-
	IO 05	Max-Lang-Str 24	EG	GE	65	66.5	65.8	0.8	-	-	-	-
			1.OG	GE	65	66.5	67.4	2.4	-	0.9	-	-
			2.OG	GE	65	66.5	67.8	2.8	-	1.3	-	-
			3.OG	GE	65	66.5	67.7	2.7	-	1.2	-	-
	IO 06	Neuer Markt 3	EG	MI	60	65.0	65.9	5.9	0.9	0.9	-	-
			1.OG	MI	60	65.0	66.2	6.2	1.2	1.2	-	-
			2.OG	MI	60	65.0	66.2	6.2	1.2	1.2	-	-
Abschnitt 3	IO 07	Silcherstr. 2	EG	MI	60	63.0	60.6	0.6	-	-	-	-
			1.OG	MI	60	63.0	61.9	1.9	-	-	-	-
			2.OG	MI	60	63.0	62.6	2.6	-	-	-	-
			4.OG	MI	60	63.0	62.7	2.7	-	-	-	-
			3.OG	MI	60	63.0	62.7	2.7	-	-	-	-
	IO 08	Markomannenstr. 3	EG	MI	60	63.0	61.2	1.2	-	-	-	-
			1.OG	MI	60	63.0	62.5	2.5	-	-	-	-
			2.OG	MI	60	63.0	63.3	3.3	-	0.3	-	-
			3.OG	MI	60	63.0	63.4	3.4	-	0.4	-	-
	IO 09	Schützenweg 15/3	EG	MI	60	60.0	61.3	1.3	-	1.3	-	-
			1.OG	MI	60	60.0	63.2	3.2	-	3.2	-	-
			2.OG	MI	60	60.0	63.6	3.6	-	3.6	-	-
	IO 10	Max-Lang-Str. 10	EG	MI	60	61.5	64.4	4.4	-	2.9	-	-

EG:	Erdgeschoß	IRW:	Immissionsrichtwert	LwAr:	Schallleistungs-Beurteilungspegel
OG:	Obergeschoß	IRW_{VB}:	Immissionsrichtwert angepasst aufgrund Vorbelastung	Lr:	Beurteilungspegel
GOK:	Geländeoberkante			LSW:	Lärmschutzwand

Die Tabelle zeigt, dass die Bauphasen 5 und 6 im Maximalfall deutliche Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV zwischen rd. 1 dB bis 6 dB erwarten lassen. Die Eingriffsschwelle nach AVV Baulärm wird nahezu an allen IO eingehalten bzw. am IO 04 nur geringfügig überschritten. Lediglich am IO 06 treten leichte Überschreitungen der Eingriffsschwelle (rd. 1 dB) auf.

Die aufgrund Vorbelastung angepassten IRW_{VB} werden bereichsweise eingehalten. Teilweise liegen Überschreitungen um bis zu max. rd. 4 dB vor. Die entsprechende Eingriffsschwelle wird aber an allen IO eingehalten.

Die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung werden an keinem IO überschritten.

Tabelle 18 Bauphase 8 – Bau Unterwerk

Nr.	Bauphase / Bezeichnung	LwA,r in dB(A)	Bemerkung
8	Bau Unterwerk	106	nur Bereich Unterwerk

	Bauphase jeweils gesamt:		**LwA,r=**	**106**	**dB(A)**			Quellen:	GOK			
								Ausbreitung:	frei			

Immissionsort				Gebiets-nutzung	IRW Tag [dB(A)]	IRW_{VB} Tag [dB(A)]	Beurteilungspegel Tags in [dB(A)]	Überschreitung in dB				
Ort	**Bezeichnung**	**Adresse**	**Stockwerk**					**IRW**	**IRW+5**	**IRW_{VB}**	**IRW_{VB}+5**	**70/75 dB(A)**
Abschnitt 4	IO 11	Länderwiesenstr. 9	EG	MI	60	60.0	52.5	-	-	-	-	-
			1.OG	MI	60	60.0	56.7	-	-	-	-	-
			2.OG	MI	60	60.0	59.2	-	-	-	-	-

EG:	Erdgeschoß	IRW:	Immissionsrichtwert	LwAr:	Schallleistungs-Beurteilungspegel
OG:	Obergeschoß	IRW_{VB}:	Immissionsrichtwert angepasst aufgrund Vorbelastung	Lr:	Beurteilungspegel
GOK:	Geländeoberkante			LSW:	Lärmschutzwand

Die Tabelle zeigt, dass beim Bau des Unterwerks alle Bewertungskriterien eingehalten werden können.

7.2 Zusammenfassende Beurteilung der Schallimmissionen

Aufgrund der räumlichen Nähe der Baumaßnahmen zu den Immissionsorten bzw. zur benachbarten Bebauung ist über zeitlich begrenzte Phasen mit Baulärmeinwirkungen zu rechnen, die die Richtwerte der AVV Baulärm und – wenn auch weniger deutlich – die aufgrund Vorbelastung angehobenen Richtwerte überschreiten. Dies trifft bei bestimmten Tätigkeiten selbst bei Einsatz geräuscharmer Baumaschinen zu.

Die Schallemissionen werden dabei nicht nur von den Motorengeräuschen der Baumaschinen bestimmt, sondern auch von den Schallemissionen, die bei der Bearbeitung und Behandlung der Baumaterialien entstehen. Insofern sind Überschreitungen der Richtwerte in einzelnen Bauphasen und in einzelnen Bereichen unter Berücksichtigung gesetzlich zulässiger Baumaschinen, dem Stand der Lärmminderung bei üblichen Bauverfahren sowie der im öffentlichen Interesse liegenden möglichst kurzzeitigen Durchführung und der Lage des Bauvorhabens nicht immer vermeidbar.

Unkritisch ist in diesem Zusammenhang die Bauphase 7 – Bau Unterwerk – zu werten, die am hierfür repräsentativen Immissionsort IO 11 zu keinerlei Überschreitungen führt.

In Bezug auf die Richtwerte nach AVV Baulärm (IRW) wird die sog. Eingriffsschwelle (Überschreitung des Richtwerts um >5 dB) insbesondere bei der Bauphase 2 an allen IO im Umfeld der Baumaßnahme und bei Bauphase 1 an nahezu allen IO überschritten. Bei den Bauphasen 3 bis 5 wird die Eingriffsschwelle nur partiell eingehalten. Bei den Bauphasen 6 und 7 wird die Eingriffsschwelle fast an allen betrachten IO eingehalten. Am IO 4 liegt eine geringfügige Überschreitung von max. 0,4 dB vor, am IO 6 um bis zu rd. 1 dB.

In Bezug auf die aufgrund Vorbelastung angepassten Richtwerte (IRW_{VB}) wird die sog. Eingriffsschwelle (Überschreitung des angepassten Richtwerts um >5 dB) bei Bauphase 2 deutlich überschritten.

Bei Bauphase 1 wird bereits an nahezu allen IO die Eingriffsschwelle eingehalten. An den IO 2, 5 und 6 ergeben sich in den Obergeschossen nur marginale Überschreitungen um bis zu max. 0,3 dB. Lediglich am IO 9 und am IO 10 wird die Eingriffsschwelle mit bis zu max. 2,6 dB merklich überschritten.

Bei den Bauphasen 3 und 4 wird die Eingriffsschwelle weitestgehend eingehalten, lediglich am IO 9 ist in den oberen Geschossen eine geringfügige Überschreitung der Eingriffsschwelle bis zu 0,6 dB zu verzeichnen. Auch bei Bauphase 5 wird die Eingriffsschwelle weitestgehend eingehalten, lediglich am IO 9 ist in den oberen Geschossen eine Überschreitung der Eingriffsschwelle bis zu 1,6 dB zu verzeichnen. Bei den Bauphasen 6 und 7 wird die Eingriffsschwelle an allen betrachten IO eingehalten.

Die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung werden in den Bauphasen 1 sowie 3 bis 8 generell eingehalten. Lediglich bei Bauphase 2 werden die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung an den maßgebenden IO deutlich überschritten.

Gemäß AVV Baulärm gilt der Grundsatz, dass Maßnahmen zur Minderung der Geräusche angeordnet werden sollen, wenn der ermittelte Beurteilungspegel des von Baumaschinen hervorgerufenen Geräusches den Immissionsrichtwert um mehr als 5 dB überschreitet (sog. Eingriffsschwelle).

Unter Berücksichtigung der aufgrund Vorbelastung angepassten Richtwerte trifft dies im Wesentlichen auf die Immissionsorte im betrachteten Abschnitt 3 insbesondere bei Bauphase 2 (Abbruch Trog) zu.

Aufgrund der Überschreitungen der Richtwerte der AVV Baulärm und der aufgrund vorliegender Vorbelastung angehobenen Richtwerte werden nachfolgend prophylaktisch Lärmminderungsmaßnahmen empfohlen.

7.3 Minderungsmaßnahmen Baulärm

7.3.1 Prinzipielle Minderungsmöglichkeiten

Hinsichtlich der prognostizierten Überschreitungen sind Überlegungen zu möglichen und praktischen Lärmminderungsmaßnahmen anzustellen.

Nach Abschnitt 4 der AVV Baulärm [1] gelten folgende Grundsätze:

Überschreitet der ermittelte Beurteilungspegel des von Baumaschinen hervorgerufenen Geräusches den Immissionsrichtwert um mehr als 5 dB(A), sollen Maßnahmen zur Minderung der Geräusche angeordnet werden. Es kommen insbesondere in Betracht:

a) Maßnahmen bei der Einrichtung der Baustelle
b) Maßnahmen an den Baumaschinen
c) die Verwendung geräuscharmer Baumaschinen
d) die Anwendung geräuscharmer Bauverfahren
e) die Beschränkung der Betriebszeit lautstarker Baumaschinen

Bezüglich des Maßnahmenkatalogs der AVV Baulärm kommen wir im vorliegenden Fall zu folgenden Empfehlungen.

7.3.2 Diskussion und Empfehlung vorzusehender Minderungsmaßnahmen

7.3.2.1 Maßnahmen bei der Einrichtung der Baustelle

Vor Beginn der Baumaßnahme sind die Anwohner über den Zweck und die zeitliche Dauer der Baumaßnahme zu informieren. Die Anwohner können sich dadurch auf die zu erwartende Lärmbelastung besser einstellen und sind informiert, ab wann sich die Schallsituation wieder verbessert. Dies verringert zwar nicht die Lärmbelastung, erhöht aber im Allgemeinen die Akzeptanz.

Im Regelfall werden Baustellen durch Absperrzäune, die meist eine Höhe von rd. 2 m über Gelände aufweisen, gesichert. Sofern Absperrzäune zur Absicherung der Baustelle vorgesehen sind, könnten sie auch für eine kostengünstige Realisierung einer bauzeitlichen Lärmschutzwand verwendet werden. Damit die Absperrung akustisch wirksam ist, muss das Schalldämmmaß im Direktdurchgang ein R'w von mindestens 25 dB aufweisen. Allerdings ist die Wirksamkeit der Maßnahme begrenzt, in der Regel können damit nur im Bereich des EG spürbare Pegelminderungen in einer Größenordnung von bis zu ca. 3 dB erzielt werden. Im vorliegenden Fall werden die höchsten Einwirkungen jedoch in den oberen Geschoßlagen verzeichnet. Aufgrund der begrenzten Wirksamkeit einerseits und der begrenzten Erfordernis (Überschreitung der Eingriffsschwelle der angehobenen Richtwerte) wird die Errichtung von bauzeitlichen Lärmschutzwänden im vorliegenden Fall nicht grundsätzlich empfohlen. Sie können im Bedarfsfall – z.B. bei Auftreten vermehrter Beschwerden - zu einem späteren Zeitpunkt als kurzfristig zu erstellende Lärmschutzmaßen zur Lösung konkret auftretender Konfliktsituationen fungieren.

Abweichend davon wird im Hinblick auf die Bauphase 2 (Abbruch Trog im Bereich der Unterführung Markomannenstr.) die Errichtung einer umlaufenden bauzeitlichen Lärmschutzwand empfohlen.

Unabhängig davon ist darauf zu achten, dass längere Zeit ortsfeste Schallquellen (z.B. Stromaggregat) soweit als möglich von benachbarter schützenswerter Bebauung aufzustellen sind, oder alternativ durch geeignete Anordnung von nichtabstrahlenden Elementen (z.B. Baucontainer) abgeschirmt werden sollten.

7.3.2.2 Maßnahmen an den Baumaschinen

Die angesetzten Baumaschinen bzw. deren emittierte Schallleistung und die gewählten Bauverfahren entsprechen dem Stand der Technik. Die Einhaltung des Standes der Technik die eingesetzten Baumaschinen betreffend sollte den ausführenden Firmen in einem entsprechenden Anforderungskatalog zur Auflage gemacht werden.

Eine regelmäßige Wartung und Instandsetzung der Maschinen wird hierbei vorausgesetzt.

7.3.2.3 Verwendung geräuscharmer Baumaschinen

siehe Abschnitt 7.3.2.2; Die Einhaltung der Anforderungen der 32. BImSchV sollte in der Ausschreibung als Auflage für ein wertbares Angebot zur Bedingung gemacht werden. Eine höhere Bewertung eines Angebots wäre bei Verwendung von Maschinen möglich, die mit dem Blauen Engel gekennzeichnet sind.

Anmerkung:
Heutige Baumaschinen sind erfahrungsgemäß meist nur wenige Jahre alt und entsprechen daher oftmals bereits der 32. BImSchV, insoweit diese unter deren Regelungskontext fallen.

7.3.2.4 Anwendung geräuscharmer Bauverfahren und Beschränkung von Betriebszeiten

Insbesondere bei Abbrucharbeiten sollten möglichst Geräte geringer Leistung eingesetzt werden. Darüber hinaus sollten Abbrucharbeiten möglichst mittels geräuscharmen Bauverfahren (z. B. Zangenbagger) durchgeführt werden. Arbeiten mittels Meißelbagger, etc. sollten auf ein unvermeidbares Mindestmaß beschränkt werden.

Grundsätzlich sollten Maschinen in Arbeitspausen ausgeschaltet werden, unnötiger Leerlauf von Maschinen ist zu vermeiden.

Bautätigkeiten mit hoher Schallemission sind möglichst nicht in die Zeitbereiche 7.00 Uhr bis 8.00 Uhr und 18.00 Uhr bis 20.00 Uhr zu legen, da in diesen Zeitfenstern viele Anwohner zu Hause sind.

Lärmintensive Bautätigkeiten sind vom Bauablaufkonzept möglichst so zu organisieren, dass sie zügig in einem Stück abgearbeitet werden. Ein Verlagern solcher Tätigkeiten auf z.B. mehrere Tage hat zwar rein rechnerisch den Effekt, dass sich etwas geringere Beurteilungspegel ergeben. Die Gesamtstörwirkung wird jedoch von den Anwohnern im Allgemeinen als noch höher empfunden, als wenn die Baumaßnahme zügig abgewickelt wird und relativ schnell wieder günstigere Immissionssituationen vorhanden sind.

7.3.2.5 Sonderbetrachtung Bauphase 2 – Abbruch Trog Markomannenstraße

Nach Angaben der Bauplanung ist davon auszugehen, dass die Abbrucharbeiten im Bereich der Unterführung Markomannenstr./Max-Lang-Str. mittels Meißelbagger bis zu ca. 10 Arbeitstage dauern werden. Aufgrund der im Rahmen der vorgenommenen Maximalfallbetrachtung prognostizierten Überschreitungen der Richtwerte, der Eingriffsschwellen und der Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung (siehe Tabelle 13) werden nachfolgend Maßnahmen zur Lärmminderung untersucht.

Nach Angaben der Bauplanung ist vorgesehen die Baustelle im Bereich der Abbrucharbeiten durch eine umlaufende 2 m hohe Abgrenzung abzusichern. Bei entsprechender Ausführung (Schalldämmmaß im Direktdurchgang ein R'w ≥ 25 dB) wirkt diese Absicherung aus akustischer Sicht wie eine Schallschutzwand.

Tabelle 19 zeigt die Berechnungsergebnisse bei den Abbrucharbeiten unter Berücksichtigung einer umlaufenden, 2 m hohen Schallschutzwand. Tabelle 20 zeigt die dadurch erzielbare Pegelminderung.

Tabelle 19 Bauphase 2 – Abbruch Trog Bereich Markomannenstraße mit 2 m Lärmschutzwand

Nr.	Bauphase / Bezeichnung	LwA,r in dB(A)	Bemerkung
2	Abbruch Trog im Bereich Markomannenstraße	117	nur Bereich Unterführung Markomannenstraße

Bauphase jeweils gesamt: **LwA,r=** **117** **dB(A)**

Quellen: GOK

Ausbreitung: mit Schallschutzwand h=2 m

Immissionsort				Gebiets-nutzung	IRW Tag [dB(A)]	IRW_{VB} Tag [dB(A)]	Beurteilungspegel Tags in [dB(A)]	Überschreitung in dB				
Ort	Bezeichnung	Adresse	Stockwerk					IRW	IRW+5	IRW_{VB}	IRW_{VB}+5	70/75 dB(A)
Abschnitt 3	IO 07	Silcherstr. 2	EG	MI	60	63.0	70.2	10.2	5.2	7.2	2.2	0.2
			1.OG	MI	60	63.0	71.1	11.1	6.1	8.1	3.1	1.1
			2.OG	MI	60	63.0	73.0	13.0	8.0	10.0	5.0	3.0
			4.OG	MI	60	63.0	74.4	14.4	9.4	11.4	6.4	4.4
			3.OG	MI	60	63.0	73.3	13.3	8.3	10.3	5.3	3.3
	IO 08	Markomannenstr. 3	EG	MI	60	63.0	72.1	12.1	7.1	9.1	4.1	2.1
			1.OG	MI	60	63.0	73.0	13.0	8.0	10.0	5.0	3.0
			2.OG	MI	60	63.0	74.9	14.9	9.9	11.9	6.9	4.9
			3.OG	MI	60	63.0	75.6	15.6	10.6	12.6	7.6	5.6
	IO 09	Schützenweg 15/3	EG	MI	60	60.0	66.6	6.6	1.6	6.6	1.6	-
			1.OG	MI	60	60.0	67.9	7.9	2.9	7.9	2.9	-
			2.OG	MI	60	60.0	68.7	8.7	3.7	8.7	3.7	-
	IO 10	Max-Lang-Str. 10	EG	MI	60	61.5	70.1	10.1	5.1	8.6	3.6	0.1

EG:	Erdgeschoß	IRW:	Immissionsrichtwert
OG:	Obergeschoß	IRW_{VB}:	Immissionsrichtwert angepasst aufgrund Vorbelastung
GOK:	Geländeoberkante		
LwAr:	Schallleistungs-Beurteilungspegel		
Lr:	Beurteilungspegel		
LSW:	Lärmschutzwand		

Tabelle 20 Bauphase 2 – Abbruch Trog mit 2 m Lärmschutzwand, Pegelminderung

Immissionsort				Beurteilungspegel Tags in [dB(A)]		Pegeländerung ΔL in [dB]
Ort	Bezeichnung	Adresse	Stockwerk	ohne LSW	mit LSW	(mit LSW-ohne LSW)
Abschnitt 3	IO 07	Silcherstr. 2	EG	73.9	70.2	-3.6
			1.OG	75.2	71.1	-4.1
			2.OG	76.0	73.0	-3.1
			4.OG	75.7	74.4	-1.4
			3.OG	75.9	73.3	-2.7
	IO 08	Markomannenstr. 3	EG	76.2	72.1	-4.1
			1.OG	77.8	73.0	-4.8
			2.OG	77.8	74.9	-2.9
			3.OG	77.6	75.6	-2.0
	IO 09	Schützenweg 15/3	EG	69.0	66.6	-2.4
			1.OG	69.7	67.9	-1.8
			2.OG	71.1	68.7	-2.4
	IO 10	Max-Lang-Str. 10	EG	76.3	70.1	-6.1

Aus den Tabellen geht hervor, dass durch eine bauzeitliche Lärmschutzwand zwar eine spürbare Pegelminderung erzielt werden kann. Gleichzeitig ist jedoch festzustellen, dass die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung weiterhin überschritten sind.

Durch eine zusätzliche Beschränkung der Betriebszeit des reinen Meißelbetriebs auf max. 2,5 h am Tag würde sich nach AVV Baulärm eine weitere Pegelminderung um max. 5 dB ergeben. Damit könnte an nahezu allen betrachteten IO der Schwellwert zur Gesundheitsgefährdung eingehalten werden. Lediglich im 3.OG des Gebäudes Markomannenstr. 3 läge noch eine geringfügige Überschreitung des Schwellwerts (0,6 dB) vor.

Die Reduktion der Dauer des Meißelbetriebs auf max. 2,5 h/d hat jedoch eine Verlängerung der Abbrucharbeiten um den Faktor 3,2 zur Folge. Die bisher angenommene Dauer der Bauphase (und damit auch der Geräuscheinwirkung) von 10 Arbeitstagen würde sich damit auf 32 verlängern. Da die Lärmeinwirkungen zwar niedriger, aber immer noch hoch sind, erscheint dies insgesamt keine tragfähige Lösung darzustellen.

Als alternatives Bauverfahren wurde daher der Einsatz einer Anbaufräse anstelle des Meißelbaggers angedacht. Aus akustischer Sicht kann bei einer Anbaufräse von einem um ca. 3 dB niedrigerem Schallleistungspegel als beim Meißelbagger ausgegangen werden. Allerdings ist in Anbetracht der Tatsache, dass es sich bei dem Abbruchmaterial um Stahlbeton handelt davon auszugehen, dass der Einsatz der Anbaufräse hier nicht möglich ist, weswegen auf eine detailliertere Betrachtung verzichtet wird.

Als weiteres alternatives Bauverfahren kommen Sprengungen (explosiv) in Betracht. Der eigentliche Abbruch beträgt hierbei nur einen Sekundenbruchteil. Allerdings sind hier naturgemäß umfangreiche vorbereitende Maßnahmen erforderlich (z.B. Bohrung Sprenglöcher, Abdeckung mit Splitterschutz, sonstige Sicherungsmaßnahmen etc.), so dass das Verfahren bis zur Abfuhr des gebrochenen Materials insgesamt sicher nicht das schnellste ist. Aus akustischer Sicht hat es allerdings Vorteile, da im Wesentlichen nur die Einbringung der Bohrlöcher mit einem vergleichsweise kleinen Bohrgerät zu Buche schlägt. Allerdings sind mit Sprengungen in der Regel vergleichsweise hohe bürokratische Hürden verbunden. Aufgrund der unmittelbar angrenzenden und in Betrieb befindlichen Bahnstrecke ist zudem unklar, ob dies überhaupt durchführbar ist. Mindestens wären die Zustimmung des Betreibers der Bahnstrecke sowie besondere und umfangreiche Sicherungsmaßnahmen unter Beteiligung des Betreibers erforderlich, so dass dieses Verfahren im vorliegenden Fall aufgrund der Unwägbarkeiten im Rahmen der Baulärmbetrachtung nicht weiter berücksichtigt wird.

Als letztes alternatives Bauverfahren werden Quellsprengungen betrachtet. Vom Prinzip her werden in bestimmtem Abständen Löcher gebohrt, in die dann das Quellmaterial eingefüllt wird. Mit dem Aushärten des Quellmaterials geht eine Volumenvergrößerung einher, die letztlich in einem Aufbrechen des umgebenden Materials endet. Auch hierbei sind naturgemäß umfangreiche vorbereitende Maßnahmen (z.B. Bohrung der Löcher, Vorbereiten und Einfüllen des Quellmaterials) notwendig. Allerdings ist in Anbetracht der Tatsache, dass es sich bei dem Abbruchmaterial um Stahlbeton handelt davon auszugehen, dass der Einsatz des Quellsprengens nur bedingt wirksam ist und anschließend dennoch lautere Verfahren benötigt werden. Aufgrund dessen wird auch in diesem Fall auf eine detailliertere Betrachtung verzichtet wird.

Resümierend bleibt festzuhalten, dass im vorliegenden Fall keines der dargestellten alternativen Bauverfahren (Anbaufräse, Explosivsprengung, Quellsprengung) als geeignet erachtet werden kann.

Unter Berücksichtigung der relativ kurzen Dauer der Bauphase 2 von bis zu 10 Arbeitstagen empfehlen daher abschließend:

- Die Errichtung einer umlaufenden bauzeitlichen Lärmschutzwand (h=2 m) zur Reduzierung der Geräuscheinwirkung der Abbrucharbeiten

- Eine Auftaktmessung zur Bestimmung der tatsächlichen Lärmeinwirkungen am ungünstigsten gelegenen Gebäude (Markomannenstr. 3)
- Im Bedarfsfall kann dem nachweislich von Beurteilungspegeln oberhalb einer bestimmten Schwelle (z.B. Schwelle der Gesundheitsgefährdung) betroffenen Personenkreis im Umfeld der Abbrucharbeiten ein Ersatzwohnraum für den Zeitraum der Überschreitungen angeboten werden. Der Schwellwert ist dabei von der Genehmigungsbehörde festzulegen.

8 Ergebnisse Erschütterungseinwirkungen

Erschütterungsrelevante Baumaschinen wie z.B. Walzen, Verdichter und in extremen Fällen auch Schaufelbagger werden in der Regel zur Herstellung des Untergrundes für die zukünftige Straßenbahntrasse eingesetzt. Im vorliegenden Fall wird in Verbindung mit dem Abbruch des Trogs im Bereich der Unterführung Markomannenstr. zusätzlich ein Meißelbagger zum Einsatz kommen.

Die Erschütterungseinwirkungen sind abhängig von der Entfernung der Baumaschine zum Gebäude, der Untergrundgeologie und der Schwingungsempfindlichkeit insbesondere der Gebäudedecken. Das derzeitig allgemein anerkannte Berechnungsverfahren bezüglich Erschütterungsausbreitungen aus dem Betrieb von Baumaschinen [10] wird für das hier erarbeitete Prognosegutachten angewandt. Nach dieser Methodik werden eine mittlere (wahrscheinliche) Schwingungsausbreitung und zusätzlich eine „Worst-Case“-Berechnung vorgenommen. In der Worst-Case-Betrachtung wird eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25% unterstellt.

8.1 Erschütterungen aus den Baumaßnahmen entlang der Trasse

Im Fall des Ausbaus der U 5, Leinfelden-Echterdingen, werden die Baumaschinen in relativ geringer Entfernung zu Nachbargebäuden eingesetzt. Von daher wurde entschieden, einen minimalen Abstand der erschütterungsrelevanten Baumaschinen zu den Gebäuden zu bestimmen, bei dem entsprechend der DIN 4150-3 [4] Schädigungen der Gebäude aus dem Baubetrieb nicht erwartet werden (Tabelle 21). Diese Erschütterungsimmissionen sind naturgemäß wesentlich höher als die zulässigen Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden. Dementsprechend sind die in Tabelle 21 für unterschiedliche Baugeräte dargestellten erforderlichen Mindestabstände nur für kurzzeitige Einwirkungen (Δt < 0,5 Std) zulässig.

Tabelle 21 Maximal und nur kurzzeitig zulässige Erschütterungsimmissionen aus dem Betrieb von Baumaschinen

Gebäudetyp: **Bezug Wohnbereich:**	**Wohngebäude 1.OG**	**Minimal zul. Abstand Baumaschine**	Proportionalitäts-faktor k		max. Schwingschnelle am Fundament		max.Schwingschnelle 1.OG horizontal (x,y)		max.Schwingschnelle 1.OG Betondecke vertikal (z)	
		[m]	mittel	ungünstig	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]
Gelände wieder herstellen										
Maschinen										
Rüttelplatte 50 Hz	(<= 0.6 t)	**5**	4.31	10.87	0.67	1.68	0.83	2.10	6.68	16.84
Gleisunterbau herstellen										
Maschinen										
Rüttelwalze leicht 30 Hz	(<= 4.0 t)	**11**	4.31	10.87	0.78	1.98	0.98	2.47	7.84	19.76
Rüttelwalze mittel 30 Hz	(<= 13.0 t)	**20**	4.31	10.87	0.78	1.96	0.97	2.45	7.77	19.60
Rüttelwalze schwer 30 Hz	(<= 32.0 t)	**31**	4.31	10.87	0.79	1.98	0.98	2.48	7.86	19.84

Nach diesen Berechnungsergebnissen können Rüttelplatten bis zu einem Mindestabstand von 5 m zu Wohngebäuden und leichte Rüttelwalzen bis zu einem Mindestabstand von 11 m zu Wohngebäuden kurzfristig uneingeschränkt genutzt werden. Bei mittleren und schweren Rüttelwalzen sind deutlich größere Mindestabstände einzuhalten.

Für länger einwirkende Erschütterungsimmissionen ergeben sich die minimal zulässigen Abstände wie sie in Tabelle 22 dargestellt werden.

Tabelle 22 Maximal zulässige Erschütterungsimmissionen im Wohnbereich aus länger andauerndem Betrieb von Baumaschinen

Gebäudetyp: **Bezug Wohnbereich:**	**Wohngebäude 1.OG**	**Minimal zul. Abstand Baumaschine**	max.Schwingschnelle 1.OG horizontal		max.Schwingschnelle 1.OG Betondecke vertikal		Maximal bewertete Schwingstärke 1.OG KB_{Fmax}		Einwirk-dauer	Beurteilungs-schwingstärke 1.OG KB_{FTr}
		[m]	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	mittel	ungünstig	[h]	
Gelände wieder herstellen										
Maschinen										
Rüttelplatte 50 Hz	(<= 0.6 t)	**8.5**	0.49	1.24	3.93	9.91	1.70	4.28	4.00	0.57
Gleisunterbau herstellen										
Maschinen										
Rüttelwalze leicht 30 Hz	(<= 4.0 t)	**22**	0.49	1.24	3.92	9.88	1.69	4.27	4.00	0.56
Rüttelwalze mittel 30 Hz	(<= 13.0 t)	**40**	0.49	1.22	3.88	9.80	1.68	4.23	4.00	0.56
Rüttelwalze schwer 30 Hz	(<= 32.0 t)	**62**	0.49	1.24	3.93	9.92	1.70	4.28	4.00	0.57

Bei Einhaltung der genannten Mindestabstände zwischen den Baugeräten und Wohngebäuden ist der Dauerbetrieb erschütterungsrelevanter Baumaschinen entsprechend DIN 4150-3 [4] möglich, der Anhaltswert für die max. vertikale Deckenschwingung von 10 mm/s wird im ungünstigen Betrachtungsfall hierbei gerade eingehalten.

Gleichzeitig wird dabei auch der obere Anhaltswert A_o gemäß Tabelle 5 eingehalten. Bei einer angenommenen Gesamteinwirkdauer von 4 h im angegebenen Mindestabstand wird zudem auch der Anhaltswert für die Beurteilungsschwingstärke gemäß Tabelle 5 nicht überschritten. Damit sind die Anforderungen der DIN 4150-2 [3], Stufe II bei einer Gesamtdauer der Erschütterungseinwirkungen bis zu 26 Tagen eingehalten.

8.2 Erschütterungen Abbruch Trog Unterführung Markomannenstraße

Mit den in 6.3.2 angegebenen Mindestabständen der maßgebenden Gebäude zum Arbeitsbereich des Hydraulikhammers und einem Energieeintrag E = 8,5 kJ in das Trogbauwerk ergeben sich folgende maximale Fundamentschwingschnellen

- Markomannenstr.3 => $v_{best\ case} \approx$ 0,26 mm/s ; $v_{Worst\text{-}Case} \approx$ 0,40 mm/s
- Max-Lang-Str. 10 => $v_{best\ case} \approx$ 0,25 mm/s ; $v_{Worst\text{-}Case} \approx$ 0,38 mm/s

In Deckenmitte der obersten Etagen der jeweiligen Bauwerke wird erwartet, dass die Fundamentschwingschnellen um den Faktor 2,5 verstärkt in der Mitte der größten freischwingenden oberen Geschoßdecke auftreten. Daraus ergeben sich in den Gebäuden folgende Immissionswerte:

- Markomannenstr.3 => $v_{best\ case} \approx$ 0,64 mm/s ; $v_{Worst\text{-}Case} \approx$ 0,99 mm/s
- Max-Lang-Str. 10 => $v_{best\ case} \approx$ 0,62 mm/s ; $v_{Worst\text{-}Case} \approx$ 0,96 mm/s

Es wird davon ausgegangen, dass die Abbrucharbeiten bis zu ca. 10 Arbeitstage andauern werden.

Innerhalb dieses Zeitraums wird in beiden Gebäuden in der Worst-Case-Betrachtung der untere Anhaltswert A_u = 0,8 (Stufe II) nach DIN 4150-2 sehr wahrscheinlich überschritten. Eine Überschreitung des oberen Anhaltswertes A_o = 5 ist vsl. nicht gegeben. In diesem Falle (Überschreitung A_u und Unterschreitung A_o) ist nach DIN 4150-2 zu überprüfen, ob die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} über den Beurteilungszeitraum den Anhaltswert A_r = 0,6 (siehe Tabelle 5) einhält. Wenn dies der Fall ist, sind die Anforderungen der DIN 4105 eingehalten.

Basierend darauf wird im vorliegenden Fall ermittelt, wie lange der Abbruchmeißel in Betrieb sein darf um die Anforderung von A_r = 0,6 einhalten zu können. Die Berechnung wird für den Best-Case und den Worst-Case vorgenommen. Um möglichst flexibel reagieren zu können, wird hierbei auch noch der Energieeintrag des Hydraulikmeißels variiert und die Ergebnisse in einem Diagramm dargestellt. Die Berechnung erfolgt dabei ausschließlich für das näher gelegene, ungünstigere Gebäude Markomannenstr. 3 nach folgender Formel:

$$T_{e\ max.} = T_r \frac{KB_{FTr}^2}{KB_{FTm}^2}$$

$$KB_{FTr} = Beurteilungswert\ der\ Schwingstärke, hier\ \leq\ Ar\ =\ 0{,}6$$

$$KB_{FTm} = Taktmaximal - Effektivwert\ der\ Schwingstärke$$

$$T_e\ = Einwirkdauer\ der\ Schwingungseinwirkung$$

$$T_r\ = Beurteilungszeitraum\ (Tag\ =\ 16\ h)$$

Die Berechnungsergebnisse verdeutlicht Abbildung 7, in der die täglich zulässige Betriebsdauer über dem Energieeintrag eines Hydraulikhammers aufgetragen ist.

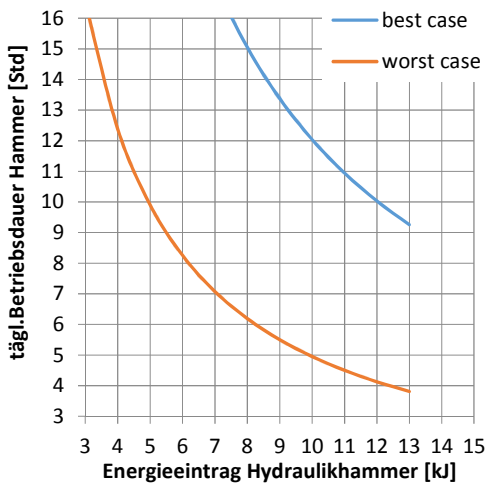


Abbildung 7: Betriebsdauer Hammerbetrieb vs. Energieeintrag

Zur sicheren Seite hin ist zunächst die Kurve für den Worst-Case (orange) zur Festlegung der Betriebsdauer anzuwenden. Dementsprechend ist beispielsweise bei einem Energieeintrag von max. 6 kJ eine Einsatzdauer des Meißels von rd. 8 h, bei 8 kJ von rd. 6 h möglich.

Wir empfehlen abschließend eine Auftaktmessung zur Bestimmung der tatsächlichen Erschütterungseinwirkungen am ungünstigsten gelegenen Gebäude (Markomannenstr. 3). In Abhängigkeit davon kann die maximale Dauer des Meißeleinsatzes anschließend angepasst werden.

9 Allgemeine Hinweise und Auflagenvorschläge

Basierend auf 7.3.2 empfehlen wir für Bauabschnitte innerhalb der Ortslagen die nachstehenden Hinweise zum Bestandteil der Angebotseinholung und Auftragsvergabe zu machen.

Hinweise zum Betrieb der Baustelle

- *Vor Beginn der Baumaßnahme sind die Anwohner über den Zweck und die zeitliche Dauer der Baumaßnahme zu informieren.*
- *Für den Betrieb der Baustelle gelten die Anforderungen der AVV Baulärm mit den dort genannten Hinweisen.*
- *Die Baustelle ist so zu betreiben, dass unnötige Lärmbelästigungen vermieden werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, z. B. kein unnötiges Laufenlassen von Motoren etc.*
- *Laute ortsfeste Schallquellen sind so weit entfernt als möglich von schützenswerter Bebauung anzuordnen oder alternativ durch geeignete Maßnahmen (z.B. Baucontainer, mobile LS-Wände, etc.) akustisch wirksam abzuschirmen.*
- *Die Einwirkzeiten lärm- und erschütterungsintensiven Baugeräts sind so weit als möglich zu minimieren.*
- *Die Arbeiten sind auf den Zeitbereich zwischen 07:00 Uhr und 20:00 Uhr zu begrenzen.*
- *Bautätigkeiten mit hoher Schall- oder Erschütterungsemission sind möglichst nicht in die Zeitbereiche 7.00 Uhr bis 8.00 Uhr und 18.00 Uhr bis 20.00 Uhr zu legen.*

- *Der Auftragnehmer ist zu verpflichten, bei der Auswahl schall- und erschütterungstechnisch günstiger Verfahren konstruktiv mitzuwirken.*
- *Eingesetztes Baugerät muss den Anforderungen der Richtlinie 2000/14/EG und darüber hinaus dem Stand der Technik entsprechen.*
- *Die auf der Baustelle eingesetzten Baumaschinen müssen den Anforderungen der 32. Bundes-Immissionsschutzverordnung entsprechen.*
- *Die zum Einsatz kommenden Maschinen sind regelmäßig zu warten und ggf. Instand zu setzen.*
- *Für Nachbarbeschwerden ist seitens der Baustelle ein Ansprechpartner (i. S. eines Immissionsschutzbeauftragten) zu benennen.*
- *Bei Vibrationsverdichtung sind bei kurzzeitigen Einsatz (Δt < 0,5 Std) geräteabhängig folgende Mindestabstände zu Wohnbebauung einzuhalten:*

Baugerät	*Mindestabstand [m]*
Rüttelplatte	*5*
Rüttelwalze ≤ 4 t	*11*
Rüttelwalze ≤ 13 t	*20*
Rüttelwalze ≤ 32 t	*31*

- *Bei Vibrationsverdichtung sind bei einer gebäudespezifischen Eiwirkdauer von bis zu 4 Std geräteabhängig folgende Mindestabstände zu Wohnbebauung einzuhalten:*

Baugerät	*Mindestabstand [m]*
Rüttelplatte	*8,5*
Rüttelwalze ≤ 4 t	*22*
Rüttelwalze ≤ 13 t	*40*
Rüttelwalze ≤ 32 t	*62*

- *Abbrucharbeiten sind möglichst mit lärm- und erschütterungsarmen Verfahren durchzuführen, soweit nicht zwingende Gründe andere Verfahren erfordern.*

  Bei Abbrucharbeiten am Trog der Unterführung Markomannenstraße/Max-Lang-Str. mittels Meißelbagger ist eine bauzeitliche Lärmschutzwand (umlaufend, 2 m hoch) zur Lärmminderung vorzusehen.

  Die tatsächliche Belastungen (Lärm und Erschütterungen) sind durch Auftaktmessungen am ungünstigsten gelegenen Gebäude (vsl. Markomannenstr. 3) zu bestimmen.

  Im Bedarfsfall kann dem nachweislich von Beurteilungspegeln oberhalb einer bestimmten Schwelle (z.B. Schwelle zur Gesundheitsgefährdung) betroffenen Personenkreis im Umfeld der Abbrucharbeiten ein Ersatzwohnraum für den Zeitraum der Überschreitungen angeboten werden. Der Schwellwert ist dabei von der Genehmigungsbehörde festzulegen.

  In Abhängigkeit der im Rahmen der Auftaktmessung erfassten Erschütterungseinwirkungen ist die maximale Dauer des Meißeleinsatzes anzupassen.
- *Die sonstigen baubetrieblichen Lärm- und Erschütterungsimmissionen sind bei lärm- und erschütterungsintensiven Arbeiten durch Auftaktmessungen und ggf. Stichprobenmessungen an exponierten Gebäuden zu dokumentieren.*

10 Zusammenfassung

Die Stuttgarter Straßenbahnen AG beabsichtigt die Bahnlinie U5 über den heutigen Bahnhof Leinfelden hinaus bis zur neuen Endhaltestelle Neuer Markt und weiterer 200 m Trasse für Wagenabstellung bzw. Gleiswechsel zu erstellen.

Die Auswirkungen der Baumaßnahmen waren unter dem Gesichtspunkt des Lärmschutzes auf der Grundlage der allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm (AVV Baulärm) [1] und des Schutzes vor Erschütterungseinwirkung auf der Basis von DIN 4150-2 [3] und DIN 4150-3 [4] einer Prüfung zu unterziehen. Zu diesem Zweck waren die Schall- und Erschütterungsemissionen und daraus entstehenden Immissionen aus dem Baubetrieb zu ermitteln und anhand der zugehörigen Vorschriften zu beurteilen.

Die Baumaßnahmen werden ausschließlich im Zeitbereich tags (07:00 Uhr bis 20:00 Uhr nach AVV Baulärm) durchgeführt und gliedern sich in acht Bauphasen.

Im Untersuchungsraum werden die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm und der aufgrund Vorbelastung angepassten Immissionsrichtwerte bei den vorgesehenen Bautätigkeiten aufgrund der Nähe der Bebauung und der einzusetzenden Bauverfahren überwiegend überschritten.

Maßnahmenvorschläge zur Minderung der Lärmimmissionen in der Nachbarschaft der Baustelle sind in Abschnitt 7.3 formuliert.

Auch unter Berücksichtigung aller empfohlenen Minderungsmaßnahmen sind Überschreitungen der Immissionsrichtwerte insbesondere bei lauten Tätigkeiten im vorliegenden Fall nicht immer vermeidbar. Die Arbeiten sind allerdings zeitlich gestreut, in der Regel nicht ortsfest (wandernd) und nicht immer werden alle Baugeräte zeitgleich eingesetzt, sodass nicht davon auszugehen ist, dass die errechneten Beurteilungspegel ständig auf die Bebauung einwirken werden. Zudem wurde festgestellt, dass die Eingriffsschwelle in Bezug auf die aufgrund Vorbelastung angepassten Richtwerte, in der Regel eingehalten wird. Überschreitungen dieser Eingriffsschwelle wurden nur in geringem Maße und örtlich begrenzt prognostiziert. Gleichzeitig wurde festgestellt, dass die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen generell eingehalten werden.

Ausgenommen hiervon ist lediglich der Abbruch des Betontroges im Bereich der Unterführung Markomannenstraße mittels Meißelbagger, bei dem im direkten Umfeld auch die Schwellwerte zur Gesundheitsgefährdung überschritten werden. Im vorliegenden Fall konnten aber im Rahmen der Prognosebetrachtung keine sinnvollen alternativen Bauverfahren gefunden werden. Zudem ist die Dauer dieser Bauphase mit bis zu 10 Arbeitstagen vergleichsweise kurz. Es wird daher abschließend empfohlen eine umlaufende bauzeitliche Lärmschutzwand (h=2 m) zur Reduzierung der Geräuscheinwirkung der Abbrucharbeiten mittels Meißelbagger zu errichten. Zudem sind durch eine Auftaktmessung die tatsächlichen Lärmeinwirkungen am ungünstigsten gelegenen Gebäude (Markomannenstr. 3) zu ermitteln. Im Bedarfsfall kann dem nachweislich von Beurteilungspegeln oberhalb einer bestimmten Schwelle (z.B. Schwelle der Gesundheitsgefährdung) betroffenen Personenkreis im Umfeld der Abbrucharbeiten ein Ersatzwohnraum für den Zeitraum der Überschreitungen angeboten werden. Der Schwellwert ist dabei von der Genehmigungsbehörde festzulegen.

In Bezug auf die Erschütterungsimmissionen wurden als relevante Bautätigkeiten die Maßnahmen zur Bodenverdichtung - da hierzu sehr häufig Vibrationswalzen eingesetzt werden - sowie die Abbruchabreiten im Bereich der Unterführung Markomannenstraße mittels Meißelbagger angesehen.

Mit der verwendeten Berechnungsmethodik wurde aufgezeigt, dass bei Bodenverdichtungsarbeiten bei Einhaltung von gerätespezifischen Mindestabständen die Anforderungen der DIN 4150-2 und DIN 4150-3 eingehalten werden können.

Gleiches gilt bei entsprechender Wahl der Energieeintrags und der Einsatzsauer des Meißels bei den Abbrucharbeiten des Trogbauwerks im Bereich der Unterführung Markomannenstraße. In diesem Zusammenhang wird zudem eine Auftaktmessung zur Bestimmung der tatsächlichen Erschütterungseinwirkungen am ungünstigsten gelegenen Gebäude (Markomannenstr. 3) empfohlen. In Abhängigkeit davon kann die maximal mögliche Dauer des Meißeleinsatzes abschließend angepasst werden.

Unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen zur Reduzierung der Lärm- und Erschütterungsimmissionen aus der Bautätigkeit ist von der Genehmigungsbehörde abzuwägen, inwieweit die verbleibenden bauzeitlichen Beeinträchtigungen als dem Stand der Technik entsprechend unvermeidbar und im Sinne des § 22 Abs. 1 BImSchG als weitestgehend hinnehmbar eingestuft werden können. Hierbei ist auch das öffentliche Interesse an der Realisierung des Projekts zu würdigen.

Greifenberg, den 10.10.2019
ACCON GmbH

Dipl.-Phys. Helmut Venghaus

Dipl.-Ing. (FH) Jörg-M. Czogalla

Anlagen

Anlage 1 Schallemissionen der einzelnen Bauphasen

Anlage 2 Rasterlärmkarten

Anlage 1 Schallemissionen der einzelnen Bauphasen

Baufeldfreimachung mit Kabel-, Kanal- und Leitungsverlegungen

Werkzeuge		Arbeitszeit [h/d]	Anzahl	tatsächliche Einsatzdauer [h]	Kzeit [dB]	Schall L_{WA} [dB(A)]	K_I	$L_{wA,r}$ [dB(A)]
Motorsäge	Stihl MS 201 C-M	13	1	2.5	-10	112.0		102.0
Lkw mit Ladekran	Lkw mit Ladekran	13	1	2.5	-10	94.0	2.0	86.0
Hydraulikbagger	CAT 325 DL	13	1	8.0	-5	104.0	3.0	102.0
Radlader	Liebherr 506	13	1	8.0	-5	99.0	3.0	97.0
Fugenschneider	Lissmac F32	13	1	2.5	-10	114.0		104.0
Preßlufthammer	DEMAG P10	13	1	2.5	-10	111.3	4.0	105.3
Lkw	Actros 3245	13	2	8.0	-5	99.0		97.0
Gesamt:								**110**

Abbrucharbeiten Unterführung Markomannenstraße

Werkzeuge		Einsatzdauer [h/d]	Anzahl	tatsächliche Einsatzdauer [h]	Kzeit [dB]	Schall L_{WA} [dB(A)]	K_I	$L_{wA,r}$ [dB(A)]
Lkw	Actros 3245	13	2	2.5	-10	99.0		92.0
Meißelbagger	CAT 325 LN	13	1	8.0	-5	113.8	7.7	116.5
Gesamt:								**117**

Bau Stützmauer Markomannenstraße

Werkzeuge		Einsatzdauer [h/d]	Anzahl	tatsächliche Einsatzdauer [h]	Kzeit [dB]	Schall L_{WA} [dB(A)]	K_I	$L_{wA,r}$ [dB(A)]
Lkw	Actros 3245	13	1	2.5	-10	99.0		89.0
Hydraulikbagger	CAT 325 DL	13	1	8.0	-5	104.0	3.0	102.0
Transportbetonmischer	-	13	1	2.5	-10	106.0		96.0
Drehbohrgerät	Bauer BG 15	13	1	8.0	-5	110.0		105.0
Betonpumpe	Lkw MAN mit M52	13	1	8.0	-5	103.7	2.9	101.6
Gesamt:								**108**

Gleisunterbau

Werkzeuge		Arbeitszeit [h/d]	Anzahl	tatsächliche Einsatzdauer [h]	Kzeit [dB]	Schall L_{WA} [dB(A)]	K_I	$L_{wA,r}$ [dB(A)]
Lkw	Actros 3245	13	1	8.0	-5	99.0		94.0
Radlader	Liebherr 506	13	1	8.0	-5	99.0	3.0	97.0
Hydraulikbagger	CAT 325 DL	13	1	8.0	-5	104.0	3.0	102.0
Walzenzug	Bomag BW 213 D-2	13	1	8.0	-5	108.0	3.0	106.0
Gesamt:								**108**

Gleisoberbau

Werkzeuge		Arbeitszeit [h/d]	Anzahl	tatsächliche Einsatzdauer [h]	Kzeit [dB]	Schall L_{WA} [dB(A)]	K_I	$L_{wA,r}$ [dB(A)]
Lkw	Actros 3245	13	1	8.0	-5	99.0		94.0
Transportbetonmischer	-	13	1	2.5	-10	106.0		96.0
Innenrüttler	-	13	1	8.0	-5	105.0	3.0	103.0
2-Wege-Bagger	CAT M323F (Ansatz wie M322F)	13	2	8.0	-5	99.0	3.0	100.0
Mobilkran	Gottwald DA 53/AMK 46	13	1	8.0	-5	104.3	3.2	102.5
Gleisschrauber	Braun (Honda GX140)	13	2	2.5	-10	102.0	3.0	98.0
Betonpumpe	Lkw MAN mit M52	13	1	8.0	-5	103.7	2.9	101.6
Gesamt:								**109**

Haltestellenbau

Werkzeuge		Einsatzdauer [h/d]	Anzahl	tatsächliche Einsatzdauer [h]	Kzeit [dB]	Schall L_{WA} [dB(A)]	K_I	$L_{wA,r}$ [dB(A)]
2-Wege-Bagger	CAT M323F (Ansatz wie M322F)	13	1	8.0	-5	99.0	3.0	97.0
Transportbetonmischer	-	13	1	2.5	-10	106.0		96.0
Innenrüttler	-	13	1	2.5	-10	105.0	3.0	98.0
Rüttelbohle	-	13	1	2.5	-10	105.0	3.0	98.0
Lkw	Actros 3245	13	6	2.5	-10	99.0		96.8
Schlagbohrgerät		13	1	8.0	-5	101.6	3.7	100.3
Gesamt:								**106**

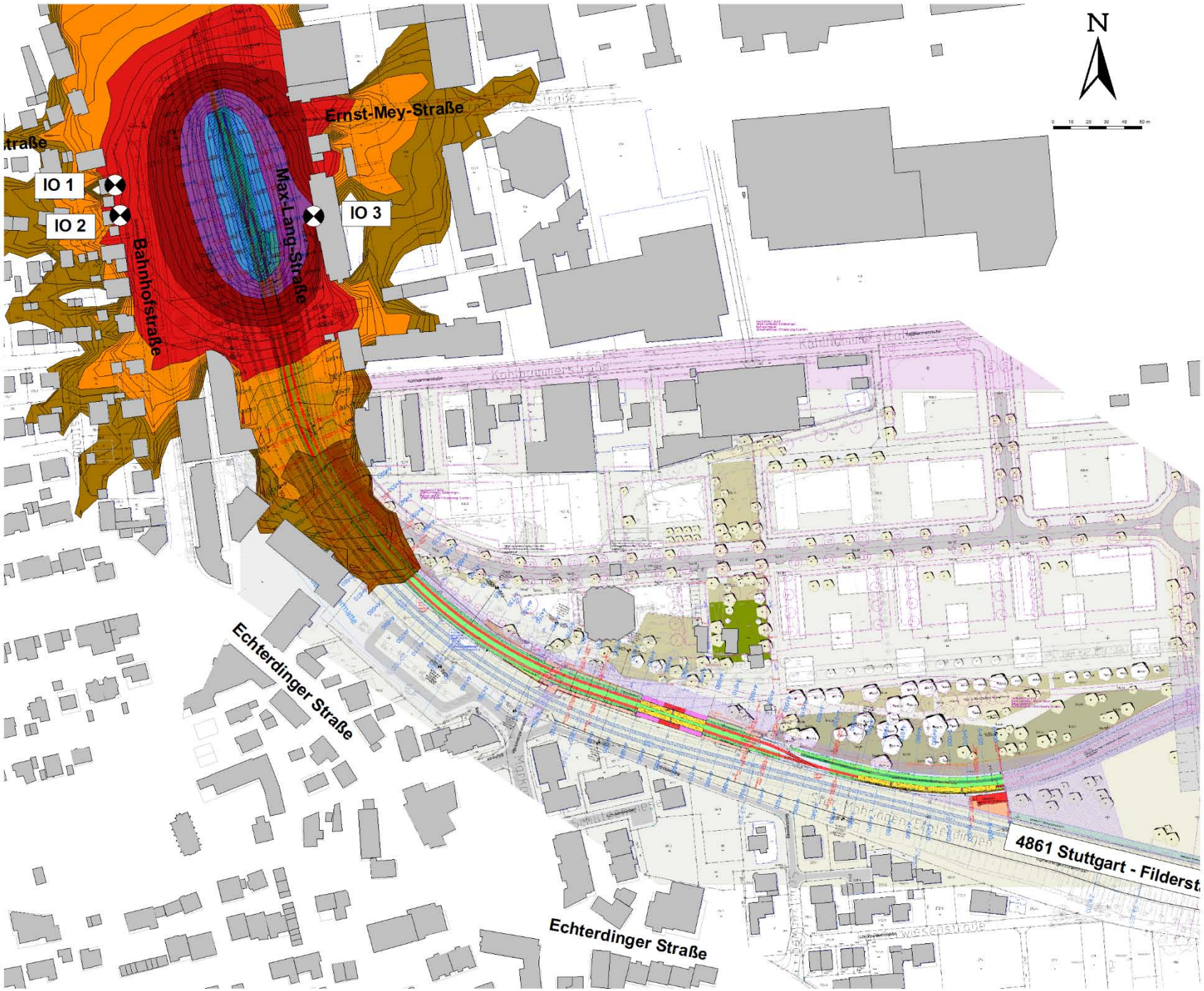
Stadtbahntechnischer Ausbau

Werkzeuge	Typ	Einsatzdauer [h/d]	Anzahl	tatsächliche Einsatzdauer [h]	Kzeit [dB]	Schall L_{WA} [dB(A)]	K_I	$L_{wA,r}$ [dB(A)]
Lkw	Actros 3245	13	6	2.5	-10	99.0		96.8
Transportbetonmischer	-	13	1	2.5	-10	106.0		96.0
2-Wege-Bagger	CAT M323F (Ansatz wie M322F)	13	2	8.0	-5	99.0	3.0	100.0
Schlagbohrgerät		13	1	2.5	-10	101.6	3.7	95.3
Innenrüttler	-	13	1	2.5	-10	105.0	3.0	98.0
Turmwagen	-	13	1	8.0	-5	105.0		100.0
Gesamt:								**106**

Bau Unterwerk

Werkzeuge		Einsatzdauer [h/d]	Anzahl	tatsächliche Einsatzdauer [h]	Kzeit [dB]	Schall L_{WA} [dB(A)]	K_I	$L_{wA,r}$ [dB(A)]
Lkw	Actros 3245	13	6	8.0	-5	99.0		101.8
Transportbetonmischer	-	13	1	2.5	-10	106.0		96.0
Betonpumpe	Lkw MAN mit M52	13	1	8.0	-5	103.7	2.9	101.6
Innenrüttler	-	13	1	2.5	-10	105.0	3.0	98.0
Mobilbagger	CAT M315	13	1	8.0	-5	95.0	3.0	93.0
Gesamt:								**106**

Anlage 2 Rasterlärmkarten



Maßstab 1 : 3000

Suttgarter Straßenbahnen AG

Schalltechnische Untersuchung
Bautätigkeiten Ausbau U5
Leinfelden-Echterdingen

Baulärm Bauphase 1
Rasterlärmkarte Abschnitt 1
Beurteilungspegel Tags (6-22 Uhr)

N

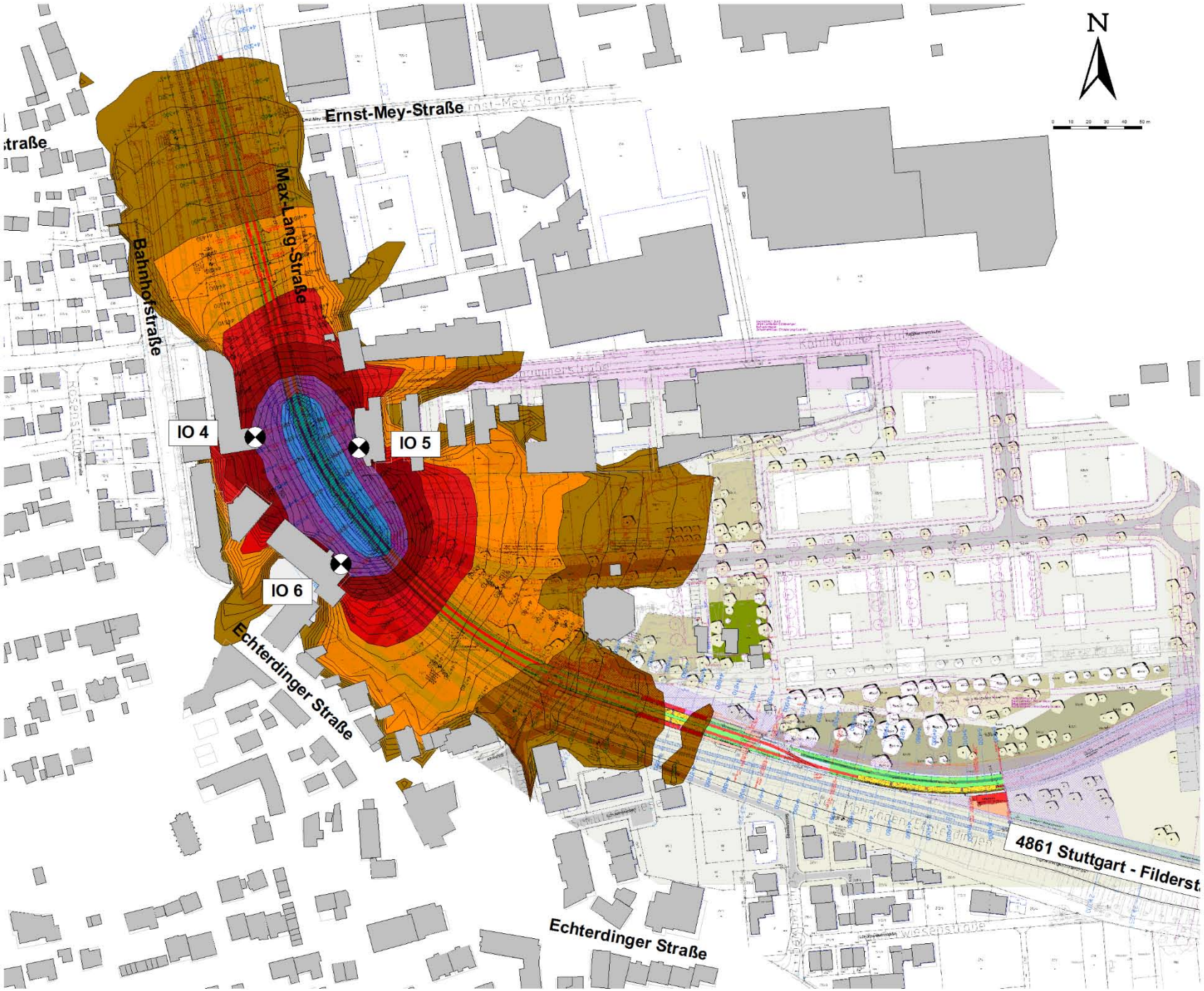
	Datum	Name
Bearb.	15.03.2019	JC
Gepr.		
Norm		

accon ENVIRONMENTAL CONSULTANTS

Freie Schallausbreitung
Rasterhöhe: 4 m über Gelände
Rasterabstand: 10 m

- 50 < ... <= 55 dB(A)
- 55 < ... <= 60 dB(A)
- 60 < ... <= 65 dB(A)
- 65 < ... <= 70 dB(A)
- 70 < ... <= 75 dB(A)
- 75 < ... <= 80 dB(A)
- 80 < ... dB(A)

Blatt Bl.



Maßstab 1 : 3000

Suttgarter Straßenbahnen AG

Schalltechnische Untersuchung
Bautätigkeiten Ausbau U5
Leinfelden-Echterdingen

Baulärm Bauphase 1
Rasterlärmkarte Abschnitt 2
Beurteilungspegel Tags (6-22 Uhr)

N

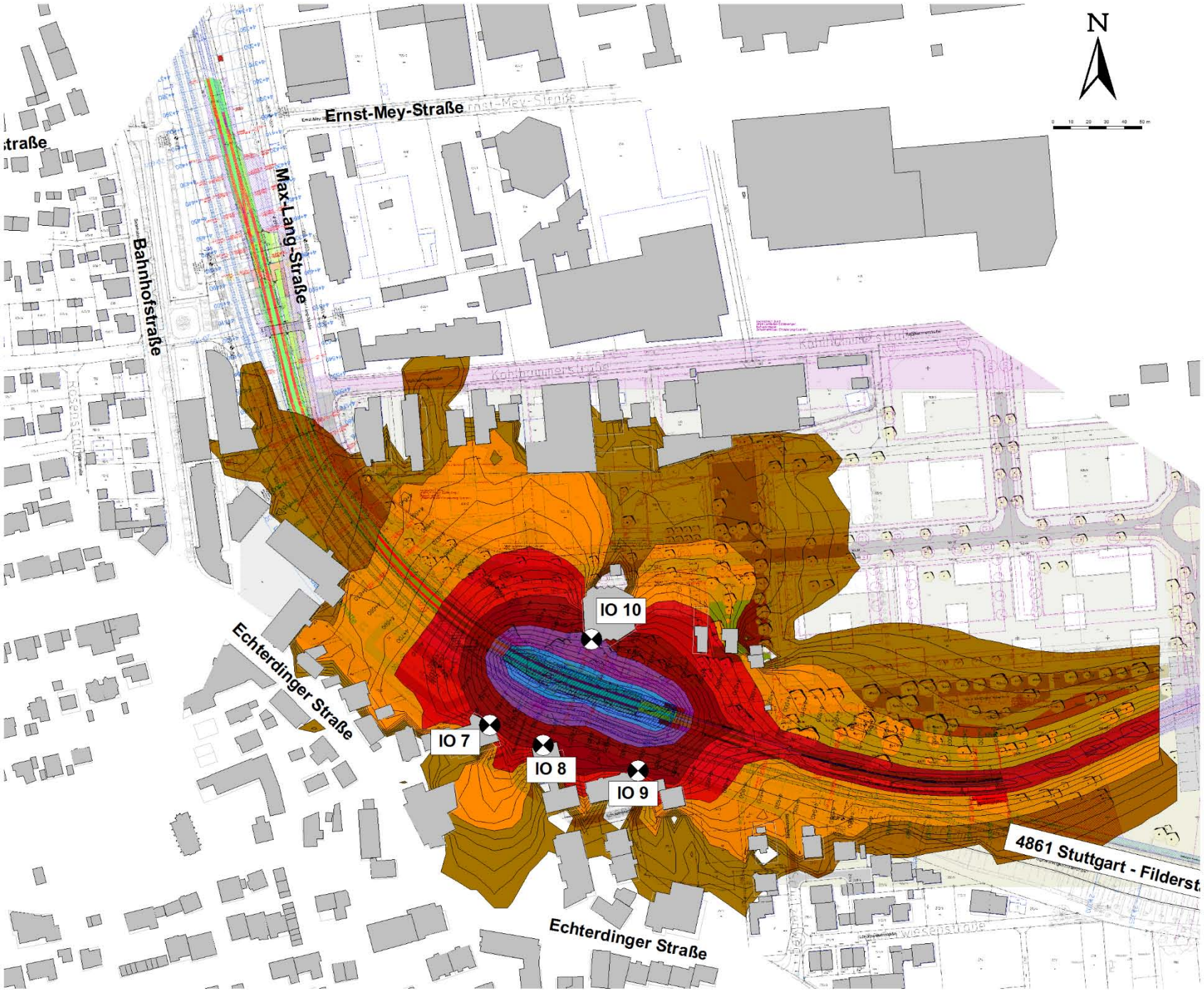
	Datum	Name
Bearb.	15.03.2019	JC
Gepr.		
Norm		

accon ENVIRONMENTAL CONSULTANTS

Freie Schallausbreitung
Rasterhöhe: 4 m über Gelände
Rasterabstand: 10 m

- 50 < ... <= 55 dB(A)
- 55 < ... <= 60 dB(A)
- 60 < ... <= 65 dB(A)
- 65 < ... <= 70 dB(A)
- 70 < ... <= 75 dB(A)
- 75 < ... <= 80 dB(A)
- 80 < ... dB(A)

Blatt Bl.



Maßstab 1 : 3000

Suttgarter Straßenbahnen AG

Schalltechnische Untersuchung
Bautätigkeiten Ausbau U5
Leinfelden-Echterdingen

Baulärm Bauphase 1
Rasterlärmkarte Abschnitt 3
Beurteilungspegel Tags (6-22 Uhr)

N

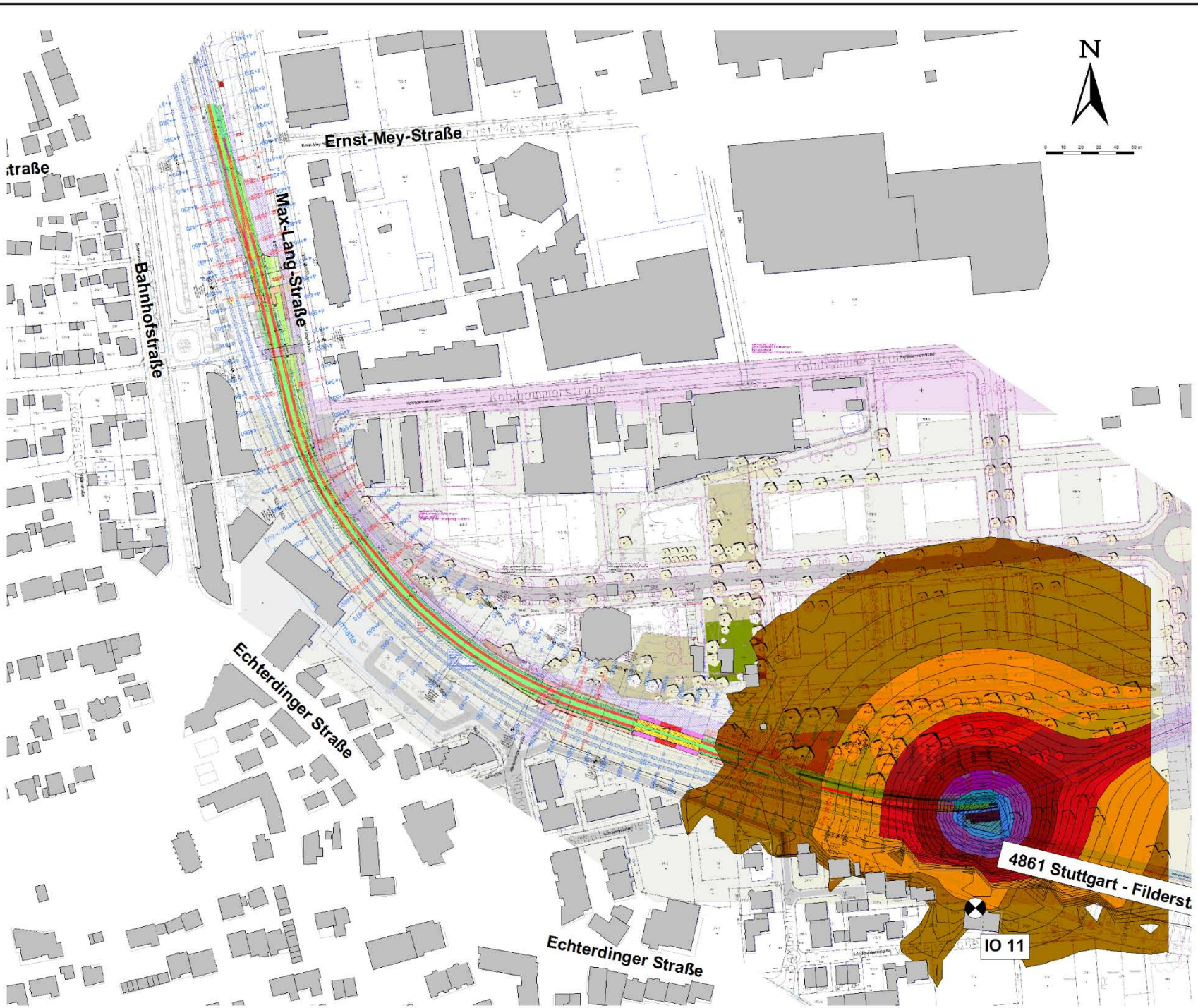
	Datum	Name
Bearb.	15.03.2019	JC
Gepr.		
Norm		

accon ENVIRONMENTAL CONSULTANTS

Freie Schallausbreitung
Rasterhöhe: 4 m über Gelände
Rasterabstand: 10 m

- 50 < ... <= 55 dB(A)
- 55 < ... <= 60 dB(A)
- 60 < ... <= 65 dB(A)
- 65 < ... <= 70 dB(A)
- 70 < ... <= 75 dB(A)
- 75 < ... <= 80 dB(A)
- 80 < ... dB(A)

Blatt Bl.



Maßstab 1 : 3000

Suttgarter Straßenbahnen AG

Schalltechnische Untersuchung
Bautätigkeiten Ausbau U5
Leinfelden-Echterdingen

Baulärm Bauphase 7 - Bau Unterwerk
Rasterlärmkarte Abschnitt 4
Beurteilungspegel Tags (6-22 Uhr)

N

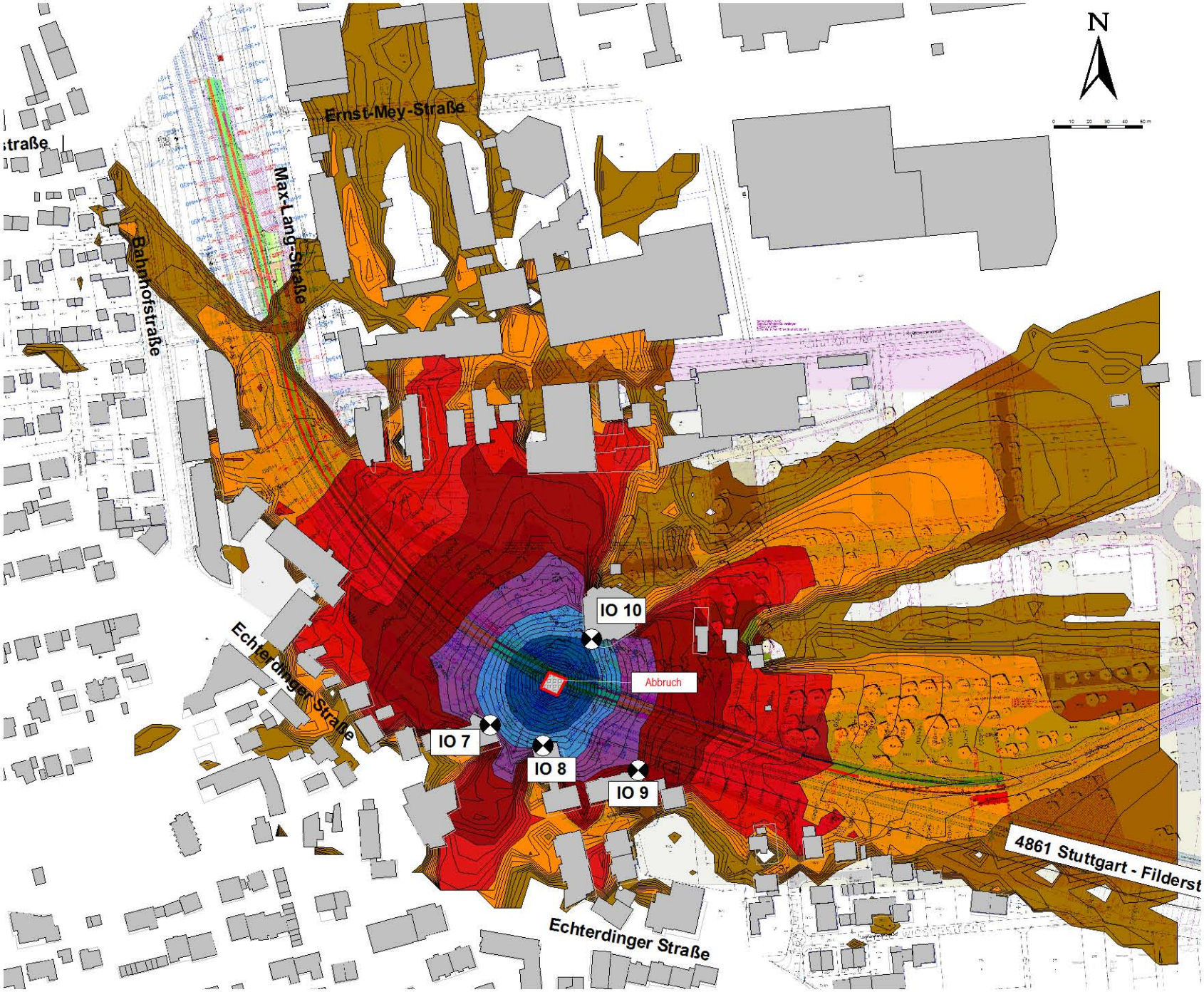
	Datum	Name
Bearb.	15.03.2019	JC
Gepr.		
Norm		

accon ENVIRONMENTAL CONSULTANTS

Freie Schallausbreitung
Rasterhöhe: 4 m über Gelände
Rasterabstand: 10 m

- 50 < ... <= 55 dB(A)
- 55 < ... <= 60 dB(A)
- 60 < ... <= 65 dB(A)
- 65 < ... <= 70 dB(A)
- 70 < ... <= 75 dB(A)
- 75 < ... <= 80 dB(A)
- 80 < ... dB(A)

Blatt Bl.



Maßstab 1 : 3000

Suttgarter Straßenbahnen AG

Schalltechnische Untersuchung
Bautätigkeiten Ausbau U5
Leinfelden-Echterdingen

Baulärm Bauphase 2 - Abbruch Trog
Rasterlärmkarte Abschnitt 3
Beurteilungspegel Tags (6-22 Uhr)

N

	Datum	Name
Bearb.	09.10.2019	JC
Gepr.		
Norm		

accon ENVIRONMENTAL CONSULTANTS

Freie Schallausbreitung
Rasterhöhe: 4 m über Gelände
Rasterabstand: 10 m

- 50 < ... <= 55 dB(A)
- 55 < ... <= 60 dB(A)
- 60 < ... <= 65 dB(A)
- 65 < ... <= 70 dB(A)
- 70 < ... <= 75 dB(A)
- 75 < ... <= 80 dB(A)
- 80 < ... dB(A)

Blatt Bl.