SCHALLSCHUTZ **cdf**

Consulting

Dipl.-Ing. D. Friedemann

Untersuchung zu baubedingten Schallimmissionen (Baulärm) und Erschütterungsimmissionen

Bericht Nr. 19-3920 / 01

Änderung der Eisenbahnbetriebsanlage

EÜ Reutebachgasse in Freiburg

km 205,091 der Strecke 4000

Stand: 21.01.2020



Bearbeitet von Dipl.-Ing. D. Friedemann

für

DB Netz AG
Schwarzwaldstraße 86
76137 Karlsruhe

cdf, Alte Dresdner Straße 54, 01108 Dresden
Tel.: 0351 88090-57, Fax: 0351 88090-66, E-Mail: info@cdf-schallschutz.de

1. Zusammenfassung

Die DB Netz AG plant bei km 205,091 der Bahnstrecke 4000 Mannheim - Basel - Konstanz in der Ortslage Freiburg die Änderung der EÜ Reutebachgasse.

Hierzu wird die Schallimmission in der Nachbarschaft durch Baulärm prognostiziert und gemäß AVV Baulärm beurteilt. Dabei wurden die Betriebszeiten und Einsatzbereiche der Baumaschinen im Vergleich zu ähnlichen Baumaßnahmen berücksichtigt.

Die schalltechnischen Berechnungen haben ergeben, dass bei den im Tagzeitraum stattfindenden Arbeiten in der Ortslage Freiburg selbst keine oder nur geringe Lärmbelästigungen zu erwarten sind. An der ersten Gebäudereihe des Umfeldes werden jedoch auch am Tage bei den geräuschintensiven Bautätigkeiten des Rammens und des Abbruchs zeitweise Beurteilungspegel von mehr als 70 dB(A) erreicht, die zu Lärmbelästigungen führen können.

Innerhalb von mehreren, meist kurzen 1 - 2 tägigen Sperrpausen sind auch Nachtarbeiten erforderlich. Die dabei erfolgenden Gleis- und Oberbauarbeiten führen aufgrund der dichten, unmittelbar angrenzenden Bebauung zu räumlich weitreichenden Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm. Die Richtwertüberschreitungen bleiben dabei überwiegend bei Beurteilungspegeln von ca. 50 dB(A). An ca. 20 Gebäuden werden die Richtwerte jedoch um mindestens 15 dB, an weiteren ca. 20 Gebäuden gar um mehr als 20 dB überschritten. An insgesamt etwas mehr als 20 Gebäuden werden dabei Beurteilungspegel von 60 dB(A) (bis etwas über 70 dB(A)) erreicht, womit (aufgrund der insgesamt nur relativ geringen Verkehrslärmvorbelastung) erhebliche Lärmbelästigungen verbunden sein können.

Da aktive Lärmschutzmaßnahmen wie z. B. mobile Lärmschutzwände akustisch aufgrund der Dammlage der immissionsbestimmenden Bautätigkeiten nicht wirkungsvoll sind, kommt den organisatorischen Maßnahmen eine besondere Bedeutung zu.

Dazu sind die Anwohner umfassend über die Bautätigkeiten (Dauer und Art der Bautätigkeit, Ansprechpartner) zu informieren. Erheblich belästigten Anwohnern ist für die Zeit erhöhter Lärmbelästigung (z. B. Rammen und Abbruch sowie nächtliche Gleis- und Oberbauarbeiten) ein Ersatzwohnraum anzubieten. Die im Gutachten enthaltenen Tabellen der Beurteilungspegel von > 70 dB(A) tags und > 60 dB(A) nachts können dabei zum Anhalt genommen werden.

Bezüglich der Bau-Erschütterungen wird eingeschätzt, dass im Rahmen der Baumaßnahme eine Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3 (Gebäudeschäden) am Anwesen Reutebachgasse 31 nicht sicher ausgeschlossen werden kann.

Daher wird empfohlen, an diesem Gebäude eine bautechnische Beweissicherung durchzuführen. Zudem sind bei erschütterungsintensiven Ramm- und Verdichtungsarbeiten baubegleitende Erschütterungsmessungen mit Alarmmeldung beim Erreichen kritischer Erschütterungszustände durchzuführen. Beim Erreichen kritischer Erschütterungszustände sind die Bauarbeiten zu unterbrechen und erst nach Durchführung von Minderungsmaßnahmen (unter weiterer messtechnischer Begleitung) fortzusetzen. In Gutachten werden Hinweise zu möglich Minderungsmaßnahmen gegeben.

Mit dieser Vorgehensweise sind Gebäudeschäden durch baubedingte Erschütterungen sicher zu vermeiden.

Der Bericht enthält 60 Seiten (inkl. 9 Anhänge).
Dresden, den 21.01.2020

cdf Schallschutz

D. Friedemann R. Berger

Dipl.-Ing. Dieter Friedemann Dipl.-Ing. (FH) Rajko Berger

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Zusammenfassung ... 2
2. Aufgabenstellung und Situation ... 7
3. Berechnungs- und Bewertungsverfahren für Baulärm ... 8
   - 3.1. Beurteilungspegel und Immissionsrichtwerte ... 8
   - 3.2. Berücksichtigung einer Geräuschvorbelastung ... 10
   - 3.3. Berechnung des Beurteilungspegels und Richtwertvergleich ... 10
4. Ausgangsdaten und Rechenmodellbildung ... 11
5. Durchführung der Bauarbeiten, Schallemissionsdaten ... 12
   - 5.1. BLS 1 - Tag - Allg. Arbeiten / Vor-/Nachbereitung ... 14
   - 5.2. BLS 2 - Tag - Rammen Verbau ... 14
   - 5.3. BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke ... 15
   - 5.4. BLS 4 - Tag - Abbruch/Rückbau ... 15
   - 5.5. BLS 5 - Tag - Vorfertigung Tragwerk ... 15
   - 5.6. BLS 6 - Tag/Nacht - Ausbau Hilfsbrücke / Wiederaufbau Oberbau ... 16
   - 5.7. Baustelleneinrichtungsfläche und Lkw-Verkehr ... 16
   - 5.8. Spitzenpegelkriterium ... 16
   - 5.9. Zusammenfassung der Baulärmsituationen ... 17
6. Berechnung der Beurteilungspegel und Bewertung ... 18
   - 6.1. BLS 1 - Tag - Allg. Arbeiten / Vor-/Nachbereitung ... 19
   - 6.2. BLS 2 - Tag - Rammen Verbau ... 19
   - 6.3. BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke ... 19
   - 6.4. BLS 4 - Tag - Abbruch/Rückbau ... 20
   - 6.5. BLS 5 - Tag - Vorfertigung Tragwerk ... 20
   - 6.6. BLS 6 - Tag/Nacht - Ausbau Hilfsbrücke / Wiederaufbau Oberbau ... 21
   - 6.7. Ergebniszusammenfassung ... 21
   - 6.8. Genauigkeit der Prognose ... 24
7. Bauerschütterungen ... 25
8. Normen und Literatur ... 28
9. Anhänge ... 29

Anhangsverzeichnis

Seite

Anhang 1 Übersichtslagepläne ... 30
Anhang 2 Verkehrslärmvorbelastung ... 32
Anhang 3 Rechenmodell ... 33
Anhang 4 Bauablaufplan ... 34
Anhang 5 Emissionsdaten der Baulärmsituationen (BLS) ... 35
Anhang 6 Lärmkarten der Baulärmsituationen ... 38
Anhang 6.1 BLS 1 - Tag - Allg. Arbeiten / Vor-/Nachbereitung ... 39
Anhang 6.1.1 BLS 1 Lärmkarte Beurteilungspegel - Tag ... 40
Anhang 6.1.2 BLS 1 Lärmkarte Richtwertvergleich - Tag ... 41
Anhang 6.2 BLS 2 - Tag - Rammen Verbau ... 42
Anhang 6.2.1 BLS 2 Lärmkarte Beurteilungspegel - Tag ... 43
Anhang 6.2.2 BLS 2 Lärmkarte Richtwertvergleich - Tag ... 44
Anhang 6.3 BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke ... 45
Anhang 6.3.1 BLS 3 Lärmkarte Beurteilungspegel - Tag/Nacht ... 46
Anhang 6.3.2 BLS 3 Lärmkarte Richtwertvergleich - Tag ... 47
Anhang 6.3.3 BLS 3 Lärmkarte Richtwertvergleich - Nacht ... 48
Anhang 6.4 BLS 4 - Tag - Abbruch/Rückbau ... 49
Anhang 6.4.1 BLS 4 Lärmkarte Beurteilungspegel - Tag ... 50
Anhang 6.4.2 BLS 4 Lärmkarte Richtwertvergleich - Tag ... 51
Anhang 6.5 BLS 5 - Tag - Vorfertigung Tragwerk ... 52
Anhang 6.5.1 BLS 5 Lärmkarte Beurteilungspegel - Tag ... 53
Anhang 6.5.2 BLS 5 Lärmkarte Richtwertvergleich - Tag ... 54
Anhang 7 Tabelle der Beurteilungspegel ... 55
Anhang 8 Liste der Gebäude mit Lr > 70 / 60 dB(A) Tag / Nacht ... 58
Anhang 9 Erschütterungsprognose - Gebäudeschäden ... 59

Abkürzungsverzeichnis

AVV Baulärm	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BÜ	Bahnübergang
EÜ	Eisenbahnüberführung
GZ	Güterzug
IO	Immissionsort
IRW	Immissionsrichtwert
IVL	Ingenieur-Vermessung-Lageplan
LSW	Lärmschutzwand
MI	Mischgebiet
MIB	Büro Mischgebiet
RV	Regionalverkehr
USM	Unterschottermatte
WA	Allgemeines Wohngebiet
WAB	Büro Allgemeines Wohngebiet

2. Aufgabenstellung und Situation

Zur dauerhaften und uneingeschränkten Verfügbarkeit der Eisenbahnüberführung EÜ Reutebachgasse in Freiburg (km 205,091 der Strecke 4000 Mannheim - Basel - Konstanz) ist deren Änderung geplant.

Dabei wird das alte Brückenbauwerk abgebrochen und durch eine neue Brückenkonstruktion in gleicher Lage ersetzt. Anhang 1 enthält dazu eine Übersichtskarte.

Für das Bauvorhaben ist eine Baulärmprognose zu erstellen. Dabei sind die durch die Bauarbeiten im Umfeld verursachten Geräuschbelastungen zu ermitteln und nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm - AVV Baulärm [4] zu bewerten.

Die Schallimmissionsprognose erfolgt für den gegenwärtigen Planungszustand des Bauablaufs. Danach erfolgt die Erneuerung in Endlage als einteiliger Stahlbetonrahmen unterhalb von Hilfsbrücken. Der Geräteeinsatz wird aus vergleichbaren Bauvorhaben abgeleitet.

Die Ausgangsdaten, die Vorgehensweise und die Ergebnisse der schalltechnischen Untersuchung werden im nachfolgenden Gutachten dargestellt.

3. Berechnungs- und Bewertungsverfahren für Baulärm

3.1. Beurteilungspegel und Immissionsrichtwerte

Für die Ermittlung und Bewertung der Schallimmissions-Situation in der Nachbarschaft einer Baumaßnahme ist die AVV Baulärm [4] heranzuziehen.

Erhebliche Belästigungen durch Baulärm sind danach nicht zu erwarten, wenn die ermittelten Beurteilungspegel (s. Pkt. 3.3) die Immissionsrichtwerte einhalten. Die Immissionsrichtwerte sind dabei in der AVV Baulärm differenziert nach der Lage des Immissionsortes und der zeitlichen Zuordnung tags bzw. nachts wie folgt festgelegt:

Tab. 1 Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm

	Gebietseinstufung nach BauNVO [2]	**Immissionsrichtwerte in dB(A)**	
		tags	**nachts**
a)	**Industriegebiete - GI** Gebiete, in denen nur gewerbl. oder industrielle Anlagen und Wohnungen für Inhaber oder Aufsichtspersonen untergebracht sind	70	70
b)	**Gewerbegebiete - GE** Gebiete, in denen vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	65	50
c)	**Kerngebiete - MK, Dorfgebiete - MD, Mischgebiete - MI** Gebiete mit gewerbl. Nutzungen und Wohnungen, mit weder vorwiegend gewerbl. Anlagen noch vorwiegend Wohnungen	60	45
d)	**Wohngebiete - WA** Gebiete, in denen vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	55	40
e)	**Reine Wohngebiete - WR** Gebiete, in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	50	35
f)	**Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten**	45	35

Die Zuordnung der Gebiete in der Umgebung der Baustelle ergibt sich nach Abschnitt 3.2 der AVV Baulärm aus den vorhandenen Bebauungsplänen. Sind keine Bebauungspläne aufgestellt oder weicht die tatsächliche Nutzung erheblich davon ab, so ist von der tatsächlichen Nutzung des Gebietes auszugehen.

Für ggf. vorhandene Kleingärten besteht nach der AVV Baulärm kein Schutzanspruch. Diese werden jedoch üblicherweise wie ein Mischgebiet mit einem Schutzanspruch nur am Tage behandelt.

In der AVV Baulärm sind außer der Nacht keine besonders schutzbedürftigen Zeiten (sog. Ruhezeiten) festgelegt. Außerdem ist eine besondere Berücksichtigung von Sonn- und Feiertagen nicht vorgesehen.

Für Baulärm gelten zudem folgende Festlegungen der AVV Baulärm [4]:

1. Die Immissionsrichtwerte sind nach Tab. 1 anzuwenden.
2. Als Nachtzeit gilt der Zeitraum 20:00 bis 7:00 Uhr.
3. Der Immissionsrichtwert ist überschritten, wenn der Beurteilungspegel den Richtwert überschreitet oder wenn ein oder mehrere Messwerte den Immissionsrichtwert nachts um mehr als 20 dB(A) überschreiten.
4. Der Beurteilungspegel wird unter Beachtung der durchschnittlichen täglichen Betriebsdauer der Baumaschinen durch Abzug einer Zeitkorrektur vom errechneten Immissionswert nach der nachfolgenden Tab. 2 ermittelt.

Tab. 2 Zeitkorrektur nach AVV Baulärm [4]

Durchschnittliche tägliche Betriebsdauer		**Zeitkorrektur**
7:00 bis 20:00 Uhr = 13 Std.	**20:00 bis 7:00 Uhr = 11 Std.**	**in dB(A)**
bis 2,5 h	bis 2 h	-10
über 2,5 h bis 8 h	über 2 h bis 6 h	-5
über 8 h	über 6 h	0

Nach AVV Baulärm, Abschn. 4.1 sollen Maßnahmen zur Minderung der Geräusche angeordnet werden, wenn der Richtwert nach Tab. 1 um mehr als 5 dB überschritten wird. Dabei kommen insbesondere in Betracht:

- Maßnahmen bei der Einrichtung der Baustelle bzw. an den Baumaschinen
- der Einsatz geräuscharmer Baumaschinen bzw. geräuscharmer Bauverfahren
- die Beschränkung der Betriebszeit lautstarker Baumaschinen

Von Maßnahmen zur Lärmminderung kann nach AVV Baulärm abgesehen werden, soweit durch den Betrieb von Baumaschinen infolge nicht nur gelegentlich einwirkender Fremdgeräusche keine zusätzlichen Gefahren, Nachteile oder Belästigungen eintreten.

Gemäß Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichtes (BVerwG) [11] werden zur Bewertung der prognostischen Beeinträchtigung aus dem Baulärm im vorliegenden Bericht auch Richtwertüberschreitungen unter 5 dB(A) erfasst und beurteilt.

3.2. Berücksichtigung einer Geräuschvorbelastung

Bei der Prüfung der immissionsschutzrechtlichen Zulässigkeit von Baustellen sind grundsätzlich die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm gemäß Tab. 1 maßgebend.

Nach aktueller Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichtes [11] kann jedoch eine Abweichung von den Immissionsrichtwerten in Betracht kommen, wenn im Einwirkungsbereich der Baustelle eine tatsächliche Lärmvorbelastung vorhanden ist, die über dem maßgeblichen Richtwert der AVV Baulärm liegt. Dabei bezieht sich der Begriff der Vorbelastung hier nicht einschränkend auf andere Baustellen und den von diesen ausgehenden Lärm.

Im vorliegenden Gutachten wird die Verkehrslärmvorbelastung durch die Eisenbahnstrecke berücksichtigt. Dabei werden die im Rahmen der EU-Lärmkartierung vom Eisenbahn-Bundesamt ermittelten Verkehrslärmpegel zum Anhalt genommen. Die für den Tag bzw. die Nacht berechneten Lärmkarten (L_{DEN}, L_{Night}) sind im Anhang 2 des Berichtes auszugsweise dargestellt.

3.3. Berechnung des Beurteilungspegels und Richtwertvergleich

Die Schallausbreitungsrechnung zur Ermittlung des Beurteilungspegels am Immissionsort erfolgt nach der DIN ISO 9613-2 [7]. Dabei werden als pegelmindernde Einflüsse die Geräuschreduzierung aufgrund des Abstandes, die akustische Abschirmung durch Gebäude und die Bodendämpfung berücksichtigt (detaillierte Prognose). Die zur Berechnung eines Langzeitmittelungspegels zu berücksichtigende Pegelminderung durch Meteorologiedämpfung wird bei den hier durchgeführten Baulärmberechnungen trotz einer Bauzeit von mehreren Monaten aufgrund der zeitlich begrenzten Einwirkungsdauer nicht angesetzt (C_{met} = 0).

4. Ausgangsdaten und Rechenmodellbildung

Vom Auftraggeber wurden als Grundlage der Berechnungen folgende Unterlagen bzw. Informationen übergeben:

- Beschreibung des Vorhabens
- Grobangaben zum Bauablauf/Maschineneinsatz
- Lagepläne/Baustelleneinrichtungsplan
- Bauzeitenplan

Nachfolgend werden die Ausgangsdaten zur Bildung des Modells zur Schallausbreitung beschrieben:

Das Höhenmodell zur Schallausbreitungsrechnung wurde aus den Daten des Internetauftritts MapQuest erstellt. Im Baubereich befindet sich die Bahntrasse in Dammlage. Auf dem Überführungsbauwerk existieren auf beiden Seiten der Gleise Lärmschutzwände mit jeweils etwas mehr als 300 m Länge. Die Höhe der Lärmschutzwände beträgt auf dem Überführungsbauwerk 2,5 m und außerhalb davon 2,0 m.

Da insbesondere die immissionsrelevanten Bauarbeiten auf Gleisniveau erfolgen und die Lärmschutzwand zur Erneuerung der EÜ zeitweise demontiert werden muss, wird auf die Berücksichtigung des Bahndammes sowie der Lärmschutzwand verzichtet.

Die Digitalisierung der Gebäude erfolgte aus den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Lageplänen (IVL-Pläne) sowie den Daten des Internetauftritts OpenStreetMap. Die Höhe der maßgeblichen Gebäude wurde auf der Grundlage von Luftbildern sowie einer durch unser Büro durchgeführten Ortsbegehung und Auszählen der Etagenanzahl modelliert.

Als Immissionsorte wurden insbesondere die zum Baubereich nächstgelegenen Hauptgebäude festgelegt. Die Lage der Immissionsorte ist in einem Lageplan des Rechenmodells im Anhang 3 dargestellt.

Die Einstufung der Immissionsempfindlichkeit der umliegenden Bebauung erfolgte aus den umfassend im Untersuchungsbereich vorhandenen Bebauungsplänen sowie ergänzend aus der Ortsbegehung. Danach wird die Bebauung südlich der Reutebachgasse als Allgemeines Wohngebiet eingestuft, nördlich ist sowohl Mischgebietsnutzung als auch Wohngebietsnutzung vorhanden (siehe Lageplan Anhang 3).

5. Durchführung der Bauarbeiten, Schallemissionsdaten

Die im Rahmen des Bauvorhabens geplanten Arbeiten beinhalten:

- Vor- und Nachlaufarbeiten
- Rückbau der Gleise und des Oberbaus
- Einbau eines Verbaus
- Einbau von Hilfsbrücken
- Abbruch Bestandstragwerk
- Vorfertigung des neuen Betonrahmentragwerks
  (unter den Hilfsbrücken in Endlage)
- Ausbau der Hilfsbrücken
- Rekultivierung
- Belastungsstopfgang der Gleise

Durch den Auftraggeber wurden dazu ein vorläufiger Bauablaufplan übergeben (siehe Anhang 4).

Die in der Baulärmprognose angesetzten Schallleistungspegel wurden insbesondere zwei Studien des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie sowie einem Baumaschinen-Katalog der Deutsche Bahn AG entnommen ([8], [10]). Die Schallleistungspegel L_{Weq} werden mit Zuschlägen für auffällige Geräusche (meist Impulshaltigkeit K_I) versehen und als Schallleistungspegel L_w angegeben. Die Geräuschkennwerte wurden für die Zeit intensiver Arbeitstätigkeiten ermittelt. Stillstände für z. B. Pausen, Reparatur, Umsetzen der Anlagen, Wartezeiten und dgl. sind nicht berücksichtigt.

Entsprechend des vorgesehenen Einsatzes während der Tag- bzw. Nachtarbeit wird die Betriebsdauer des Gerätes bzw. der Tätigkeit in seiner „Lärmphase“ abgeschätzt. Diese durchschnittliche tägliche Betriebsdauer bildet die Grundlage für die Zeitkorrektur nach der AVV Baulärm.

Werden einzelne Arbeitstätigkeiten z. B. nur mit einer Betriebsdauer von maximal 8 Stunden bzw. 2,5 Stunden des Tages durchgeführt, so ergeben sich zur Berücksichtigung der insgesamt 13 Stunden Beurteilungszeit des Tages Zeitkorrekturen von -5 dB bzw. -10 dB. Im Nachtzeitraum ergeben sich Zeitkorrekturen von -5 dB bzw. -10 dB bei Einwirkzeiten von maximal 6 bzw. 2 Stunden.

In der Tab. 2 dieses Gutachtens (siehe Punkt 3.1) sind die oben angegebenen Zeitkorrekturen zusammenfassend dargestellt.

Die Schallimmissionsprognose erfolgt mit der Software SoundPLAN, in deren Version 8.1. Die Lärmquellen werden als Flächenschallquelle (ortsveränderliche Arbeitsvorgänge) bzw. Linien- und Punktschallquelle (Lkw-Verkehr) modelliert.

Nach dem bisherigen Planungsstand des Vorhabens (Bauablaufplan s. Anhang 4) erfolgt eine Unterteilung in folgende Bauphasen:

- **Bauphase 0:** ca. **20** Tage	**Einrichtung Baustelle / Bauvorbereitung** - Einrichten Baustelle - Errichtung Kabelhilfsbrücken - Umverlegung Kabeltrassen
- **Bauphase 1:** ca. **18** Tage	**Verbau und Einbau Hilfsbrücken** - Einbau Verbau - Rückbau LSW - Einbau Hilfsbrücke
- **Bauphase 2:** ca. **135** Tage	**Abbruch Bestand und Neubau Tragwerk** - Abbruch Tragwerk - Aushub Baugrube - Herstellen Schalung und Bewehrung - Betonieren Rahmentragwerk - Anheben in Endlage - Einbau der Wände inkl. Flügel - Errichten der Stützmauern
- **Bauphase 3:** ca. **10** Tage	**Ausbau Hilfsbrücken, Gleisbau** - Ausbau Hilfsbrücke - Wiederherstellung Oberbau - Wiederaufbau Lärmschutzwand
- **Bauphase 4:** ca. **40** Tage	**Ergänzungsarbeiten** - Straßenbau und Rekultivierung

Nach Angaben des Auftraggebers bleibt der Einsatz geräuschintensiver Bauarbeiten auf den Tagzeitraum beschränkt.

Für den Nachtzeitraum werden geräuschintensive Arbeiten (die geeignet sind, die Immissionsrichtwerte zu überschreiten) ausgeschlossen. Eine Ausnahme bilden der Einbau der Hilfsbrücken sowie deren späterer Wiederausbau und die Wiederherstellung des Oberbaus, die, um die Beeinflussung des Bahnverkehrs gering zu halten und die Sperrpausen effektiver auszunutzen, auch nachts erfolgen sollen.

Aus den Bauphasen werden folgende immissionsrelevante Baulärmsituationen (BLS) abgeleitet:

5.1. BLS 1 - Tag - Allg. Arbeiten / Vor-/Nachbereitung

Zu den allgemeinen Bauarbeiten sowie zur Baustellenvor- und Nachbereitung gehören die Baufeldfreimachung, die Einrichtung der BE-Flächen, Leitungsumlegungen, kleine Abbrucharbeiten, Montagearbeiten, Erdarbeiten und dergleichen.

Mit dem üblichen Arbeitseinsatz (Zweiwegebagger, Materialbeladung und -entladung, Transport) sowie handgeführten Geräten (z. B. Hammer, Säge, Stampfer) wird ein Beurteilungsschallleistungspegel von

$$\mathbf{L_{WA,r} = 103\ dB(A)}$$

erwartet. Anhang 5, Pkt. I enthält die Tabelle der Arbeitsverfahren/Maschinen und Emissionsansätze im Detail.

5.2. BLS 2 - Tag - Rammen Verbau

Die Auflagerung der Hilfsbrücken erfolgt auf einem Verbau aus Spundwandelementen. Für das Rammen der Elemente wird ein Beurteilungsschallleistungspegel von

$$\mathbf{L_{WA,r} = 115\ dB(A)}$$

prognostiziert (siehe Anhang 5, Pkt. II).

5.3. BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke

Für den Einbau der Hilfsbrücke müssen die Gleise getrennt und der Oberbau zurückgebaut werden.

Diese Arbeiten erfolgen sowohl am Tage als auch innerhalb von Sperrpausen im Nachtzeitraum. Da sowohl tags als auch nachts vom gleichen Maschineneinsatz ausgegangen werden kann, ergibt sich aus den Emissionsansätzen gemäß Anhang 5 Pkt. III ein Beurteilungsschallleistungspegel von jeweils

$$\mathbf{L_{WA,r} = 110\ dB(A)}$$

5.4. BLS 4 - Tag - Abbruch/Rückbau

Der Rückbau des alten Überführungsbauwerkes stellt neben den Rammarbeiten das geräuschintensivste Arbeitsverfahren dar.

Der Abbruch der alten Betonfundamente sowie Stützmauern erfolgt meist mit Hydraulikbagger und Spitzmeißel.

Aus den Emissionsansätzen (s. Anhang 5, Pkt. IV) wird ein Beurteilungsschallleistungspegel für den Tag von

$$\mathbf{L_{WA,r} = 115\ dB(A)}$$

prognostiziert.

Aufgrund der hohen Geräuschentwicklung wird von einem ausschließlichen Tageinsatz ausgegangen.

5.5. BLS 5 - Tag - Vorfertigung Tragwerk

Die Vorfertigung des neuen Betonrahmentragwerkes erfolgt ohne Beeinflussung des Zugverkehrs unter den Hilfsbrücken. Für die Montage- und Betonierarbeiten wird ein Beurteilungsschallleistungspegel von

$$\mathbf{L_{WA,r} = 105\ dB(A)}$$

berechnet.

Dazu enthält der Anhang 5, Pkt. V die Tabelle mit den angesetzten Arbeitsverfahren und Emissionsdaten im Detail.

5.6. BLS 6 - Tag/Nacht - Ausbau Hilfsbrücke / Wiederaufbau Oberbau

Für den späteren Ausbau der Hilfsbrücken und den Wiederaufbau des Oberbaus sind ähnliche Bautätigkeiten wie beim Einbau der Hilfsbrücken zu erwarten. Damit kann auch für den Hilfsbrückenausbau sowie die Wiederherstellung des neuen Oberbaus von einem Beurteilungsschallleistungspegel von

$$\mathbf{L_{WA,r} = 110\ dB(A)}$$

ausgegangen werden (siehe Anhang 5, Pkt. VI).

5.7. Baustelleneinrichtungsfläche und Lkw-Verkehr

Auf die Berücksichtigung einer Baustelleneinrichtungsfläche wird verzichtet, da diese in der Regel nur geringfügig zur Geräuschemission beiträgt.

Auch der Lkw-Verkehr wird hier nicht modelliert, da aufgrund der nur geringen Transportmengen und der direkten Zuwegung an die öffentliche Straße keine erheblichen Geräuschbelastungen durch den Fahrverkehr zu erwarten sind.

5.8. Spitzenpegelkriterium

Nach AVV Baulärm Pkt. 3.1.3 ist der Immissionsrichtwert auch überschritten, wenn ein oder mehrere Messwerte den Immissionsrichtwert nachts um mehr als 20 dB(A) überschreiten. Als Messwert gilt dabei der aus der höchsten Anzeige des Schallpegelmessers während einer Beobachtungsdauer von 5 Sekunden ermittelte Wert. Bei modernen Messgeräten wird dieser maximale Messwert als L_{AFmax} ausgegeben.

Damit dieses Spitzenpegelkriterium eine höhere Lärmbetroffenheit verursacht als die berechneten (mittleren) Nachtbeurteilungspegel, muss ein auf Basis des Spitzenpegels ermittelter Anlagenschallleistungspegel der (einzelnen) lautesten Maschine mehr als 20 dB über dem in der Immissionsprognose eingesetzten Beurteilungsschallleistungspegel liegen. Dies trifft jedoch auf die in der Geräuschprognose angesetzten Emissionsdaten nicht zu.

Im Bericht wird daher auf eine Angabe der Spitzenpegel verzichtet, da das Spitzenpegelkriterium keine höhere Lärmbetroffenheit verursacht als die Berechnung auf Basis der Beurteilungspegel.

5.9. Zusammenfassung der Baulärmsituationen

Nachfolgende Tabelle fasst o. g. Baulärmsituationen und deren Gesamtschallleistung zusammen:

Tab. 3 Baulärmsituationen und Emissionsdaten

Baulärmsituation	**Schallleistung $L_{WA,r}$ in dB(A)**
BLS 1 - Tag - Allg. Arbeiten / Vor-/Nachbereitung	103
BLS 2 - Tag - Rammen Verbau	115
BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke	110
BLS 4 - Tag - Abbruch/Rückbau	115
BLS 5 - Tag - Vorfertigung Tragwerk	105
BLS 6 - Tag/Nacht - Ausbau Hilfsbrücke / Wiederaufbau Oberbau	110

Die Emissionsdaten wurden für einen Arbeitseinsatz am Tage ermittelt.

Da die gleiche Arbeitsintensität auch für die Nachtarbeiten unterstellt werden kann, wird für die Berechnung der Immissionssituation einer Nachtarbeit ein identischer Beurteilungsschallleistungspegel angesetzt.

6. Berechnung der Beurteilungspegel und Bewertung

Die Schallimmissionsprognose erfolgt mit der Software SoundPLAN, Version 8.1. Die Lärmquellen werden als Flächenschallquellen (z. B. Bauflächen) modelliert.

Für jede der angegebenen Baulärmsituationen erfolgte die Berechnung der Beurteilungspegel sowohl als Rasterlärmkarte als auch als Einzelpunktrechnung an den Gebäudefassaden.

Die Ergebnisse der Rasterberechnung sind in den Anlagenblättern im Anhang 6 enthalten. Dabei stellen die Rasterlärmkarten den durch den Baulärm verursachten Beurteilungspegel flächenhaft dar. Die Berechnungen erfolgten für eine konstante Höhe von 6 m über Gelände. Dies entspricht ca. der Höhe des 1. OG der Bebauung.

Zur detaillierten Untersuchung der Baulärmbelastung erfolgten auch Einzelpunktrechnungen an den Gebäudefassaden. Die ebenfalls im Anhang 6 dargestellten Lärmkarten für den Immissionsrichtwertvergleich enthalten die Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm als farbige Karte. Dabei wurde für die Gebäude die Richtwertüberschreitung fassaden- und etagenabhängig ermittelt und das Maximum dem Gebäude zugeordnet.

Die Detailergebnisse der Berechnungen (Beurteilungspegel, Richtwerte, Überschreitung) sind im Anhang 7 in Tabellenform dargestellt.

Bei der Lärmberechnung wurden identische Emissionsdaten für den Tag- und Nachtzeitraum angesetzt. Somit ergeben sich auch identische Beurteilungspegel für Tag und Nacht.

Jedoch ergibt sich aufgrund der in der Nacht gegenüber dem Tagzeitraum um 15 dB reduzierten Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm bei gleichem Beurteilungspegel nachts eine deutlich höhere Lärmbetroffenheit.

Nachfolgend werden die Ergebnisse für die einzelnen Baulärmsituationen erläutert.

6.1. BLS 1 - Tag - Allg. Arbeiten / Vor-/Nachbereitung

Die Vorbereitungsarbeiten zur Baumaßnahme erfolgen an ca. 20 Tagen. Trotz Tagarbeit und relativ geringer Geräuschemission können die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm nicht vollständig eingehalten werden. Richtwertüberschreitungen bis 5 dB werden für 6 Gebäude prognostiziert, an weiteren 7 Gebäuden werden Überschreitungen zwischen 5 und maximal 12 dB berechnet. Dabei bleiben die Tagbeurteilungspegel unter 70 dB(A).

Erhebliche Lärmbelästigungen werden aufgrund der Tagarbeit nicht erwartet.

Die Berechnungsergebnisse sind in den Rasterkarten im Anhang 6.1 sowie in der Tabelle im Anhang 7 dargestellt.

6.2. BLS 2 - Tag - Rammen Verbau

Im Gründungsbereich müssen Verbauarbeiten erfolgen. Es wird davon ausgegangen, dass diese Arbeiten im Tagzeitraum erfolgen können.

Bei den Rammarbeiten werden für die ca. 10 nächstgelegenen Wohngebäude Beurteilungspegel von 70 - 75 dB(A), am Wohnhaus Reutebachgasse 31 auch bis ca. 80 dB(A) berechnet. Damit können auch unter Berücksichtigung, dass die Rammarbeiten nur wenige Einzeltage in Anspruch nehmen werden, erhebliche Lärmbelästigungen nicht ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisdarstellung ist im Anhang 6.2 sowie in der Tabelle im Anhang 7 enthalten.

6.3. BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke

Erfolgen die Bauarbeiten zum Rückbau des Oberbaus und dem Einbau der Hilfsbrücken am Tage, so werden in der Ortslage selbst keine erheblichen Lärmbelästigungen verursacht, da die Immissionsrichtwerte überwiegend eingehalten bzw. nur wenig (< 5 dB) überschritten werden.

An den nächstgelegenen Wohngebäuden kommt es aber auch hier trotz einer Tagarbeit bei Beurteilungspegeln um 70 dB(A) zu deutlichen Richtwertüberschreitungen. Damit sind erhebliche Lärmbelästigungen zeitweise nicht auszuschließen.

Werden die Arbeiten zur Minimierung der Sperrpausen im Nachtzeitraum (20:00 - 07:00 Uhr) fortgesetzt, so werden die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm flächendeckend an fast 700 Gebäuden überschritten.

Die Richtwertüberschreitungen bleiben dabei an der überwiegenden Mehrzahl der Gebäude (ca. 400) auf maximal 5 dB begrenzt und betragen bei weiteren ca. 200 Gebäuden maximal 10 dB.

An ca. 20 Gebäuden werden Beurteilungspegel von über 60 dB(A) prognostiziert, womit erhebliche Lärmbelästigungen nicht auszuschließen sind.

Die Ergebnisdarstellung ist im Anhang 6.3 sowie in der Tabelle im Anhang 7 enthalten.

6.4. BLS 4 - Tag - Abbruch/Rückbau

In den nächsten Bauschritten erfolgt unter dem Schutz der Hilfsbrücken der Abbruch des alten Bauwerkes. Es wird davon ausgegangen, dass diese geräuschintensiven Bauarbeiten ausschließlich am Tage erfolgen.

Bei diesen Bautätigkeiten werden die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm an mehreren Immissionsorten nicht eingehalten. Wie auch bei den Rammarbeiten, werden auch hier für ca. 10 Gebäude Beurteilungspegel von über 70 dB(A) berechnet, was zu Lärmbelästigungen führen kann.

Die Ergebnisdarstellung ist im Anhang 6.4 sowie in der Tabelle im Anhang 7 enthalten.

6.5. BLS 5 - Tag - Vorfertigung Tragwerk

Auch die Vorfertigung des neuen Rahmentragwerkes erfolgt im Schutz der Hilfsbrücken. Damit können die über insgesamt ca. 5 Monate erfolgenden Bauarbeiten auf den Tagzeitraum begrenzt bleiben.

Die im Anhang 6.5 dargestellte Rasterlärmkarte sowie die in der Tabelle im Anhang 7 enthaltenen Beurteilungspegel zeigen, dass bei den Montage- und Betonierarbeiten überwiegend keine erheblichen Lärmbelästigungen zu erwarten sind, da die Immissionsrichtwerte überwiegend eingehalten werden. Allerdings sind an den nächstgelegenen Wohngebäuden zeitweise Beurteilungspegel von ca. 60 - 65 dB(A) zu erwarten.

6.6. BLS 6 - Tag/Nacht - Ausbau Hilfsbrücke / Wiederaufbau Oberbau

Für den Ausbau der Hilfsbrücken, das „Hochfahren“ des vorgefertigten Betonrahmentragwerkes und den Wiederaufbau des Oberbaus werden die gleichen Geräuschimmissionen wie beim Einbau der Hilfsbrücken erwartet. Damit können die Ergebnisse der Baulärmsituation BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke übernommen werden.

6.7. Ergebniszusammenfassung

Nachfolgende Tabelle enthält die Zusammenfassung der Ergebnisse. Für jede untersuchte Baulärmsituation wurde die Anzahl der Gebäude ermittelt, bei denen Überschreitungen der Richtwerte der AVV Baulärm auftreten. Es erfolgt eine Abstufung der Gebäudeanzahl nach der Höhe der Richtwertüberschreitung (in 5 dB-Schritten).

Höhe der Überschreitung Ü in dB	**Anzahl Gebäude mit Überschreitung der IRW AVV Baulärm für die Baulärmsituationen**				
	BLS 1 - Tag	**BLS 2 - Tag**	**BLS 3 - Tag**	**BLS 4 - Tag**	**BLS 5 - Tag**
0 < Ü <= 5	6	62	20	30	8
5 < Ü <= 10	6	20	8	20	6
10 < Ü <= 15	1	8	7	8	3
15 < Ü <= 20	0	7	3	7	0
20 < Ü	0	3	0	3	0
	Anzahl Gebäude mit Überschreitung der Pegel				
> 70 dB(A) tags	0	12	3	12	0
> 60 dB(A) nachts	-	-	-	-	-

Höhe der Überschreitung Ü in dB	**Anzahl Gebäude mit Überschreitung der IRW AVV Baulärm für die Baulärmsituationen**				
			BLS 3 - Nacht		
0 < Ü <= 5	-	-	391	-	-
5 < Ü <= 10	-	-	199	-	-
10 < Ü <= 15	-	-	45	-	-
15 < Ü <= 20	-	-	19	-	-
20 < Ü	-	-	18	-	-
	Anzahl Gebäude mit Überschreitung der Pegel				
> 70 dB(A) tags	-	-	-	-	-
> 60 dB(A) nachts	-	-	23	-	-

Baulärmsituation
BLS 1 - Tag - Allg. Arbeiten / Vor-/Nachbereitung
BLS 2 - Tag - Rammen Verbau
BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke △ BLS 6 - Tag/Nacht - Ausbau Hilfsbrücke / Wiederaufbau Oberbau
BLS 4 - Tag - Abbruch/Rückbau
BLS 5 - Tag - Vorfertigung Tragwerk

Bei Bauarbeiten am Tage werden für die Ortslage keine erheblichen Lärmbelästigungen prognostiziert, jedoch können an den nächstgelegenen Wohngebäuden bei den geräuschintensiven Ramm- und Abbrucharbeiten und Beurteilungspegeln von über 70 dB(A) erhebliche Lärmbelästigungen nicht ausgeschlossen werden. Zu berücksichtigen ist hier jedoch, dass diese Arbeiten nur wenige Einzeltage (in Summe ca. 5 - 10 Tage) in Anspruch nehmen werden.

Bei den in Nachtsperrpausen erfolgenden Gleis- und Oberbauarbeiten werden die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm flächendeckend überschritten. Erhebliche Lärmbelästigung sind hier nicht vermeidbar, insbesondere an ca. 20 Gebäuden, bei denen Beurteilungspegel von über 60 dB(A) prognostiziert werden.

Bei der Bewertung der Lärmsituation ist zu berücksichtigen, dass die Nachtbauarbeiten innerhalb von mehreren, meist kurzen 1 - 2 tägigen Sperrpausen geplant sind (siehe Bauablaufplan Anhang 4).

Im Rahmen der schalltechnischen Berechnungen wurde auch die Verkehrslärmvorbelastung untersucht. Sowohl die im Rahmen der EU-Lärmkartierung vom Eisenbahn-Bundesamt herausgegebenen Rasterlärmkarten als auch eigene Berechnung auf Basis der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten aktuellen Verkehrsbelegungszahlen haben gezeigt, dass aufgrund eines relativ geringen (Güter-)Verkehrs sowie der auf dem Überführungsbauwerk vorhandenen Lärmschutzwand am Tage nur eine relativ geringe Verkehrslärmvorbelastung vorhanden ist.

Für die Nacht werden jedoch flächendeckend Beurteilungspegel von über 45 dB(A), bis im näheren Bereich der Bahnanlage um ca. 55 dB(A) berechnet. Damit überschreitet die übliche Vorbelastung in weiten Teilen den nächtlichen Baulärm. Im Nahbereich der Bauarbeiten übersteigen die Baulärmpegel jedoch die Vorbelastung.

Fazit und mögliche Maßnahmen

Aus den schalltechnischen Untersuchungen werden folgende Maßnahmen abgeleitet, die durch den Bauherren umzusetzen sind:

- Für die auf der Baustelle zum Einsatz kommenden Geräte sollte bereits in den Ausschreibungsunterlagen die Forderung nach lärmarmen Typen aufgenommen werden (Beachtung der Forderungen der Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung - 32. BImSchV).

- Längere Leerlaufzeiten (Abstellen von Maschinen und Lkw mit laufendem Motor) im Nahbereich der Wohnbebauung sind zu vermeiden.

- Anlieger sind rechtzeitig über die Baumaßnahmen in Kenntnis zu setzen (z. B. Arbeitstätigkeiten, Dauer der Arbeiten, Informationsmöglichkeit).

- Bei erheblichen Richtwert-Überschreitungen können im Rahmen der Genehmigung Grenzwerte benannt werden, oberhalb derer betroffenen Eigentümern bzw. Mietern Anspruch auf Entschädigung zusteht.

  In Anlehnung an vergleichbare Bauvorhaben wird für das vorliegende Bauvorhaben eine Entschädigung in Form von Ersatzwohnraum angeboten. Dies erfolgt für beeinträchtigte Innenwohnbereiche für die Tage, an denen der Beurteilungspegel 70 dB(A) überschreitet. Für die Nacht wird der Ersatzwohnraum ab einem Beurteilungspegel von mehr als 60 dB(A) nachts angeboten (Die Anforderungen zur Einhaltung der Mittelungspegel für Innenräume wurden auf Basis einer üblichen 2-Scheiben-Isolierverglasung und geschlossenen Fenstern festgelegt).

  Aufgrund der teilweise erheblichen nächtlichen Richtwertüberschreitungen sind die Anlieger rechtzeitig und umfassend über die Baumaßnahmen (z. B. im Amtsblatt) in Kenntnis zu setzen (z. B. über Arbeitstätigkeiten, Dauer der Arbeiten, Informationsmöglichkeit).

  Es wird empfohlen, besonders betroffene Anwohner direkt (z. B. durch Postsendung oder Handzettel) zu informieren. Dazu wurde eine Liste der Gebäude mit zu erwartenden Beurteilungspegeln von mehr als 70 / 60 dB(A) erstellt (siehe Anhang 8).

Nachfolgend werden weitere mögliche Maßnahmen geprüft und bewertet:

- Einschränkung der Betriebszeit
  Im Rahmen der Planung wurde bereits berücksichtigt, dass die Bauarbeiten überwiegend im Tagzeitraum erfolgen und das Nachtarbeiten auf das unbedingt notwendige Maß begrenzt werden.
  Eine Reduzierung der Nacht-Bauarbeiten würde zu einer deutlichen Verlängerung der Bauzeit führen. Eine Richtwerteinhaltung wäre dennoch nicht umfassend möglich.

- Aktive Schallschutzmaßnahmen
  Aufgrund der begrenzten Dauer der immissionsrelevanten Bauzeit (insbesondere der Nachtbauzeit) stehen aktive Schallschutzmaßnahmen für die umliegenden Wohngebäude wirtschaftlich außer Verhältnis zum Schutzzweck.

- Mobile Schallschutzmaßnahmen
  Mobile Lärmschutzwände können zu einer deutlichen Lärmminderung beitragen. Deren Aufstellung ist aber bei den immissionsrelevanten Nachtbauarbeiten aufgrund der Bauarbeiten in Dammlage nicht möglich. Zudem würden sie den Zugang zur Baustelle deutlich einschränken und den Bauablauf behindern. Sie können daher beim vorliegenden Bauprojekt nicht empfohlen werden.

- Passive Schallschutzmaßnahmen
  Aufgrund der kurzen Dauer der immissionsrelevanten Bauarbeiten ist der für passive Schallschutzmaßnahmen erforderliche Aufwand nicht angemessen.

6.8. Genauigkeit der Prognose

Durch die Anwendung eines Rechenmodells zur Berechnung der Schallausbreitung sowie bei der messtechnischen Ermittlung der Ausgangsdaten (Schallleistungspegel der Quellen) wird die Genauigkeit einer Schallimmissionsprognose begrenzt.

Gemäß Angaben in DIN ISO 9613-2 wird bei der Schallausbreitungsrechnung abhängig vom Abstand zwischen Quelle und Immissionsort folgende Genauigkeit erreicht:

Tab. 4 Geschätzte Genauigkeit für Pegel L_{AT}(DW) nach DIN ISO 9613-2; h = mittlere Höhe von Quelle und Empfänger

Mittlere Höhe h	**Abstand Quelle - Immissionsort d**	
	0 ... 100 m	100...1000 m
0 ... 5 m	± 3 dB	± 3 dB
5 ... 30 m	± 1 dB	± 3 dB

Für die angesetzten Arbeitstätigkeiten wurden Annahmen bezüglich Betriebszeit und Emissionswert zugunsten der Betroffenen gemacht.

7. Bauerschütterungen

Als Erschütterungen werden Schwingungen im Bereich von 1 bis 80 Hertz bezeichnet.

Die Wirkung von Erschütterungen auf die Gebäudestruktur wird durch die Messung des Spitzenwertes (Maximalwert des Zeitverlaufes der Schwinggeschwindigkeit $v_i(t)$) am Gebäude beurteilt. Die DIN 4150, Teil 3 [12] legt Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen fest. Werden die Anhaltswerte nicht überschritten, treten im Allgemeinen keine Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes auf, deren Ursachen auf die Erschütterungen zurückzuführen wären.

Anhand des Bauzustandes, der Nutzung und des Alters des Gebäudes werden in DIN 4150, Teil 3 [12] folgende **Anhaltswerte** für kurzzeitige Erschütterungen bzw. Dauererschütterungen angegeben:

Tab. 5 Anhaltswerte zulässiger max. Schwinggeschwindigkeiten zur Verhinderung von Gebäudeschäden

* Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.
** Zur Verhinderung leichter Schäden kann eine deutliche Abminderung des Anhaltswertes notwendig werden.
*** Die Immissionswerte für Frequenzen zwischen 10 und 50 Hz sowie zwischen 50 und 100 Hz sind durch lineare Interpolation zwischen den Immissionswerten der jeweiligen Zeilen zu ermitteln.

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für v_{max} in mm/s						
		Kurzzeitige Erschütterungen					Dauererschütterungen	
		Fundament Frequenzen in Hz ***			Oberste Deckenebene, horizontal	Vertikale Deckenschwingung	Oberste Deckenebene, horizontal	Vertikale Deckenschwingung
		1 - 10	10 - 50	50 - 100 *	alle Freq.	alle Freq.	alle Freq.	alle Freq.
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten	20	20 - 40	40 - 50	40	20	10	10
2	Wohngebäude und in Konstruktion/Nutzung ähnliche Bauten	5	5 - 15	15 - 20	15	20	5	10
3	Besonders empfindliche Bauten, denkmalgeschützte Bauten	3	3 - 8	8	8	20 **	2,5	20 **

Aus dem Energieeintrag der Baumaschinen [12] und den Anhaltswerten der DIN 4150 lassen sich Mindestabstände für Einsatzbereiche der Bauverfahren berechnen, bei deren Unterschreitung Schäden an Wohn- oder vergleichbaren Gebäuden durch baubedingte Erschütterungen nicht sicher auszuschließen sind.

Als maßgebliche Quellen von baubedingten Erschütterungen bei Bahnbauvorhaben gelten insbesondere:

- Vibrations- oder Schlagramme (z. B. Gründungen LSW, Stützmauern)
- Vibrationswalze (z. B. Bodenverdichtung)

Abbrucharbeiten können dem gegenüber bezüglich Erschütterungen in der Regel vernachlässigt werden.

Im Rahmen ähnlicher Bauverfahren wurden durch cdf folgende Mindestabstände berechnet:

Tab. 6 Konservative Abschätzung der Bereiche mit Erschütterungseinwirkungen; ausgehend von den Anhaltswerten nach Tabelle 1, Wohngebäude

Gerät	**Mindestabstände Bauverfahren - Gebäude zur Einhaltung der Anhaltswerte für Erschütterung nach DIN 4150, Teil 3 (Wohngebäude)**			
	Kurzzeitige Erschütterungen		**Dauererschütterungen**	
	Fundament (v_{max} = 5 mm/s)	**Vertikale Deckenschw. (v_{max} = 20 mm/s)**	**Oberste Deckenebene, horizontal (v_{max} = 5 mm/s)**	**Vertikale Deckenschwing. (v_{max} = 10 mm/s**
Schlagramme (Freifallbär)	24 m	9 m	-	-
Vibrationsramme	-	-	**19 m**	8 m
Vibrationswalze	-	-	**13 m**	5 m

Die Untersuchungen erfolgten für den Energieeintrag typischer, sehr erschütterungsintensiver Baugeräte (z. B. Schlagramme DELMAG D12-42, Vibrationsramme ABI MRZV 800 V).

Die nächstgelegene Wohnbebauung der Reutebachgasse 31 liegt innerhalb der oben angegebenen Betroffenheitskorridore. Eine Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3 ist damit möglich.

Eine Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3 führt zwar nicht zwangsläufig zu Bauwerksschäden, jedoch können in diesem Fall Gebäudeschäden infolge Erschütterungen nicht mehr ausgeschlossen werden.

Minderungsmaßnahmen werden nachfolgend diskutiert.

Als Schutzmaßnahmen wird empfohlen, am Gebäude der Reutebachgasse 31 eine bautechnische Beweissicherung durchzuführen.

Zudem sind bei erschütterungsintensiven Ramm- und Verdichtungsarbeiten baubegleitende Erschütterungsmessungen mit Alarmmeldung durchzuführen.

Beim Erreichen kritischer Erschütterungszustände sind die Bauarbeiten zu unterbrechen und Minderungsmaßnahmen einzuleiten. Erst nach deren Durchführung sind die Bauarbeiten (mit fortgesetzter messtechnischer Begleitung) fortzuführen.

Als Minderungsmaßnahmen sind vor Ort grundsätzlich zu prüfen:

- Minderung der Verdichtungsdicke
- kleinere Krafteinwirkung beim Rammen
- Erhöhung der Verdichtungsfrequenzen der Ramm- und Verdichtungsarbeiten
- Vorbereitende Lockerung des Bodens von dem Rammen

Anmerkung: Eine Vorgabe z. B. einer Verdichtungsdicke ist nicht möglich, da das Rechenverfahren eine derartige Genauigkeit nicht liefert. Das Ziel, Gebäudeschäden zu vermeiden, ist jedoch mit der messtechnischen Begleitung der Bauarbeiten sicher möglich.

Es wird empfohlen, die erschütterungsintensiven Bauarbeiten gebäudefern zu beginnen und sich im Laufe der Arbeiten dem Gebäude zu nähern. Damit kann in Zusammenhang mit der messtechnischen Überwachung die Annäherung an kritische Bauzustände frühzeitig erkannt und Maßnahmen vorbereitet werden.

8. Normen und Literatur

[1] Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert durch Art. 55 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626)

[2] Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 132), die zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1057) geändert worden ist.

[3] Richtlinie 2000/14/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Mai 2002 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen

[4] AVV Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm - Geräuschimmissionen - vom 19. August 1970; Beilage zum BAnz Nr. 160 vom 1. September 1970

[5] 32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung - 32. BImSchV), 29.08.2002; BGBl. I S 3478

[6] VDI 3765; Kennzeichnende Geräuschemission typischer Arbeitsabläufe auf Baustellen; Entwurf 12.2001

[7] DIN ISO 9613-2; Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien; Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren; Oktober 1999

[8] Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemission von Baumaschinen; Heft 2; Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie; Wiesbaden 2004 und Ausgabe 1998 (Heft 247)

[9] Technischer Bericht zur Untersuchung der Lkw- und Ladegeräusche auf Betriebsgeländen von Frachtzentren, Auslieferungslagern und Speditionen, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Ausgaben 1995 und 2005

[10] Schalltechnische Daten über Geräuschemissionen von Baumaschinen für den Oberbau, Akustik 11 der Schriftenreihe Akustik, Deutsche Bahn AG März 1995

[11] Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes Az. BVerwG 7A11.11 vom 10.07.2012

[12] DIN 4150; Teil 3; Dezember 2016: Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen

[13] Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten, Grundlagen - Messergebnisse - Prognosen, Institut für Bauforschung e.V Hannover, Bericht 20, 2004

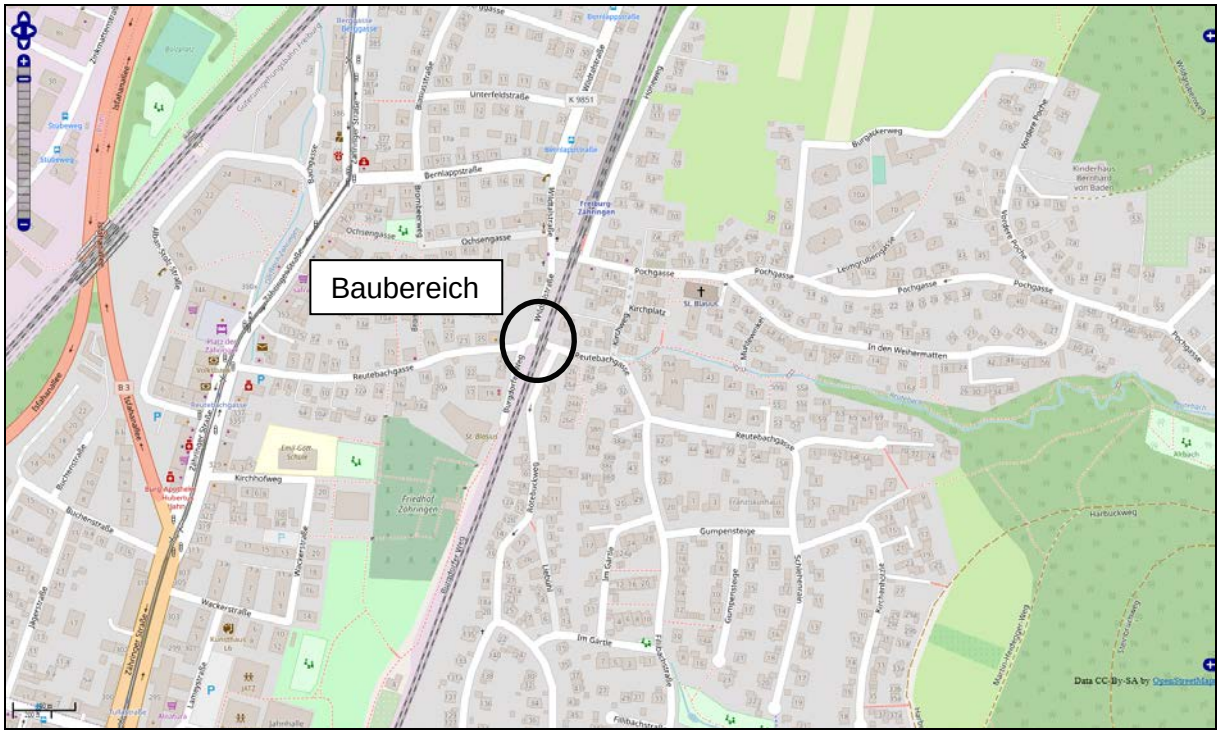
[14] MapQuest, Internetauftritt http://www.mapquest.com

[15] OpenStreetMap, Internetauftritt http://www.openstreetmap.org

9. Anhänge

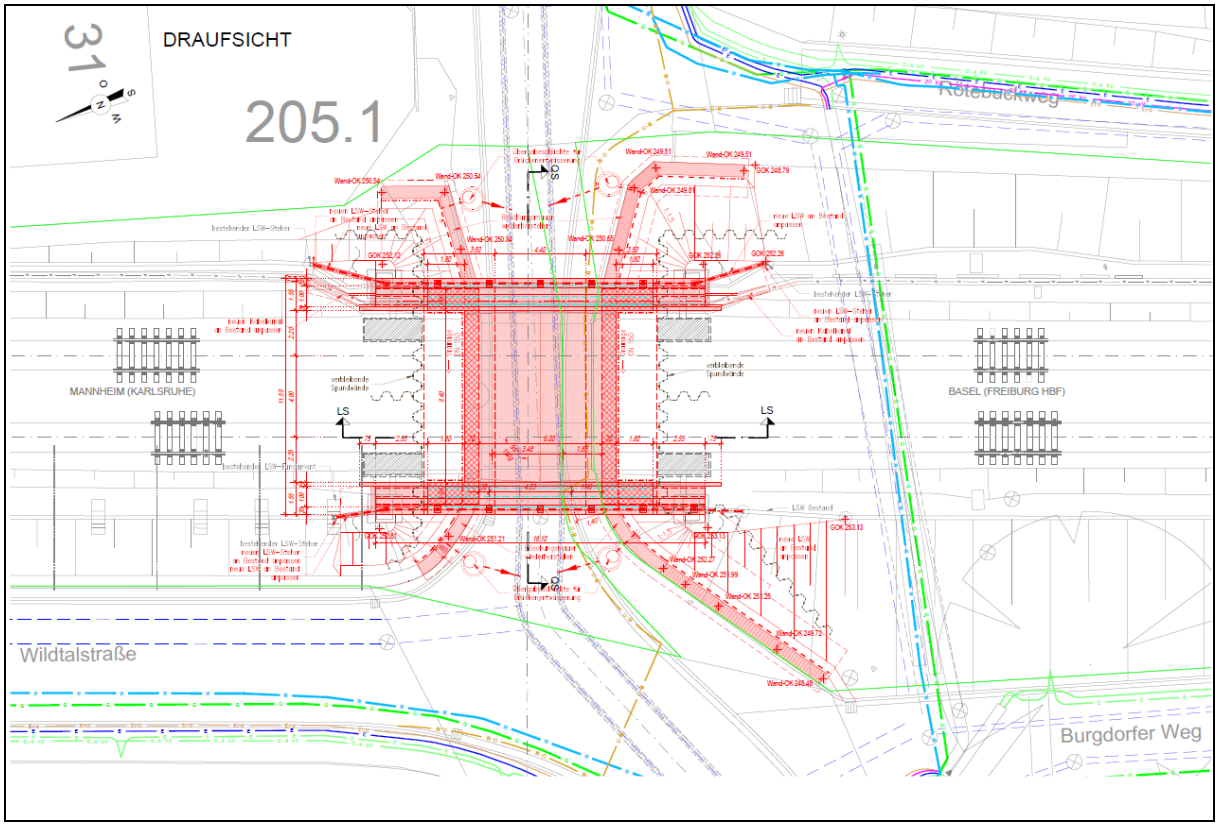
Anhang 1 Übersichtslagepläne

Lageplan des Bauvorhabens



Bildquelle: Open-Street-Map

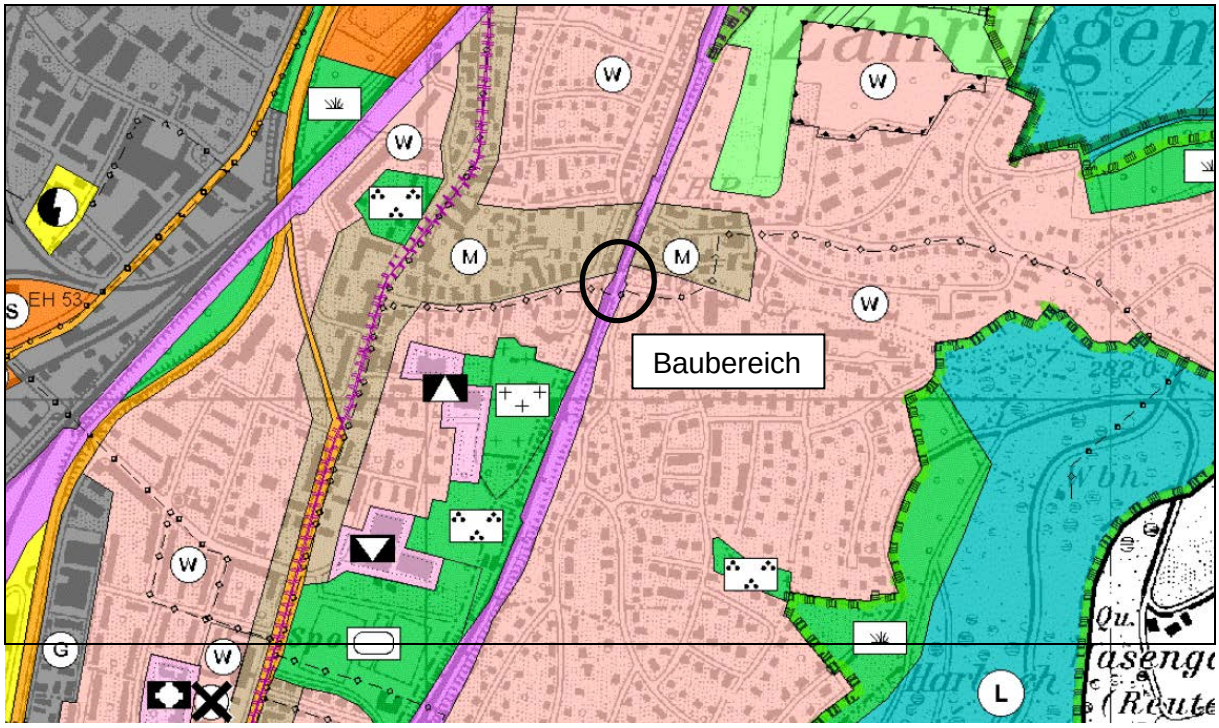
Detailplan



Gebietseinstufung nach Bebauungsplänen

BP_2_003_Meisenbergweg_Ausfertigung.pdf
BP_2_006c_Karlsruher_Zaehringer_Tulla_Hornusstrasse_Ausfertigung.pdf
BP_2_006d_Karlsruher_Strasse_A_Ausfertigung.pdf
BP_2_006e_Karlsruher_Zaehringer_Tulla_Hornusstrasse_5A_Ausfertigung.pdf
BP_2_006f_1_Zaehringerstrasse_Rastatterstrasse_1A_Ausfertigung.pdf
BP_2_006f_Zaehringerstrasse_Rastatterstrasse_Ausfertigung.pdf
BP_2_010_In_den_Weihermatten_Ausfertigung.pdf
BP_2_015i_9_Aenderug_des_Bebauungsplans_mit_oertlichen_Bauvorschriften_Industriegebiet_Nord_Ausfertigung.pdf
BP_2_016_Hinterkirch_Ausfertigung.pdf
BP_2_017_Vordermatten_Gundelfinger_Strasse_Ausfertigung.pdf
BP_2_017b_Westl_Gundelfinger_Strasse_Ausfertigung.pdf
BP_2_019_noerdl_Buchenstrasse_Ausfertigung.pdf
BP_2_022_Unterfeld_Ausfertigung.pdf
BP_2_022a_Unterfeld_1A_Ausfertigung.pdf
BP_2_023a_1_Aenderung_des_Bebauungsplans_mit_oertlichen_Bauvorschriften_Suedlich_Buchenstrasse_Ausfertigung.pdf
BP_2_026_Bernlappstrasse_Ausfertigung.pdf
BP_2_026b_Bernlappstrasse_2A_Ausfertigung.pdf
BP_2_028_Alban_Stolz_Strasse_3A_Ausfertigung.pdf
BP_2_028_Alban_Stolz_Strasse_Ausfertigung.pdf
BP_2_028b_Stadtteilzentrum_Zaehringen_Ausfertigung.pdf
BP_2_031_Zaehringer_Eck_Ausfertigung.pdf
BP_2_032_Harbuck_Fillibach_neu_Ausfertigung.pdf
BP_2_032a_Harbuck_Fillibach_1A_Ausfertigung.pdf
BP_2_033_Lameystrasse_Ausfertigung.pdf
BP_2_033b_Lameystrasse_2A_Ausfertigung.pdf
BP_2_033d_Vorhabenbezogener_Bebauungsplan_mit_oertlichen_Bauvorschriften_4_Aenderung_Lameystrasse_Ausfertigung.pdf
BP_2_037_Unterer_Meisenberg_Ausfertigung.pdf
BP_2_052_Rotacker_Ausfertigung.pdf
BP_2_053a_Pochgasse_A_Ausfertigung.pdf
BP_2_056_Leinhaldenweg_Ausfertigung.pdf
BP_2_063b_Engesserstrasse_2A_Ausfertigung.pdf
BP_2_067_Laengenloh_Sued_Ausfertigung.pdf
BP_2_093_Baugebiet_Grimme_E_Ausfertigung.pdf
BP_2_094_Pochgasse_Ausfertigung.pdf
BP_2_106_Bebauungsplan_oestlich_Zaehringer_Strasse_zwischen_Johannesgasse_und_Bernlappstrasse_Ausfertigung.pdf

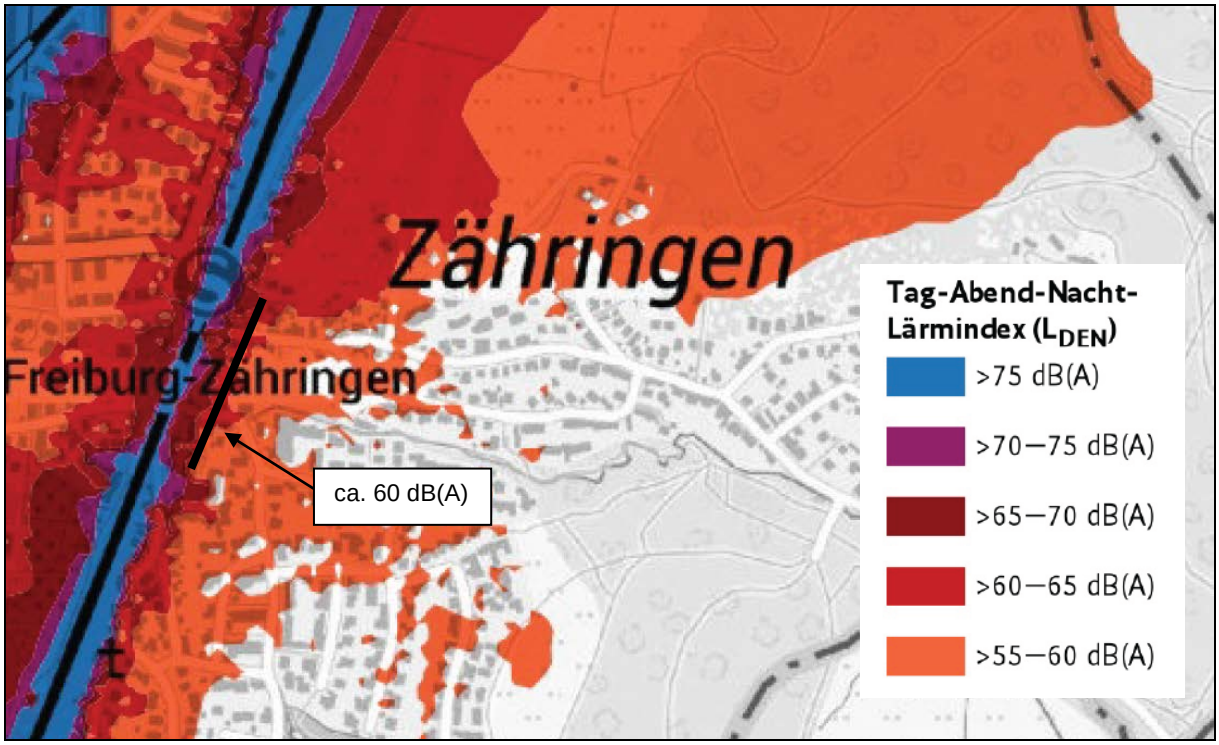
Flächennutzungsplan Freiburg (Auszug)



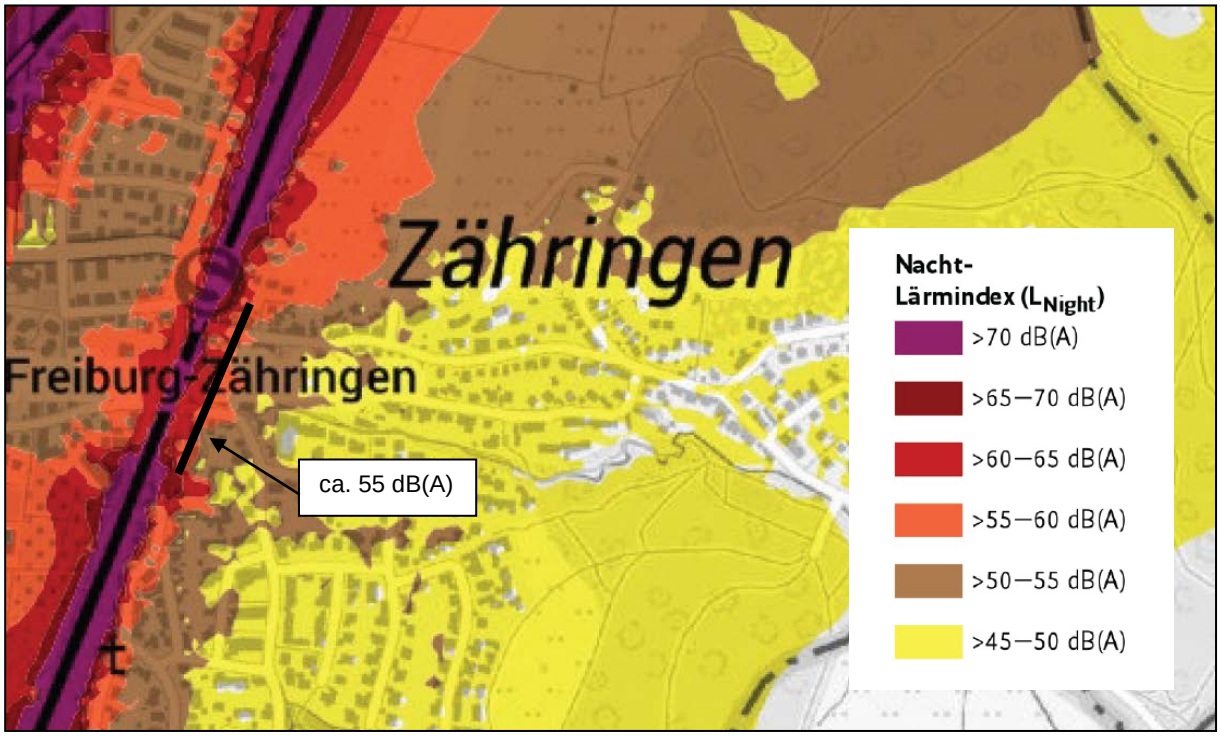
Anhang 2 Verkehrslärmvorbelastung

Quelle: Lärmkartierung des Eisenbahn-Bundesamtes 2017

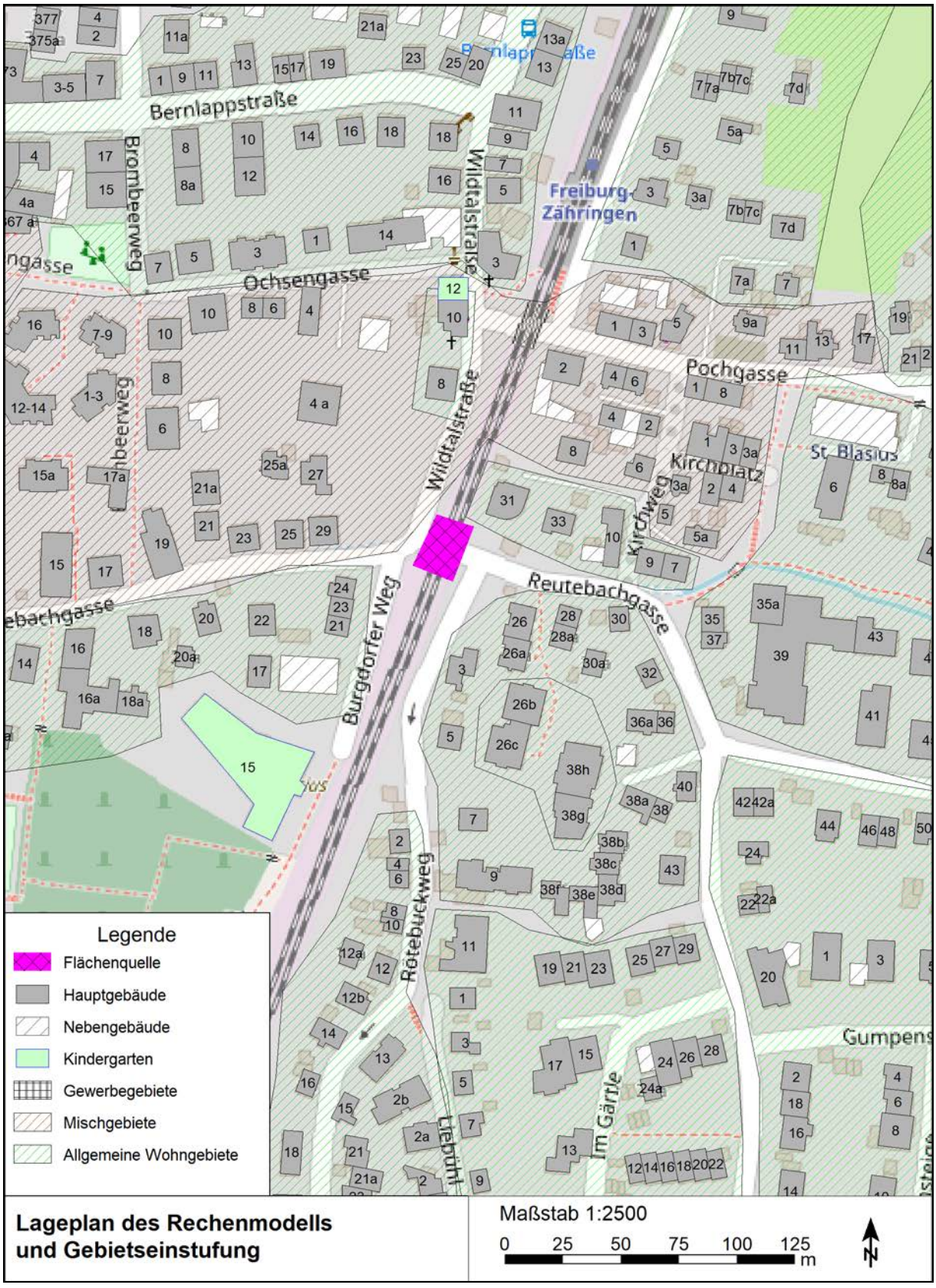
Rasterlärmkarte Tag - L_{DEN}:



Rasterlärmkarte Nacht - L_{Night}:



Anhang 3 Rechenmodell



Anhang 4 Bauablaufplan

Reutebach_Bauphasenkonzept_Variante 2_VP_2.mpp REUTEBACHGASS

Nr.	Vorgangsname	Dauer	Anfang	Ende
1	**Hauptbauablauf Variante 2 Rahmenbauwerk**	**227 Tage**	**Don 01.06.23**	**Fre 12.04.24**
2	Baubeginn	0 Tage	Don 01.06.23	Don 01.06.23
3	Straßensperre Reutebachgasse (max 12 Monate)	208 Tage	Mit 28.06.23	Fre 12.04.24
4	**Phase 0 Einrichtung Baustelle /Bauvorbereitung**	**20 Tage**	**Don 01.06.23**	**Mit 28.06.23**
5	**Bauvorbereitung allgemein**	**20 Tage**	**Don 01.06.23**	**Mit 28.06.23**
6	Nachtsperren linkes Gleis (je 4h)	7 Tage	Don 15.06.23	Fre 23.06.23
7	Baustelleneinrichtung	2 Wochen	Don 01.06.23	Mit 14.06.23
8	Kabel und Leitungsumlegungen im direkten Baubereich	3 Wochen	Don 08.06.23	Mit 28.06.23
9	Vorbereitende Kabelarbeiten im Bahnbereich	1 Woche	Don 15.06.23	Mit 21.06.23
10	Sperre Reutebachgasse	0 Monate	Mit 28.06.23	Mit 28.06.23
11	**Phase 1 Verbau und Einbau Hilfsbrücken**	**18 Tage**	**Mit 05.07.23**	**Son 30.07.23**
12	Gleissperre linkes Gleis (mind .48h) davon 2x 4h beide Gleise(Nacht)	2 fTage	Fre 07.07.23	Son 09.07.23
13	Gleissperre linkes Gleis (mind .48h)	2 fTage	Fre 14.07.23	Son 16.07.23
14	Gleissperre rechtes Gleis (mind .48h)	2 fTage	Fre 21.07.23	Son 23.07.23
15	Gleissperre rechtes Gleis (mind .48h)	2 fTage	Fre 28.07.23	Son 30.07.23
16	Vorbereitung Verbau linkes Gleis	3 Tage	Mit 05.07.23	Fre 07.07.23
17	Verbau linkes Gleis und Abtrag LSW	2 fTage	Fre 07.07.23	Son 09.07.23
18	Aushub und Vorbereitung ausserhalb Gleisbereich	1 Woche	Mon 10.07.23	Fre 14.07.23
19	Einbau der Hilfsbrücke linkes Gleis und Teilabbruch Tragwerk	2 fTage	Fre 14.07.23	Son 16.07.23
20	Vorbereitung Verbau rechtes Gleis	1 Woche	Mon 17.07.23	Fre 21.07.23
21	Verbau rechtes Gleis und Abtrag LSW	2 fTage	Fre 21.07.23	Son 23.07.23
22	Aushub und Vorbereitung ausserhalb Gleisbereich	1 Woche	Mon 24.07.23	Fre 28.07.23
23	Einbau der Hilfsbrücke rechtes Gleis und Teilabbruch Tragwerk	2 fTage	Fre 28.07.23	Son 30.07.23
24	**Phase 2 Abbruch Bestand und Neubau Bauwerk**	**135 Tage**	**Mon 31.07.23**	**Fre 02.02.24**
25	Abbruch Tragwerk und restliche Flügel	1 Woche	Mon 31.07.23	Fre 04.08.23
26	Baugrubenaushub und Bodenvorbereitung	1 Woche	Mon 07.08.23	Fre 11.08.23
27	Fundierung Halbrahmen	2 Wochen	Mon 14.08.23	Fre 25.08.23
28	Rüstung Tragwerk in abgesenkter Lage	1 Woche	Mon 28.08.23	Fre 01.09.23
29	Schalung / Bewehrung und Betonage in abgesenkter Lage	3 Wochen	Mon 04.09.23	Fre 22.09.23
30	Aushärtung und Abdichtung Tragwerk	5 Wochen	Mon 25.09.23	Fre 27.10.23
31	Ergänzung Randkappen und Brückenausrüstung am Bauwerk (inkl. LSW St	1 Woche	Mon 30.10.23	Fre 03.11.23
32	Tragwerk Ausschalen und auf Pressvorrichtung umlagern	1 Woche	Mon 06.11.23	Fre 10.11.23
33	Heben Tragwerk in Endlage	1 Woche	Mon 13.11.23	Fre 17.11.23
34	Einbau der Wände inkl Flügel	5 Wochen	Mon 20.11.23	Fre 22.12.23
35	Aushärtung und Abdichtungsergänzung	4 Wochen	Mon 25.12.23	Fre 19.01.24
36	Stüzmauern errichten	4 Wochen	Mon 25.12.23	Fre 19.01.24
37	Teilhinterfüllung bis UK Aussteifung	2 Wochen	Mon 22.01.24	Fre 02.02.24
38	**Phase 3 Ausbau Hilfsbrücken ; Gleisbau**	**10 Tage**	**Sam 03.02.24**	**Fre 16.02.24**
39	Gleissperre linkes Gleis (mind .36h)	1 fTag	Sam 03.02.24	Son 04.02.24
40	Nachtsperren linkes Gleis (je Nacht 4h)	1 Woche	Mon 05.02.24	Fre 09.02.24
41	Gleissperre rechtes Gleis (mind .36h)	1 fTag	Fre 09.02.24	Sam 10.02.24
42	Nachtsperre rechtes Gleis (je Nacht 4h)	1 Woche	Mon 12.02.24	Fre 16.02.24
43	Ausbau Hilfsbrücke linkes Gleis und Oberbauergänzung	1 fTag	Sam 03.02.24	Son 04.02.24
44	Einbau Lärmschutzwandelemente und Ausrüstungsergänzung in Zugpausen (Nachtarbeit)	1 Woche	Mon 05.02.24	Fre 09.02.24
45	Ausbau Hilfsbrücke rechtes Gleis und Oberbauergänzung	1 fTag	Fre 09.02.24	Sam 10.02.24
46	Einbau Lärmschutzwandelemente und Ausrüstungsergänzung in Zugpausen (Nachtarbeit)	1 Woche	Mon 12.02.24	Fre 16.02.24
47	**Phase 4 Ergänzungsarbeiten ausserhalb Gleisbereich**	**40 Tage**	**Mon 19.02.24**	**Fre 12.04.24**
48	Straßenbauarbeiten inkl. Entwässerungsschächte	6 Wochen	Mon 19.02.24	Fre 29.03.24
49	Rekultivierung	2 Wochen	Mon 01.04.24	Fre 12.04.24
50	Eröffnung Reutebachgasse	0 Tage	Fre 12.04.24	Fre 12.04.24

Anhang 5 Emissionsdaten der Baulärmsituationen (BLS)

Literatur

/1 Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen, HLfU, Wiesbaden 1998
/2 Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen, Heft 2, HLfU, Wiesbaden 2004
/3 Schalltechnische Daten über Geräuschemissionen von Baumaschinen für den Oberbau, Deutsche Bahn AG, 1995
/4 Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Anlagen zur Abfallbehandlung und -verwertung sowie Kläranlagen. HLfU, Wiesbaden 2002
/5 Technischer Bericht Nr. L 4054 zur Untersuchung der Geräuschemissionen und -immissionen von Tankstellen, Hlfu, Wiesbaden 1999
/6 Leitfaden zur Prognose von Geräuschen bei der Be- und Entladung von LKW, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen 2000
/7 Schalltechnik in der Landwirtschaft, Forum Schall, Umweltbundesamt Österreich, 2013
/8 Prospektunterlagen Hersteller
/9 cdf-Messungen

I. BLS 1 - Tag - Allg. Arbeiten / Vor-/Nachbereitung: L_W = 103 dB(A)

Situation 1:		Vor-/Nachbereitung								Tag (07:00 - 20:00 Uhr)
Lit. / Quelle	Gerät / vgl. Tätigkeit	Emission L_W in dB(A)	Impulsz. K_I in dB	Tonz. K_T in dB	Einsatz T_E in h	Betrieb p_B in %	Betrieb T_B in h	Anzahl N	Zeitkorr. K_Z in dB	Emission L_{Wr} in dB(A)
Zweiwegebagger										
/2	Bagger mit Breitlöffel	100,7	2,5	0	8	75	6,0	1	-5	98,2
E003	Ebnen von Kies für Straßenbau									
Beladung Lkw										
/2	Schaufelbagger	100,8	5,0	0	8	25	2,0	1	-10	95,8
E015	Lkw-Beladung									
Radladerarbeiten										
/2	Radlader	100,1	5,1	0	8	25	2,0	1	-10	95,2
E035	Aufschütten einer Halde									
Grünschnitt										
/1	Kettensäge	105,0	3,4	0	8	25	2,0	1	-10	98,4
E59	Holzbretter zersägen									
							Gesamt-Schallleistungspegel	**Tag (07:00 - 20:00 Uhr)**		**103**

II. BLS 2 - Tag - Rammen Verbau: L_W = 115 dB(A)

Situation 2:		Rammen Verbau								Tag (07:00 - 20:00 Uhr)
Lit. / Quelle	Gerät / vgl. Tätigkeit	Emission L_W in dB(A)	Impulsz. K_I in dB	Tonz. K_T in dB	Einsatz T_E in h	Betrieb p_B in %	Betrieb T_B in h	Anzahl N	Zeitkorr. K_Z in dB	Emission L_{Wr} in dB(A)
Rammen Verbau										
/9	Vibrationsramme	117,9	1,6	0	13	50	6,5	1	-5	114,5
1789	Rammen Spundwände									
Kranarbeiten										
/2	Mobilkran (Autokran)	104,4	3,2	0	13	25	3,3	1	-5	102,6
E001	Heben und Ablegen von Spundwänden									
Radladerarbeiten										
/2	Radlader	100,1	5,1	0	13	25	3,3	1	-5	100,2
E035	Aufschütten einer Halde									
							Gesamt-Schallleistungspegel	**Tag (07:00 - 20:00 Uhr)**		**115**

III. BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke: L_W = 110 dB(A)

Situation 3:		Einbau Hilfsbrücke								Tag (07:00 - 20:00 Uhr)
Lit. / Quelle	Gerät / vgl. Tätigkeit	Emission L_W in dB(A)	Impulsz. K_I in dB	Tonz. K_T in dB	Einsatz T_E in h	Betrieb p_B in %	Betrieb T_B in h	Anzahl N	Zeitkorr. K_Z in dB	Emission L_{Wr} in dB(A)
Zweiwegebagger										
/2	Bagger mit Breitlöffel	100,7	2,5	0	13	75	9,8	1	0	103,2
E003	Ebnen von Kies für Straßenbau									
Trennen der Gleise										
/1	Steinsäge	108,7	1,2	6	13	15	2,0	1	-10	105,9
E10	Sägen eines Kalksandsteines									
Abschrauben der Gleise										
/2	Schraubpflug	103,4	3,9	0	13	15	2,0	1	-10	97,3
E119	Schrauben in Betonschwellen schrauben									
Materialtransportarbeiten										
/2	Greifbagger DA 4	99,3	7,2	0	13	50	6,5	1	-5	101,5
E021	Verlagerung von Kies mittlerer Körnung									
Lkw-Beladung										
/2	Schaufelradlader	101,8	6,6	0	13	15	2,0	1	-10	98,4
E043	Lkw-Beladung mit Kies									
Kranarbeiten										
/2	Mobilkran (Autokran)	104,4	3,2	0	13	15	2,0	1	-10	97,6
E001	Heben und Ablegen von Spundwänden									
							Gesamt-Schallleistungspegel	**Tag (07:00 - 20:00 Uhr)**		**110**

IV. BLS 4 - Tag - Abbruch/Rückbau: L_W = 115 dB(A)

Situation 4:		Abbruch / Rückbau								Tag (07:00 - 20:00 Uhr)
Lit. / Quelle	Gerät / vgl. Tätigkeit	Emission L_W in dB(A)	Impulsz. K_I in dB	Tonz. K_T in dB	Einsatz T_E in h	Betrieb p_B in %	Betrieb T_B in h	Anzahl N	Zeitkorr. K_Z in dB	Emission L_{Wr} in dB(A)
Abbruch										
/2	Kettenbagger mit Spitzmeißel	113,9	7,7	0	13	15	2,0	1	-10	111,6
E077	Bagger zermeißelt Stahlbeton-Abbruch									
Rückbau										
/1	Preßlufthammer	111,3	4,0	0	13	50	6,5	1	-5	110,3
E41	Betonplatte wird bearbeitet									
Zweiwegebagger										
/2	Bagger mit Breitlöffel	100,7	2,5	0	13	50	6,5	1	-5	98,2
E003	Ebnen von Kies für Straßenbau									
Materialtransportarbeiten										
/2	Greifbagger DA 4	99,3	7,2	0	13	50	6,5	1	-5	101,5
E021	Verlagerung von Kies mittlerer Körnung									
Lkw-Beladung										
/2	Schaufelradlader	101,8	6,6	0	13	50	6,5	1	-5	103,4
E043	Lkw-Beladung mit Kies									
Radladerarbeiten										
/2	Radlader	100,1	5,1	0	13	50	6,5	1	-5	100,2
E035	Aufschütten einer Halde									
							Gesamt-Schallleistungspegel	**Tag (07:00 - 20:00 Uhr)**		**115**

V. BLS 5 - Tag - Vorfertigung Tragwerk: L_W = 105 dB(A)

Situation 5:		Vorfertigung Überbauten							Tag (07:00 - 20:00 Uhr)	
Lit. / Quelle	Gerät / vgl. Tätigkeit	Emission L_W in dB(A)	Impulsz. K_I in dB	Tonz. K_T in dB	Einsatz T_E in h	Betrieb p_B in %	Betrieb T_B in h	Anzahl N	Zeitkorr. K_Z in dB	Emission L_{Wr} in dB(A)
Montagearbeiten										
/2	Bohrmaschine, druckluftgetrieben	105,5	5,8	0	13	15	2,0	1	-10	101,3
E073	Anschrauben von Brückenpfosten									
Kranarbeiten										
/2	Mobilkran (Autokran)	104,4	3,2	0	13	15	2,0	1	-10	97,6
E001	Heben und Ablegen von Spundwänden									
Zweiwegebagger										
/2	Bagger mit Breitlöffel	100,7	2,5	0	13	15	2,0	1	-10	93,2
E003	Ebnen von Kies für Straßenbau									
Betonanlieferung										
/1	Betontransportmischer	100,7	1,5	0	13	15	2,0	1	-10	92,2
E61	Befüllung der Baggerschaufel mit Beton									
Betonieren										
/1	Betonpumpe DA3	105,6	3,3	0	13	15	2,0	1	-10	98,9
E45	Decke eines Gebäudes mit Fertigbeton									
Lkw-Beladung										
/2	Schaufelbagger	100,8	5,0	0	13	15	2,0	1	-10	95,8
E015	Lkw-Beladung									
						Gesamt-Schallleistungspegel		**Tag (07:00 - 20:00 Uhr)**		**105**

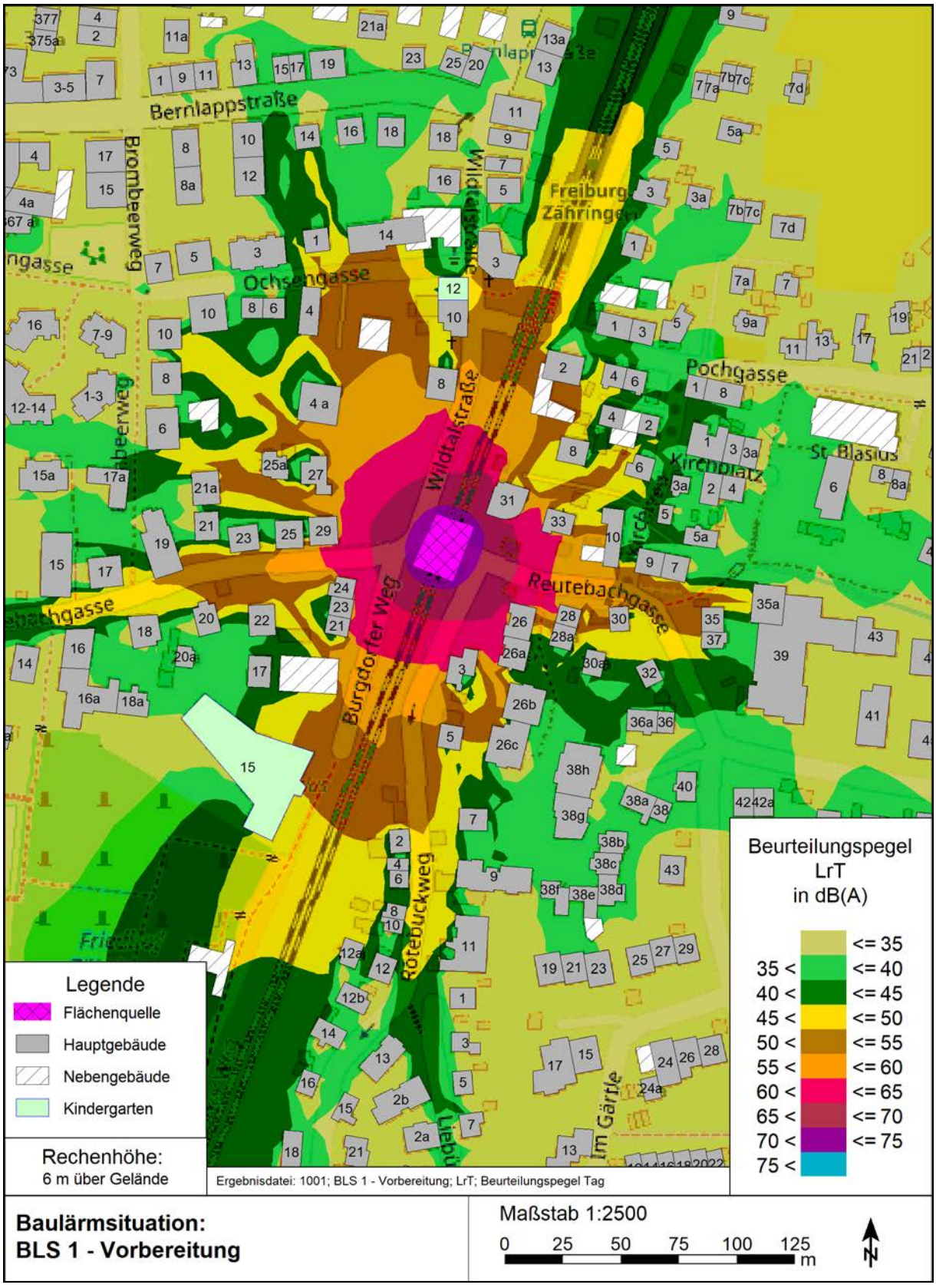
VI. BLS 6 - Tag/Nacht - Ausbau Hilfsbrücke / Wiederaufbau Oberbau: L_W = 110 dB(A)

Situation 6:		Rückbau Hilfsbrücke, Wiederaufbau Oberbau							Tag (07:00 - 20:00 Uhr)	
Lit. / Quelle	Gerät / vgl. Tätigkeit	Emission L_W in dB(A)	Impulsz. K_I in dB	Tonz. K_T in dB	Einsatz T_E in h	Betrieb p_B in %	Betrieb T_B in h	Anzahl N	Zeitkorr. K_Z in dB	Emission L_{Wr} in dB(A)
Zweiwegebagger										
/2	Bagger mit Breitlöffel	100,7	2,5	0	13	75	9,8	1	0	103,2
E003	Ebnen von Kies für Straßenbau									
Verdichten Schotter										
/2	Vibrationsplatte	111,8	2,1	0	13	15	2,0	1	-10	103,9
E124	Verdichten von Schotterboden									
Anschrauben der Gleise										
/2	Schraubpflug	103,4	3,9	0	13	25	3,3	1	-5	102,3
E119	Schrauben in Betonschwellen schrauben									
Materialtransportarbeiten										
/2	Greifbagger DA 4	99,3	7,2	0	13	50	6,5	1	-5	101,5
E021	Verlagerung von Kies mittlerer Körnung									
Lkw-Beladung										
/2	Schaufelradlader	101,8	6,6	0	13	25	3,3	1	-5	103,4
E043	Lkw-Beladung mit Kies									
Kranarbeiten										
/2	Mobilkran (Autokran)	104,4	3,2	0	13	15	2,0	1	-10	97,6
E001	Heben und Ablegen von Spundwänden									
						Gesamt-Schallleistungspegel		**Tag (07:00 - 20:00 Uhr)**		**110**

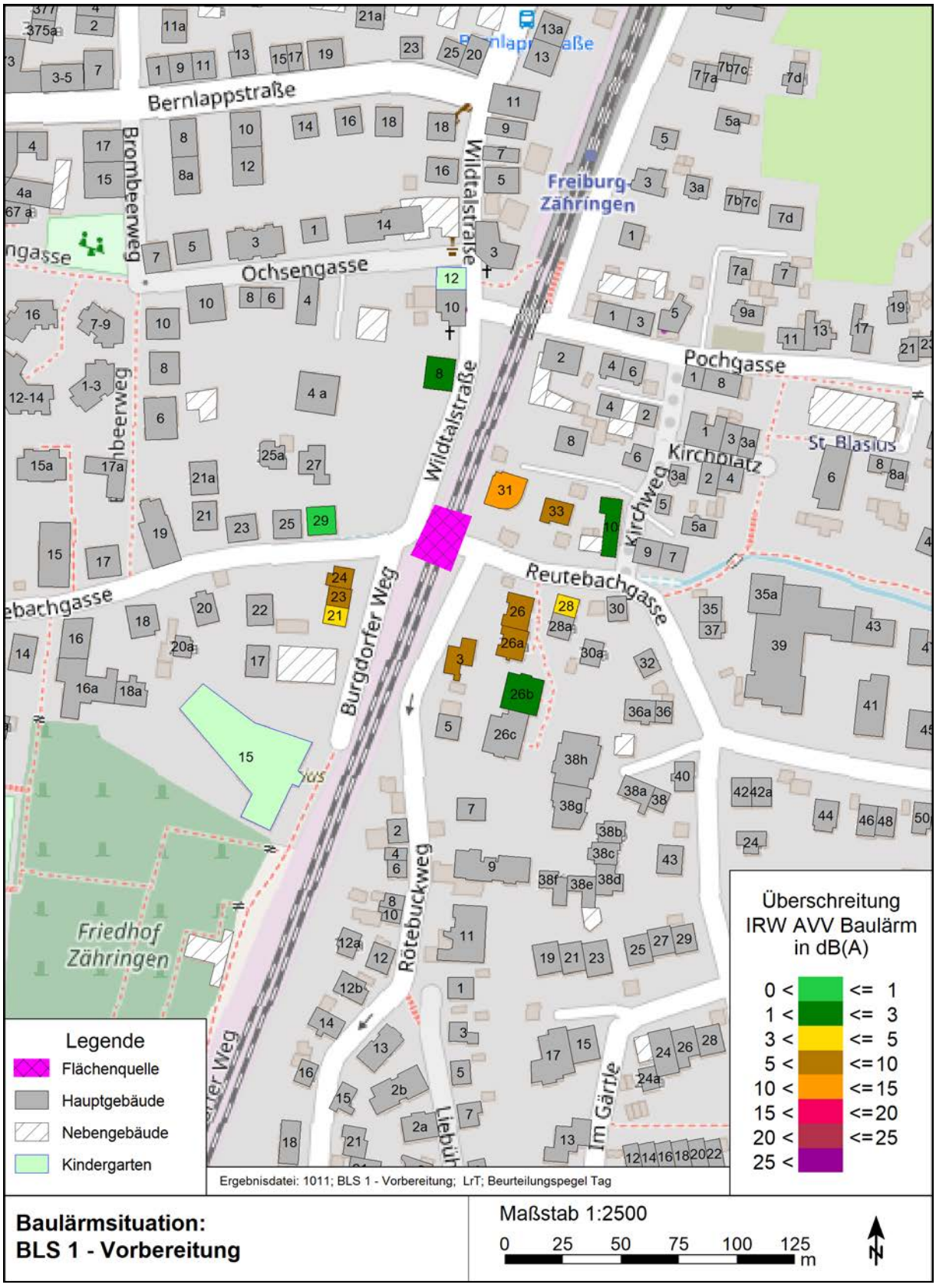
Anhang 6 Lärmkarten der Baulärmsituationen

Anhang 6.1 BLS 1 - Tag - Allg. Arbeiten / Vor-/Nachbereitung

Anhang 6.1.1 BLS 1 Lärmkarte Beurteilungspegel - Tag

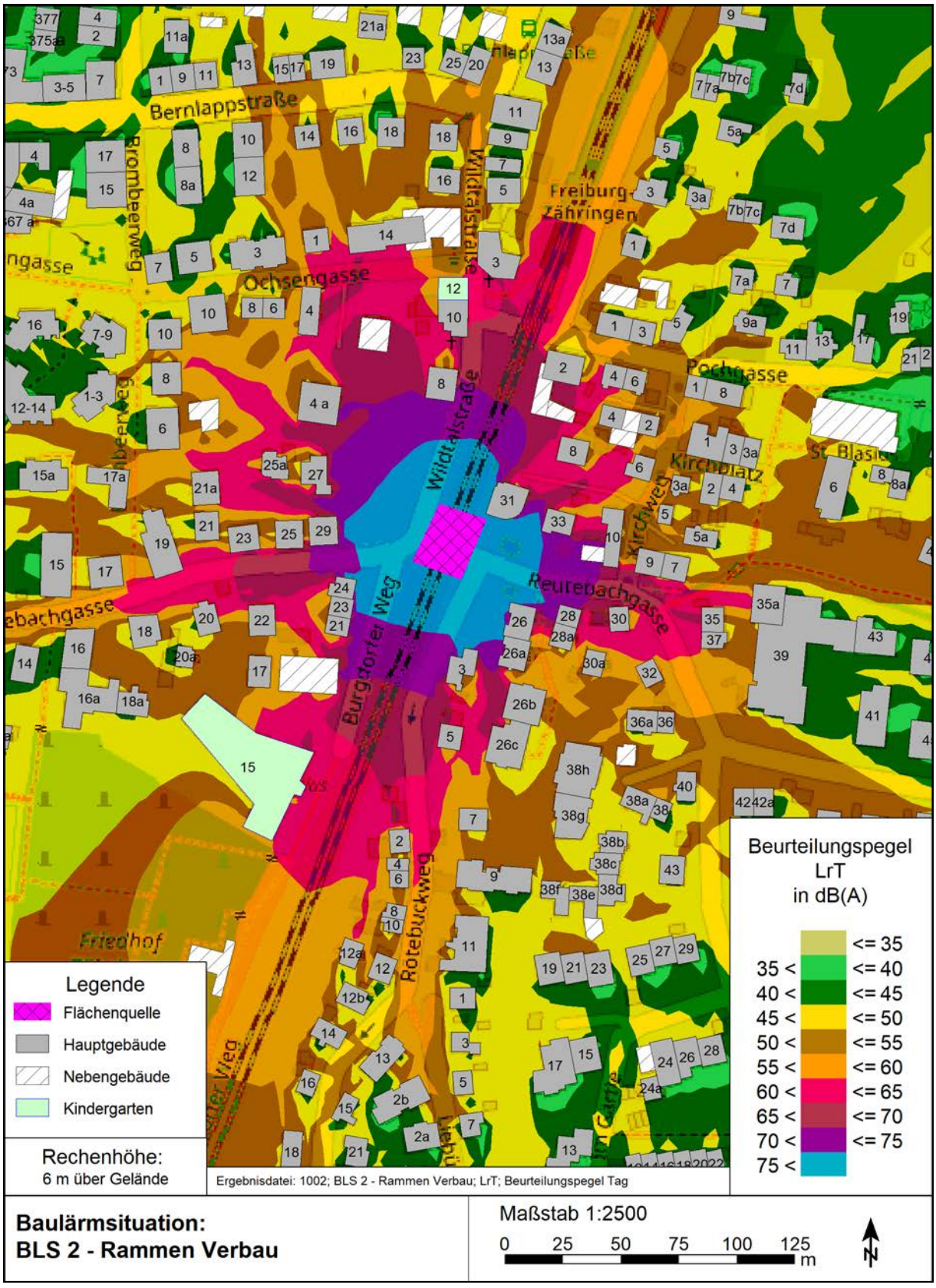


Anhang 6.1.2 BLS 1 Lärmkarte Richtwertvergleich - Tag

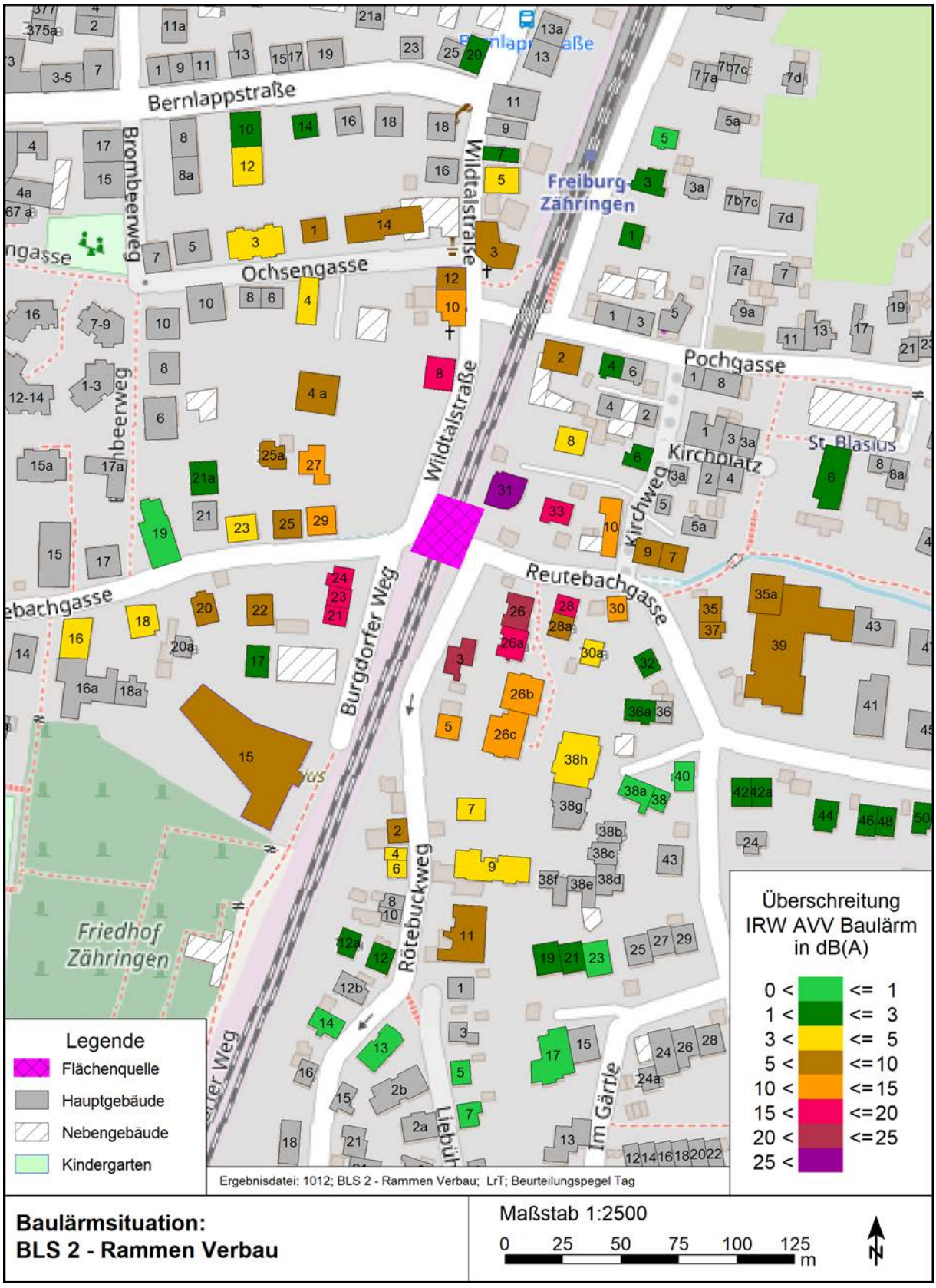


Anhang 6.2 BLS 2 - Tag - Rammen Verbau

Anhang 6.2.1 BLS 2 Lärmkarte Beurteilungspegel - Tag

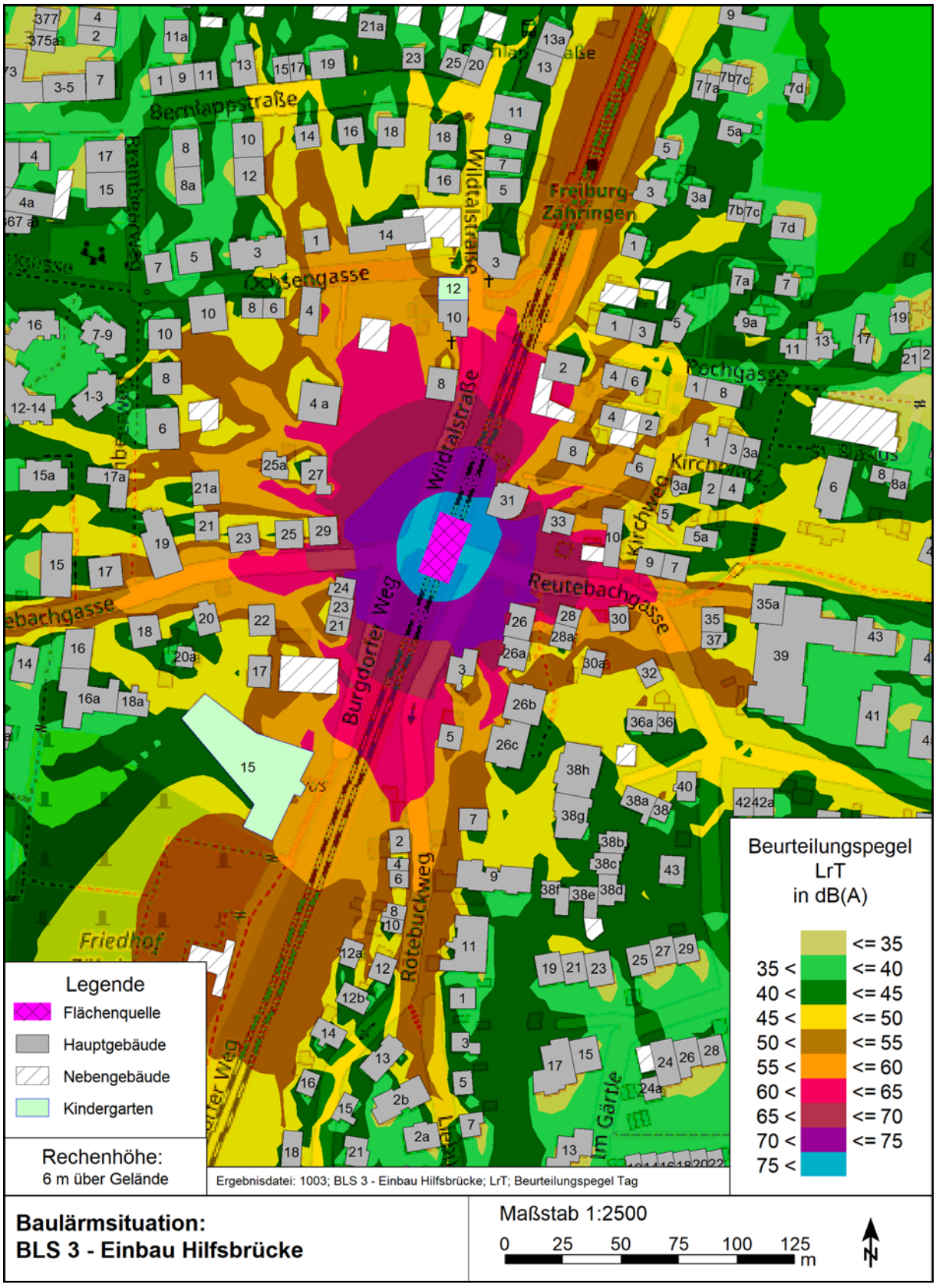


Anhang 6.2.2 BLS 2 Lärmkarte Richtwertvergleich - Tag

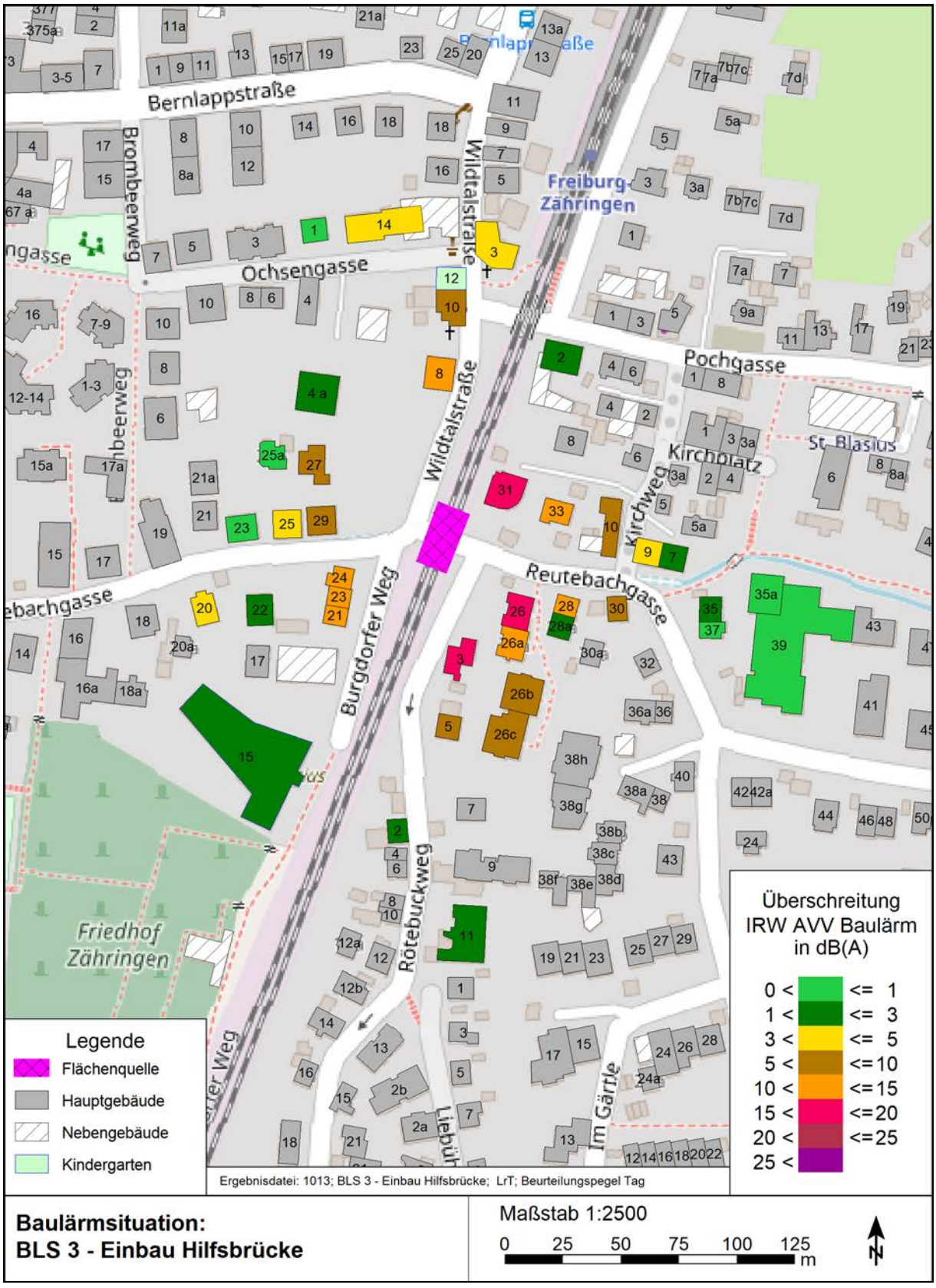


Anhang 6.3 BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke

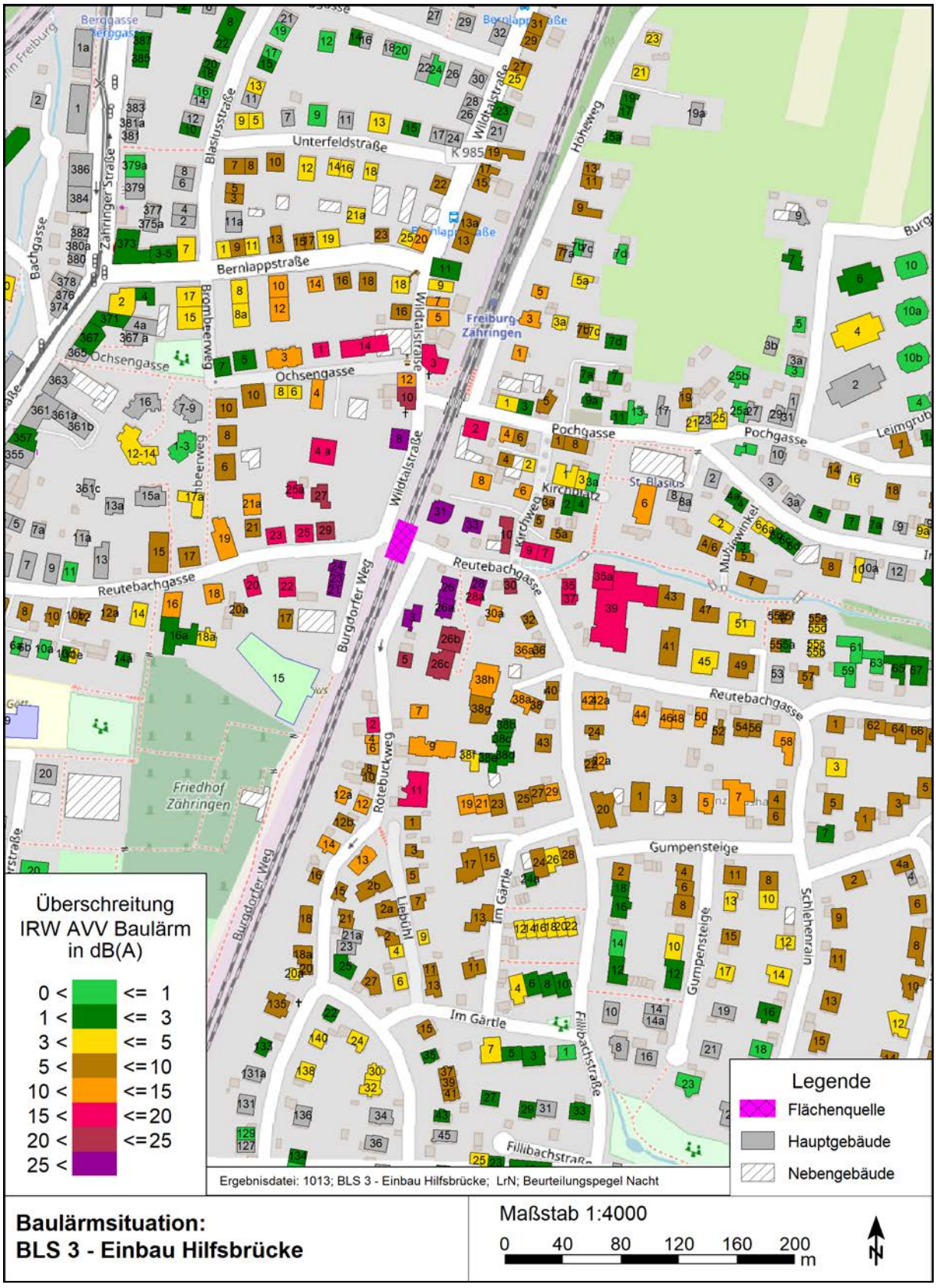
Anhang 6.3.1 BLS 3 Lärmkarte Beurteilungspegel - Tag/Nacht



Anhang 6.3.2 BLS 3 Lärmkarte Richtwertvergleich - Tag

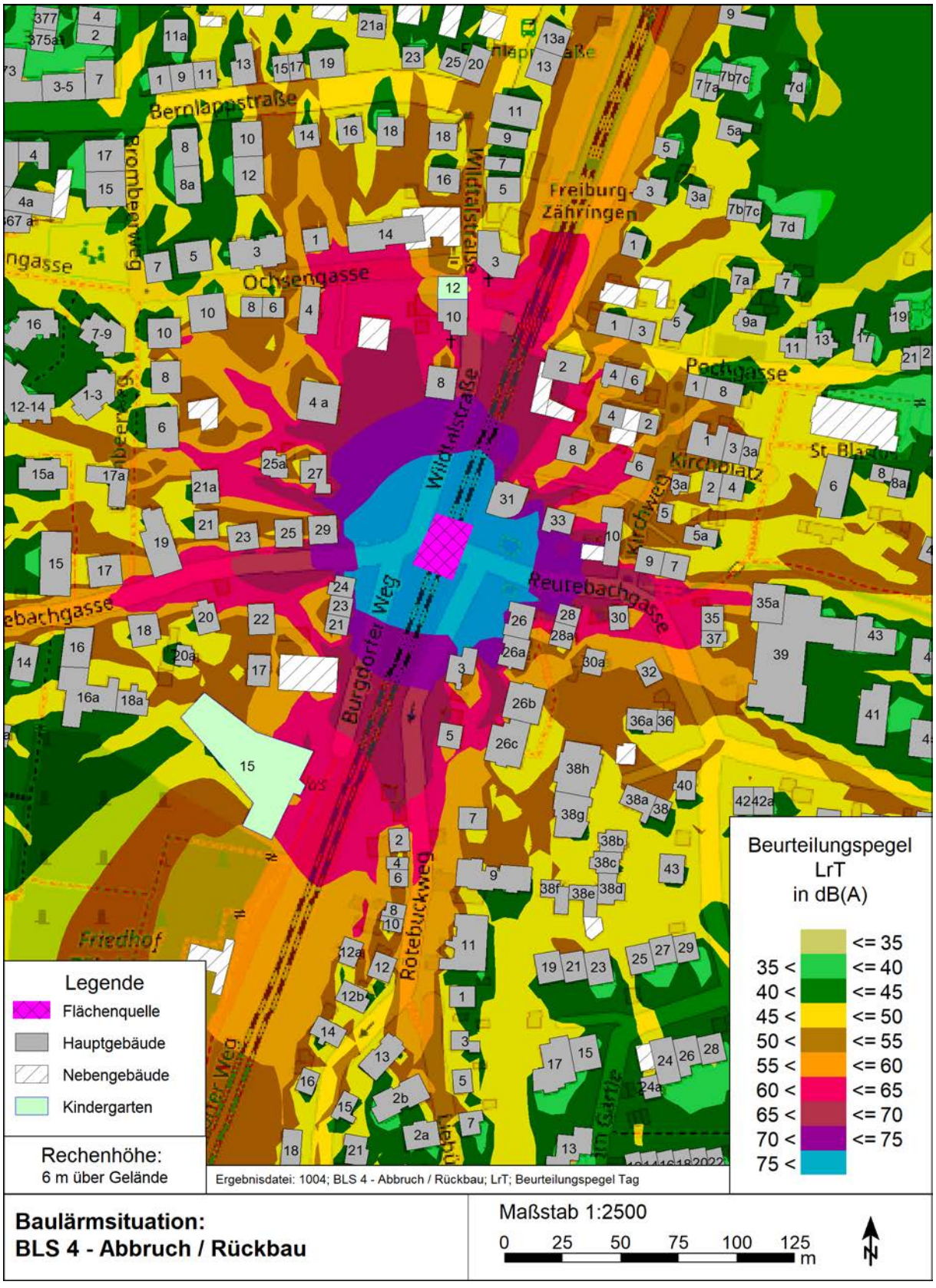


Anhang 6.3.3 BLS 3 Lärmkarte Richtwertvergleich - Nacht

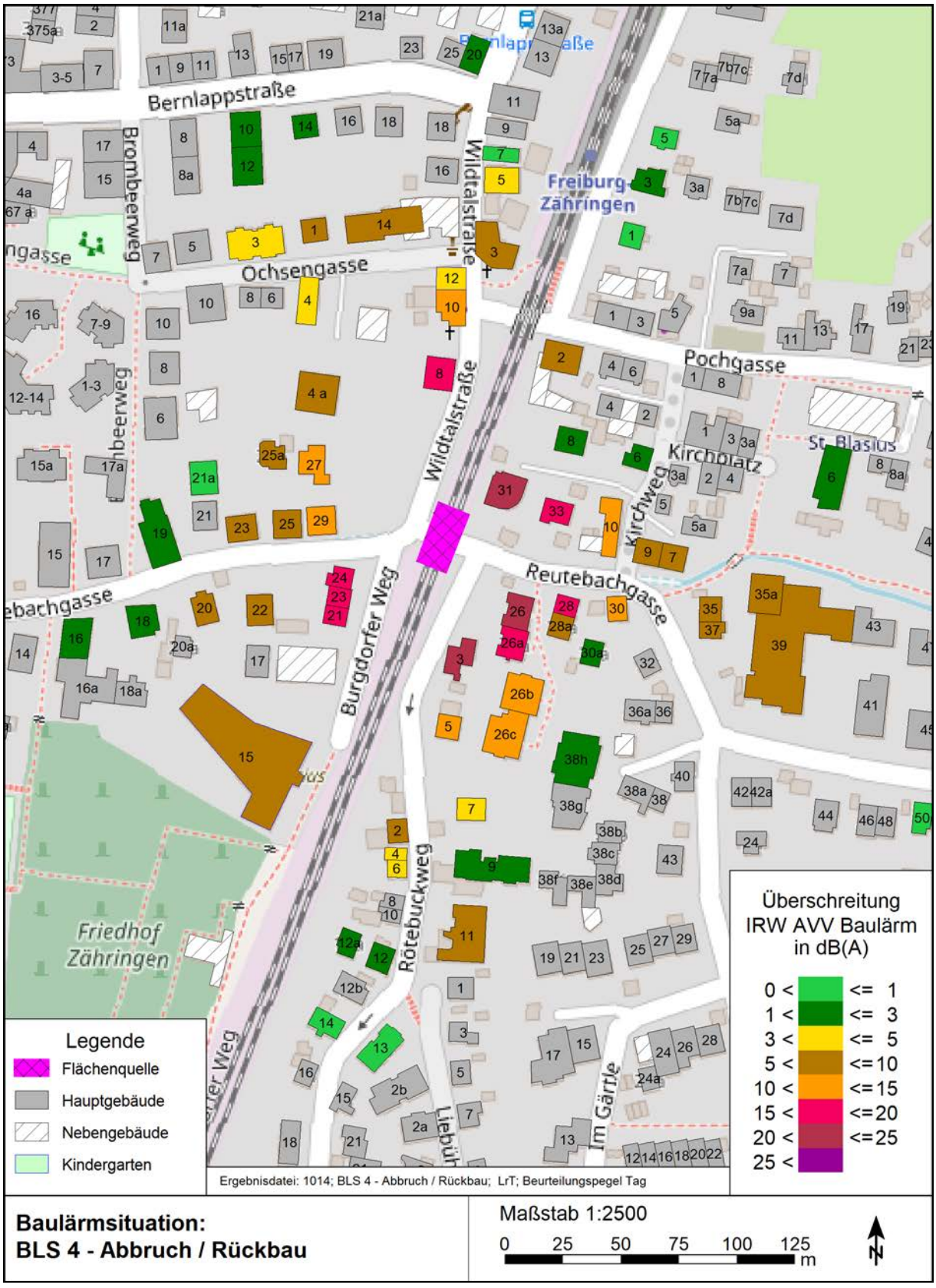


Anhang 6.4 BLS 4 - Tag - Abbruch/Rückbau

Anhang 6.4.1 BLS 4 Lärmkarte Beurteilungspegel - Tag

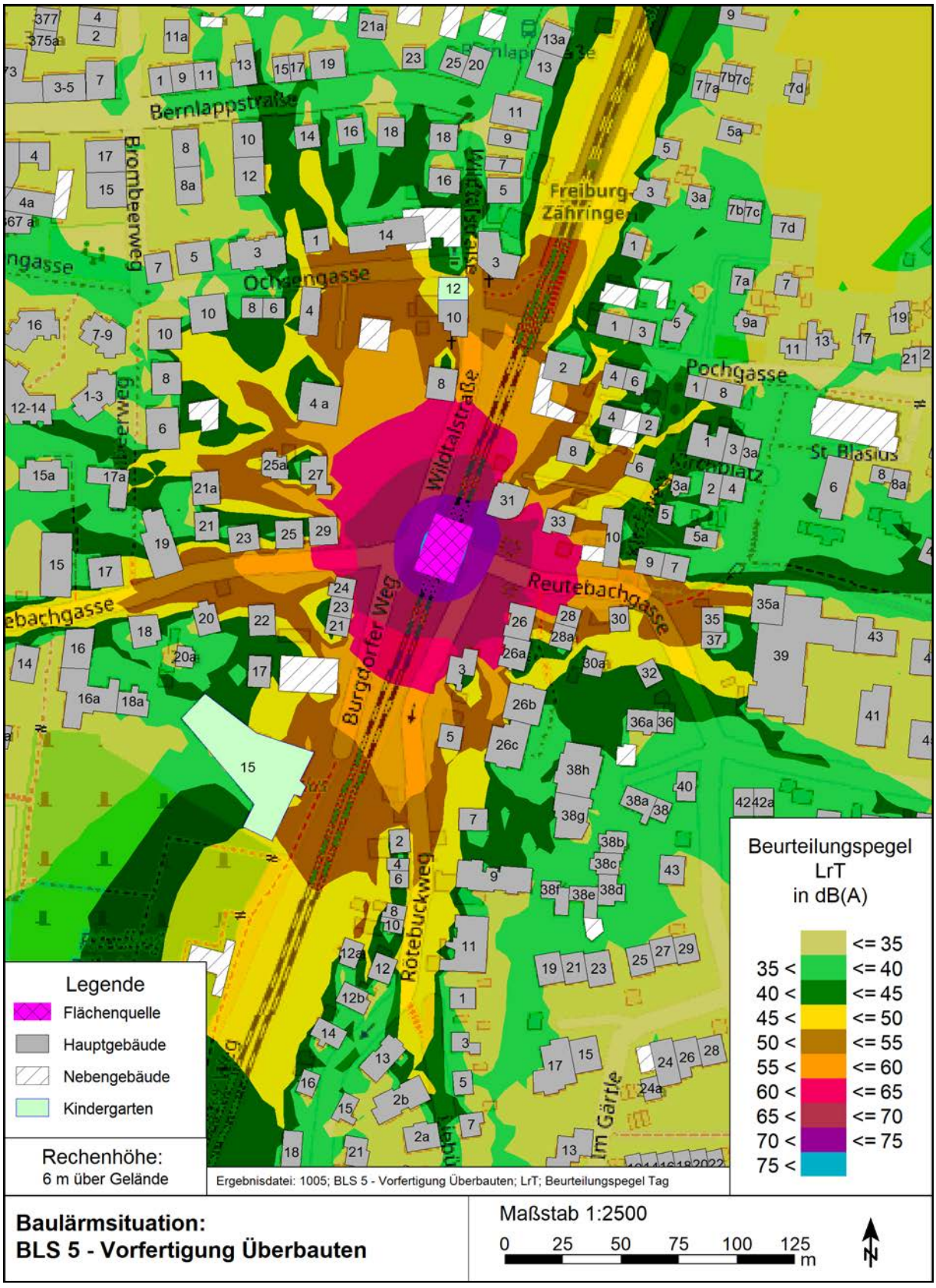


Anhang 6.4.2 BLS 4 Lärmkarte Richtwertvergleich - Tag

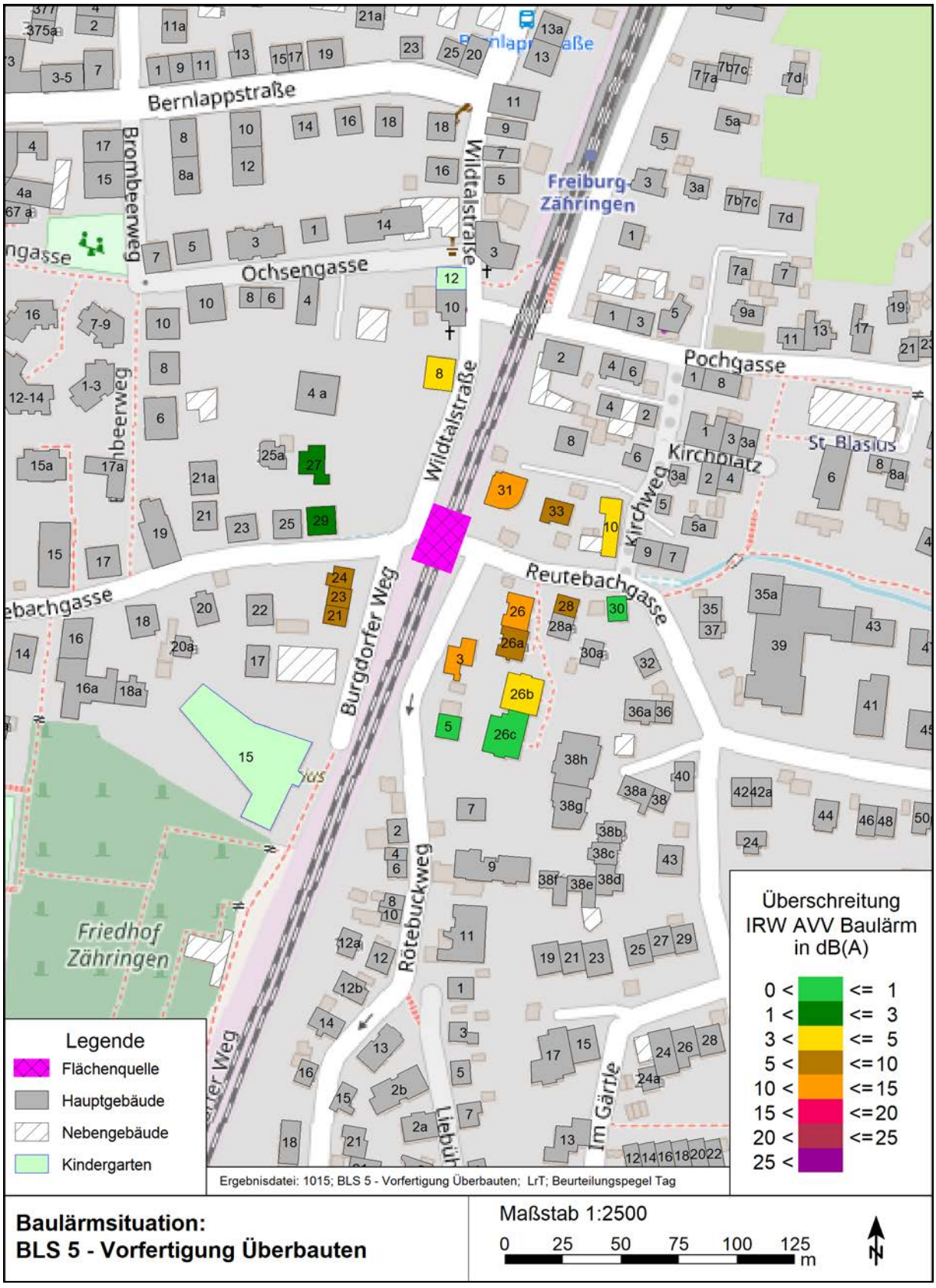


Anhang 6.5 BLS 5 - Tag - Vorfertigung Tragwerk

Anhang 6.5.1 BLS 5 Lärmkarte Beurteilungspegel - Tag



Anhang 6.5.2 BLS 5 Lärmkarte Richtwertvergleich - Tag



Anhang 7 Tabelle der Beurteilungspegel

Baulärmsituation
BLS 1 - Tag - Allg. Arbeiten / Vor-/Nachbereitung
BLS 2 - Tag - Rammen Verbau
BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke △BLS 6 - Tag/Nacht - Ausbau Hilfsbrücke / Wiederaufbau Oberbau
BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke
BLS 4 - Tag - Abbruch/Rückbau
BLS 5 - Tag - Vorfertigung Tragwerk

Legende:	
IRW	- Immissionsrichtwert
AVV	- AVV Baulärm
BLS	- Baulärmsituation
LrT, LrN	- Beurteilungspegel AVV Baulärm tags, nachts
Ü,RW	- Überschreitung des Richtwertes AVV Baulärm

Bauarbeiten Tag, Immissionsorte mit Richtwertüberschreitung >= 3 dB

Nr.	Name	IRW AVV Baulärm			BLS 1 - Tag		BLS 2 - Tag		BLS 3 - Tag		BLS 4 - Tag		BLS 5 - Tag	
		Nutz.	Tag	Nacht	LrT	Ü,RW	LrT	Ü,RW	LrT	Ü,RW	LrT	Ü,RW	LrT	Ü,RW
			in dB(A)	in dB(A)	in dB(A)	in dB	in dB(A)	in dB	in dB(A)	in dB	in dB(A)	in dB	in dB(A)	in dB
96	Bernlappstraße 10	WA	55	40	45	-	58	3	52	-	57	2	47	-
99	Bernlappstraße 12	WA	55	40	46	-	59	4	54	-	58	3	48	-
101	Bernlappstraße 14	WA	55	40	45	-	58	3	52	-	57	2	47	-
173	Burgdorfer Weg 15	SOS	55	-	50	-	63	8	58	3	63	8	52	-
175	Burgdorfer Weg 21	WA	55	40	60	5	72	17	67	12	72	17	62	7
176	Burgdorfer Weg 23	WA	55	40	61	6	73	18	68	13	73	18	64	9
230	Gumpensteige 7	WR	50	35	38	-	53	3	47	-	50	-	40	-
307	Höheweg 3	WA	55	40	45	-	58	3	53	-	58	3	47	-
516	Kirchplatz 6	WA	55	40	45	-	58	3	53	-	57	2	47	-
525	Kirchweg 6	MI	60	45	50	-	63	3	57	-	63	3	52	-
526	Kirchweg 7	WA	55	40	51	-	63	8	58	3	64	9	53	-
527	Kirchweg 8	MI	60	45	51	-	64	4	58	-	62	2	53	-
528	Kirchweg 9	WA	55	40	52	-	65	10	60	5	65	10	54	-
529	Kirchweg 10	WA	55	40	57	2	70	15	64	9	69	14	59	4
628	Ochsengasse 1	WA	55	40	49	-	62	7	56	1	61	6	51	-
629	Ochsengasse 3	WA	55	40	48	-	60	5	55	-	60	5	50	-
630	Ochsengasse 4 a	MI	60	45	56	-	69	9	63	3	68	8	58	-
631	Ochsengasse 4	MI	60	45	51	-	64	4	59	-	64	4	53	-
643	Pochgasse 2	MI	60	45	55	-	67	7	62	2	67	7	57	-
750	Reutebachgasse 16	WA	55	40	46	-	59	4	53	-	58	3	48	-
754	Reutebachgasse 18	WA	55	40	46	-	59	4	53	-	58	3	48	-
757	Reutebachgasse 20	WA	55	40	52	-	65	10	59	4	64	9	53	-
761	Reutebachgasse 22	WA	55	40	50	-	63	8	58	3	62	7	52	-
762	Reutebachgasse 23	MI	60	45	54	-	65	5	61	1	66	6	56	-
763	Reutebachgasse 24	WA	55	40	62	7	74	19	69	14	74	19	64	9
764	Reutebachgasse 25	MI	60	45	56	-	68	8	64	4	68	8	58	-
765	Reutebachgasse 25a	MI	60	45	54	-	66	6	61	1	66	6	56	-
766	Reutebachgasse 26	WA	55	40	64	9	76	21	71	16	76	21	66	11
767	Reutebachgasse 26a	WA	55	40	61	6	73	18	68	13	73	18	63	8
768	Reutebachgasse 26b	WA	55	40	57	2	69	14	64	9	69	14	59	4
769	Reutebachgasse 26c	WA	55	40	54	-	67	12	61	6	66	11	56	1
770	Reutebachgasse 27	MI	60	45	60	-	72	12	67	7	72	12	62	2
771	Reutebachgasse 28	WA	55	40	59	4	72	17	67	12	71	16	61	6
772	Reutebachgasse 28a	WA	55	40	50	-	65	10	58	3	63	8	52	-
773	Reutebachgasse 29	MI	60	45	61	1	73	13	68	8	73	13	63	3
774	Reutebachgasse 30	WA	55	40	54	-	67	12	61	6	66	11	56	1
775	Reutebachgasse 30a	WA	55	40	46	-	59	4	53	-	58	3	47	-
776	Reutebachgasse 31	WA	55	40	67	12	82	27	75	20	80	25	69	14
778	Reutebachgasse 33	WA	55	40	62	7	75	20	69	14	74	19	64	9
779	Reutebachgasse 35	WA	55	40	51	-	64	9	58	3	63	8	53	-
780	Reutebachgasse 35a	WA	55	40	48	-	61	6	56	1	61	6	50	-
783	Reutebachgasse 37	WA	55	40	49	-	62	7	56	1	61	6	51	-
792	Reutebachgasse 38h	WA	55	40	46	-	60	5	54	-	58	3	48	-
793	Reutebachgasse 39	WA	55	40	49	-	62	7	56	1	61	6	51	-
796	Reutebachgasse 42	WR	50	35	38	-	53	3	47	-	50	-	40	-
797	Reutebachgasse 42a	WR	50	35	37	-	53	3	47	-	50	-	40	-
801	Reutebachgasse 46	WR	50	35	37	-	53	3	46	-	50	-	39	-
803	Reutebachgasse 48	WR	50	35	38	-	53	3	47	-	50	-	40	-
805	Reutebachgasse 50	WR	50	35	38	-	53	3	46	-	51	1	40	-
885	Rötebuckweg 2	WA	55	40	51	-	63	8	58	3	63	8	53	-
886	Rötebuckweg 3	WA	55	40	64	9	76	21	71	16	76	21	66	11
887	Rötebuckweg 4	WA	55	40	46	-	59	4	54	-	59	4	48	-
888	Rötebuckweg 5	WA	55	40	54	-	66	11	62	7	66	11	56	1
889	Rötebuckweg 6	WA	55	40	47	-	60	5	55	-	60	5	50	-
890	Rötebuckweg 7	WA	55	40	46	-	60	5	54	-	59	4	49	-
892	Rötebuckweg 9	WA	55	40	46	-	59	4	54	-	58	3	48	-
894	Rötebuckweg 11	WR	50	35	45	-	57	7	52	2	57	7	47	-
895	Rötebuckweg 12	WA	55	40	45	-	58	3	53	-	57	2	47	-
896	Rötebuckweg 12a	WA	55	40	46	-	58	3	54	-	58	3	48	-
1138	Wildtalstraße 3	WA	55	40	52	-	64	9	59	4	64	9	54	-
1139	Wildtalstraße 5	WA	55	40	46	-	59	4	54	-	59	4	48	-
1141	Wildtalstraße 8	WA	55	40	58	3	72	17	66	11	71	16	60	5
1143	Wildtalstraße 10	WA	55	40	53	-	67	12	61	6	66	11	55	-
1145	Wildtalstraße 12	WA	55	40	48	-	61	6	55	-	60	5	50	-
1148	Wildtalstraße 14	WA	55	40	51	-	64	9	59	4	63	8	53	-

Bauarbeiten Nacht, Immissionsorte mit Richtwertüberschreitung > 5 dB

Nr.	Name	IRW AVV Baulärm			BLS 3 - Nacht					
		Nutz.	Tag in dB(A)	Nacht in dB(A)	LrN in dB(A)	IRW_{AVV} in dB(A)	$Ü_{IRW,AVV}$ in dB	Lr,VB in dB(A)	IRW_{VB} in dB(A)	$Ü_{IRW,VB}$ in dB
681	Pochgasse 36	WR	50	35	42	35	7	37	36	6
683	Pochgasse 38	WR	50	35	42	35	7	35	35	7
685	Pochgasse 40	WR	50	35	44	35	9	36	35	9
689	Pochgasse 44	WR	50	35	41	35	6	36	35	6
691	Pochgasse 46	WR	50	35	41	35	6	35	35	7
694	Pochgasse 48	WR	50	35	42	35	7	35	35	7
696	Pochgasse 50	WR	50	35	41	35	6	35	35	6
699	Pochgasse 52	WR	50	35	41	35	6	33	35	6
721	Pochgasse 66	WR	50	35	41	35	6	34	35	6
723	Reutebachgasse 2	WA	55	40	47	40	7	39	40	7
727	Reutebachgasse 6	WA	55	40	46	40	6	35	40	7
732	Reutebachgasse 8	WA	55	40	48	40	8	37	40	8
734	Reutebachgasse 10	WA	55	40	49	40	9	38	40	9
736	Reutebachgasse 10b	WA	55	40	49	40	9	38	40	9
742	Reutebachgasse 12	WA	55	40	46	40	6	37	40	6
743	Reutebachgasse 12a	WA	55	40	49	40	9	38	40	9
748	Reutebachgasse 15	MI	60	45	53	45	8	44	45	8
750	Reutebachgasse 16	WA	55	40	53	40	13	41	40	13
752	Reutebachgasse 17	MI	60	45	54	45	9	44	45	9
754	Reutebachgasse 18	WA	55	40	53	40	13	41	40	13
756	Reutebachgasse 19	MI	60	45	57	45	12	44	45	12
757	Reutebachgasse 20	WA	55	40	59	40	19	46	43	16
758	Reutebachgasse 20a	WA	55	40	46	40	6	44	42	4
759	Reutebachgasse 21	MI	60	45	55	45	10	44	45	10
760	Reutebachgasse 21a	MI	60	45	57	45	12	44	45	12
761	Reutebachgasse 22	WA	55	40	58	40	18	47	43	15
762	Reutebachgasse 23	MI	60	45	61	45	16	47	46	15
763	Reutebachgasse 24	WA	55	40	69	40	29	59	49	20
764	Reutebachgasse 25	MI	60	45	64	45	19	51	48	16
765	Reutebachgasse 25a	MI	60	45	61	45	16	47	46	15
766	Reutebachgasse 26	WA	55	40	71	40	31	59	49	22
767	Reutebachgasse 26a	WA	55	40	68	40	28	58	49	20
768	Reutebachgasse 26b	MI	60	45	64	45	19	56	50	14
769	Reutebachgasse 26c	MI	60	45	61	45	16	56	50	11
770	Reutebachgasse 27	MI	60	45	67	45	22	55	50	17
771	Reutebachgasse 28	WA	55	40	67	40	27	52	46	21
772	Reutebachgasse 28a	WA	55	40	58	40	18	47	43	16
773	Reutebachgasse 29	MI	60	45	68	45	23	55	50	18
774	Reutebachgasse 30	WA	55	40	61	40	21	48	44	17
775	Reutebachgasse 30a	WA	55	40	53	40	13	43	41	12
776	Reutebachgasse 31	WA	55	40	75	40	35	56	48	27
777	Reutebachgasse 32	WA	55	40	50	40	10	42	41	9
778	Reutebachgasse 33	WA	55	40	69	40	29	55	47	22
779	Reutebachgasse 35	WA	55	40	58	40	18	45	42	16
780	Reutebachgasse 35a	WA	55	40	56	40	16	43	41	15
781	Reutebachgasse 36	WA	55	40	48	40	8	40	40	8
782	Reutebachgasse 36a	WA	55	40	52	40	12	43	41	11
783	Reutebachgasse 37	WA	55	40	56	40	16	44	42	14
784	Reutebachgasse 38	WA	55	40	50	40	10	41	40	10
785	Reutebachgasse 38a	WA	55	40	51	40	11	42	41	10
792	Reutebachgasse 38h	MI	60	45	54	45	9	44	45	9
793	Reutebachgasse 39	WA	55	40	56	40	16	43	41	16
794	Reutebachgasse 40	WA	55	40	50	40	10	41	40	10
795	Reutebachgasse 41	WA	55	40	48	40	8	38	40	8
796	Reutebachgasse 42	WR	50	35	47	35	12	39	37	10
797	Reutebachgasse 42a	WR	50	35	47	35	12	39	37	10
798	Reutebachgasse 43	WA	55	40	48	40	8	39	40	8
799	Reutebachgasse 44	WR	50	35	46	35	11	38	36	10
801	Reutebachgasse 46	WR	50	35	46	35	11	37	36	10
802	Reutebachgasse 47	WA	55	40	47	40	7	39	40	7
803	Reutebachgasse 48	WR	50	35	47	35	12	37	36	11
804	Reutebachgasse 49	WA	55	40	50	40	10	37	40	10
805	Reutebachgasse 50	WR	50	35	46	35	11	37	36	10
807	Reutebachgasse 52	WR	50	35	41	35	6	35	35	6
809	Reutebachgasse 54	WR	50	35	45	35	10	36	35	10
810	Reutebachgasse 55	WR	50	35	41	35	6	36	35	6
815	Reutebachgasse 55e	WR	50	35	44	35	9	37	36	9
816	Reutebachgasse 55f	WR	50	35	43	35	8	37	36	7
817	Reutebachgasse 55g	WR	50	35	43	35	8	37	36	7
818	Reutebachgasse 56	WR	50	35	45	35	10	37	36	9

Anhang 8 Liste der Gebäude mit Lr > 70 / 60 dB(A) Tag / Nacht

Baulärmsituation
BLS 1 - Tag - Allg. Arbeiten / Vor-/Nachbereitung
BLS 2 - Tag - Rammen Verbau
BLS 3 - Tag/Nacht - Einbau Hilfsbrücke △BLS 6 - Tag/Nacht - Ausbau Hilfsbrücke / Wiederaufbau Oberbau
BLS 4 - Tag - Abbruch/Rückbau
BLS 5 - Tag - Vorfertigung Tragwerk

Nr.	Name	Nutz.	Richtwert		BLS 1 - Tag		BLS 2 - Tag		BLS 3 - Tag		BLS 4 - Tag		BLS 5 - Tag	
			Tag	Nacht	LrT	> 70	LrT	> 70	LrT	> 70	LrT	> 70	LrT	> 70
			in dB(A)	in dB(A)	in dB(A)	dB(A)	in dB(A)	dB(A)	in dB(A)	dB(A)	in dB(A)	dB(A)	in dB(A)	dB(A)
175	Burgdorfer Weg 21	WA	70	60	60	-	72	x	67	-	72	x	62	-
176	Burgdorfer Weg 23	WA	70	60	61	-	73	x	68	-	73	x	64	-
763	Reutebachgasse 24	WA	70	60	62	-	74	x	69	-	74	x	64	-
766	Reutebachgasse 26	WA	70	60	64	-	76	x	71	x	76	x	66	-
767	Reutebachgasse 26a	WA	70	60	61	-	73	x	68	-	73	x	63	-
770	Reutebachgasse 27	MI	70	60	60	-	72	x	67	-	72	x	62	-
771	Reutebachgasse 28	WA	70	60	59	-	72	x	67	-	71	x	61	-
773	Reutebachgasse 29	MI	70	60	61	-	73	x	68	-	73	x	63	-
776	Reutebachgasse 31	WA	70	60	67	-	82	x	75	x	80	x	69	-
778	Reutebachgasse 33	WA	70	60	62	-	75	x	69	-	74	x	64	-
886	Rötebuckweg 3	WA	70	60	64	-	76	x	71	x	76	x	66	-
1141	Wildtalstraße 8	WA	70	60	58	-	72	x	66	-	71	x	60	-

Nr.	Name	Nutz.	Richtwert		BLS 3 - Nacht	
			Tag	Nacht	LrN	> 60
			in dB(A)	in dB(A)	in dB(A)	dB(A)
175	Burgdorfer Weg 21	WA	70	60	67	x
176	Burgdorfer Weg 23	WA	70	60	68	x
529	Kirchweg 10	WA	70	60	64	x
630	Ochsengasse 4 a	MI	70	60	63	x
643	Pochgasse 2	MI	70	60	62	x
762	Reutebachgasse 23	MI	70	60	61	x
763	Reutebachgasse 24	WA	70	60	69	x
764	Reutebachgasse 25	MI	70	60	64	x
765	Reutebachgasse 25a	MI	70	60	61	x
766	Reutebachgasse 26	WA	70	60	71	x
767	Reutebachgasse 26a	WA	70	60	68	x
768	Reutebachgasse 26b	WA	70	60	64	x
769	Reutebachgasse 26c	WA	70	60	61	x
770	Reutebachgasse 27	MI	70	60	67	x
771	Reutebachgasse 28	WA	70	60	67	x
773	Reutebachgasse 29	MI	70	60	68	x
774	Reutebachgasse 30	WA	70	60	61	x
776	Reutebachgasse 31	WA	70	60	75	x
778	Reutebachgasse 33	WA	70	60	69	x
886	Rötebuckweg 3	WA	70	60	71	x
888	Rötebuckweg 5	WA	70	60	62	x
1141	Wildtalstraße 8	WA	70	60	66	x
1143	Wildtalstraße 10	WA	70	60	61	x

Anhang 9 Erschütterungsprognose - Gebäudeschäden

I) Berechnung der Mindestabstände gegen Gebäudeschäden

Erschütterungsprognose - Bauarbeiten

Bestimmung des Einwirkungsbereiches	

Anregung/Quelle

Gerät/Verfahren	Schlag-gewicht m_S in t	Fall-höhe h_F in m	Schlag-energie E in kNm	Masch.-Leistung P in kW	Arbeits-frequenz f in Hz	Masch.-Gewicht m_M in t
Fallende Masse	0,5	2,5	10	-	1	-
Vibrationsramme	-	-	-	250	41	-
Vibrationswalze	-	-	-	-	-	8

Übertragungsweg im Boden

Proportionalitätsfaktor K	
11	günstig (Wahrsch. 50%)
17	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)
8	günstig (Wahrsch. 50%)
19	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)
4,5	günstig (Wahrsch. 50%)
11	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)

Maximalwert der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeit
am Gebäudefundament im Abstand r 19 m

		$v_{max,Fund}$ (r) in mm/s
Fallende Masse	günstig (Wahrsch. 50%)	1,8
	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)	**2,8**
Vibrationsramme	günstig (Wahrsch. 50%)	1,0
	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)	**2,5**
Vibrationswalze	günstig (Wahrsch. 50%)	0,7
	ungünstig (Üb.-Wahrsch. 2,25%)	**1,6**

Übertragungsweg in Gebäuden
vom Fundament zum OG

horizontal ($k_{x,y}$)	
0,50	günstig (weicher Untergrund)
2,00	ungünstig (steifer Untergr.)
10… 25	bei Resonanz
1,5	ohne Resonanz
$v_{max,OG} = k\ v_{max,Fund}$	

Mindestabstand zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3

Kurzzeitige Erschütterungen

Anhaltswert für die Schwinggeschwindig-keit am Fundament (kurzzeitige Erschütterungen)	Gewerbe $v_{max,Fund}$ in mm/s	eingehalten im Abstand von r_{min} in m	**Wohng.** $v_{max,Fund}$ in mm/s	eingehalten im Abstand von r_{min} in m	empfindl. Bauten $v_{max,Fund}$ in mm/s	eingehalten im Abstand von r_{min} in m
Fallende Masse	20	2,7	5	10,8	3	17,9

Anhaltswert für die Schwinggeschwindig-keit auf Geschossdecken, **vertikal** (kurzzeitige Erschütterungen)	**alle Typen** $v_{max,OG,z}$ in mm/s	eingehalten im Abstand von **r_{min}** in m
Fallende Masse	20	4,0

berechnet für das jeweils ungünstigste K

Dauer-Erschütterungen

Anhaltswert für die Schwinggeschwindig-keit auf Geschossdecken, **horizontal** (Dauer-Erschütterungen)	Gewerbe $v_{max,OG,xy}$ in mm/s	eingehalten im Abstand von **r_{min}** in m	**Wohng.** $v_{max,OG,xy}$ in mm/s	eingehalten im Abstand von **r_{min}** in m
Vibrationsramme	10	9,4	**5**	**18,8**
Vibrationswalze	10	6,2	**5**	**12,4**

berechnet für das jeweils ungünstigste K, k_{xy}

Anhaltswert für die Schwinggeschwindig-keit auf Geschossdecken, **vertikal** (Dauer-Erschütterungen)	alle Typen $v_{max,OG,z}$ in mm/s	eingehalten im Abstand von **r_{min}** in m		eingehalten im Abstand von **r_{min}** in m	
Vibrationsramme	**10**	ohne Res.	**7,0**	mit Res.	117,3
Vibrationswalze	**10**	ohne Res.	**4,7**	mit Res.	77,8

II) Lageplan der Mindestabstände gegen Gebäudeschäden

