


2. S-Bahn-Stammstrecke München

Unterlage zur 5. Planänderung Anlage 19.2 B
DB Netz AG, 14.03.2019 gez.: i.V. Kretschmer 

Planfeststellung

Erläuterungsbericht (nachrichtlich)

Ergänzende Schalltechnische Untersuchung zum Baulärm Marienhof

Planfeststellungsabschnitt 2

München, den 16.03.2007

Erstellt im Auftrag der
DB AG

Vorhabenträger:



Die Bahn



DB ProjektBau GmbH
Niederlassung Süd

Beteiligte Planer und Gutachter:

Planungsgemeinschaft 2. S-Bahn-Stammstrecke München
Gesamtkoordinierung und Generalplanung Los 2 und 4

OBERMEYER Planen+Beraten GmbH / DB – International / PSP Beratende Ingenieure München

Fachplaner, Gutachter

OBERMEYER Planen+Beraten GmbH
Institut für Umweltschutz und Bauphysik

Beratung

GSK Rechtsanwälte und Steuerberater

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Allgemeines	1
1.1	Projektbeschreibung	1
1.2	Aufgabenstellung	1
1.3	Rechtliche Grundlagen – Baulärm.....	2
TEIL A – Untersuchung vom 19.06.2009		4
2	Baustelle Marienhof	5
2.1	Baustellenablauf.....	5
2.2	Emissionen – Haltepunkt Marienhof.....	6
2.2.1	Baumaschinen und Nebenanlagen.....	8
2.2.2	Versorgung der Baustelle mit Baumaterial	10
2.3	Berechnungsverfahren.....	12
2.4	Lageplanskizze der Emissionsquellen.....	13
2.5	Immissionsorte	14
3	Schallimmissionen	16
3.1	Berechnungsergebnisse ohne Schallschutzmaßnahmen	16
3.2	Schallminderungsmaßnahmen für Baustelle Hp Marienhof	17
3.3	Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 3 m.....	19
3.4	Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 4 m.....	20
3.5	Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 5 m.....	21
3.6	Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 6 m.....	22
3.7	Beurteilung der aktiven Schallschutzmaßnahmen	23
3.8	Passive Schallschutzmaßnahmen.....	24
4	Maßnahmen zur Geräuschminderung	26
Teil B – Änderungen gegenüber der Untersuchung vom 16.09.2009.....		28
5	Vergleiche vor dem BVerwG	28
6	Berücksichtigungsbedürftige Änderungen	29
6.1	Lage der geänderten Baugrube.....	29
6.2	Emissionsansatz für Berechnung	31
6.2.1	Schlitzwandfräse	31
6.2.2	Bohrpfähle.....	31
6.2.3	Separierungsanlage	32
6.3	Ergebnisse der Berechnung ohne Schallschutz	32
6.4	Zusätzliche aktive Schallschutzmaßnahmen	32
6.5	Ergebnisse der Berechnung mit zusätzlichen Schallschutzmaßnahmen an Baumaschinen	34
7	Zusammenfassung Teil B.....	35
8	Grundlagenverzeichnis.....	36

- Anhang 1: Berechnungsergebnisse ohne Schallschutz**
- Anhang 2: Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 3 m**
- Anhang 3: Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 4 m**
- Anhang 4: Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 5 m**
- Anhang 5: Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 6 m**
- Anhang 6: Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 3 m und Angabe der
Lärmpegelbereiche ohne und mit Schallschutz**
- Anhang 7: Berechnungsergebnisse mit geänderten Schlitzwandkasten und ergänzen-
dem Schallschutz**

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1: Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm	2
Tabelle 2: Zusammenstellung der für die Prognosemodelle verwendeten Baumaschinen und Bauverfahren mit dem angesetzten Schalleistungspegel L_{WA}	7
Tabelle 3: Baumaschinen - Tageszeitraum.....	9
Tabelle 4: Baumaschinen - Nachtzeitraum	9
Tabelle 5: Emissionspegel Versorgung Beton	10
Tabelle 6: Emissionspegel Allgemeine Versorgung	10
Tabelle 7: Emissionspegel Entsorgung Aushub.....	11
Tabelle 8: Emissionspegel Versorgung Bewehrung.....	11
Tabelle 9: Gegenüberstellung Lärmpegelbereich – Schallschutzklassen von Fenstern	24
Tabelle 10: Standardisierte Aufwendungen für passive Schallschutzmaßnahmen	25
Tabelle 11: Geschätzte Kosten für passiven Schallschutz ohne aktive Schallschutzmaßnahmen.....	25
Tabelle 12: Geschätzte Kosten für passiven Schallschutz mit aktiver Schallschutzmaßnahme.....	25
Tabelle 13: Schalleistungswirkpegel Schlitzwandfräse Tag (Stand 2018).....	31
Tabelle 14: Schalleistungswirkpegel Schlitzwandfräse Nacht (Stand 2018).....	31
Tabelle 15: Schalleistungswirkpegel Bohrpfähle Tag (Stand 2018)	31
Tabelle 16: Schalleistungswirkpegel Separierungsanlage Tag (Stand 2018).....	32
Tabelle 17: Schalleistungswirkpegel Separierungsanlage Nacht (Stand 2018).....	32
Tabelle 18: Schalleistungswirkpegel Schlitzwandfräse Tag mit Schallschutz.....	33
Tabelle 19: Schalleistungswirkpegel Schlitzwandfräse Nacht mit Schallschutz.....	33
Tabelle 20: Schalleistungswirkpegel Bohrpfähle Tag mit Schallschutz	33
Tabelle 21: Schalleistungswirkpegel Separierungsanlage Tag mit Schallschutz.....	33
Tabelle 22: Schalleistungswirkpegel Separierungsanlage Nacht mit Schallschutz.....	33

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1: Lageplanskizze der Emissionsquellen	14
Abbildung 2: Lageplanskizze der Immissionsorte	15
Abbildung 3: Lageplanskizze der Schallschutzwand.....	18
Abbildung 4: Höhe der SSW nach Vergleich	28
Abbildung 5: Anordnung der Arbeiten und Baufläche – Bauphase 1 bis 3	29
Abbildung 6: Anordnung der Arbeiten und Baufläche – Bauphase 4 bis 6	30

Abkürzungsverzeichnis

A

AVV Baulärm Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm

B

BauGB Baugesetzbuch
BauNVO Baunutzungsverordnung
Bbf Betriebsbahnhof
BE Baustelleneinrichtung
Bf München Ost Bahnhof München Ostbahnhof Personenbahnhof
Bf Bahnhof
Bft Bahnhofsteil
BlmSchG Bundesimmissionsschutzgesetz
16. BlmSchV 16. Bundes-Immissionsschutz-Verordnung
BVerwG [Bundesverwaltungsgericht](#)
BW Betriebswerk

C

D

dB (A) Dezibel (A bewerteter Schallpegel)
DB AG Deutsche Bahn AG
DIN® Verbandzeichen des Deutschen Instituts für Normung e.V.

E

EBA Eisenbahn-Bundesamt
EBO Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung
EG Erdgeschoss
EN Euro-Norm
EU Europäische Union
EÜ Eisenbahnüberführung

F

Fpl Fahrplan
Fz Fußgängerzone (Nutzungsart) für Untersuchung nach AVV Baulärm

G

GE Gewerbegebiet (Nutzungsart) der AVV Baulärm
GG Grundgesetz
GOK Geländeoberkante

H

Hbf	Hauptbahnhof
HLP	Hbf – Laim - Pasing
Hp	Haltepunkt
HVZ	Hauptverkehrszeit
Hz	Einheit der Frequenz

I

IO	Immissionsort
----	---------------

K

L

L _{AFTm,5}	Taktmaximalpegel 5 sec
L _{WA}	Schallleistungspegel
LHM	Landeshauptstadt München
Ig	Dekadischer Logarithmus (Basis 10)

M

M	Maßstab
MI	Mischgebiet (Nutzungsart) der AVV Baulärm
MGI	Bft München Giesing
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MLEU	Bft München Leuchtenbergring
ML	Bf München Laim Pbf
MAMP	München Abzw. Max-Weber-Platz
MOPS	Bf München Ostbahnhof Pbf (S-Bahn)
MSTH	Bft München-Steinhausen
MVG	Münchner Verkehrsgesellschaft

N

NN	Normal Null
----	-------------

O

OG	Obergeschoss
OK	Oberkante
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr

P

Pbf	Personenbahnhof
PFA	Planfeststellungsabschnitt

R

R	Radius
Rbf	Rangierbahnhof
ROG	Raumordnungsgesetz
ROV	Raumordnungsverfahren
RW	Richtwert

S

Schall 03	Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen Schall 03 Ausgabe 1990
SBSS	S-Bahn-Stammstrecke
SO	Schienenoberkante
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SSK	Schallschutzklasse für Fenster (gemäß VDI 2719)
SSM	Schallschutzmaßnahmen
StMI	Bayerisches Staatsministerium des Innern
StMWIVT	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie
Stw	Stellwerk
SÜ	Straßenüberführung
SU	Straßenunterführung
S-V	Sondergebiet Verwaltung
S-Sch	Sondergebiet Schule
SVZ	Spätverkehrszeit
SWM	Stadtwerke München

T

TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
TÖB	Träger öffentlicher Belange

U

UG	Untergeschoss
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
UVR	Umweltverbundröhre (Straßenunterführung Laim)
UVU	Umweltverträglichkeitsuntersuchung
UW	Unterwerk
UZ 53	Umweltzeichen 53

V

v	Geschwindigkeit
---	-----------------

VDI Verband Deutscher Ingenieure
v_e, v (Entwurfs-) Geschwindigkeit
v_{max} Maximale Geschwindigkeit
VwVfG Verwaltungsverfahrensgesetz

W

WA Allgemeines Wohngebiet (Nutzungsart) der AVV Baulärm
WR Reines Wohngebiet (Nutzungsart) der AVV Baulärm

Z

ZOB Zentraler Omnibusbahnhof

1 Allgemeines

1.1 Projektbeschreibung

Das Projekt 2. S -Bahn-Stammstrecke Laim - Ostbahnhof / Leuchtenbergring umfasst den Neubau einer zweigleisigen elektrifizierten S-Bahn-Strecke zwischen den S-Bahnhöfen Laim und Ostbahnhof sowie eine zweigleisige elektrifizierte S-Bahn-Strecke zwischen der Abzweigstelle Max-Weber-Platz und dem S-Bahnhof Leuchtenbergring. Des Weiteren beinhaltet das Bauvorhaben zwei neue Stationen am Hauptbahnhof und am Marienhof, sowie den Umbau der bestehenden S-Bahnanlagen im Bahnhof Laim und im Ostbahnhof zwischen dem Bahnhofsteil Ostbahnhof (östliche Bahnsteigenden) und dem Bahnhofsteil Leuchtenbergring (vgl. auch Erläuterungsbericht Anlage 1).

1.2 Aufgabenstellung

Der gegenständliche Bericht enthält die ergänzende schalltechnische Untersuchung für den Baulärm im Bereich der Station Marienhof im Planfeststellungsabschnitt 2.

Bei der Durchführung von Baumaßnahmen ist eine Geräuscherzeugung durch Baumaschinen nicht vermeidbar. Gemäß dem Stand der Technik sind aber in jedem Fall Verfahren oder Geräte anzuwenden, die eine Minimierung der Lärmbelastung für die betroffene Nachbarschaft gewährleisten.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Schallwirkungen des Projektes im Sinne der gesetzlichen Regelungen an Hand der AVV Baulärm beurteilt. Für die Baustelle des Hp Marienhof wurden die einzelnen Bauphasen bestimmt und für die lauteste Bauphase die Beurteilungspegel an den angrenzenden Gebäuden bestimmt. Anhand dieser Berechnungsergebnisse wurden aktive und falls notwendig ergänzende passive Schallschutzmaßnahmen untersucht.

Die 5. Planänderung hat geometrische Veränderungen der Schlitzwandbaugrube und einen entsprechend angepassten Baustellenablauf auf der Baustelle Hp Marienhof (Bauwerksnummer 106.401) zum Gegenstand. Unabhängig davon hat die fortschreitende Ausführungsplanung ergeben, dass der in der Anlage 19.2.A der Planunterlagen vom 19.06.2009 prognostizierte Schalleistungspegel der eingesetzten Baumaschinen nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik dieser Baumaschinen entspricht. Die sich aus diesen Änderungen ergebenden Schallimmissionen bzw. Schutzmaßnahmen sind ab Punkt 7 dieser Untersuchung dargestellt.

1.3 Rechtliche Grundlagen – Baulärm

Die rechtlichen Grundlagen zur Beurteilung des Baulärms haben sich zwischenzeitlich nicht geändert. In Punkt 1.3 wurde der Hinweis auf den sogenannten „Eingreifwert“ gestrichen.

Grundlage für die Beurteilung der Schallimmissionen aus dem Baubetrieb ist die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm - Geräuschimmissionen (AVV Baulärm)“ [7]. In dieser sind der Geltungsbereich und die zu berücksichtigenden Immissionsrichtwerte festgelegt.

In Punkt 3.1.1 dieser Vorschrift sind folgende Immissionsrichtwerte festgelegt:

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

Tabelle 1: Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm

Als Nachtzeitraum gilt die Zeit von 20 Uhr bis 7 Uhr.

Der Immissionsrichtwert für die Nachtzeit ist ferner überschritten, wenn ein Messwert oder mehrere Messwerte den Immissionsrichtwert um mehr als 20 dB(A) überschreiten.

Die Zuordnung der Gebiete ist entsprechend den Festsetzungen in Bebauungsplänen zu entnehmen. Weicht die tatsächliche Nutzung erheblich von den Festsetzungen im Bebauungsplan ab oder ist kein Bebauungsplan vorhanden, so ist von der tatsächlichen Nutzung auszugehen.

Bei einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte um mehr als 5 dB(A) sollen Maßnahmen zur Minderung der Geräusche angeordnet werden. ~~Der um 5 dB(A) erhöhte Richtwert wird in den nachfolgenden Kapiteln „Eingreifwert“ genannt.~~ Folgende Maßnahmen kommen 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

Nach der AVV Baulärm ist der Wirkpegel der Geräusche einer Baumaschine nach dem Takt-maximalpegelverfahren ($L_{AFTm,5}$) mit einer Taktzeit von 5 Sekunden zu bilden.

Zur Bildung des Beurteilungspegels sieht die AVV Baulärm hinsichtlich der durchschnittlichen Betriebszeit einer Baumaschine bei Tage (07:00 – 20:00 Uhr) folgende Zeitkorrektur vor:

Betriebszeit	Zeitkorrektur
bis 2½ h	10 dB(A)
über 2½ h bis 8 h	5 dB(A)
über 8 h	0 dB(A)

und für den Nachtzeitraum (20:00 – 07:00 Uhr)

Betriebszeit	Zeitkorrektur
bis 2 h	10 dB(A)
über 2 h bis 6 h	5 dB(A)
über 6 h	0 dB(A)

Die Zeitkorrektur ist vom Wirkpegel abzuziehen.

TEIL A – UNTERSUCHUNG VOM 19.06.2009

In Teil A der Untersuchung 19.2B von Punkt 2 bis Punkt 5, sowie in den Anhängen 1 bis 6 werden keine Änderungen vorgenommen. Diese Punkte dokumentieren den Stand des mit Beschluss vom 24.08.2009 festgestellten Plans im PFA 2 und die Grundlage der auf Vorschlag des Bundesverwaltungsgerichts geschlossenen Vergleiche.

2 Baustelle Marienhof

2.1 Baustellenablauf

Für die Bauzeit bis zur Fertigstellung des Haltepunktes Marienhof sind nach derzeitigem Terminplan ca. 6 Jahre vorgesehen.

Aus Gründen der Ausbautechnologie kann auf die Durchführung von Nacht-, Sonn- und Feiertagsarbeiten für die Erstellung des Haltepunktes nicht verzichtet werden.

Nach dem vorliegenden Konzept für die Baulegistik (Anlage 1 und Anlage 14) lassen sich die unterschiedlichen Bautätigkeiten zum derzeitigen Planungsstand wie folgt beschreiben:

- Baustelleneinrichtung
- Herstellen und Betreiben von Grundwasserentspannungsbohrungen
- Voraushub
- Schlitzwandherstellung und Primärstützen
- Aushub / Herstellung Aussteifungsebenen
- Spritzbetonvortriebe der Bahnsteigröhren und Stollen
- Materialtransporte
- Tunnelausbau und Rohbau Stationsbauwerk
- Verfüllung Baugrube
- Baustellenräumung

Im Rahmen der Untersuchungen zur Erstellung der Planfeststellungsunterlagen (Anlage 19.1) wurde festgestellt, dass die Bauphase der Schlitzwandherstellung/Primärstützen als lauteste Bauphase anzusehen ist und die ergänzende schalltechnische Untersuchung sich auf diese Bauphase als „worst case“ Betrachtung konzentriert.

2.2 Emissionen – Haltepunkt Marienhof

In der nachfolgenden Tabelle werden die Schallemissionskennwerte für die berücksichtigten Baumaschinen bzw. Bauverfahren sowie deren Quellen dargestellt.

Die Emissionen und Messergebnisse von Baumaschinen werden in der Regel als Schallleistungspegel (L_{WA}) angegeben. Beim Schallleistungspegel handelt es sich um eine Kenngröße, welche die Schallabstrahlung in 1 Meter Entfernung beschreibt und Grundlage für nachfolgende Immissionsberechnungen bildet.

Die maximalen Schallleistungspegel für Erd- und Straßenbaumaschinen werden nach der Richtlinie 2000/14/EG [11] für ab dem 03. Januar 2002 zugelassene Maschinen der Stufe 1 wie folgt festgelegt:

(Hydraulik und Seil-) Bagger $L_{WA} = 83 + 11 \cdot \lg P$ [dB(A)]

Mobilkran $L_{WA} = 85 + 11 \cdot \lg P$ [dB(A)]

Planiermaschinen mit ca. 400 kW $L_{WA} = 87 + 11 \cdot \lg P$ [dB(A)]

Mit P als Antriebsleistung in kW bezogen auf $P_0=1$ kW.

Damit wird der Schallleistungspegel auf den oberen Grenzwert entsprechend dem Jahr der Inbetriebnahme der Maschine gelegt, womit man sich mit dem Ansatz der Schallemission auf der schalltechnisch ungünstigen und somit sicheren Seite befindet. Damit wird vorausgesetzt, dass es sich um Maschinen der Stufe 1 (Inbetriebnahme nach 3. Januar 2002) handelt.

Die Schalleistungspegel der Maschinen werden gemäß der vorliegenden Messberichte bzw. Richtlinien oder Verwaltungsvorschriften wie folgt angesetzt.

Lfd. Nr.	Baumaschine (Gerät / Fahrzeug) gemäß verschiedener Richtlinien [8,9,10,11,12, 15]	L _{WA} in dB(A)
1	Großdrehbohrgerät	119
2	Hydraulikbagger (70 kW)	103
3	Radlader an der Oberfläche	104
4	Mischanlagen für Bentonit	101
5	Bentonitpumpe	107
6	Schlitzwandfräse / -greifer (Herstellerangaben)	114
7	Separierungsanlage – Anlagenteil BE-250	104
8	Separierungsanlage – Anlagenteil GS-500	106

Tabelle 2: Zusammenstellung der für die Prognosemodelle verwendeten Baumaschinen und Bauverfahren mit dem angesetzten Schalleistungspegel L_{WA}

Die Beschreibung der Schallemissionen der Baufelder erfolgt über A-bewertete Schalleistungspegel einer Baumaschine im Einsatzfall bzw. während einer Bautätigkeit sowie unter Berücksichtigung etwaiger Abschlüge nach AVV Baulärm für die Einsatzzeiten. In den folgenden Tabellen sind die Schalleistungspegel der einzelnen Baumaschinen/-tätigkeiten zusammengestellt.

Nach Fertigstellung des Voraushubs und der oberen Verbauherstellung werden die Schlitzwände und die Primärstützen für den Haltepunkt Marienhof erstellt. Auf Grund des Herstellungsverfahrens und der notwendigen Tiefe wird die Erstellung der Schlitzwand auch im Nachtzeitraum notwendig sein bzw. über 20 Uhr hinausgehen. Im Rahmen der Schlitzwanderstellung sind parallele Arbeiten notwendig. Dabei handelt es sich um das Einbringen der Bewehrung und das Betonieren der Schlitzwand. Zusätzlich ist eine Separieranlage für den Aushub und eine Mischanlage für Bentonit notwendig.

Parallel zur Schlitzwanderstellung werden Primärstützen für die Auflagerung der Deckenscheiben erstellt. Für die Herstellung von Primärstützen wird ein Großdrehbohrgerät eingesetzt. Die Umsetzzeiten dieses Gerätes können im Vergleich zu den Bohrzeiten vernachlässigt werden. Gleichzeitig werden auch Betonierarbeiten an den Bohrlöchern durchgeführt.

Es wird insgesamt mit einer Dauer von ca. 4 Monaten für diesen Arbeitsschritt (Schlitzwand Hauptbaugrube Station) gerechnet.

2.2.1 Baumaschinen und Nebenanlagen

Im Rahmen der Schlitzwandherstellung und Primärfahlerstellung weisen die notwendigen Baumaschinen bzw. Anlagen unterschiedliche Betriebszeiten auf, welche nachfolgend beschrieben werden.

Die Schlitzwandfräse ist im Tageszeitraum (7 Uhr bis 20 Uhr) durchgängig in Betrieb. Da voraussichtlich im 2-Schichtbetrieb gearbeitet wird, wird die Schlitzwandfräse im Nachtzeitraum ca. 3 Stunden in Betrieb sein. Die Mischanlage für das Bentonit ist zeitgleich mit der Schlitzwandfräse in Betrieb. Die Bentonitpumpe und Separierungsanlage sind durchgängig in Betrieb.

Der Radlader dient der Entsorgung der Schlitzwandfräse und des Großdrehbohrgerätes. Die Einsatzzeiten werden mit bis zu 8 Stunden tags bzw. 2 Stunden nachts abgeschätzt. Der Seilbagger dient dazu, die vorgefertigte Bewehrung in die Schlitzwand bzw. das Bohrloch einzubringen. Als Einsatzzeiten werden bis zu 8 Stunden tags bzw. bis zu 6 Stunden nachts angenommen.

Das Großdrehbohrgerät ist nur während des Tageszeitraums bis zu 8 Stunden in Betrieb.

Um die Schlitzwände bzw. die Primärstützen zu betonieren, sind ca. 30 Lkw mit 7 m³ Beton pro Tag notwendig. Hierzu benötigt eine Betonpumpe mit einer Leistung von 60 m³/h ca. 3,5 h. Für die Berechnung wird angenommen, dass die Betonpumpe im Tageszeitraum bis zu 8 Stunden und im Nachtzeitraum bis zu 2 Stunden in Betrieb ist.

Nachfolgend ist die Schalleistungsbilanz inklusive Zeitkorrekturen nach AVV Baulärm in der Tageszeit (07:00 – 20:00 Uhr) und Nachtzeit (20:00 – 7:00 Uhr) dargestellt.

Alle Schalleistungspegel L_{WA} sind ganzzahlig gerundet.

Arbeitsgerät / Bauverfahren	L_{WA} dB(A)	Einwirk- zeit t_E h	Zeitkorrek- tur dB	An- zahl	Anzahl- korrek- tur dB	Wirkpe- gel $L_{WA,r}$ dB(A)	Höhe der Quelle über Gelände
Schlitzwandfräse	114	13	0	1	0	114	3,0 m
Radlader	109	2,5 - 8	-5	1	0	104	2,0 m
Mischanlage	101	13	0	1	0	101	1,0 m
Bentonitpumpe	107	13	0	1	0	107	1,0 m
Separierungsan- lage BE-250	104	13	0	2	3	107	2,5 m
Separierungsan- lage GS-500	106	13	0	1	0	106	4,1 m
Betonpumpe	107	2,5 - 8	-5	1	0	102	4,0 m
Seilbagger	103	2,5 - 8	-5	1	0	98	3,0 m
Großdrehbohrge- rät	119	2,5 - 8	-5	1	0	114	3,0 m

Tabelle 3: Baumaschinen - Tageszeitraum

Arbeitsgerät / Bauverfahren	L_{WA} dB(A)	Einwirk- zeit t_E h	Zeitkorrek- tur dB	An- zahl	Anzahl- korrek- tur dB	Wirkpe- gel $L_{WA,r}$ dB(A)	Höhe der Quelle über Gelände
Schlitzwandfräse	114	2 – 6	-5	1	0	99	3,0 m
Radlader	109	bis 2	-10	1	0	99	2,0 m
Mischanlage	101	2 – 6	-5	1	0	96	1,0 m
Bentonitpumpe	107	11	0	1	0	107	1,0 m
Separierungsan- lage BE-250	104	11	0	2	3	107	2,5 m
Separierungsan- lage GS-500	106	11	0	1	0	106	4,1 m
Betonpumpe	107	bis 2	-10	1	0	97	4,0 m
Seilbagger	103	2 - 6	-5	1	0	98	3,0 m
Großdrehbohrge- rät	119	nicht in Betrieb	--	--	--	--	3,0 m

Tabelle 4: Baumaschinen - Nachtzeitraum

2.2.2 Versorgung der Baustelle mit Baumaterial

Die Baustelle des Haltepunktes Marienhof wird mittels Lkw über den Hofgraben ver- und entsorgt. Die Anlieferung der Bewehrung erfolgt über die Maffeistraße. Insgesamt wird ein durchschnittliches Aufkommen von 65 Lkw zur Ver- und Entsorgung der Baustelle zzgl. 6 Lkw pro Tag für die notwendige Bewehrung (Schlitzwand und Primärstützen) erwartet.

Der Schallemissionspegel wurde nach RLS-90 [2] unter der Annahme berechnet, dass ausschließlich schwere Lkw verkehren. Hierzu wurde folgende Berechnungsformel [3] für einen Lkw/h verwendet:

$$L_{m,e} = 24,6 + 12,5 \cdot \lg(v)$$

Als Geschwindigkeit wurde für alle Lkw 30 km/h auf und außerhalb der Baustelle angesetzt.

Nachfolgend ist die Aufteilung in den Tages- und Nachtzeitraum für die Teilvorgänge angegeben:

Versorgung mit Beton

Für die Versorgung mit Beton sind während des 2-Schicht-Betriebs insgesamt 30 Lkw notwendig. Unter Berücksichtigung der Verteilung von 25 Lkw tags bzw. 5 Lkw nachts und einer Geschwindigkeit von 30 km/h ergibt sich nachfolgender Emissionspegel:

	Anzahl Lkw	$L_{m,e}$ in dB(A)
Tag (7 – 20 Uhr)	25	45,9
Nacht (20 – 7 Uhr)	5	39,7

Tabelle 5: Emissionspegel Versorgung Beton

Allgemeine Versorgung der Baustelle

Für die allgemeine Versorgung der Baustelle sind insgesamt 10 Lkw im Tageszeitraum notwendig. Unter Berücksichtigung einer Geschwindigkeit von 30 km/h ergibt sich nachfolgender Emissionspegel:

	Anzahl Lkw	$L_{m,e}$ in dB(A)
Tag (7 – 20 Uhr)	10	42,0
Nacht (20 – 7 Uhr)	-	-

Tabelle 6: Emissionspegel Allgemeine Versorgung

Entsorgung des Aushubs

Für die Entsorgung des Aushubs sind während des 2-Schicht-Betriebs insgesamt 25 Lkw notwendig. Unter Berücksichtigung der Verteilung von 20 Lkw tags bzw. 5 Lkw nachts und einer Geschwindigkeit von 30 km/h ergibt sich nachfolgender Emissionspegel:

	Anzahl Lkw	L _{m,e} in dB(A)
Tag (7 – 20 Uhr)	20	45,0
Nacht (20 – 7 Uhr)	5	39,7

Tabelle 7: Emissionspegel Entsorgung Aushub

Versorgung mit Bewehrung

Für die Versorgung mit Bewehrung für die Schlitzwände und Primärstützen sind während des 2-Schicht-Betriebs insgesamt 6 Lkw notwendig. Unter Berücksichtigung der Verteilung von 5 Lkw tags bzw. 1 Lkw nachts und einer Geschwindigkeit von 30 km/h ergibt sich nachfolgender Emissionspegel:

	Anzahl Lkw	L _{m,e} in dB(A)
Tag (7 – 20 Uhr)	5	39,0
Nacht (20 – 7 Uhr)	1	32,7

Tabelle 8: Emissionspegel Versorgung Bewehrung

Die Versorgung mit Bewehrung erfolgt über die Maffeistraße.

2.3 Berechnungsverfahren

In der AVV Baulärm ist keine Angabe bzgl. der Schallausbreitungsberechnung angegeben. Die Schallausbreitung wird analog zu den Berechnungsvorschriften der TA Lärm [14] durchgeführt.

Die Berechnung der Geräuschimmissionen erfolgt mit EDV-Unterstützung. Hierzu wird über das Untersuchungsgebiet ein rechtwinkliges Koordinatensystem gelegt. Die Koordinaten aller schalltechnisch relevanten Elemente werden dreidimensional in die EDV-Anlage eingegeben. Dies sind im vorliegenden Fall:

- Straßen;
- Linien- und Flächenschallquellen;
- Abschirmkanten;
- bestehende und geplante Gebäude; sie werden einerseits als Abschirmkanten berücksichtigt; zum anderen wirken die Fassaden schallreflektierend (angenommener Reflexionsverlust 2 dB für gegliederte Fassade);
- Immissionsorte

Dabei werden linienförmige Elemente durch Geradenstücke angenähert. Flächen werden durch Polygonzüge nachgebildet. Das eingesetzte Programm unterteilt die Schallquellen in Teilstücke bzw. -flächen, deren Ausdehnungen klein gegenüber dem jeweiligen Abstand zum Immissionsort sind und die daher als Punktschallquellen behandelt werden können.

Das Gelände ist im Wesentlichen eben.

Bei der Ausbreitungsrechnung werden die Pegelminderungen durch

- Abstandsvergrößerung und Luftabsorption,
- Boden- und Meteorologiedämpfung und
- Abschirmung – z.B. durch bestehende Gebäude (Berücksichtigung auch der Beugung seitlich um Hindernisse herum)

erfasst. Die Pegelzunahme durch Reflexionen an den eingegebenen Gebäuden wird für alle Geräuscharten bis zur 3. Ordnung berücksichtigt.

Die Ausbreitungsrechnung für Baulärmgeräusche erfolgt entsprechend den Vorschriften der Norm DIN ISO 9613-2 [13] unter folgenden Randbedingungen:

- die Bodendämpfung wird nach Kap. 7.3.2. der Norm DIN ISO 9613-2 („alternatives Verfahren“) ermittelt;

- der standortbezogene Korrekturfaktor wird mit $C_0 = 2$ dB angesetzt;
- es wird eine Schwerpunktsfrequenz von 500 Hz angesetzt.

2.4 Lageplanskizze der Emissionsquellen

Um die Lage der einzelnen Emissionsquellen zu beschreiben, wurden diese in der nachfolgenden Skizze dargestellt:

- A: Schlitzwandfräse (Voraushubebene: – 3 m)
- B: Seillager (Voraushubebene: – 3 m)
- C: Großdrehbohrgerät (Voraushubebene: – 3 m)
- D: Mischanlage
- E: Separierungsanlage
- F: Bentonitpumpe
- G: Betonpumpe

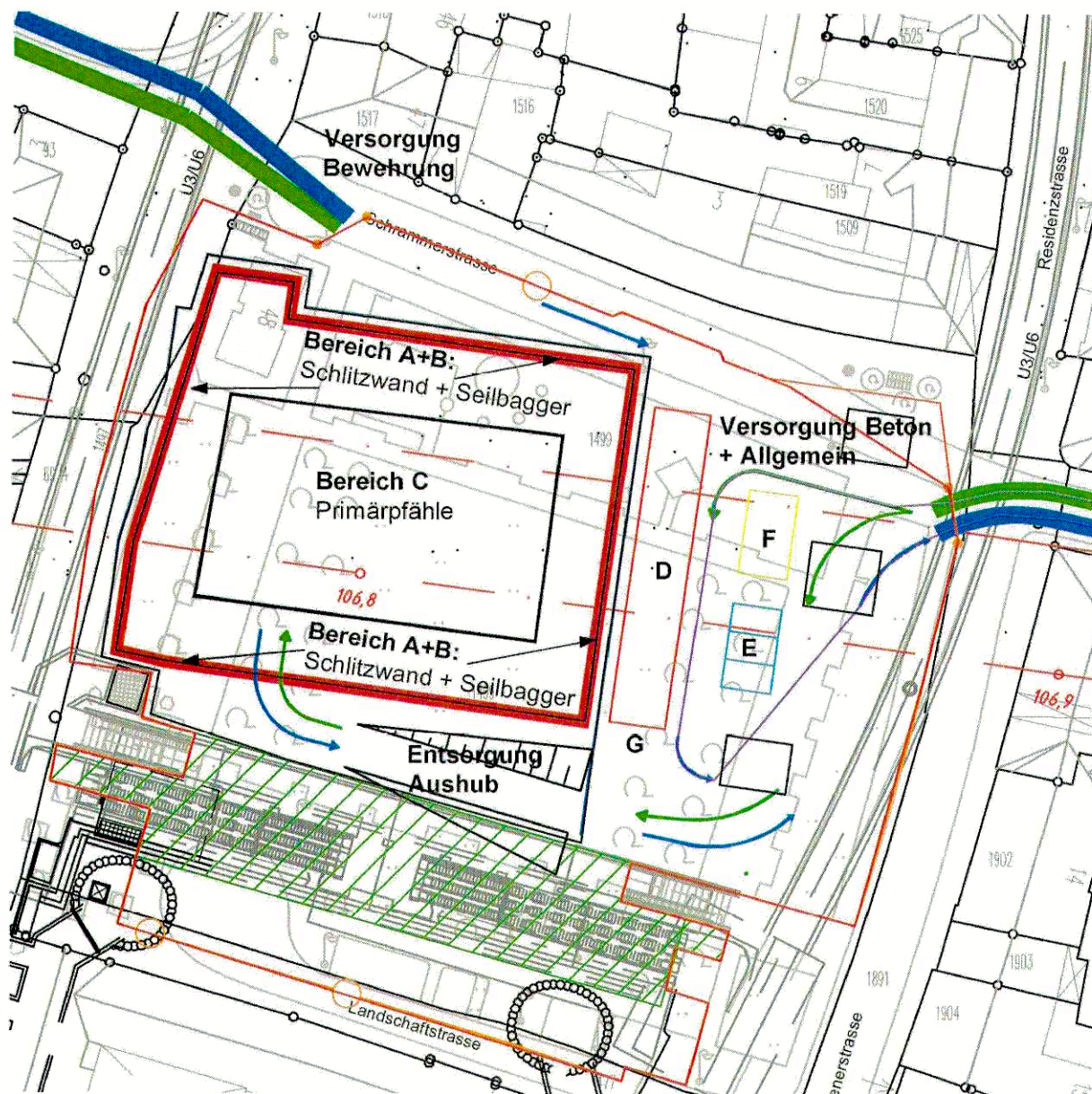


Abbildung 1: Lageplanskizze der Emissionsquellen

2.5 Immissionsorte

Für die Berechnungen der Beurteilungspegel aus der Baustelle Hp Marienhof wurden an den nächstgelegenen Gebäuden Immissionsorte (IO 1 – IO 77) für die jeweiligen Geschosse angeordnet. Zusätzlich wurden auf den Gehwegen Immissionsorte (IO 100 – IO 152) in 2 m Höhe festgelegt, um die Belastungen für Fußgänger zu bestimmen.

In der nachfolgenden Abbildung sind die Immissionsorte dargestellt.

- Immissionsorte blau: Fassade
- Immissionsorte rot: Gehweg



Abbildung 2: Lageplanskizze der Immissionsorte

3 Schallimmissionen

Die nachfolgend aufgeführten Berechnungen mit der Prüfung von möglichen Schallschutzmaßnahmen dienen der Konkretisierung der Schallbelastungen im Planfeststellungsverfahren und stellen gegenüber der Anlage 19.1 eine Verfeinerung des Berechnungsmodells da, weil die Erkenntnisse der Ausführungsplanung berücksichtigt werden konnten.

Da die Schlitzwandfräse und der Seilbagger zum Einbringen der Bewehrung sich entlang der Schlitzwand bewegen, wurden Berechnungen für alle vier Seiten der Schlitzwand durchgeführt. Die nachfolgenden Auswertungen beziehen sich auf den jeweiligen Maximalwert für die einzelnen Immissionsorte. Da die Schlitzwandfräse während der Bauphase in Bewegung ist, wird dieser Zustand nur kurzfristig anhalten. Somit findet eine „worst-case“ Betrachtung der Immissionsbelastung statt.

3.1 Berechnungsergebnisse ohne Schallschutzmaßnahmen

Wie die Ergebnisse der Berechnung ohne Schallschutz zeigen, werden die Richtwerte der AVV Baulärm im Tageszeitraum an 410 Geschossen und im Nachtzeitraum an 457 Geschossen überschritten. Die maximale Überschreitung beträgt 20,9 dB(A) tags bzw. 30,5 dB(A) nachts. Der maximale Beurteilungspegel beträgt 81 dB(A) tags bzw. 76 dB(A) nachts am Immissionsort 25 – Weinstr. 12, Ostfassade im Erdgeschoss.

Bei insgesamt 309 Geschossen tags und 451 Geschossen nachts sind auch die Eingreifwerte überschritten, so dass gemäß AVV Baulärm Maßnahmen zur Minderung der Schallimmissionen ergriffen werden sollen.

Für den Bereich der Gehwege wurde untersucht, ob die Richtwerte der AVV Baulärm während des Tageszeitraumes eingehalten werden. Es wurde festgestellt, dass die Richtwerte tags an 47 Immissionsorten und die Eingreifwerte tags an 34 Immissionsorten überschritten sind. Der maximale Beurteilungspegel beträgt 85 dB(A) im Bereich der Weinstraße.

Die detaillierten Ergebnisse der Berechnung ohne Schallschutzmaßnahmen sind in Anhang 1 dieser Untersuchung dargestellt.

3.2 Schallminderungsmaßnahmen für Baustelle Hp Marienhof

Wie aus Kapitel 3.1 ersichtlich, werden während der Herstellung der Schlitzwand und Primärstützen an fast allen Immissionsorten im Bereich des Marienhofes die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm um deutlich mehr als 5 dB(A) überschritten. Dies liegt an den teils sehr geringen Abständen zu den kritischsten Immissionsorten.

Der Einsatz von lärmarmen Baumaschinen ist für diese Bauphase nur bedingt möglich. Für die Umgebung ist sowohl die Schlitzwandfräse, als auch das Großbohrdrehgerät pegelbestimmend. Gerade bei diesen Geräten ist eine Kapselung der Geräuschquellen nur schwer möglich. Bei einem vom Hersteller der Schlitzwandfräse übergebenen Datenblatt[12], wurde auch die Wirksamkeit von Dämpfungsmatten angegeben. Dabei wurde festgestellt, dass eine Pegelminderung von ca. 3 dB(A) erreicht werden kann. Bei einer Überschreitung von 20 bis 30 dB(A) ist dies nicht ausreichend. Für die weiteren Untersuchungen wurde diese Dämpfung nicht angesetzt. Es sollte jedoch versucht werden, möglichst geräuscharme Baumaschinen zu verwenden.

Durch eine Einschränkung der Betriebszeiten der sehr lauten Baumaschinen kann eine Reduzierung der Beurteilungspegel bewirkt werden. Allerdings verlängert sich dann die Gesamtbauzeit und damit auch die Dauer der Lärmbelastung entsprechend, daher ist diese Maßnahme nicht als zielführend anzusehen.

Falls Überschreitungen nicht vermieden werden können, ist zu prüfen, ob durch aktive Schallschutzmaßnahmen, wie Einhausungen, temporäre Schallschutzwände usw. eine Einhaltung möglich ist. Dabei ist die Verhältnismäßigkeit der Schallschutzmaßnahmen in Bezug auf den Schutzzweck analog § 41 Abs. 2 BImSchG zu berücksichtigen. Kann auch durch aktive Schallschutzmaßnahmen eine Überschreitung der Richtwerte und Eingreifwerte nicht verhindert werden bzw. ist die Verhältnismäßigkeit nicht gegeben, so müssen passive Schallschutzmaßnahmen oder andere geeignete Schutzmaßnahmen ergriffen werden.

In den nachfolgenden Kapiteln wurden die Auswirkungen temporärer Schallschutzmaßnahmen (Wände) mit einer Höhe von 3 bis 6 m über Gelände untersucht. Diese Schallschutzwand wurde anstelle des ohnehin notwendigen Bauzaunes angeordnet. Da der Bauzaun mindestens eine Höhe von 3 m über Gelände aufweist, wurde ein Ersatz des Bauzaunes durch eine Schallschutzwand mit einer Höhe von weniger als 3 m nicht untersucht.

Die Zufahrt für die Ver- und Entsorgung wurde als geschlossenes Tor berücksichtigt. Beim Öffnen dieser Tore sind im Nahbereich Pegelerhöhungen zu erwarten. Da die Öffnungszeiten der Tore nicht dauerhaft sind und die Lkw-Fahrten außerhalb der eigentlichen Baustelle

auf den Zu- und Abfahrten in der Berechnung berücksichtigt wurden, ist eine zusätzliche Berechnung mit geöffneten Tor nicht notwendig.

Bei den Berechnungen wurde die Schallschutzwand als hochabsorbierend angesetzt, um zusätzliche Reflexionen zu verhindern.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Schallschutzwand anstelle des notwendigen Bauzaunes eingezeichnet.

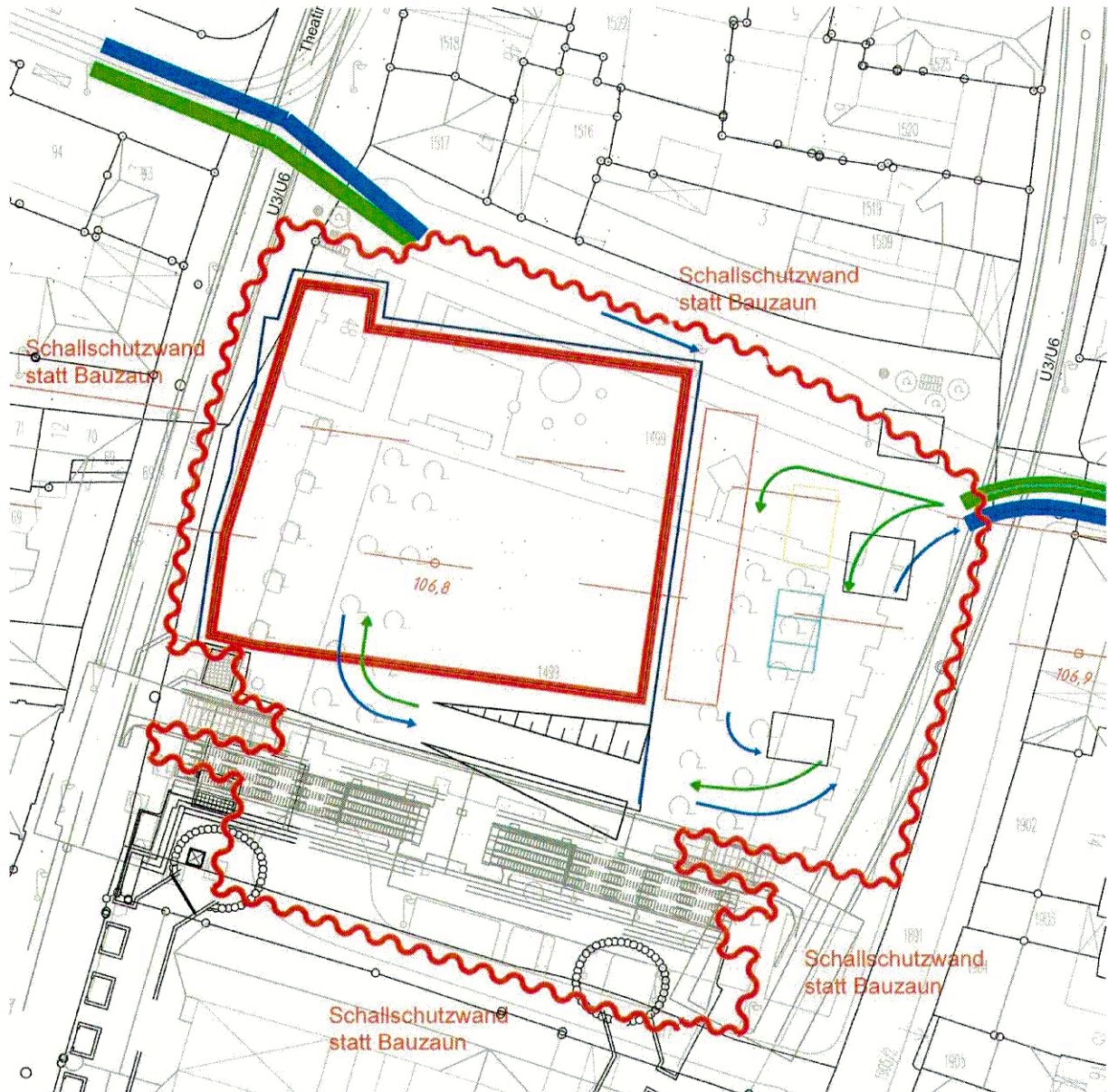


Abbildung 3: Lageplanskizze der Schallschutzwand

3.3 Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 3 m

Bei Anordnung einer Schallschutzwand mit 3 m Höhe über Gelände anstelle eines Bauzaunes ergibt sich eine maximale Pegelminderung im Erdgeschoss von 7,4 dB(A) tags bzw. 7,6 dB(A) nachts. In einzelnen Obergeschossen sind durch Reflexionen an der Schallschutzwand geringfügige Pegelerhöhungen von bis zu 0,3 dB(A) zu beobachten.

Wie die Ergebnisse der Berechnung zeigen, werden die Richtwerte der AVV Baulärm im Tageszeitraum an 397 Geschossen und im Nachtzeitraum an 457 Geschossen überschritten. Die maximale Überschreitung beträgt 20,1 dB(A) tags bzw. 29,7 dB(A) nachts. Der maximale Beurteilungspegel beträgt 81 dB(A) tags bzw. 75 dB(A) nachts am Immissionsort 51 – Schrammerstr. 3 Südfassade im 1.OG.

Bei insgesamt 293 Geschossen tags und 438 Geschossen nachts sind auch die Eingreifwerte überschritten, so dass gemäß AVV Baulärm weitere Maßnahmen zur Minderung der Schallimmissionen gegriffen werden sollten.

Für den Bereich der Gehwege wurde untersucht, ob die Richtwerte der AVV Baulärm während des Tageszeitraumes eingehalten werden. Es wurde festgestellt, dass die Richtwerte tags an 44 Immissionsorten und die Eingreifwerte tags an 31 Immissionsorten, bei 53 untersuchten Berechnungspunkten, überschritten sind. Der maximale Beurteilungspegel beträgt 73 dB(A) im Bereich der Weinstraße und Schrammerstraße.

Die detaillierten Ergebnisse der Berechnung mit Schallschutzwand und einer Höhe von 3 m sind in Anhang 2 dieser Untersuchung dargestellt.

3.4 Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 4 m

Bei Anordnung einer Schallschutzwand mit 4 m Höhe über Gelände anstelle eines Bauzaunes ergibt sich eine maximale Pegelminderung im Erdgeschoss von 10,2 dB(A) tags bzw. 10,6 dB(A) nachts. In einzelnen Obergeschossen sind durch Reflexionen an der Schallschutzwand geringfügige Pegelerhöhungen von bis zu 0,3 dB(A) zu beobachten.

Wie die Ergebnisse der Berechnung zeigen, werden die Richtwerte der AVV Baulärm im Tageszeitraum an 386 Geschossen und im Nachtzeitraum an 457 Geschossen überschritten. Die maximale Überschreitung beträgt 20,1 dB(A) tags bzw. 29,7 dB(A) nachts. Der maximale Beurteilungspegel beträgt 81 dB(A) tags bzw. 75 dB(A) nachts am Immissionsort 51 – Schrammerstr. 3 Südfassade im 1.OG.

Bei insgesamt 278 Geschossen tags und 447 Geschossen nachts sind auch die Eingreifwerte überschritten, so dass gemäß AVV Baulärm weitere Maßnahmen zur Minderung der Schallimmissionen gegriffen werden sollten.

Für den Bereich der Gehwege wurde untersucht, ob die Richtwerte der AVV Baulärm während des Tageszeitraumes eingehalten werden. Es wurde festgestellt, dass die Richtwerte tags an 40 Immissionsorten und die Eingreifwerte tags an 25 Immissionsorten, bei 53 untersuchten Berechnungspunkten, überschritten sind. Der maximale Beurteilungspegel beträgt 70 dB(A) im Bereich der Weinstraße.

Die detaillierten Ergebnisse der Berechnung mit Schallschutzwand und einer Höhe von 4 m sind in Anhang 3 dieser Untersuchung dargestellt.

3.5 Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 5 m

Bei Anordnung einer Schallschutzwand mit 5 m über Gelände anstelle eines Bauzaunes ergibt sich eine maximale Pegelminderung im Erdgeschoss von 12,5 dB(A) tags bzw. 12,6 dB(A) nachts. In einzelnen Obergeschossen sind durch Reflexionen an der Schallschutzwand geringfügige Pegelerhöhungen von bis zu 0,8 dB(A) zu beobachten.

Wie die Ergebnisse der Berechnung zeigen, werden die Richtwerte der AVV Baulärm im Tageszeitraum an 380 Geschossen und im Nachtzeitraum an 457 Geschossen überschritten. Die maximale Überschreitung beträgt 19,6 dB(A) tags bzw. 29,3 dB(A) nachts. Der maximale Beurteilungspegel beträgt 80 dB(A) tags bzw. 75 dB(A) nachts am Immissionsort 51 – Schrammerstr. 3 Südfassade im 2.OG. Gegenüber einer Schallschutzwand mit 4 m über Gelände können die Beurteilungspegel in den unteren Geschossen zusätzlich um bis zu 3,5 dB(A) abgesenkt werden.

Bei insgesamt 261 Geschossen tags und 447 Geschossen nachts sind auch die Eingreifwerte überschritten, so dass gemäß AVV Baulärm weitere Maßnahmen zur Minderung der Schallimmissionen gegriffen werden sollten.

Für den Bereich der Gehwege wurde untersucht, ob die Richtwerte der AVV Baulärm während des Tageszeitraumes eingehalten werden. Es wurde festgestellt, dass die Richtwerte tags an 38 Immissionsorten und die Eingreifwerte tags an 19 Immissionsorten, bei 53 untersuchten Berechnungspunkten, überschritten sind. Der maximale Beurteilungspegel beträgt 68 dB(A) im Bereich der Schrammerstraße.

Die detaillierten Ergebnisse der Berechnung mit Schallschutzwand und einer Höhe von 5 m sind in Anhang 4 dieser Untersuchung dargestellt.

3.6 Berechnungsergebnisse mit Schallschutzwand – 6 m

Bei Anordnung einer Schallschutzwand mit 6 m über Gelände anstelle eines Bauzaunes ergibt sich eine maximale Pegelminderung im Erdgeschoss von 15,1 dB(A) tags bzw. nachts. In einzelnen Obergeschossen sind durch Reflexionen an der Schallschutzwand geringfügige Pegelerhöhungen von bis zu 0,5 dB(A) zu beobachten.

Wie die Ergebnisse der Berechnung zeigen, werden die Richtwerte der AVV Baulärm im Tageszeitraum an 334 Geschossen und im Nachtzeitraum an 457 Geschossen überschritten. Die maximale Überschreitung beträgt 19,4 dB(A) tags bzw. 29,1 dB(A) nachts. Der maximale Beurteilungspegel beträgt 80 dB(A) tags bzw. 75 dB(A) nachts am Immissionsort 51 – Schrammerstr. 3 Südfassade im 2.OG. Gegenüber einer Schallschutzwand mit 5 m über Gelände können die Beurteilungspegel in den unteren Geschossen weiter um bis zu 4,0 dB(A) abgesenkt werden.

Bei insgesamt 231 Geschossen tags und 438 Geschossen nachts sind auch die Eingreifwerte überschritten, so dass gemäß AVV Baulärm weitere Maßnahmen zur Minderung der Schallimmissionen gegriffen werden sollten.

Für den Bereich der Gehwege wurde untersucht, ob die Richtwerte der AVV Baulärm während des Tageszeitraumes eingehalten werden. Es wurde festgestellt, dass die Richtwerte tags an 37 Immissionsorten und die Eingreifwerte tags an 7 Immissionsorten, bei 53 untersuchten Berechnungspunkten, überschritten sind. Der maximale Beurteilungspegel beträgt 66 dB(A) an den angrenzenden Straßen.

Die detaillierten Ergebnisse der Berechnung mit Schallschutzwand und einer Höhe von 6 m sind in Anhang 5 dieser Untersuchung dargestellt.

3.7 Beurteilung der aktiven Schallschutzmaßnahmen

Wie in den Kapiteln 3.3 bis 3.6 beschrieben und in den Anhängen 2 bis 5 dargestellt führt eine Schallschutzwand anstelle des vorgesehenen Bauzaunes zu Pegelminderungen bis 15,1 dB(A) in den unteren Geschossen. Dabei ist die Verhältnismäßigkeit der Schallschutzmaßnahmen in Bezug auf den Schutzzweck analog § 41 Abs. 2 BImSchG zu berücksichtigen. Hierzu wurden umfangreiche Auswertungen der Ergebnisse vorgenommen. Auf Grundlage dieser Ergebnisse sollte bei Verwirklichung einer Schallschutzwand anstelle eines Bauzaunes eine Höhe von 3 m vorgesehen werden.

Nachfolgend sind die wichtigsten Ergebnisse aufgeführt:

- Durch eine Schallschutzwand (Länge ca. 515 m) von 3 m kann der Grenzwert für Lärmsanierung (Mischgebiet 72 dB(A) tags bzw. 62 dB(A) nachts) am Tage bei 340 Geschossen und in der Nacht bei 206 Geschossen bei insgesamt 461 berechneten Geschossen eingehalten werden. Erhöht man die Schallschutzwand auf 6 m, so werden nur bei 28 zusätzlichen Geschossen im Tageszeitraum die Lärmsanierungsgrenzwerte eingehalten.
- Der Eingreifwert für die der Gehwege werden zwar um bis zu 7 dB(A) überschritten, die Lärmsanierungsgrenzwerte im Tageszeitraum jedoch nur an 2 Stellen um maximal 1 dB(A)
- An passiven Schallschutzmaßnahmen (Details siehe Kapitel 3.8) werden ca. 108 T€ eingespart, bei Kosten von ca. 464 T€ ($515 \text{ m} * 300 \text{ €/m}^2 * 3 \text{ m}$) für die Schallschutzwand.
- Durch die Begrenzung der Schallschutzwand wird sichergestellt, dass keine übermäßige Verschattung stattfindet und die Belüftung der Bebauung nicht gestört wird. Eine Beeinträchtigung des Stadtbildes findet nicht statt, da der sowieso notwendige Bauzaun ebenfalls eine Höhe von 3 m aufweisen muss.

3.8 Passive Schallschutzmaßnahmen

Trotz aktiver Schallschutzmaßnahmen mit 3 m über Gelände ist eine Überschreitung der Richtwerte und Eingreifwerte weiter gegeben und es müssen passive Schallschutzmaßnahmen ergriffen werden.

Da konkrete passive Schallschutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der Nutzung, Bausubstanz und individuellen Beurteilungspegel für jedes Geschoss gesondert bestimmt werden müssen, werden im Rahmen dieser Untersuchung pauschale Annahmen und Lärmpegelbereiche gemäß DIN 4109 [4] herangezogen.

In Anhang 6 sind die Ergebnisse der Berechnung für eine Schallschutzwand mit 3 m Höhe und die dazugehörigen Lärmpegelbereiche mit und ohne Schallschutz angegeben. Da im Bereich des Marienhofes nur vereinzelt Wohnnutzung vorliegt, wurden die Zuweisung der Lärmpegelbereiche bei Überschreitung der Eingreifwerte im Tageszeitraum vorgenommen.

Unter der Annahme folgender Standardabmessungen

- Büro- und Gewerberaum mit 25 m² (5*5m) mit einem Fensteranteil von 60 %; Innenpegel 37 dB(A)

wurden die notwendigen Schallschutzfensterklassen gemäß VDI 2719 abgeschätzt.

Lärmpegelbereich gemäß DIN 4109	Ohne Schallschutzmaßnahmen		Mit Schallschutzmaßnahmen – 3 m	
	Büro / Gewerbe		Büro / Gewerbe	
	Anzahl	SSK	Anzahl	SSK
I	-	-	-	-
II	-	-	-	-
III	-	-	-	-
IV	114	2	121	2
V	131	3	119	3
VI	62	4	52	4
VII	2	5	1	5

Tabelle 9: Gegenüberstellung Lärmpegelbereich – Schallschutzklassen von Fenstern

Wie die obige Tabelle zeigt, kann durch die empfohlene Schallschutzmaßnahme eine Verschiebung der notwendigen Schallschutzklassen erreicht werden. Bei insgesamt 16 Geschossen entfällt der Anspruch auf passiven Schallschutz. Dies kann auch monetär betrachtet werden, wenn man den Schallschutzklassen standardisierte Aufwendungen zuordnet.

Dabei wird für jedes betroffene Geschoss eine Wohneinheit angesetzt.

Es werden dabei folgende Ansätze berücksichtigt:

	Schallschutz- klasse	Betrag in € pro Wohnein- heit	Bemerkung
Büro / Gewerbe	2	1 250	Verbesserung einzelner Umfassungs- bauteile
	3	3 750	Austausch einzelner Fenster
	4	6 250	Austausch von mehreren Fenstern
	5	10 000	Umfangreiche Schutzmaßnahmen

Tabelle 10: Standardisierte Aufwendungen für passive Schallschutzmaßnahmen
 Unter Berücksichtigung der in Tabelle 10 dargestellten Aufwendungen für passive Schallschutzmaßnahmen ergeben sich folgende Kosten für Maßnahmen ohne und mit Berücksichtigung einer Schallschutzwand von 3 m über Gelände:

	Schallschutz- klasse	Kosten in € pro Wohneinheit	Anzahl Wohnein- heit	Kosten in €
Büro / Gewerbe	2	1 250	114	142 500
	3	3 750	131	491 250
	4	6 250	62	387 500
	5	10 000	2	20 000
Gesamtkosten				1 041 250

Tabelle 11: Geschätzte Kosten für passiven Schallschutz ohne aktive Schallschutzmaßnahmen

	SSK	Kosten in € pro Wohnein- heit	Anzahl Wohnein- heit	Kosten in €
Büro / Gewerbe	2	1 250	121	151 250
	3	3 750	119	446 250
	4	6 250	52	325 000
	5	10 000	1	10 000
Gesamtkosten				932 500

Tabelle 12: Geschätzte Kosten für passiven Schallschutz mit aktiver Schallschutzmaßnahme

Wie in der Tabelle 11 und 12 ersichtlich, kann unter den getroffenen Annahmen durch eine Schallschutzwand mit 3 m über Gelände eine Summe von ca. 108 T€ für den passiven Schallschutz eingespart werden.

4 Maßnahmen zur Geräuscheminderung

Wie unter Punkt 1.3 dargestellt, kommen gemäß AVV Baulärm verschiedene Maßnahmen zur Verminderung bzw. zur Vermeidung von Geräuschimmissionen bei Überschreitung der Eingreifwerte in Betracht.

Wie in Tabelle 3 unter Punkt 2.2.1 dargestellt, stellt das Großdrehbohrgerät zur Herstellung der Primärstützen eines der Hauptlärmquellen dar. Als alternatives Bauverfahren ist als Ersatz des Großdrehbohrgerätes auch eine Schlitzwandfräse denkbar. Die akustischen Ausgangsemissionen einer Schlitzwandfräse sind zwar um 5 dB(A) geringer, jedoch ist bei diesem Bauverfahren eine Einsatzzeit von voraussichtlich mehr als 8 Stunden pro Arbeitstag notwendig, so dass dieses Herstellungsverfahren zu den gleichen Schallbelastungen führt und akustisch als gleichwertig anzusehen ist.

Neben alternativen Bauverfahren ist auch die Beschränkung der Betriebszeiten lauter Baumaschinen eine Möglichkeit zur Verringerung der Geräuschimmissionen. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass dies eine Verlängerung der Bauzeit und somit der Belastung der Anwohner zur Folge hat.

Zusammenfassung

Der gegenständliche Bericht enthält die ergänzende schalltechnische Untersuchung für den Baulärm im Bereich der Station Marienhof im Planfeststellungsabschnitt 2.

Bei der Durchführung von Baumaßnahmen ist eine Geräuscherzeugung durch Baumaschinen nicht vermeidbar. Gemäß dem Stand der Technik sind aber in jedem Fall Verfahren oder Geräte anzuwenden, die eine Minimierung der Lärmbelastung für die betroffene Nachbarschaft gewährleisten.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Schallwirkungen des Projektes im Sinne der gesetzlichen Regelungen anhand der AVV Baulärm beurteilt. Für die Baustelle des Hp Marienhof wurden für die lauteste Bauphase die Beurteilungspegel an den angrenzenden Gebäuden bestimmt und aktive und falls notwendig ergänzende passive Schallschutzmaßnahmen bestimmt.

Es wurde als aktive Schallschutzmaßnahmen eine Schallschutzwand anstelle eines Bauzaunes mit einer Höhe von 3 m, 4 m, 5 m und 6 m untersucht.

Unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit analog des § 41 Abs. 2 BImSchG kann durch eine 3 m hohe Schallschutzwand eine, vor allem in den Untergeschossen und Gehwegen, spürbare Pegelminderung von bis zu 7,6 dB(A) erzielt werden. Für die verbleibenden Überschreitungen der Eingreifwerte sollten passive Schallschutzmaßnahmen vorgesehen werden.

Da in den anderen Bauphasen zur Erstellung des Hp Marienhof um bis zu 10 dB(A) geringere Emissionspegel zu erwarten sind, wird durch die vorgesehene Schallschutzwand und den ergänzenden passiven Schallschutz sichergestellt, dass keine schädlichen Umwelteinwirkung durch die Baustelle zu erwarten ist.

Diese Untersuchung umfasst 36 Seiten und 6 Anhänge.

OBERMEYER Planen + Beraten GmbH

Institut für Umweltschutz und Bauphysik



Dr. rer. nat. W. Herrmann



Dipl.-Ing. (FH) M. Schweiger

TEIL B – ÄNDERUNGEN GEGENÜBER DER UNTERSUCHUNG VOM 16.09.2009

5 Vergleiche vor dem BVerwG

Im Rahmen der vor dem Bundesverwaltungsgericht geschlossenen Vergleiche wurde die an der Baustelle Marienhof vorgesehene Schallschutzwand in Teilen von 3,0 m auf 4,5 m erhöht.

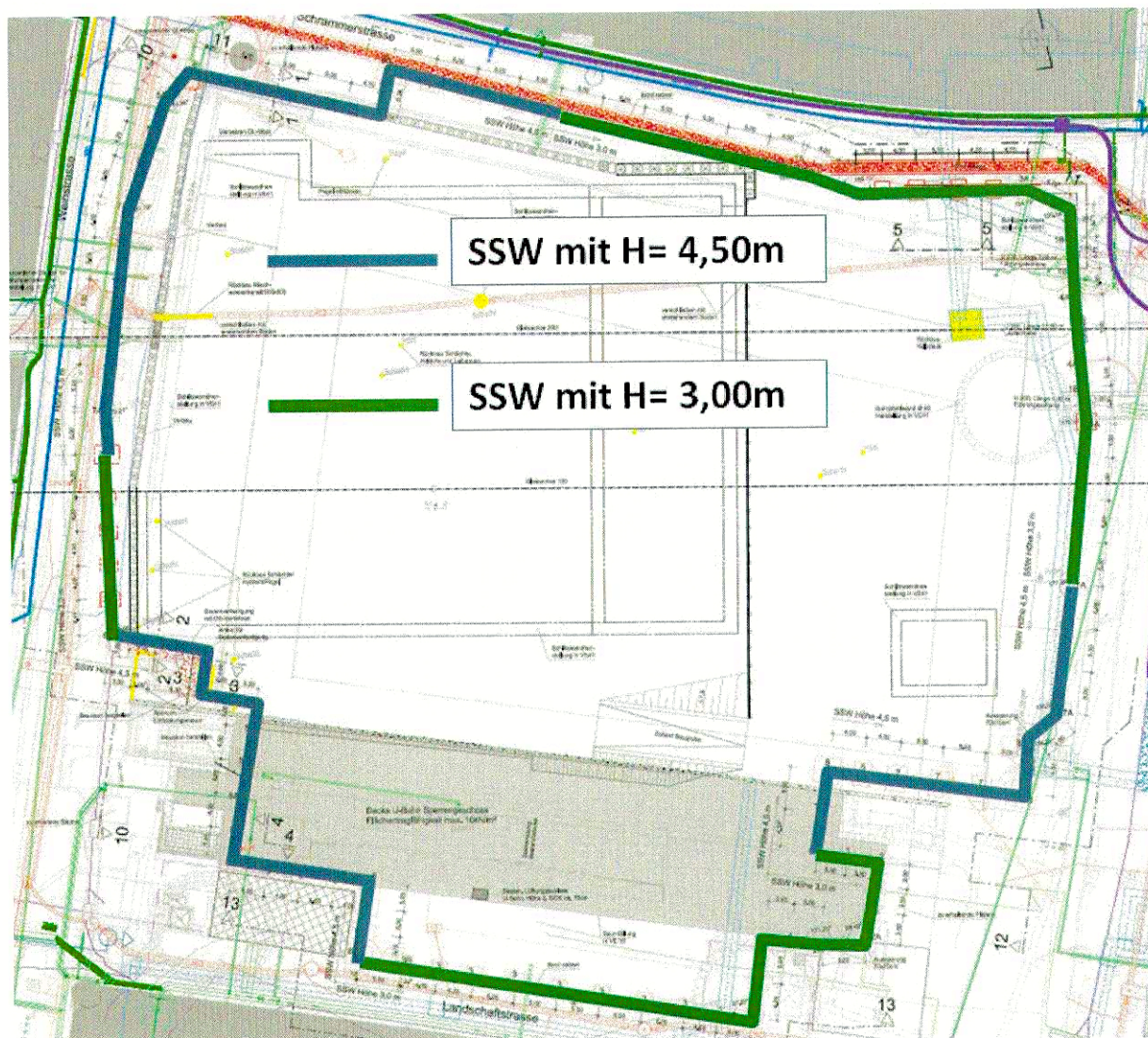


Abbildung 4: Höhe der SSW nach Vergleich

Die daraus resultierenden Beurteilungspegel sind Grundlage der nachfolgend unter Punkt 6 vorgenommenen schalltechnischen Untersuchung der 5. Planänderung. Die Ergebnisse dieser Berechnung ist in Anhang 7 der Unterlage 19.2B dargestellt.

6 Berücksichtigungsbedürftige Änderungen

Die nachfolgenden Ausführungen stellen eine Änderung zu Teil A dieser schalltechnischen Untersuchung dar. Im Übrigen bleibt das oben unter Teil A dieser schalltechnischen Untersuchung Ausgeführte unberührt und gilt fort. Dies betrifft insbesondere die Einteilung des Baustellenablaufs (Punkt A.2.1), die Art und Anzahl der eingesetzten Baumaschinen (Punkt A.2.2.1), die Versorgung der Baustelle Hp Marienhof (Punkt A.2.2.2) und das angewandte Berechnungsverfahren (Punkt A.2.3).

6.1 Lage der geänderten Baugrube

Der für den Haltepunkt Marienhof notwendige Schlitzwandkasten umfasst nunmehr im Wesentlichen die gesamte Baustelle. In der nachfolgenden Abbildung ist die hinsichtlich des Baulärms relevante lauteste Bauphase „Schlitzwandherstellung/Primärpfähle“ (siehe Punkt 2.1) mit verschiedenen Anordnungen der Emissionsquellen (hier als „Baulärmphasen 1 – 6“ bezeichnet) dargestellt.

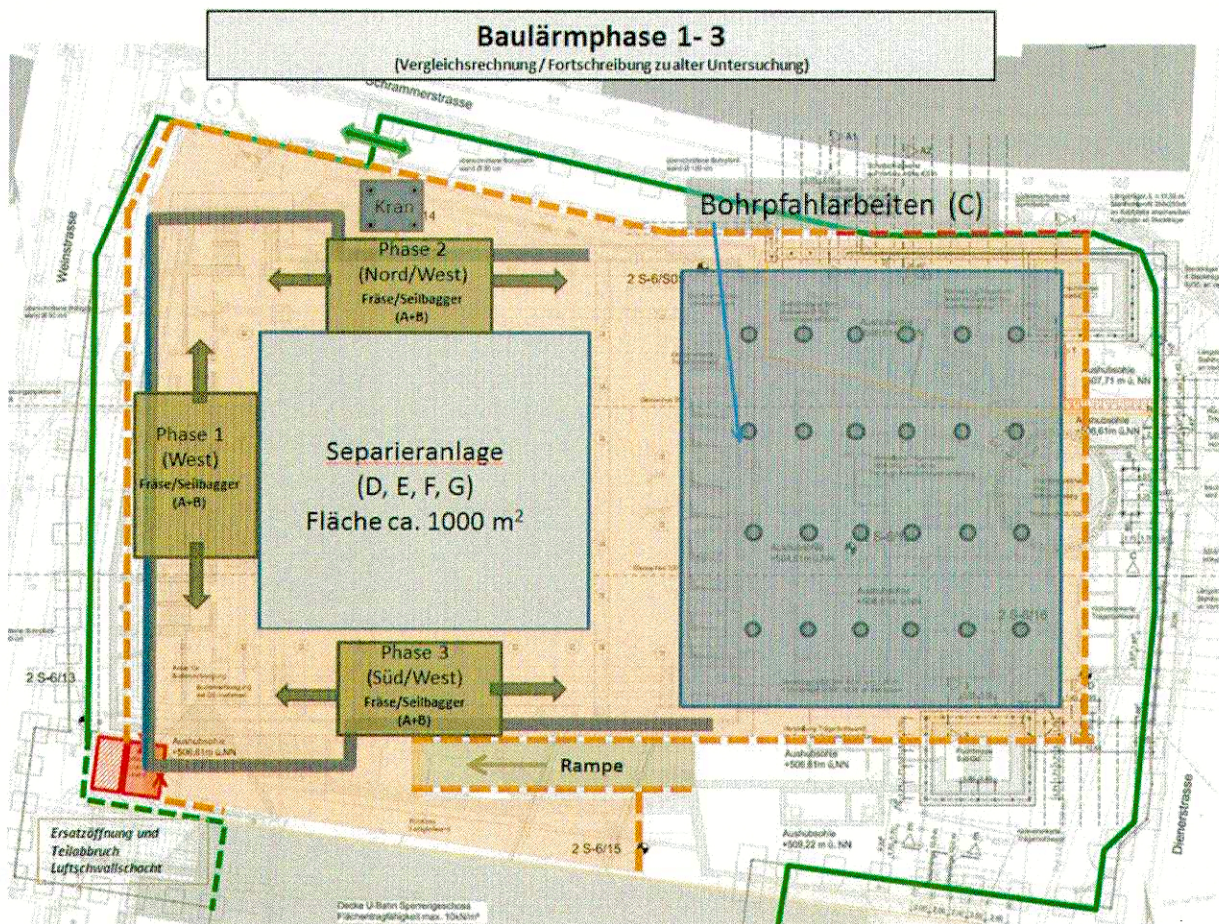


Abbildung 5: Anordnung der Arbeiten und Baufläche – Bauphase 1 bis 3

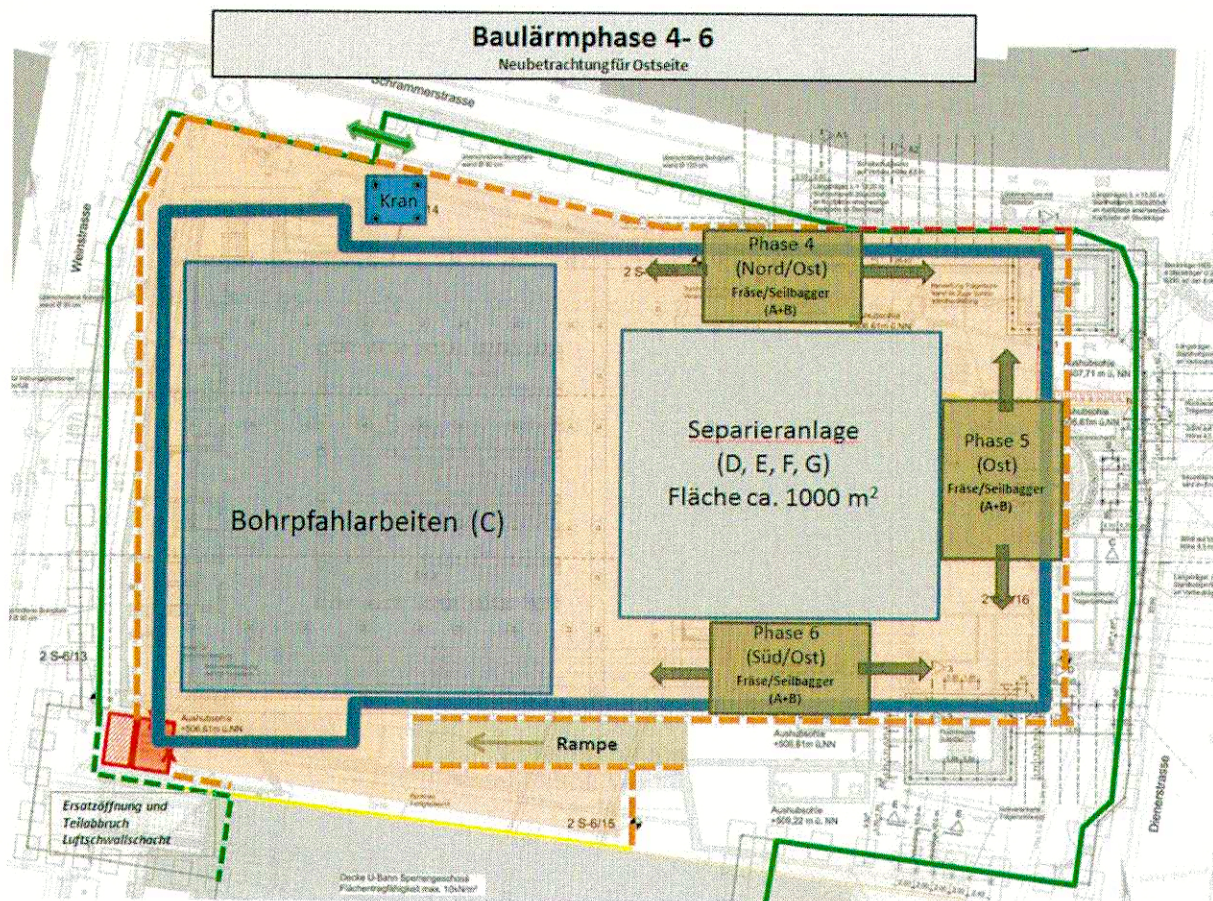


Abbildung 6: Anordnung der Arbeiten und Baufäche – Bauphase 4 bis 6

Diese verschiedenen Anordnungen der Emissionsquellen innerhalb der Bauphase „Schlitzwandherstellung/Primärpfähle“ wurden im Rahmen der Berechnungen berücksichtigt.

6.2 Emissionsansatz für Berechnung

Im Rahmen der Ausschreibung zum Haltepunkt Marienhof wurden auch die Schalleistungspegel der geplanten Baumaschinen angefragt.

Gegenüber den Emissionsansätzen der Untersuchung (s.o. Punkt 2.2) ergeben sich folgende Änderung:

- Schlitzwandfräse: $L_{WA} = 113 \text{ dB(A)}$ (bisher 114 dB(A))
- Großdrehbohrgerät: $L_{WA} = 114 \text{ dB(A)}$ (bisher 119 dB(A))
- Separieranlage/Pumpen: $L_{WA} = 106 \text{ dB(A)}$ (bisher $101 \text{ bis } 107 \text{ dB(A)}$)
- Radlader mit max. Schalleistungspegel = 108 dB(A) (bisher 109 dB(A))

Unter Berücksichtigung dieser Emissionsansätze ergeben sich folgende Schalleistungswirkpegel für die einzelnen Bauphasen:

6.2.1 Schlitzwandfräse

Arbeitsgerät	L_{WA}	Einsatzstunden pro Arbeitstag Tag	Zeitkorrektur nach AVV Baulärm	Anzahl	Korrektur Anzahl	Wirkpegel
Schlitzwandfräse	113	13	0	1	0,0	113,0
Lkw > 12 t - Fahrbewegung	106	2	-10	1	0,0	96,0
Seilbagger (Bewehrung)	103	8	-5	1	0,0	98,0
Lkw - Betonmischer	103	2	-10	1	0,0	93,0
Betonpumpe	107	8	-5	1	0,0	102,0
Summe Wirkpegel:						113,5

Tabelle 13: Schalleistungswirkpegel Schlitzwandfräse Tag (Stand 2018)

Arbeitsgerät	L_{WA}	Einsatzstunden pro Arbeitstag Nacht	Zeitkorrektur nach AVV Baulärm	Anzahl	Korrektur Anzahl	Wirkpegel
Schlitzwandfräse	113	2	-10	1	0,0	103,0
Lkw > 12 t - Fahrbewegung	106	1	-10	1	0,0	96,0
Seilbagger (Bewehrung)	103	1	-10	1	0,0	93,0
Lkw - Betonmischer	103	1	-10	1	0,0	93,0
Betonpumpe	107	1	-10	1	0,0	97,0
Summe Wirkpegel:						105,2

Tabelle 14: Schalleistungswirkpegel Schlitzwandfräse Nacht (Stand 2018)

6.2.2 Bohrpfähle

Arbeitsgerät	L_{WA}	Einsatzstunden pro Arbeitstag Tag	Zeitkorrektur nach AVV Baulärm	Anzahl	Korrektur Anzahl	Wirkpegel
Bohrgerät	114	8	-5	1	0,0	109,0
Lkw > 12 t - Fahrbewegung	106	2	-10	1	0,0	96,0
Seilbagger (Bewehrung)	103	8	-5	1	0,0	98,0
Lkw - Betonmischer	103	2	-10	1	0,0	93,0
Betonpumpe	107	8	-5	1	0,0	102,0
Summe Wirkpegel:						110,3

Tabelle 15: Schalleistungswirkpegel Bohrpfähle Tag (Stand 2018)

Es ist nicht geplant im Nachtzeitraum Bohrpfähle herzustellen.

6.2.3 Separierungsanlage

Arbeitsgerät	L _{WA}	Einsatzstunden pro Arbeitstag Tag	Zeitkorrektur nach AW Baulärm	Anzahl	Korrektur Anzahl	Wirkpegel
Mischanlage	106	13	0	1	0,0	106,0
Betonitpumpe	106	13	0	1	0,0	106,0
Separieranlage	106	13	0	1	0,0	106,0
Radlader	109	8	-5	1	0,0	104,0
Summe Wirkpegel						111,6

Tabelle 16: Schalleistungswirkpegel Separierungsanlage Tag (Stand 2018)

Arbeitsgerät	L _{WA}	Einsatzstunden pro Arbeitstag Nacht	Zeitkorrektur nach AW Baulärm	Anzahl	Korrektur Anzahl	Wirkpegel
Mischanlage	106	2	-10	1	0,0	96,0
Betonitpumpe	106	11	0	1	0,0	106,0
Separieranlage	106	11	0	1	0,0	106,0
Radlader	109	2	-10	1	0,0	99,0
Summe Wirkpegel						109,6

Tabelle 17: Schalleistungswirkpegel Separierungsanlage Nacht (Stand 2018)

6.3 Ergebnisse der Berechnung

Im Rahmen der Berechnung wurden zunächst die Beurteilungspegel an den nächstgelegenen Gebäuden unter Berücksichtigung der Schallschutzwand bis 4,5 m aber ohne weitere Maßnahmen im Bereich der Baumaschinen selbst berechnet. Hierbei wird die Schlitzwandfräse auf jeder der 4 Seiten positioniert, sowie die Nebenanlagen und Tätigkeiten gemäß Abbildung 4 und 5. Das Ergebnis mit dem höchsten Beurteilungspegel wird analog der Anlage 19.2A zur Beurteilung herangezogen.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Beurteilungspegel bei insgesamt 15 Gebäude gegenüber der Planfeststellung mit Schallschutzwand bis 4,5 m ohne die Ergreifung zusätzlicher Schallschutzmaßnahmen um bis zu 7 dB(A) steigen.

Um diese Erhöhung der Beurteilungspegel an einem Berechnungspunkt aus der Planfeststellung zu vermeiden, bedarf es der Ergreifung zusätzlicher Schallschutzmaßnahmen.

6.4 Zusätzliche aktive Schallschutzmaßnahmen

Es kommen folgende zusätzliche aktive Schallschutzmaßnahmen im Bereich der Baumaschinen näher in Betracht, um eine Erhöhung der Beurteilungspegel an einem Berechnungspunkt aus der Planfeststellung auszuschließen.

An den Baumaschinen sind folgende Maßnahmen vorzusehen:

- Schallschutz-Kit für Schlitzwandfräse und Großdrehbohrgerät: Minderung – 3 dB(A)
- Separieranlage: Dämmung 3 dB(A) mit max. Schalleistungspegel = 103 dB(A)
- Bentonitpumpe: Dämmung 5 dB(A) mit max. Schalleistungspegel = 101 dB(A)

- Mischanlage: Dämmung 5 dB(A) mit max. Schallleistungspegel = 101 dB(A)

Bei Ergreifung vorstehender Maßnahmen ergeben sich nachfolgende Schalleistungswirkpegel für die einzelnen Bauphasen.

Arbeitsgerät	L _{WA}	Einsatzstunden pro Arbeitstag Tag	Zeitkorrektur nach AVV Baulärm	Anzahl	Korrektur Anzahl	Wirkpegel
Schlitzwandfräse - 3 dB(A)	110	13	0	1	0,0	110,0
Lkw > 12 t - Fahrbewegung	106	2	-10	1	0,0	96,0
Seilbagger (Bewehrung)	103	8	-5	1	0,0	98,0
Lkw - Betonmischer	103	2	-10	1	0,0	93,0
Betonpumpe	107	8	-5	1	0,0	102,0
Summe Wirkpegel :						111,1

Tabelle 18: Schalleistungswirkpegel Schlitzwandfräse Tag mit Schallschutz

Arbeitsgerät	L _{WA}	Einsatzstunden pro Arbeitstag Nacht	Zeitkorrektur nach AVV Baulärm	Anzahl	Korrektur Anzahl	Wirkpegel
Schlitzwandfräse - 3 dB(A)	110	2	-10	1	0,0	100,0
Lkw > 12 t - Fahrbewegung	106	1	-10	1	0,0	96,0
Seilbagger (Bewehrung)	103	1	-10	1	0,0	93,0
Lkw - Betonmischer	103	1	-10	1	0,0	93,0
Betonpumpe	107	1	-10	1	0,0	97,0
Summe Wirkpegel :						103,6

Tabelle 19: Schalleistungswirkpegel Schlitzwandfräse Nacht mit Schallschutz

Arbeitsgerät	L _{WA}	Einsatzstunden pro Arbeitstag Tag	Zeitkorrektur nach AVV Baulärm	Anzahl	Korrektur Anzahl	Wirkpegel
Bohrgerät -3 dB(A)	111	8	-5	1	0,0	106,0
Lkw > 12 t - Fahrbewegung	106	2	-10	1	0,0	96,0
Seilbagger (Bewehrung)	103	8	-5	1	0,0	98,0
Lkw - Betonmischer	103	2	-10	1	0,0	93,0
Betonpumpe	107	8	-5	1	0,0	102,0
Summe Wirkpegel :						107,6

Tabelle 20: Schalleistungswirkpegel Bohrpfähle Tag mit Schallschutz

Arbeitsgerät	L _{WA}	Einsatzstunden pro Arbeitstag Tag	Zeitkorrektur nach AVV Baulärm	Anzahl	Korrektur Anzahl	Wirkpegel
Mischanlage -5 dB	101	13	0	1	0,0	101,0
Betonpumpe -5 dB	101	13	0	1	0,0	101,0
Separieranlage -3dB	103	13	0	1	0,0	103,0
Radlader neu	108	8	-5	1	0,0	103,0
Summe Wirkpegel :						108,1

Tabelle 21: Schalleistungswirkpegel Separieranlage Tag mit Schallschutz

Arbeitsgerät	L _{WA}	Einsatzstunden pro Arbeitstag Nacht	Zeitkorrektur nach AVV Baulärm	Anzahl	Korrektur Anzahl	Wirkpegel
Mischanlage -5 dB	101	2	-10	1	0,0	91,0
Betonpumpe -5 dB	101	11	0	1	0,0	101,0
Separieranlage -3dB	103	11	0	1	0,0	103,0
Radlader neu	108	2	-10	1	0,0	98,0
Summe Wirkpegel :						106,0

Tabelle 22: Schalleistungswirkpegel Separieranlage Nacht mit Schallschutz

Zusätzlich zu den Maßnahmen an den Baumaschinen muss eine mobile Schallschutzwand beiderseits an der Baumaschine Schlitzwandfräse für die Bauphasen 1 und 2, sowie 4 und 5 angeordnet werden.

Die mobile Schallschutzwand besitzt folgende Eigenschaften:

- mobile Schallschutzwand 6 m
- hochabsorbierend
- Länge neben der Schlitzwandfräse = 12 m
- Abstand zur Lärmquelle = 8 m

Diese Schallschutzwand muss während der Erstellung der Schlitzwand nachfolgend angeordnet werden:

- Schlitzwand Phase 1 (West): mobile Schallschutzwand nord- und südlich Schlitzwandfräse
- Schlitzwand Phase 2 (Nord/West) : mobile Schallschutzwand west- und östlich Schlitzwandfräse
- Schlitzwand Phase 4 (Nord/Ost) : mobile Schallschutzwand west- und östlich Schlitzwandfräse
- Schlitzwand Phase 5 (Ost): mobile Schallschutzwand nord- und südlich Schlitzwandfräse
- während der Phasen 3 und 6 (Süd/West und Süd/Ost) ist keine mobile Schallschutzwand notwendig

6.5 Ergebnisse der Berechnung mit zusätzlichen Schallschutzmaßnahmen an Baumaschinen

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass die Beurteilungspegel der Planfeststellung mit Schallschutzwand bis 4,5 m unter Berücksichtigung der Schallschutzmaßnahmen gemäß Punkt 6.4 eingehalten oder unterschritten sind.

Im Nachtzeitraum werden die Beurteilungspegel der Planfeststellung mit bis zu 4,5 m Schallschutzwand zwischen 1 und 14 dB(A) und im Tageszeitraum zwischen 0 und 11 unterschritten.

Die Ergebnistabelle ist als Anhang 7 der Untersuchung beigefügt.

7 Zusammenfassung Teil B

Durch die Ergreifung zusätzlicher aktiver Schallschutzmaßnahmen kann ausgeschlossen werden, dass die 5. Planänderung zur Erhöhung der Beurteilungspegel an einem Berechnungspunkt aus der Planfeststellung führt.

Diese zusätzlichen Schallschutzmaßnahmen sind ausführlich unter Teil B - Punkt 6.4 der Anlage 19.2B beschrieben. Im Übrigen führt die 5. Planänderung teilweise zu erheblich geringeren Beurteilungspegeln an den Berechnungspunkten aus der Planfeststellung (Anhang 7 der Anlage 19.2B).

OBERMEYER Planen+Beraten GmbH

Institut für Umweltschutz und Bauphysik



i.V. Dr. rer. nat. W. Herrmann



i.V. Dipl.-Ing.(FH) M. Schweiger

8 Grundlagenverzeichnis

- 1 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 14.05.1990
- 2 Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen RLS-90; Ausgabe 1990
- 3 Zeitschrift für Lärmbekämpfung 38 (1991); „Die Berechnung der Geräuschemissionen einer Straße aus den Emissionen der einzelnen Fahrzeuge“; Dr. S. Ullrich – Bundesanstalt für Straßenwesen
- 4 DIN 4109; Schallschutz im Hochbau; November 1989/Januar 2001 – Anforderungen und Nachweise/Änderung A1
- 5 Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauNVO)
- 6 VDI 2719; Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen; August 1987
- 7 Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm - Geräuschimmissionen – vom 19. August 1970
- 8 Zweiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 32. BImSchV vom 29.08.2002 – Geräte- und Maschinenlärm-schutzverordnung
- 9 Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Heft 2 – 2004
- 10 Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Heft 247 – 1998
- 11 Richtlinie 2000/14/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 8.Mai 2000
- 12 Schlitzwandfräse – BS 6100; Fa. Bauer Spezialtiefbau
- 13 DIN ISO 9613-2 – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Februar 1999
- 14 Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom August 1998
- 15 Separierungsanlage BE-500; Fa. MAT Mischanlagentechnik; Datenblätter Entsandungsanlagen Fa. Bauer Spezialtiefbau