Nur zur Information

SCHALLTECHNISCHE STELLUNGNAHME

Vorhaben:
Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart („Stuttgart 21“)
Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg,
Bereich Stuttgart – Wendlingen mit Flughafenanbindung

Abschnitt:
Planfeststellungsabschnitt 1.1

Untersuchungsumfang:
Detailprüfung im Rahmen der Ausführungsplanung;
Prognose der zu erwartenden Schallimmissionen aufgrund von Übertragungen über das Schwall- und Entrauchungsbauwerk Süd

20. OKT. 2016
F.Waldenmaier

Dieser Bericht ist nur für den Gebrauch des Auftraggebers bestimmt.
Eine darüber hinausgehende Verwendung, vor allem durch Dritte, unterliegt dem Schutz des Urheberrechts gemäß UrhG.

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ
BAUDYNAMIK & BAUPHYSIK
TECHNISCHE AKUSTIK

Messstelle zur Ermittlung der Emission und Immission von Geräuschen und Erschütterungen

Schallschutzprüfstelle DIN 4109
Zertifikat: VMPA-SPG-203-00-HE

Fehlheimer Str. 24 ❑ 64683 Einhausen
Telefon (06251) 9646-0
Telefax (06251) 9646-46

E-Mail: info@fritz-ingenieure.de
www.fritz-ingenieure.de

Bericht Nr.: **97450-ABS-2**
Datum: **20.06.2016**

Auftraggeber:

**DB Projekt
Stuttgart-Ulm GmbH
Räpplenstraße 17
70191 Stuttgart**

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. Mario Graefen

Qualitätskontrolle:

Dipl.-Phys. Peter Fritz

Umfang des Dokumentes

Textteil:	24 Seiten
Anhang 1:	1 Seite
Anhang 2:	2 Seiten
Anhang 3:	3 Seiten
Anhang 4:	4 Seiten
Anhang 5:	2 Seiten

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung 4

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung 5

3 Bearbeitungsgrundlagen 6

3.1 Gesetze, Normen und Richtlinien 6

3.2 Planunterlagen und projektspezifische Informationen 7

4 Anforderungen an den Schallschutz 8

4.1 Übertragung von Schienenverkehrsgeräuschen 8

4.2 Übertragung von Anlagengeräuschen 9

4.2.1 Anforderungen in der Umgebung der Anlage 10

4.2.2 Anforderungen innerhalb des geplanten Bahnhofs 11

5 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise 12

5.1 Verkehrsgeräusche 13

5.2 Anlagengeräusche 14

5.2.1 Schwall- und Entrauchungsöffnungen 15

5.2.2 Bahnsteigebene 16

6 Untersuchungsergebnisse 16

6.1 Einwirkungen aus Verkehrsgeräuschen 16

6.1.1 Ermittlung der Emissionen aus Verkehrsgeräuschen 16

6.1.2 Immissionen aus Verkehrsgeräuschen 17

6.2 Einwirkungen aus Anlagengeräuschen 20

6.2.1 Ermittlung der Emissionen aus dem Betrieb der Ventilatoren 20

6.2.2 Schwall- und Entrauchungsöffnungen 20

6.2.3 Bahnsteigebene 22

6.2.4 Dimensionierung von Schallschutzmaßnahmen 22

7 Abschließende Bemerkungen 23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Immissionsgrenzwerte gemäß § 2 (1) der 16. BImSchV 9

Anhänge

Anhang 1 Übersichtslageplan
Anhang 2 Schalldruckpegel an Schwallöffnungen infolge von Verkehr
Anhang 3 Beurteilungspegel an Immissionsorten infolge von Verkehr
Anhang 4 Schalldruckpegel an Schwallöffnungen infolge von Anlagen
Anhang 5 Schalldruckpegel in Bahnsteigebene infolge von Anlagen

Abkürzungsverzeichnis

BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
dB(A)	Dezibel (A-bewertet)
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
D_E	Einfügedämmung [dB]
ΔL	Pegeldifferenz [dB(A)]
IP	Immissionspunkt
IGW	Immissionsgrenzwert [dB(A)]
IRW	Immissionsrichtwert [dB(A)]
L_r	Beurteilungspegel [dB(A)]
L_{WA}	Schallleistungspegel [dB(A)]
L_{WAr}	beurteilter Schallleistungspegel [dB(A)]
MI	Gebiete mit gewerblichen Anlagen und Wohnungen, in denen weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind
PFA	Planfeststellungsabschnitt
T_r	Beurteilungszeit [h]
WA	Gebiete, in denen vorwiegend Wohnungen untergebracht sind

1 Zusammenfassung

Die durchgeführten schalltechnischen Untersuchungen zu den Einwirkungen aus dem Bahnbetrieb sowie aus dem Betrieb der Ventilatoren im Schwall- und Entrauchungsbauwerk Süd haben zu folgenden Ergebnissen geführt:

- Die für den Bahnbetrieb erforderlichen Schwallöffnungen führen zu einer Übertragung von Verkehrsgeräuschen im Tunnelbauwerk an die Umgebung. Die Berechnungsergebnisse haben gezeigt, dass die Anforderungen gemäß **16. BImSchV** /1/ sowohl am Tag als auch in der Nacht an den maßgeblichen Immissionsorten in den umliegenden Mischgebieten (**MI**) sowie Allgemeinen Wohngebieten (**WA**) ohne zusätzliche Maßnahmen eingehalten werden.

- An den Ventilatoren, die im Havariefall der Entrauchung des Tunnelbauwerkes dienen, und deren Funktionsfähigkeit durch gelegentlichen Test- und Wartungsbetrieb sichergestellt werden muss, sind ansaugseitig geeignete Schalldämpfer zur Minimierung der Geräuschemissionen zu installieren. Aus den Berechnungsergebnissen hinsichtlich des Ventilatorbetriebs ergibt sich eine erforderliche Einfügedämmung der Schalldämpfer die im Bereich

  $$\mathbf{D_E \geq 21{,}5\ dB}$$

  liegen muss. Grundsätzlich ist eine Minimierung der Geräuschemissionen der Ansaugöffnung im Rahmen der lüftungstechnischen Möglichkeiten aus Gründen des Immissionsschutzes erforderlich. Die emissionsmindernde Wirkung der Schalldämpfer in Verbindung mit den zum Einsatz kommenden Ventilatoren ist durch qualifizierte Prüfzeugnisse nachzuweisen.

- Sofern an allen 4 Ventilatoren Schalldämpfer mit der hier ausgewiesenen minimal erforderlichen Einfügedämmung angewendet werden, können sowohl die Anforderungen an den Schallleistungspegel der vertikalen Schwall- und Entrauchungsöffnungen, die im Zuge des 15. Planänderungsverfahrens hinsichtlich der Belange des Schallschutzes mach Maßgabe der TA Lärm /2/ definiert wurden, als auch die Anforderungen an den maximal zulässigen Störschallpegel im Bereich der Bahnsteige eingehalten werden.

2 Sachverhalt und Aufgabenstellung

Der bestehende Kopfbahnhof in der Stuttgarter Innenstadt wird zukünftig durch einen neuen Bahnhof, bestehend aus dem sogenannten Nordkopf, dem Südkopf und der Bahnhofshalle, deren 8 Gleise in einem Trogbauwerk geführt werden, ersetzt. Am Südkopf, unmittelbar in dem Bereich, in dem die offene Bauweise in die bergmännische Bauweise des Tunnels übergeht, wird das Schwall- und Entrauchungsbauwerk Süd errichtet.

Die Planung des Schwall- und Entrauchungsbauwerkes Süd sieht grundsätzlich zwei Funktionen vor. Zum einen soll es der Entschwallung des Tunnelbauwerkes dienen. Zum anderen soll das Bauwerk im Havariefall zusätzlich der Entrauchung des Tunnels dienen. Die hierfür erforderlichen Öffnungen führen einerseits dazu, dass infolge des Schienenverkehrs im Tunnelbauwerk eine Übertragung dieser Verkehrsgeräusche an die Umgebung statt findet. Andererseits werden erhebliche Immissionen infolge des Betriebs der für die Entrauchungsfunktion erforderlichen Ventilatoren hervorgerufen.

Diese Untersuchung befasst sich mit dem Nachweis im Rahmen der Ausführungsplanung hinsichtlich der im Planfeststellungsbeschluss festgelegten sowie der im 15. Planänderungsverfahren dargelegten Anforderungswerte. Bereits in der Schalltechnischen Stellungnahme vom 23.03.2015 (Bericht-Nr.: 97450-ABS-1) /13/, die dem 15. Planänderungsverfahren zugrunde liegt, wurde erörtert, dass Schallschutzmaßnahmen an den Entrauchungsventilatoren erforderlich werden. Im Rahmen dieser Untersuchung soll nun die rechnerische Abschätzung der schalltechnischen Situation, die auf Basis einschlägiger Regelwerke durchgeführt wurde, für die Ausführungsplanung detailliert berechnet werden. Hierzu wird ein Berechnungsmodell aufgestellt, das es erlaubt, die Ausbreitung des Schalls infolge der verschiedenen Geräuscharten in dem von Tunnel und Schwallbauwerk gebildeten Kanalsystem zu berechnen. Schließlich werden auf Grundlage der gewonnenen Berechnungsergebnisse die erforderlichen Schallschutzmaßnahem dimensioniert, die in der Folge die Einhaltung der schalltechnischen Anforderungswerte gewährleisten.

3 Bearbeitungsgrundlagen

3.1 Gesetze, Normen und Richtlinien

Der durchgeführten schalltechnischen Untersuchungen liegen die folgenden Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Regelwerke zu Grunde:

/1/ 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990, geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2269)

/2/ Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA-Lärm) vom 26. August 1998, in Kraft seit 01. November 1998

/3/ Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen Schall 03, bekannt gemacht im Amtsblatt der Deutschen Bundesbahn Nr. 14 vom 4. April 1990 unter laufender Nr. 133

/4/ VDI-Richtlinie 2081, Blatt 1 – Geräuscherzeugung und Lärmminderung in Raumlufttechnischen Anlagen, Verein Deutscher Ingenieure, Stand Juli 2001

/5/ DIN ISO 9613-2 „Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren", Oktober 1999

/6/ DIN EN 12354-4 „Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 4: Schallübertragung von Räumen ins Freie", April 2001

/7/ Richtlinie für die Anwendung der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV – bei Schienenverkehrslärm, Akustik 23, Deutsche Bahn AG Forschungs- und Technologiezentrum München, Ausgabe 1997

/8/ Planfeststellungsbeschluss nach § 18 Abs. 1 Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) für den Umbau des Bahnknotens Stuttgart „Projekt Stuttgart 21", Planfeststellungsabschnitt 1.1 (Talquerung mit

neuem Hauptbahnhof) von Bahn-km -0,4-42,0 bis Bahn-km +0,4+32,0 in Stuttgart, Eisenbahn-Bundesamt, Außenstelle Karlsruhe/Stuttgart, Standort Stuttgart, Az.: 59160 Pap-PS 21-PFA 1.1 (Talquerung), 28.01.2005

3.2 Planunterlagen und projektspezifische Informationen

Zur Bearbeitung wurden die nachfolgenden Planunterlagen, Schriftsätze und sonstigen Informationen herangezogen:

/9/ Planfeststellungsunterlagen, Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart, Abschnitt 1.1, Talquerung mit Hauptbahnhof: Anlage 16.1, Schalltechnische Untersuchung zu Einwirkungen aus dem zukünftigen Betrieb der Neubaustrecke im Bereich des Haltepunktes „Staatsgalerie" im Planfeststellungsabschnitt 1.1 des Projektes „Stuttgart 21", FRITZ GmbH, Bericht Nr. 97450/1 vom 03.07.2002

/10/ Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart („Stuttgart 21"), Planfeststellungsabschnitt 1.1: Schalltechnische Untersuchung zu Einwirkungen aus dem zukünftigen Betrieb der Neubaustrecke und der von Umbaumaßnahmen betroffenen Stadtbahnstrecke im Bereich des Haltepunktes „Staatsgalerie" im Planfeststellungsabschnitt 1.1 des Projektes „Stuttgart 21", Messbericht über die Erhebung von Innenraumpegeln in den Bahnhofshallen Frankfurt Flughafen und Hamburg Dammtorbahnhof, FRITZ GmbH, Bericht Nr. 97450/1 vom 02.06.2003

/11/ Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart („Stuttgart 21"), Planfeststellungsabschnitt 1.1: Schalltechnische Untersuchung zu Einwirkungen aus dem zukünftigen Betrieb der Neubaustrecke und der von Umbaumaßnahmen betroffenen Stadtbahnstrecke im Bereich des Haltepunktes „Staatsgalerie" im Planfeststellungsabschnitt 1.1 des Projektes „Stuttgart 21", Ergänzende Untersuchung zur Bestimmung des Innenraumpegels in der Bahnhofshalle und zur Ermittlung der Beurteilungspegel für einzelne im Einwirkungsbereich des Planvorhabens gelegene schutzwürdige Objekte, FRITZ GmbH, Bericht Nr. 97450/2 vom 02.06.2003

/12/ Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart („Stuttgart 21"), Planfeststellungsabschnitt 1.1: Schalltechnische Untersuchung zu Einwirkungen aus dem zukünftigen Betrieb der Neubaustrecke und der

von Umbaumaßnahmen betroffenen Stadtbahnstrecke im Bereich des Haltepunktes „Staatsgalerie" im Planfeststellungsabschnitt 1.1 des Projektes „Stuttgart 21", Ergänzende Stellungnahme zu den Auswirkungen eines geänderten Betriebsprogramms auf Basis des Bundesverkehrswegeplanes 2003, FRITZ GmbH, Bericht Nr. 97450/3 vom 20.09.2004

/13/ Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart („Stuttgart 21"), Planfeststellungsabschnitt 1.1: Ergänzende Stellungnahme bezüglich der zu erwartenden Schallimmissionen aufgrund von Übertragungen über das Schwall- und Entrauchungsbauwerk Süd, FRITZ GmbH, Bericht Nr. 97450-ABS-1 vom 23.03.2015

/14/ Grundrisse und Schnitte DB-Tunnel Südkopf, DBProjekt Stuttgart 21, Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart - Planfeststellungsabschnitt 1.1, DB Projekte Stuttgart-Ulm GmbH, Stand: März 2015

/15/ Großprojekt Stuttgart 21, Wendlingen-Ulm – Entrauchungsanlagen im PFA 1.1/ 1.2 / 1.5 / 1.6a – Entwurfs- und Genehmigungsplanung der Entrauchungsanlagen, HBI Haerter AG, Berichtsnummer 98-501-001 vom 24.11.2014

/16/ Angaben zu Schallleistungspegeln der Entrauchungsventilatoren im Voll- und Teillastbetrieb, zur Verfügung gestellt durch Herrn Dr. Peter Reinke, HBI Haerter AG, Mitteilung vom 13.02.2015

4 Anforderungen an den Schallschutz

Die Anforderungen an den Schallschutz sind grundsätzlich in Abhängigkeit von der Geräuschart zu unterscheiden. Zum einen erfolgt über das Schwall- und Entrauchungsbauwerk eine Durchstrahlung von Schienenverkehrslärm und zum anderen handelt es bei den durch den Betrieb der Ventilatoren hervorgerufenen Geräuschen um Anlagenlärm. Nachfolgend werden die entsprechenden Anforderungen an beide Lärmarten genannt und erläutert.

4.1 Übertragung von Schienenverkehrsgeräuschen

Das Schwall- und Entrauchungsbauwerk Süd weist aufgrund der erforderlichen Betriebsfunktionen Öffnungen zu dem Tunnelbauwerk auf. Diese

Öffnungen führen grundsätzlich zu einer Durchstrahlung des Bauwerkes von Verkehrsgeräuschen, die aus dem Bahnbetrieb im Tunnel resultieren. Hierbei handelt es sich um reine Verkehrsgeräusche, für deren Beurteilung die Immissionsgrenzwerte der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BImSchV**) /1/ maßgebend sind (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Immissionsgrenzwerte gemäß § 2 (1) der 16. BImSchV

Zeile	Anlagen und Gebiete	Immissionsgrenzwerte [dB(A)]	
		Tag [1]	Nacht [2]
1	Krankenhäuser Schulen Kurheime Altenheime	57	47 [3]
2	Reine Wohngebiete Allgemeine Wohngebiete Kleinsiedlungsgebiete	59	49
3	Kerngebiete Dorfgebiete Mischgebiete	64	54
4	Gewerbegebiete	69	59

[1] 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr
[2] 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr
[3] Der Nachtwert gilt nicht für Schulen, sondern nur für Krankenhäuser, Kur- und Altenheime.

4.2 Übertragung von Anlagengeräuschen

Im Schwall- und Entrauchungsbauwerk Süd sind Ventilatoren angeordnet, die zur Entrauchung des Tunnelbauwerks notwendig sind. Entgegen der ursprünglichen Planung dienen die Ventilatoren nunmehr nicht dem Zweck, einen konstanten Luftaustausch in der Bahnhofshalle zu gewährleisten. Demgemäß werden diese lediglich im Havariefall betrieben. Für die insgesamt nunmehr 4 Ventilatoren, die in einer Zwischenebene des Bauwerkes oberhalb der Gleisanlagen angeordnet sind, ist vorgesehen, diese zu Test- und Wartungszwecken an bis zu 10 Tagen in einem Kalenderjahr zu betreiben.

4.2.1 Anforderungen in der Umgebung der Anlage

Grundsätzlich sind die Geräusche, die durch den Betrieb der Ventilatoren hervorgerufen werden, als Anlagenlärm zu qualifizieren. Somit dürfen die Ventilatorgeräusche an den umliegenden schutzbedürftigen Nutzungen die Immissionsrichtwerte gemäß Ziffer 6.1 **TA Lärm** /2/ nicht übersteigen. Bei Einhaltung dieser Immissionsrichtwerte ist nach einhelliger fachlicher Meinung gewährleistet, dass die emittierten Geräusche keine schädlichen Umwelteinwirkungen darstellen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die vom regelmäßigen Testbetrieb ausgehenden Geräuschimmissionen nicht als "erheblich belästigend" zu qualifizieren sind.

Die hier betriebenen lüftungstechnischen Anlagen emittieren aufgrund der hier erforderlichen Funktion, nämlich der Entrauchung des Tunnels im Havariefall, derart hohe Geräuschemissionen hervor, so dass nach dem gegenwärtigen Stand der Technik eine Einhaltung der Immissionsrichtwerte nicht möglich ist. Aufgrund der vorgesehenen Wartungsintervalle und der damit verbundenen geringen Anzahl von Betriebstagen kann für die Beurteilung der Ventilatorgeräusche die Ausnahmereglung nach **Ziffer 6.3** der **TA Lärm** herangezogen werden. Demnach sind die hervorgerufenen Geräuschimmissionen auf das technisch mögliche Mindestmaß zu reduzieren. In keinem Fall dürfen die Beurteilungspegel an den nächstgelegenen schutzbedürftigen Nutzungen während des Tagzeitraums zwischen 06:00 Uhr und 22:00 Uhr den Immissionsrichtwert von

$$\mathbf{IRW_{Tag} = 70\ dB(A)}$$

überschreiten. Ein Probebetrieb der Ventilatoren während des Nachtzeitraums zwischen 22:00 Uhr und 06:00 Uhr ist nicht vorgesehen.

Anhand der schalltechnischen Stellungnahme vom 23.03.2015 (Bericht-Nr.: 97450-ABS-1) /13/, die dem 15. Planänderungsverfahren zugrunde liegt, wurde bereits der Anforderungswert an den maximal zulässigen beurteilten Schallleistungspegel unmittelbar an den beiden vertikal angeordneten Schwall- und Entrauchungsöffnungen erörtert, mit dessen Einhaltung sichergestellt wird, dass der an den maßgeblichen Immissionsorten gültige Immissionsrichtwert eingehalten wird. Demgemäß darf der beurteilte Schallleistungspegel beider Öffnungen maximal einen Wert von jeweils

$$\mathbf{L_{WAr,Öffnung} \leq 97\ dB(A)}$$

betragen.

Es wird darauf hingewiesen, dass lediglich der Test- und Wartungsbetrieb nach **TA Lärm** zu beurteilen ist, nicht jedoch der eigentliche Havariefall. Dieser ist gemäß den Ausnahmeregelungen für Notsituationen nach **Ziffer 7.1** der **TA Lärm** nicht beurteilungsrelevant, da die Immissionsrichtwerte gemäß **TA Lärm** zur Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung oder betrieblicher Notstände grundsätzlich überschritten werden dürfen.

4.2.2 Anforderungen innerhalb des geplanten Bahnhofs

Durch den Betrieb der Ventilatoren, die in dem Schwall- und Entrauchungsbauwerk angeordnet sind, werden neben den Immissionen im Umfeld der Anlage aufgrund der baulichen Verbindung mit dem geplanten Bahnhof ebenfalls Immissionen im Bereich der Bahnsteigebene hervorgerufen. Streng genommen bestehen hinsichtlich dieser Immissionen innerhalb des Bauwerkes selbst zunächst keine Anforderungen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass auch im Havariefall sowie während dem Test- und Wartungsbetrieb der Ventilatoren die Lautsprecherdurchsagen im Bereich der Bahnsteige verständlich sein müssen. Zur Beurteilung dieses Sachverhaltes ist die Einhaltung eines Mindestabstandes zwischen dem Nutzgeräusch (Sprachdurchsagen) den Störgeräuschen (Ventilatorgeräusche) maßgebend. Der Nutz-Störgeräuschabstand soll mindestens

$$\Delta L_S = 10 \text{ dB(A)}$$

betragen. Grundsätzlich ist bei der Betrachtung des Sachverhaltes davon auszugehen, dass mit der Beschallungsanlagen ein Nutzgeräuschpegel von bis zu

$$L_N = 90 \text{ dB(A)}$$

im Bahnsteigbereich erreicht werden kann. Einen höheren Nutzgeräuschpegel zu realisieren ist insofern problematisch, als dass die Beschallungsanlage in einer übermäßigen Lautstärke betrieben werden müsste, die im Normalbetrieb als unangenehm oder „zu laut" empfunden werden würde. Aus diesem Grund sollte demnach durch den Betrieb der Ventilatoren im Bereich der Bahnsteige ein Störschallpegel von maximal

$$L_S = 80 \text{ dB(A)}$$

nicht überschritten werden.

5 Arbeitsgrundsätze und Vorgehensweise

Das grundlegende Werkzeug dieser Untersuchung ist die detailgetreue Abbildung der wesentlichen Geometrie des Schwall- und Entrauchungsbauwerkes Süd in einem digitalen Berechnungsmodell der geometrischen Akustik (auch Strahlen-Akustik genannt). Zum Einsatz kommt im vorliegenden Fall die Simulationssoftware CATT-Acoustic in der Version 8.0. Neben der Erstellung der Geometrie des Gebäudes werden allen Oberflächen des Modells akustische Eigenschaften bezüglich ihres Schallabsorptionsvermögens zugewiesen. Maßgeblich sind hierbei die Schallabsorptionskoeffizienten im Frequenzbereich von 125 Hz bis 16000 Hz in Oktavbandauflösung. Der Schallabsorptionskoeffizient ist ein Maß dafür, welcher Anteil des Schalls eines Oktavbandes, der auf eine Oberfläche auftrifft, absorbiert wird. Die Schallabsorptionskoeffizienten der vorliegenden Oberflächenmaterialien werden einschlägigen Regelwerken entnommen.

Im vorliegenden Fall wurden konkret die Oberflächen, wie Wände, Decken und Böden, mit nahezu schallharten Eigenschaften berücksichtigt, da diese in der Regel Betonoberflächen aufweisen. Die auf der Fläche des Daches beziehungsweise der Rückwand der aufgesetzten Haube im Bereich der Schwallöffnungen zur Reduzierung der im Ansaugbereich emittierten Geräuschemissionen geplante Absorptionsmaßnahme wurde entsprechend der Planung mit einem bewerteten Schallabsorptionsgrad in Höhe von

$$\alpha_w = 0{,}80$$

in Ansatz gebracht.

Darüber hinaus werden in dem Berechnungsmodell alle Schallquellen lage- und höhenrichtig abgebildet. Anhand dieses Modells wird es somit ermöglicht, Schalldrücke, die sich aus den jeweiligen Eingabedaten ergeben, in den relevanten Bereichen des Gebäudes, sowie an Öffnungen zu berechnen.

5.1 Verkehrsgeräusche

Ausgangspunkt der Untersuchung der Übertragung von bahnbetriebsbedingten Verkehrsgeräuschen ist der Emissionspegel für den Nachtzeitraum, der der schalltechnischen Stellungnahme vom 20.9.2004 (Bericht-Nr.: 97450/3) /12/ entnommen wird. Wie bereits in der schalltechnischen Stellungnahme vom 23.03.2015 (Bericht-Nr.: 97450-ABS-1) erläutert wurde, stellt sich in diesem Fall der „schärfere" Anforderungswert während dem Nachtzeitraum ein. Sofern die Einhaltung des gültigen Anforderungswertes während dem Nachtzeitraum nachgewiesen wird, so ist ebenfalls davon auszugehen dass auch der für den Tagzeitraum gültige Anforderungswert eingehalten wird. Demnach bleibt der Tagzeitraum bei den nachfolgenden Betrachtungen unberücksichtigt.

Ausgehend von dem prognostizierten Schienenverkehrsaufkommen im Tunnel wird ein längenbezogener Schallleistungspegel unter Berücksichtigung eines Umrechnungssummanden gemäß Gleichung

$$L_{WA}' = L_{mE} + 19{,}2 \text{ dB(A)}$$

ermittelt. Da die Berechnung der eingesetzten Simulationssoftware spektral erfolgt, werden die schienenverkehrsinduzierten Emissionen, die zunächst lediglich als Einzahlwert vorliegen, qualitativ entsprechend der Frequenzverteilung aus Akustik 23 – Ausgabe 1997, Seite 50, Bild 1 /7/, die zusätzlich anhand der A-Bewertungskurve korrigiert wurde, angepasst. Hierdurch ergibt sich eine realistische spektrale Aufteilung der vorliegenden Emissionen, die wiederum die Berücksichtigung der unterschiedlichen Absorptionseigenschaften der raumbegrenzenden Oberflächen des Bauwerkes bei der Berechnung ermöglicht.

Da es sich nun im Wesentlichen um zwei Öffnungen respektive zwei Gleise handelt, die in den bergmännlichen Tunnel münden, muss die Schallleistung energetisch halbiert und anschließend auf beide Gleise verteilt werden. Aufgrund von Restriktionen der Simulationssoftware erfolgt die Umsetzung der Emittenten in dem Berechnungsmodell anhand von mehreren Punktschallquellen, die in einem definierten Abstand zueinander entlang der vorliegenden Gleislage angeordnet werden. Demnach ist eine Umrechnung der ermittelten längenbezogenen Schallleistung in eine Schallleistung der Punktschallquellen, die die ursprüngliche Linienschallquelle diskretisieren, erforderlich. Die Umrechnung wird gemäß der Gleichung

$$L_{WA} = L_{WA}' + 10 \cdot \log (\text{Abstand} / 1 \text{ m}) \text{ dB(A)}$$

durchgeführt.

Auf Grundlage der vorliegenden schienenverkehrsinduzierten Emissionen wird unter Anwendung des Simulationsmodells die Berechnung des vorliegenden gemittelten Schalldruckpegels an den großen Schwall- und Entrauchungsöffnungen durchgeführt. Hieraus ergibt sich wiederum die flächenbezogene Schallleistung an den vertikalen Öffnungen des Schwall- und Entrauchungsbauwerkes. Dieser Parameter dient in der Folge als Eingangsgröße für das digitalen Schallquellen- und Ausbreitungsmodell, in dem neben den Schallquellen die schallimmissionstechnisch relevanten Umgebungsbedingungen lage- und höhenrichtig erfasst sind. Die Abschirmung auf dem Ausbreitungsweg wird für die bestehenden Gebäude berücksichtigt. Als Berechnungsprogramm wird die Software „SoundPlan", Version 7.0 der Soundplan GmbH eingesetzt. Anhand dieses Berechnungsmodells werden die Beurteilungspegelanteile, die infolge der Durchstrahlung des Schwall- und Entrauchungsbauwerkes von Verkehrsgeräuschen an den maßgeblichen Immissionsorten in der Umgebung hervorgerufen werden. ermittelt.

Zusätzlich zu den so ermittelten Beurteilungspegelanteilen werden die Immissionsorte durch sonstige Geräuschanteile, die dem Verkehrslärm zuzuordnen sind, belastet. Unter Berücksichtigung dieser beiden Teilbeurteilungspegel wird schließlich der Gesamtbeurteilungspegel durch energetische Summation an den Immissionsorten ermittelt. Der Gesamtbeurteilungspegel wird abschließend mit dem jeweils gültigen Immissionsgrenzwert der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BImSchV**) /1/ verglichen.

5.2 Anlagengeräusche

Im Schwall- und Entrauchungsbauwerk Süd werden vier Ventilatoren aufgestellt, die im Havariefall der Entrauchung der Gleisebene dienen sollen. Hierbei handelt es sich im Gegensatz zu den eigentlichen Fahrgeräuschen der Züge, die wie bereits beschrieben gemäß den Immissionsgrenzwerten der Verkehrslärmschutzverordnung zu beurteilen sind, um Anlagenlärm. Zur Beurteilung von Geräuschen, die aus dem Betrieb von Anlagen hervorgehen, sind die Immissionsrichtwerte gemäß **TA Lärm** /2/ maßgebend.

Ausgangspunkt der Untersuchungen stellt zunächst die Emissionsermittlung dar. Im Fokus liegen hierbei die Schallleistungen sowie die Betriebszeiten der Entrauchungsventilatoren.

Grundlegende Auswirkungen infolge des Anlagenbetriebs sind im vorliegenden Fall in zweierlei Hinsicht zu untersuchen. Zum einen führen Emissionen, die infolge der Schallausbreitung innerhalb des Schwall- und Entrauchungsbauwerkes Süd an den Öffnungen zur Schallabstrahlung in die Umgebung. Zum anderen ist der Betrieb der Ventilatoren hinsichtlich der in der Bahnsteigebene des geplanten Bahnhofs auftretenden Geräuschimmissionen zu untersuchen.

5.2.1 Schwall- und Entrauchungsöffnungen

Anhand des aufgestellten Simulationsmodells wird nun die Schallausbreitung innerhalb des Schwall- und Entrauchungsbauwerkes ermittelt. Hinsichtlich der Immissionen in der Umgebung des Bauwerkes, die durch den Betrieb der Ventilatoren hervorgerufen werden, wird zunächst der energetisch gemittelte Schalldruckpegel den großen Öffnungen berechnet. Dieser gemittelte Schalldruckpegel liefert schließlich unter Berücksichtigung der Betriebszeiten der Ventilatoren die beurteilte Schallleistung. Die somit ermittelte beurteilte Schallleistung in den Öffnungen des Bauwerkes wird schließlich mit dem Anforderungswert, der sich aus dem 15. Planänderungsverfahren ergibt, verglichen. Hierbei sei darauf hingewiesen, dass der Anforderungswert an die beurteilte Schallleistung der beiden vertikal angeordneten, jeweils ca. 84 m² großen Schwall- und Entrauchungsöffnungen so dimensioniert wurde, dass ein Immissionskonflikt im Umfeld der Anlage vermieden wird. Demnach bedeutet dies, sofern dieser Wert eingehalten oder unterschritten wird, werden auch die gültigen Immissionsrichtwerte nach Maßgabe der TA Lärm Umfeld der Anlage eingehalten.

Die Berechnungen werden zunächst ohne Berücksichtigung möglicher Minderungsmaßnahmen in Form von Schalldämpfern durchgeführt. Eine mögliche bzw. wahrscheinliche Überschreitung des Anforderungswertes dient somit als Grundlage der exakten Dimensionierung erforderlicher Maßnahmen. Die sich hieraus ergebende Pegeldifferenz entspricht somit exakt der erforderlichen Einfügedämmung der an den Ventilatoren erforderlichen Schalldämpfer.

5.2.2 Bahnsteigebene

Als weiterer Bestandteil dieser Untersuchung sind die Schallimmissionen, die durch den Betrieb der Ventilatoren im Bereich der Bahnsteige des geplanten Bahnhofs hervorgerufen werden, zu ermitteln und zu beurteilen. Auf Basis des Berechnungsmodells, das auch den geplanten Bahnhof in einer geeigneten vereinfachten Geometrie abbildet, werden die aus dem Ventilatorbetrieb resultierenden Schalldruckpegel an den Bahnsteigen berechnet. Der somit ermittelte maximale Schalldruckpegel wird schließlich mit dem erarbeiteten Anforderungswert an den maximal zulässigen Störschallpegel verglichen. Sofern eine Überschreitung des Anforderungswertes festgestellt wird und demnach quantifiziert werden kann, wird basierend auf diesem Berechnungsergebnis die Einfügedämmung der an den Ventilatoren erforderlichen Schalldämpfer dimensioniert. Die so ermittelte erforderliche Einfügedämmung wird schließlich mit der hinsichtlich der Schallausbreitung in der Umgebung erforderlichen Einfügedämmung verglichen. Maßgebend ist hierbei lediglich der höhere ermittelte Wert, der in diesem Fall die „schärfere" Anforderung darstellt.

6 Untersuchungsergebnisse

6.1 Einwirkungen aus Verkehrsgeräuschen

Die für den Bahnbetrieb erforderlichen Schwallöffnungen führen grundsätzlich zu einer Übertragung von Verkehrsgeräuschen im Tunnelbauwerk an die Umgebung. Hierbei handelt es sich um reine Verkehrsgeräusche, deren Beurteilung nach Maßgabe der **16. BImSchV** erfolgt.

6.1.1 Ermittlung der Emissionen aus Verkehrsgeräuschen

Während dem kritischen Nachtzeitraum, sind infolge des vorliegenden Betriebsprogramms Emissionspegel in Höhe von

$$L_{mE} = 64{,}7 \text{ dB(A)}$$

zugrunde zu legen (vgl. FRITZ GmbH, Ergänzende Stellungnahme zu den Auswirkungen eines geänderten Betriebsprogramms, Bericht Nr. 97450/3

vom 20.09.2004 /12/). Demnach ergibt sich hieraus ein längenbezogener Schallleistungspegel von

$$L_{WA}' = [\ 64{,}7 + 19{,}2\ ]\ \mathrm{dB(A)} = 83{,}9\ \mathrm{dB(A)}.$$

In der Folge wird diese Schallleistung auf beide Seiten des Schwall- und Entrauchungsbauwerkes bzw. beide Gleislagen gleich verteilt. Die längenbezogene Schallleistung eines Gleises beträgt demnach

$$L_{WA,Gleis}' = [\ 83{,}9 - 3{,}0\ ]\ \mathrm{dB(A)} = 80{,}9\ \mathrm{dB(A)}.$$

Für die Abbildung im Simulationsmodell ist es, wie bereits beschrieben, erforderlich, die beiden Linienschallquellen anhand von einzelnen Punktschallquellen zu diskretisieren. Nach Abwägung der mit einer höheren Diskretisierungsdichte einhergehenden in gleichem Maße ansteigenden erforderlichen Rechenzeiten wird hinsichtlich einer ausreichenden Abbildungsgenauigkeit sowie einer damit verbundenen möglichst hohen Berechnungsgenauigkeit, ein Diskretisierungsabstand von

$$s = 5\ \mathrm{m}$$

gewählt. Das Bedeutet, dass die vorliegenden Linienschallquellen durch viele Punktschallquellen abgebildet werden, die entlang der geplanten Gleislage immer den gleichen Abstand zueinander aufweisen. Der Schallleistungspegel jeder Punktschallquelle, der schließlich die Eingangsgröße des Simulationsmodells darstellt, berechnet sich unter Berücksichtigung des Diskretisierungsabstandes zu

$$L_{WA} = [\ 80{,}9 + 7{,}0\ ]\ \mathrm{dB(A)} = 87{,}9\ \mathrm{dB(A)}.$$

6.1.2 Immissionen aus Verkehrsgeräuschen

Das Berechnungsergebnis liefert an den großen, vertikal angeordneten Schwall- und Entrauchungsöffnungen einen energetisch gemittelten Schalldruckpegel von

$$L_{pA} = 65{,}5\ \mathrm{dB(A)}.$$

Die ausführlichen Berechnungsergebnisse hierzu sind in **Anhang 2** aufgeführt. Demnach beträgt die flächenbezogene Schallleistung an diesen Öffnungen an der Außenseite des Gebäudes ebenfalls

$$L_{WA,Öffnung}'' = 65{,}5\ \mathrm{dB(A)}.$$

Die für die Beurteilung von Verkehrslärm maßgeblichen Immissionsorte im Umfeld des Schwall- und Entrauchungsbauwerkes Süd befinden sich sowohl in Misch- als auch in allgemeinen Wohngebieten. Nachfolgend werden für beide Gebietsnutzungen die nächstgelegenen schutzwürdigen Nutzungen untersucht.

6.1.2.1 Mischgebiet

Auf Grundlage des Berechnungsergebnisses an den vertikalen Schwall-öffnungen ergeben sich an den maßgeblichen Immissionsorten im Mischgebiet (**IP 04**, **IP 05** und **IP 06**) Beurteilungspegelanteile infolge der Durchstrahlung des Gebäudes von

$$L_{r,Durchstrahlung} = 46{,}9 \ldots 50{,}8 \text{ dB(A)}.$$

Um nun auf den Gesamtbeurteilungspegel schließen zu können, ist die Kenntnis über alle sonstigen, dem Verkehrslärm zuzuordnenden Pegelanteile erforderlich. Gemäß Anlage 16.1 der Planfeststellungs-unterlagen (Bericht Nr. 97450 vom 03. Juli 2002) /9/ liegen an den Immissionsorten sonstige Geräuschanteile während des Nachtzeitraums im Bereich von

$$L_{r,sonst} = 46{,}5 \ldots 49{,}6 \text{ dB(A)}$$

vor. Der Gesamtbeurteilungspegel an den einzelnen Immissionsorten ergibt sich jeweils aus der Summation der beiden Teilbeurteilungspegel. Somit ergeben sich maximale Beurteilungspegel an **IP 05**, der an dem Gebäude Willy-Brandt-Straße 18 angeordnet ist. Hier sind in der Nacht Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,Nacht} = 52{,}2 \text{ dB(A)}.$$

zu erwarten. Der in Mischgebieten für den Nachtzeitraum gültige Immissionsgrenzwert von

$$IGW_{Nacht} = 54 \text{ dB(A)},$$

der für die Beurteilung von Verkehrsgeräuschen heranzuziehen ist, wird demnach um mindestens

$$\Delta L_{r,Nacht} = -1{,}8 \text{ dB(A)}$$

unterschritten und somit eingehalten. Demnach ist davon auszugehen, dass die Anforderungen nach **16. BImSchV** sowohl am Tag als auch in der Nacht an den Immissionsorten in den umliegenden Mischgebieten ohne zusätzliche Maßnahmen eingehalten werden können.

6.1.2.2 Allgemeines Wohngebiet

An den maßgeblichen Immissionsorten im Allgemeinen Wohngebieten (**IP 08** und **IP 09**) werden Beurteilungspegelanteile infolge der Durchstrahlung des Schwall- und Entrauchungsbauwerkes von

$$L_{r,Durchstrahlung} = 31{,}4 \ldots 37{,}2 \text{ dB(A)}.$$

Um nun auf den Gesamtbeurteilungspegel schließen zu können, ist die Kenntnis über alle erforderlich. Gemäß Anlage 16.1 der Planfeststellungsunterlagen (Bericht Nr. 97450 vom 03. Juli 2002) /9/ belaufen sich alle sonstigen, dem Verkehrslärm zuzuordnenden Pegelanteile an den Immissionsorten während des Nachtzeitraums auf

$$L_{r,sonst} = 40{,}5 \ldots 47{,}8 \text{ dB(A)}.$$

Aus der Summation der beiden Teilbeurteilungspegel ergeben sich maximale Beurteilungspegel an **IP 09**, der an dem Gebäude Sängerstraße 3 angeordnet ist. Hier sind im Nachtzeitraum Beurteilungspegel von bis zu

$$L_{r,Nacht} = 47{,}9 \text{ dB(A)}.$$

zu erwarten. Der in Allgemeinen Wohngebieten in der Nacht gültige Immissionsgrenzwert in Höhe von

$$IGW_{Nacht} = 49 \text{ dB(A)}$$

wird demnach um mindestens

$$\Delta L_{r,Nacht} = -1{,}1 \text{ dB(A)}$$

unterschritten und somit eingehalten. Demnach ist auch in den angrenzenden Allgemeinen Wohngebieten davon auszugehen, dass die Anforderungen nach **16. BImSchV** am Tag und in der Nacht ohne zusätzliche Maßnahmen eingehalten werden können.

Die ausführlichen Berechnungsergebnisse hinsichtlich der Beurteilungspegel an den maßgeblichen Immissionsorten sind in **Anhang 3** dokumentiert.

6.2 Einwirkungen aus Anlagengeräuschen

6.2.1 Ermittlung der Emissionen aus dem Betrieb der Ventilatoren

Die hinsichtlich der Anlagengeräusche maßgeblichen Schallquellen stellen die vier Ventilatoren dar, die im Havariefall der Entrauchung des Tunnels dienen. Die vorgesehenen Ventilatoren weisen gemäß den Planerangaben /16/ im Volllastbetrieb jeweils einen Schallleistungspegel von ca.

$$L_{WA,Ventilator} = 133{,}3 \text{ dB(A)}$$

auf. Es sei erwähnt, dass es sich hierbei um die abgestrahlte Schallleistung eines Ventilators ohne die Berücksichtigung eines Schalldämpfers handelt. Die Betriebszeit jedes einzelnen Ventilators beträgt nicht mehr als nicht mehr als eine Stunde während des Tagzeitraums zwischen 06:00 Uhr und 22:00 Uhr betrieben wird. Während der Nacht ist kein Betrieb der Ventilatoren zu Test- und Wartungszwecken vorgesehen.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass der Test- bzw. Wartungsbetrieb lediglich ein Mal pro Jahr tatsächlich unter Volllast erfolgen wird. An den übrigen Wartungstagen werden die Ventilatoren lediglich mit Teillast betrieben. Bei Teillastbetrieb sind grundsätzlich deutlich geringere Schallleistungen und somit im gleichen Maße niedrigere Beurteilungspegel an den nächstgelegenen schutzbedürftigen Nutzungen zu erwarten. Da der Wartungsbetrieb jedoch im ungünstigsten Fall unter Volllast erfolgt, ist die genannte Schallleistung für die Beurteilung der Anlagengeräusche maßgebend.

6.2.2 Schwall- und Entrauchungsöffnungen

Während dem Betrieb aller 4 Ventilatoren unter Volllast ergibt sich ohne Berücksichtigung von Schallschutzmaßnahmen an den beiden jeweils ca. 84 m² großen Schwall- und Entrauchungsöffnungen an der Außenseite des Bauwerkes ein über die Öffnungsfläche gemittelter Schalldruckpegel in Höhe von

$$L_{pA} = 106{,}9 \text{ dB(A)}.$$

Die ausführlichen Berechnungsergebnisse sind in **Anhang 4.1** aufgeführt.

Der Wert des so berechneten gemittelten Schalldruckpegels entspricht exakt der flächenbezogenen Schallleistung der Öffnungen:

$$L_{WA,Öffnung}'' = 106{,}9 \text{ dB(A)}$$

Da die Ventilatoren nicht mehr als eine Stunde betrieben werden, ergibt sich demnach die beurteilte flächenbezogene Schallleistung der beiden Öffnungen zu

$$L_{WAr,Öffnung}'' = [\ 108{,}9 + 10 \cdot \log(\ 1\ h\ /\ 16\ h\ )\ ] \text{ dB(A)} = 94{,}9 \text{ dB(A)}.$$

Unter Berücksichtigung der Öffnungsgrößen von jeweils ca. 84 m² berechnet sich die beurteilte Schallleistung der beiden Öffnungen somit zu jeweils

$$L_{WAr,Öffnung} = [\ 94{,}9 + 10 \cdot \log(\ 84\ m^2\ /\ 1\ m^2\ )\ ] \text{ dB(A)} = 114{,}1 \text{ dB(A)}.$$

Gemäß unseres Berichtes 97450-ABS-1 vom 23.03.2015 /13/, der der 15. Planänderung zugrunde liegt, darf die beurteilte Schallleistung beider Öffnungen einen Wert von jeweils

$$L_{WAr,Öffnung} \leq 97{,}0 \text{ dB(A)}$$

nicht überschreiten. Bei Einhaltung oder Unterschreitung dieses Wertes ist sichergestellt, dass der gültige Immissionsrichtwert an den nächstgelegenen schutzbedürftigen Nutzungen eingehalten wird. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass dieser Anforderungswert bereits berücksichtigt, dass unter Umständen infolge des Ventilatorbetriebs Tonhaltigkeiten auftreten können. Demnach wurde als Planungsziel letztendlich zugrunde gelegt, dass der Beurteilungspegel um 3 dB(A) unter dem Immissionsrichtwert liegen sollte.

Bei Vergleich des Berechnungsergebnisses mit dem angeführten Anforderungswert an die beurteilte Schallleistung ergibt sich eine Überschreitung von

$$\Delta L_{WAr,Öffnung} = [\ 114{,}1 - 97{,}0\ ] \text{ dB(A)} = +\ 17{,}1 \text{ dB(A)}.$$

Somit wird der Anforderungswert zunächst deutlich überschritten und es werden wie vorgesehen Schallschutzmaßnahmen erforderlich.

6.2.3 Bahnsteigebene

Während dem Betrieb aller 4 Ventilatoren unter Volllast ergibt sich ohne Berücksichtigung von Schallschutzmaßnahmen im Bahnhofsgebäude im Bereich der Bahnsteige ein maximaler Schalldruckpegel in Höhe von

$$L_{pA,max} = 99{,}5 \text{ dB(A)}.$$

Die Berechnungsergebnisse für die Bahnsteigebene sind in **Anhang 5.1** dargestellt.

Der in Ansatz gebrachte Anforderungswert an den maximal zulässigen Störschallpegel im Bereich der Bahnsteige, der durch den Betrieb der Ventilatoren nicht überschritten werden darf, beträgt

$$L_S = 80{,}0 \text{ dB(A)}.$$

Aus den Berechnungen geht somit hervor, dass der genannte Anforderungswert um

$$\Delta L_{pA,max} = [\ 99{,}5 - 80{,}0\ ] \text{ dB(A)} = +\ 19{,}5 \text{ dB(A)}$$

überschritten und somit nicht eingehalten wird. Demnach werden auch hinsichtlich der Schallübertragung im Inneren des Bauwerkes hin zum Bahnhof zusätzliche Schallschutzmaßnahmen erforderlich.

6.2.4 Dimensionierung von Schallschutzmaßnahmen

Die Berechnungsergebnisse der beiden in den vorangegangenen Abschnitten aufgeführten Betrachtungen hinsichtlich der Auswirkungen des Ventilatorbetriebs weisen Überschreitungen der jeweiligen Anforderungswerte auf, die sich in der gleichen Größenordnung befinden. Demgemäß wird der Anforderungswert an die beurteilte Schallleistung der beiden vertikal angeordneten Öffnungen an der Außenseite des Bauwerkes um

$$\Delta L_{WAr,Öffnung} = +\ 17{,}1 \text{ dB(A)}$$

und der Anforderungswert an den maximal zulässigen Störschallpegel im Bereich der Bahnsteige um

$$\Delta L_{pA,max} = + 19{,}5 \text{ dB(A)}$$

überschritten und demnach nicht eingehalten. Damit nun der jeweilige Anforderungswert eingehalten wird, werden Schallschutzmaßnahmen erforderlich. Maßgebend für die Bemessung der an den Ventilatoren erforderlichen Schalldämpfer ist hierbei die größere Überschreitung des Anforderungswertes. Somit muss die erforderliche Einfügedämmung der Schalldämpfer ein Wert von

$$D_E = [\ 19{,}5 + 2\ ] \text{ dB} \geq 21{,}5 \text{ dB}$$

aufweisen. Dieser Wert ist durch die Vorlage eines qualifizierten Prüfzeugnisses nachzuweisen. Hierbei ist insbesondere nachzuweisen dass die zum Einsatz kommenden Schalldämpfer in Verbindung mit den hier zum Einsatz kommenden Ventilatoren zu der angestrebten Emissionsminderung führen. Die in der Zielvorgabe zusätzlich berücksichtigte Beaufschlagung von 2 dB stellt ein Vorhaltemaß dar, das sicherstellen soll, dass der aus Sicht des Immissionsschutzes erforderlichen Zielwert auch unter Berücksichtigung der spezifischen Einbaubedingungen innerhalb des Schwallbauwerkes erreicht wird. Unter Berücksichtigung von Schalldämpfern mit der hier ausgewiesenen Einfügedämmung können demnach beide Anforderungswerte – das heißt sowohl im Inneren als auch außerhalb des Gebäudes – eingehalten werden.

Bei dem oben genannten Anforderungen, handelt es sich um Mindestanforderungen! Grundsätzlich ist zu prüfen, wieweit unter Berücksichtigung der bestehenden funktionalen und anlagentechnischen Randbedingungen eine weitere Minimierung der Geräuschemissionen möglich ist.

7 Abschließende Bemerkungen

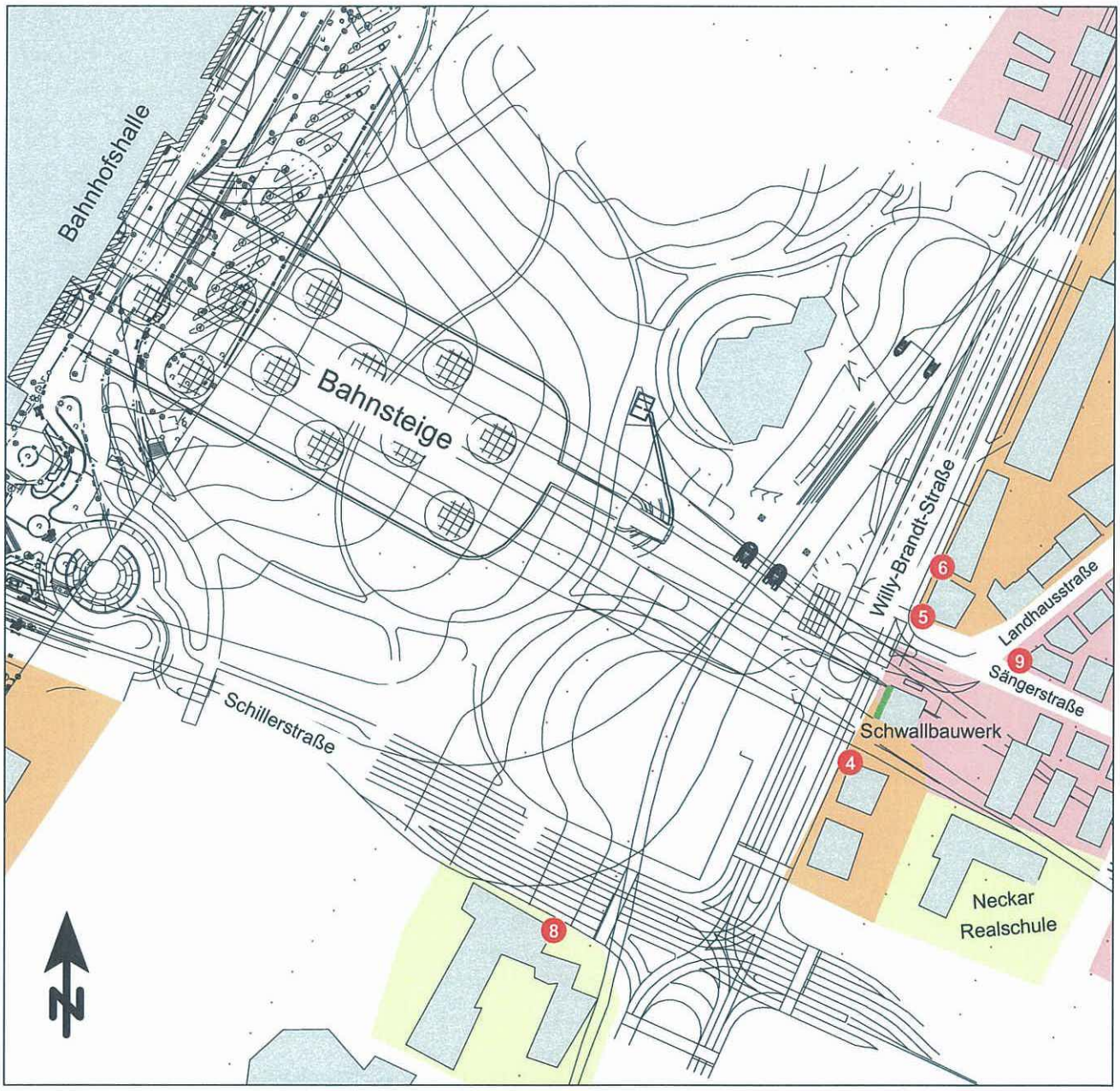
Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Anforderungen gemäß **16. BImSchV** /1/ infolge von Geräuschen aus dem Bahnbetrieb sowohl am Tag als auch in der Nacht ohne zusätzliche Maßnahmen eingehalten werden können.

Ebenfalls werden hinsichtlich des Testbetriebs der Ventilatoren im Schwall- und Entrauchungsbauwerk Süd die Mindestanforderungen nach Maßgabe der **TA Lärm Ziffer 6.3** /2/ erfüllt, soweit die in jedem Fall erforderlichen Ansaugschalldämpfer die Mindestanforderungen an das Einfügendämm- Maß erfüllen. Diese erforderliche Schutzfunktion ist im Rahmen der anlagentechnischen Planung unter Berücksichtigung der funktionalen und anlagentechnischen Randbedingungen nach Möglichkeit noch zu optimieren. Es ist anzustreben, dass die von den Schwallöffnungen während des Testbetriebes der Ventilatoren ausgehenden Geräuschemissionen auf das technisch mögliche Mindestmaß reduziert werden. Im Rahmen der weiteren Ausführungsplanung muss demnach geprüft werden, welche Schalldämpfer geeignet sind, die gestellten Anforderungen zu erfüllen und wie die konstruktive Umsetzung dieser Maßnahme, d.h. die Ausstattung der Anlage mit Schalldämpfer, gestaltet werden kann.

Dipl.-Phys. Peter Fritz **Dipl.-Ing. Mario Graefen**

Von der Industrie- und Handelskammer öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
Dipl.-Phys. Peter Fritz
Sachverständiger für Schall- und Erschütterungsschutz im Städtebau, Hochbau, Anlagenbau und am Arbeitsplatz

ANHANG



Maßstab 1:2500

0 25 50 75 100 125 m

- Schwalllöffnungen
- Gebäude
- Mischgebiete
- Allgemeine Wohngebiete
- Schulen
- Immissionsort

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

Fehlheimer Straße 24
64683 Einhausen
Telefon (06251) 96 46-0
Fax (06251) 96 46-46
E-Mail: Info@Fritz-Ingenieure.de

Projekt 97450: Schalltechnische Untersuchung

DB Projekt Stuttgart - Ulm GmbH - 07.07.2015

Schwall- und Entrauchungsbauwerk Süd

- ÜBERSICHTSLAGEPLAN -

ANHANG 1

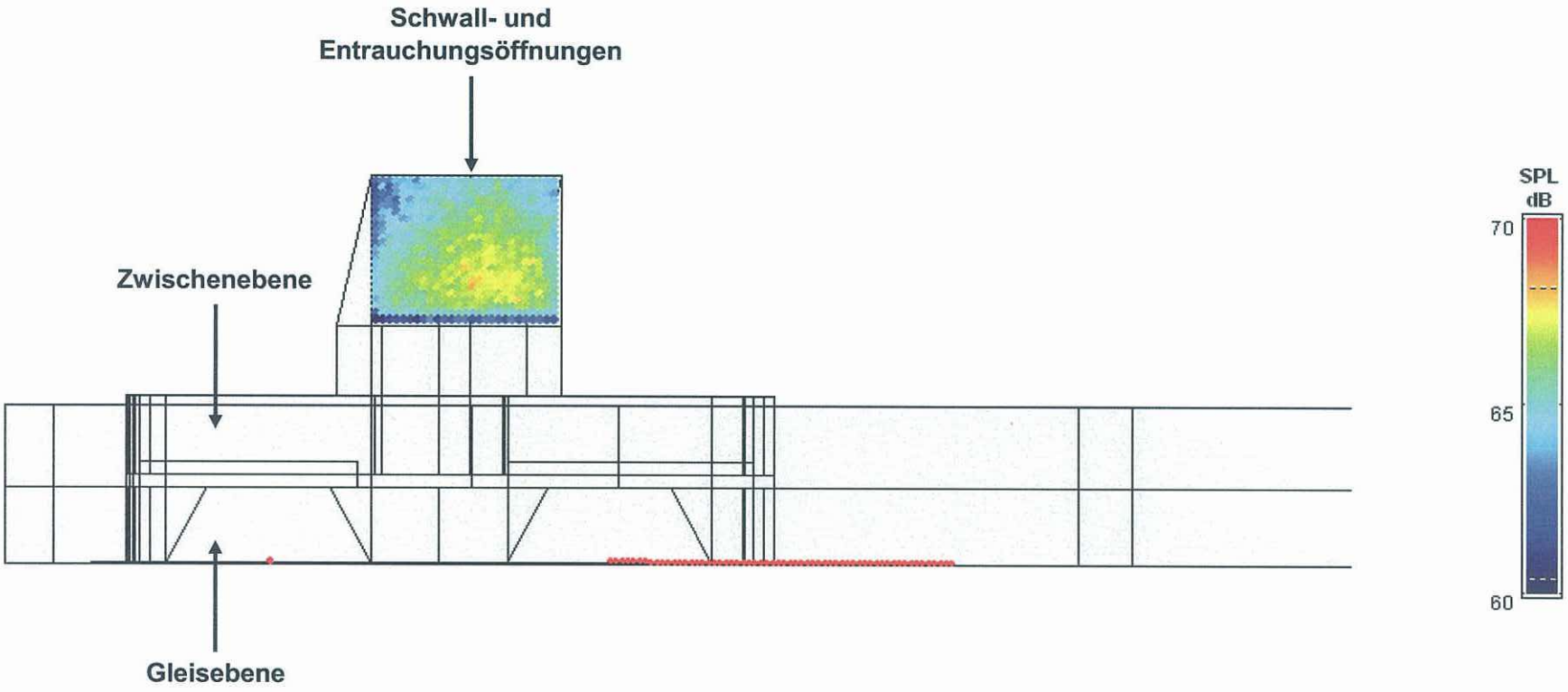
Berechnungsergebnisse Verkehrslärm

A-bewerteter Schalldruckpegel an den vertikalen Schwall- und Entrauchungsöffnungen

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

X:\Projekte2\1997\97700-DBPSU-IBS21-ArchivA-PFA 1.1\2015\54-Entrauchungsbauwerke\D-Bearbeitung\97450-ABS-2-Anhang-Überarbeitung 2016\[15450-ABS-2-Anhang.xls]ANHANG 2.1

Berechnungsergebnisse



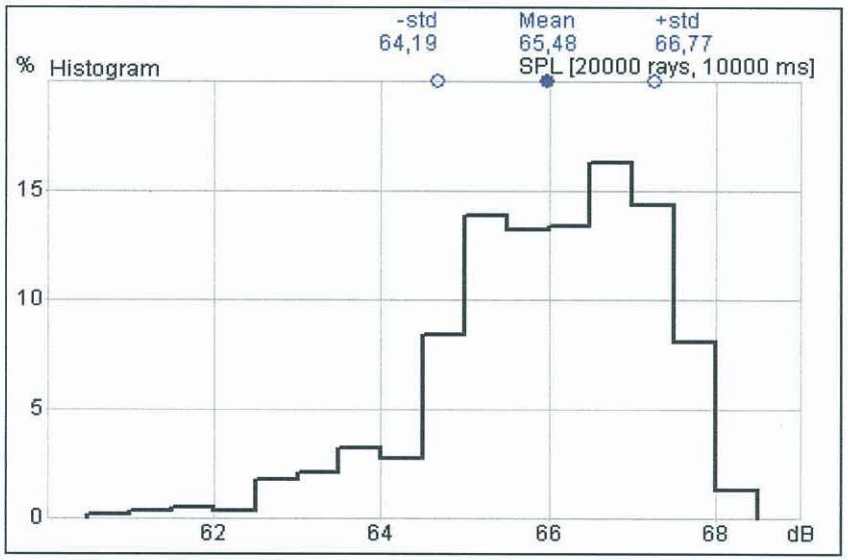
● Schallquelle (Emission Schiene)

09.05.2016 - 97450-ABS-2

FRITZ GmbH Beratende Ingenieure VBI - Fehlheimer Straße 24 - 64683 Einhausen
Tel. (06251) 96 46-0 - www.fritz-ingenieure.de

Berechnungsergebnisse

Statistische Häufigkeitsverteilung (y-Achse) der an den berechneten Knoten vorliegenden A-bewerteten Schalldruckpegel (x-Achse)



FRITZ GmbH Beratende Ingenieure VBI - Fehlheimer Straße 24 - 64683 Einhausen
Tel. (06251) 96 46-0 - www.fritz-ingenieure.de

Legende

Immissionsort		Name des Immissionsorts
SW		Stockwerk
Nutz.		Gebietsnutzung
HR		Himmelsrichtung
IGW Nacht	dB(A)	Immissionsgrenzwert nachts (22:00-06:00Uhr)
Lr Nacht	dB(A)	Beurteilungspegel nachts (22:00-06:00Uhr)
dL Nacht	dB(A)	Grenzwertüberschreitung nachts (22:00-06:00Uhr)

Stuttgart 21: PFA 1.1
Beurteilungspegelanteil Schwallöffnungen
Regelbetrieb Nacht

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

Immissionsort	SW	Nutz.	HR	IGW Nacht dB(A)	Lr Nacht dB(A)	dL Nacht dB(A)
IP 04: Brandtstr. 12	EG	MI	W	54	49,2	---
	1. OG			54	49,0	---
	2. OG			54	49,0	---
IP 05: Brandtstr. 18	EG	MI	S	54	49,7	---
	1. OG			54	50,6	---
	2. OG			54	50,8	---
IP 06: Brandtstr. 20	EG	MI	SW	54	45,9	---
	1. OG			54	46,5	---
	2. OG			54	46,9	---
IP 08: Schillerstr. 5	EG	WA	SO	49	36,6	---
	1. OG			49	36,9	---
	2. OG			49	37,2	---
IP 09: Sängerstr. 3	EG	WA	SW	49	29,9	---
	1. OG			49	30,2	---
	2. OG			49	30,3	---
	3. OG			49	31,4	---
	4. OG			49	31,3	---

Verkehrslärm

Bildung des Gesamtbeurteilungspegels aus Durchstrahlung und sonstigen Pegelanteilen

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

Immissionsort	**IP 04**	**IP 05**	**IP 06**	**IP 08**	**IP 09**
	Willy-Brandt-Str. 12	Willy-Brandt-Str. 18	Willy-Brandt-Str. 20	Schillerstraße 5	Sängerstraße 3
Gesamtbeurteilungspegel in der Nacht [dB(A)] nach Bericht 97450/2 vom 02.06.2003	48,4	47,8	49,9	40,8	47,8
Pegelanteile der Schwallöffnungen [dB(A)] gemäß Bericht 97450 vom 03.07.2002					
Durchstrahlung Verkehrslärm	30,5	32,2	28,5	19,6	13,5
Lüftergeräusche	39,7	41,5	37,8	28,8	22,7
Sonstige Geräuschanteile [dB(A)]	**47,7**	**46,5**	**49,6**	**40,5**	**47,8**
Pegelanteil aus Schwallöffnung [dB(A)]	49,2	50,8	46,9	37,2	31,4
Gesamtbeurteilungspegel in der Nacht [dB(A)]	**51,5**	**52,2**	**51,5**	**42,2**	**47,9**
Immissionsgrenzwert in der Nacht [dB(A)]	54,0	54,0	54,0	49,0	49,0
Immissionsgrenzwertüberschreitung [dB(A)]	--	--	--	--	--

FRITZ GmbH Beratende Ingenieure VBI - Fehlheimer Straße 24 - 64683 Einhausen
Tel. (06251) 96 46-0 - www.fritz-ingenieure.de

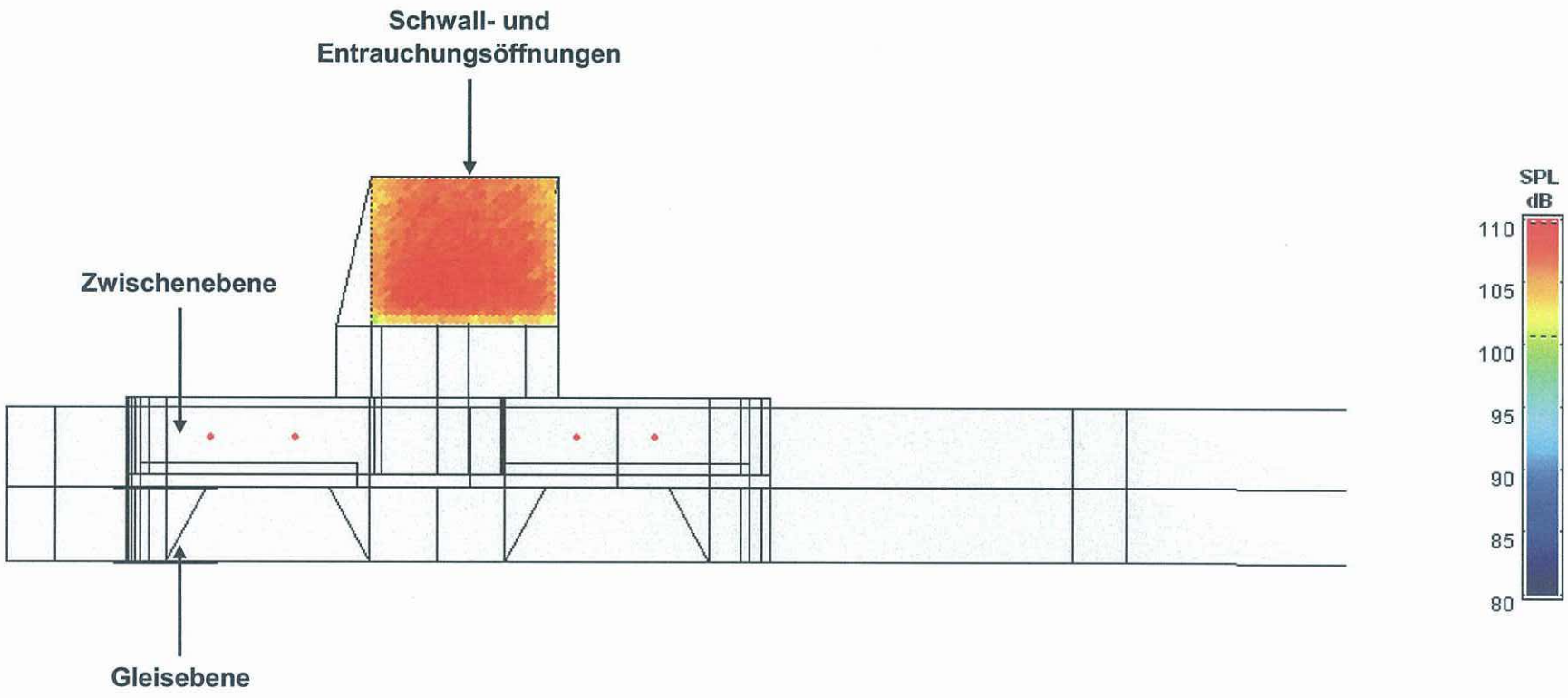
Berechnungsergebnisse Anlagenlärm

A-bewerteter Schalldruckpegel an den vertikalen Schwall- und Entrauchungsöffnungen

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

X:\Projekte2\1997\97700-DBPSU-IBS21-Archiv\A-PFA 1.1\2015\54-Entrauchungsbauwerke\D-Bearbeitung\97450-ABS-2-Anhang-Überarbeitung 2016\[15450-ABS-2-Anhang.xls]ANHANG 4.1.1

Berechnungsergebnisse ohne Schalldämpfer



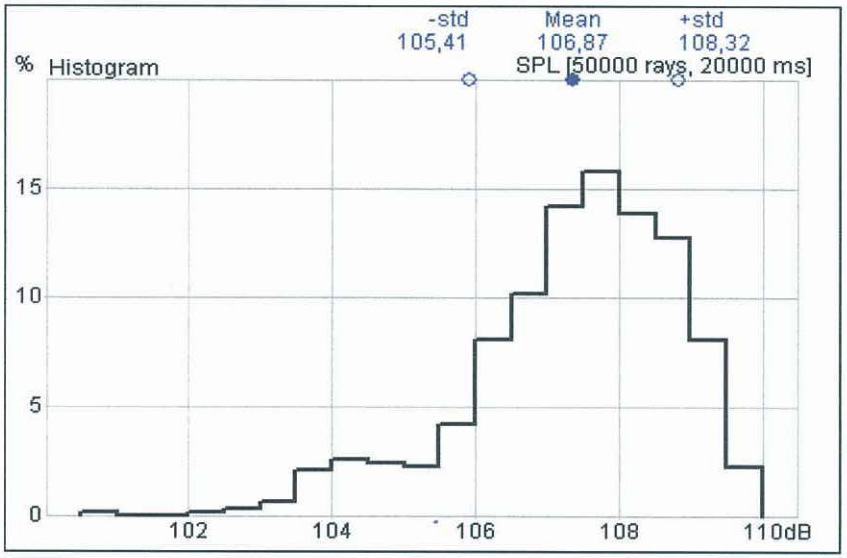
● Schallquelle (Ventilatoren)

09.05.2016 - 97450-ABS-2

FRITZ GmbH Beratende Ingenieure VBI - Fehlheimer Straße 24 - 64683 Einhausen
Tel. (06251) 96 46-0 - www.fritz-ingenieure.de

Berechnungsergebnisse ohne Schalldämpfer

Statistische Häufigkeitsverteilung (y-Achse) der an den berechneten Knoten vorliegenden A-bewerteten Schalldruckpegel (x-Achse)



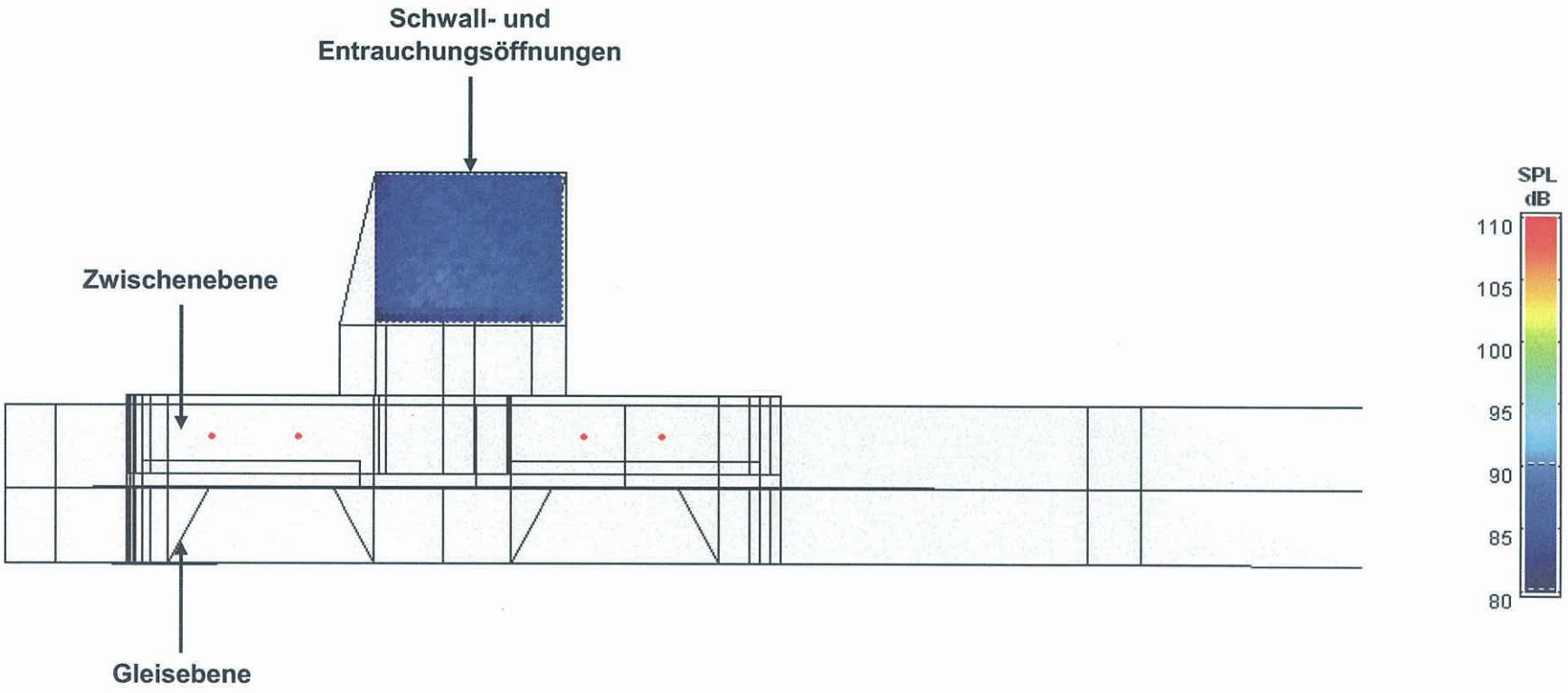
Berechnungsergebnisse Anlagenlärm

A-bewerteter Schalldruckpegel an den vertikalen Schwall- und Entrauchungsöffnungen

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

X:\Projekte2\1997\97700-DBPSU-IBS21-Archiv\A-PFA 1.1\2015\54-Entrauchungsbauwerke\D-Bearbeitung\97450-ABS-2-Anhang-Überarbeitung 2016\[15450-ABS-2-Anhang.xls]ANHANG 4.2.1

Berechnungsergebnisse mit Schalldämpfer



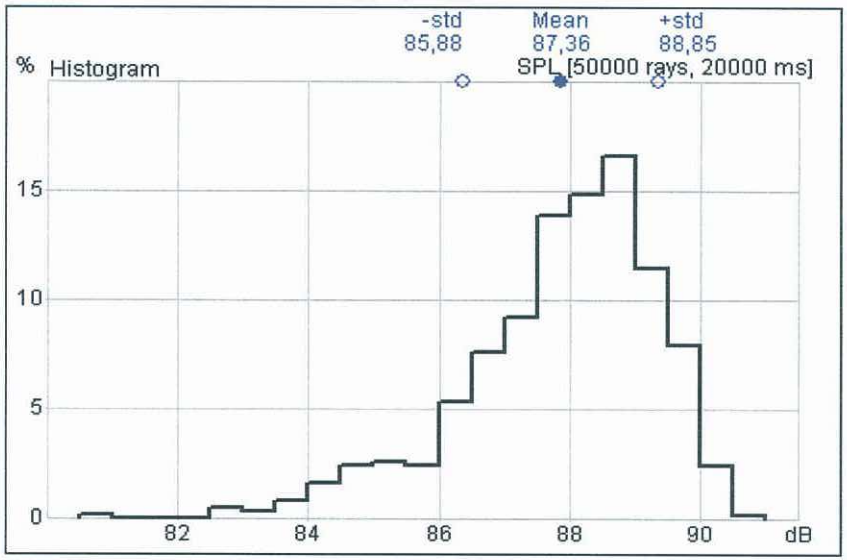
● Schallquelle (Ventilatoren)

09.05.2016 - 97450-ABS-2

FRITZ GmbH Beratende Ingenieure VBI - Fehlheimer Straße 24 - 64683 Einhausen
Tel. (06251) 96 46-0 - www.fritz-ingenieure.de

Berechnungsergebnisse mit Schalldämpfer

Statistische Häufigkeitsverteilung (y-Achse) der an den berechneten Knoten vorliegenden A-bewerteten Schalldruckpegel (x-Achse)



FRITZ GmbH Beratende Ingenieure VBI - Fehlheimer Straße 24 - 64683 Einhausen
Tel. (06251) 96 46-0 - www.fritz-ingenieure.de

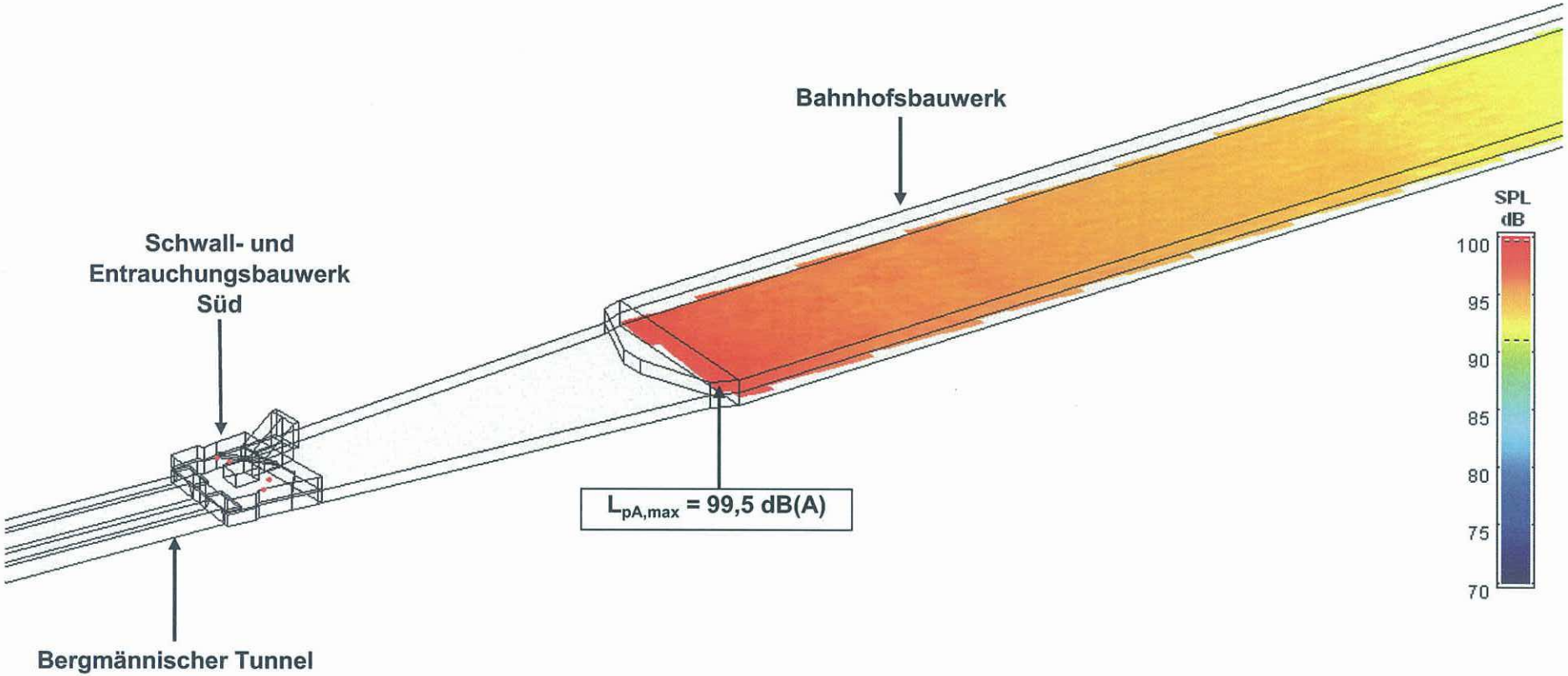
Berechnungsergebnisse Anlagenlärm

A-bewerteter Schalldruckpegel im Bereich der Bahnsteige

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

X:\Projekte2\1997\97700-DBPSU-IBS21-Archiv\A-PFA 1.1\2015\54-Entrauchungsbauwerke\D-Bearbeitung\97450-ABS-2-Anhang-Überarbeitung 2016\[15450-ABS-2-Anhang.xls]ANHANG 5.1

Berechnungsergebnisse ohne Schalldämpfer



● Schallquelle (Ventilatoren)

09.05.2016 - 97450-ABS-2

FRITZ GmbH Beratende Ingenieure VBI - Fehlheimer Straße 24 - 64683 Einhausen
Tel. (06251) 96 46-0 - www.fritz-ingenieure.de

ANHANG 5.1

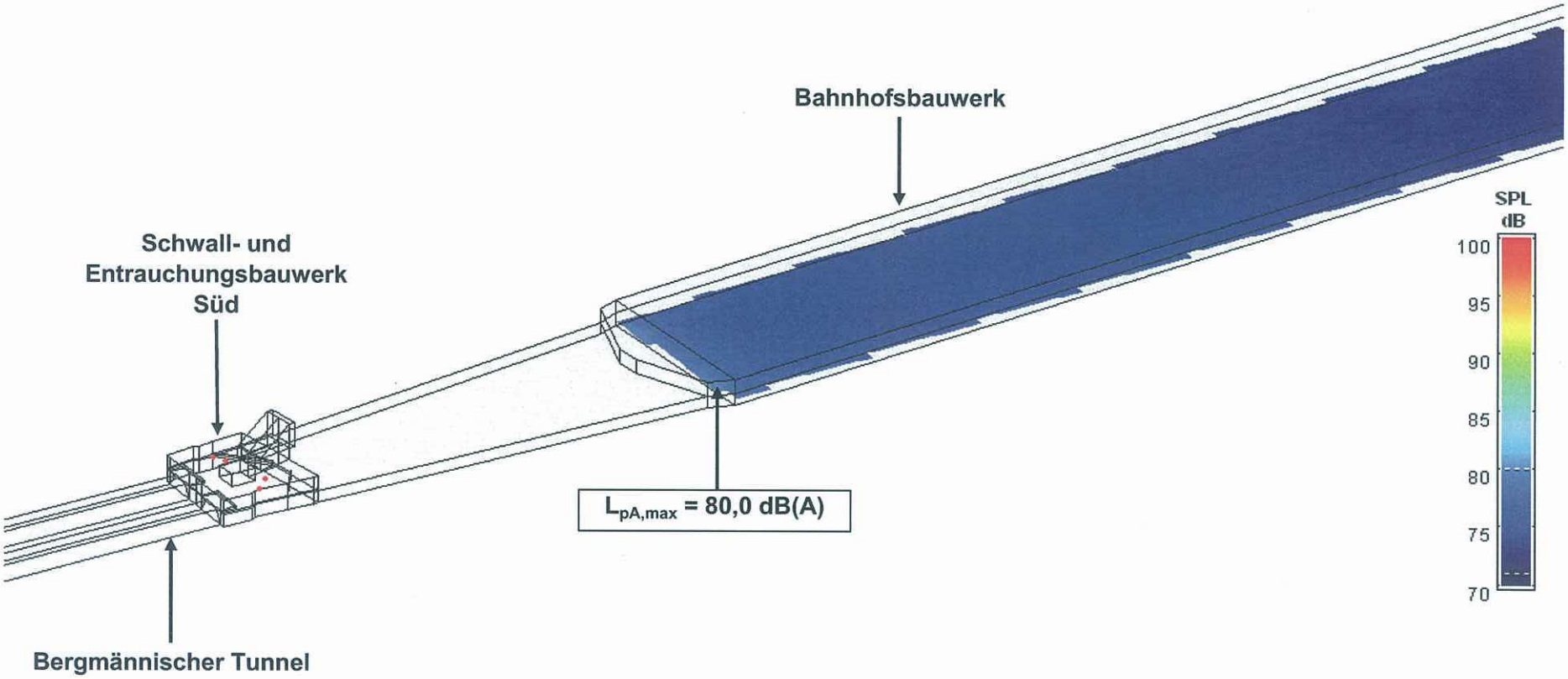
Berechnungsergebnisse Anlagenlärm

A-bewerteter Schalldruckpegel im Bereich der Bahnsteige

FRITZ GmbH
BERATENDE INGENIEURE VBI

X:\Projekte2\1997\97700-DBPSU-IBS21-Archiv\A-PFA 1.1\2015\54-Entrauchungsbauwerke\D-Bearbeitung\97450-ABS-2-Anhang-Überarbeitung 2016\[15450-ABS-2-Anhang.xls]ANHANG 5.2

Berechnungsergebnisse mit Schalldämpfer



● Schallquelle (Ventilatoren)

09.05.2016 - 97450-ABS-2

FRITZ GmbH Beratende Ingenieure VBI - Fehlheimer Straße 24 - 64683 Einhausen
Tel. (06251) 96 46-0 - www.fritz-ingenieure.de

ANHANG 5.2