

SoundPLAN GmbH

Ingenieurbüro für
Softwareentwicklung
Lärmschutz
Umweltplanung



Schalltechnische Untersuchung zum Bebauungsplan „Südlich der Bunsen- straße“

Bericht Nr.: 24 GS 052 - 2

Datum: 12.06.2025



**Schalltechnische Untersuchung
zum Bebauungsplan „Südlich der Bunsenstraße“
in LE-Musberg**

Bericht Nr.: 24 GS 052 - 2

Berichtsdatum: 12.06.2025

Auftraggeber:

BPD Immobilienentwicklung GmbH
Silcherstraße 1
70176 Stuttgart

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. Marco Schlich
Qualitätssicherung: B.Sc. Svenja Veric

SoundPLAN GmbH

Etzwiesenberg 15 | 71522 Backnang

Tel.: +49 (0) 7191 / 9144 -0 | Fax: +49 (0) 7191 / 9144 -24

GF: Dipl.-Math. (FH) Michael Gille | Dipl.-Ing. (FH) Jochen Schaal

HRB Stuttgart 749021 | mail@soundplan.de | www.soundplan.de

Qualitätsmanagement zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2015

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND ZUSAMMENFASSUNG	4
2	RECHTLICHE GRUNDLAGEN ZUR BEURTEILUNG DER GERÄUSCHWIRKUNG	6
2.1	Allgemeine rechtliche Regelungen	6
2.2	DIN 18005	7
2.3	TA Lärm	8
2.4	Qualitätssicherung der Software SoundPLANnoise.....	9
3	DAS BEBAUUNGSPLANGEBIET	10
4	UNTERSUCHUNG VERKEHRSLÄRM	12
4.1	Verkehrsmengen und Emissionen der Straßen.....	12
4.2	Ergebnisse der Berechnungen Verkehrslärm – leeres Gebiet.....	14
4.3	Ergebnisse der Berechnungen Verkehrslärm – Vollbebauung	15
5	UNTERSUCHUNG GEWERBELÄRM	16
5.1	Emissionen anfalls Verpackungen.....	16
5.2	Emissionen „Biosk“	20
5.3	Ergebnisse der Berechnungen Gewerbelärm – leeres Gebiet.....	21
5.4	Ergebnisse der Berechnungen Gewerbelärm – Vollbebauung.....	23
6	WEITERE SCHALLTECHNISCHE ASPEKTE	24
6.1	Tiefgarage	24
6.2	Verkehrspegelzunahme in der Umgebung	26
7	SCHALLSCHUTZMAßNAHMEN IM BEBAUUNGSPLAN	27
7.1	Prüfung aktiver Schallschutzmaßnahmen gegen Verkehrslärm.....	27
7.2	Passive Schallschutzmaßnahmen – maßgebliche Außenlärmpegel	28
7.3	Passive Schallschutzmaßnahmen - Lüftungsanlagen	29
7.4	Passiver Schallschutz – Außenwohnbereiche.....	30
8	LITERATUR.....	32

1 Einleitung und Zusammenfassung

In Leinfelden-Echterdingen im Ortsteil Musberg ist die Aufstellung des Bebauungsplans „Südlich Bunsenstraße“ beschlossen. Es soll dort nach Rückbau der bestehenden Gewerbegebäude neue Wohnbebauung entstehen.

Für die Aufstellung des Bebauungsplans wird eine schalltechnische Untersuchung zu Gewerbe- und Verkehrslärm durchgeführt, die im nachfolgenden Bericht beschrieben wird.

Diese schalltechnische Untersuchung kam dabei zu folgenden Ergebnissen:

- Das Gebiet ist prinzipiell für die vorgesehene Nutzung (Wohnen) geeignet, obwohl es durch Straßenverkehrsgeräusche spürbar belastet ist. Eine Gebietsausweisung als „Allgemeines Wohngebiet“ gemäß § 4 BauNVO ist möglich.
- Geräuscheinwirkung durch gewerblich erzeugte Geräusche der Fa. antalis sind aus schalltechnischer Sicht konfliktfrei, denn die Anforderungen der TA Lärm werden im gesamten Plangebiet eingehalten. Für die Firma entstehen keine Einschränkungen.
- Der Kiosk/Imbiss an der Bunsenstraße 2 im Plangebiet darf nur im Tageszeitraum (6-22 Uhr) geöffnet haben. In der Nacht ist keine Bewirtung/Verkauf zulässig.
- Verkehrsgeräusche stammen in erster Linie von den südlich des Plangebiets gelegenen Straßen, vornehmlich der Filderstraße. Sie überschreiten die schalltechnischen Orientierungswerte der DIN 18005 deutlich. Eine relevante „Gesundheitsgefährdung“, die die Wohnnutzung an dieser Stelle erschweren würde, kann aber nicht festgestellt werden.
- Dennoch ist eine Wohnnutzung bzw. eine Gebietsausweisung nur zulässig, wenn geeignete Schallschutzmaßnahmen ergriffen werden. Wir empfehlen passive Schallschutzmaßnahmen, die folgendermaßen im textlichen Teil des Bebauungsplans festgesetzt werden könnten:

„Zulässig sind Vorhaben, deren Außenbauteile eine ausreichende Schalldämmung aufweisen. Der zugehörige Nachweis erfolgt gemäß DIN 4109 („Nachweis gegen Außenlärm“) unter Berücksichtigung der im zeichnerischen Teil des Bebauungsplans festgesetzten maßgeblichen Außenlärmpegel. Es ist ebenfalls zulässig, die maßgebenden Außenlärmpegel für den konkreten Bauentwurf durch eine fachgutachterliche Untersuchung bestimmen zu lassen.“

Zum Schlafen geeignete Räume, sind mit Lüftungseinrichtungen (Fensterfalzlüftern oder fensterunabhängigen Belüftungsanlagen) auszustatten. Die Lüftungseinrichtungen sind so auszuführen, dass in der Nacht (22-6 Uhr) ein verkehrsinduzierter mittlerer Innenpegel von maximal 30 dB(A) bei geschlossenen Fenstern eingehalten wird. Räume mit einer natürlichen Belüftungsmöglichkeit über eine Fassade, an der ein nächtlicher verkehrsinduzierter Beurteilungspegel $L_{IN} \leq 45 \text{ dB(A)}$ anliegt, bedürfen keiner zusätzlichen Lüftungsanlage.

Außenwohnbereiche (Terrassen, Balkone und Dachterrassen etc.), deren Abstand zum nördlichen Straßenrand der Filderstraße (Bordstein) weniger als 10 m beträgt, sind nur zulässig, wenn sie mit geeigneten baulichen Schallschutzmaßnahmen ausgestattet werden (z.B. Verglasungen, Prallscheiben). Es ist nachzuweisen, dass im Außenwohnbereich ein mittlerer verkehrsinduzierter Pegel im Tageszeitraum von $L_{rT} \leq 65 \text{ dB(A)}$ eingehalten ist.“

In den zeichnerischen Teil des Bebauungsplans sollen die Isophonenlinien der maßgeblichen Außenlärmpegel aufgenommen werden.

- Informativ wurde auch das städtebauliche Konzept betrachtet, obwohl dies für den Angebotsbebauungsplan nicht erforderlich gewesen wäre. Hier können folgende Aussagen getroffen werden:
 - o Das Konzept erscheint umsetzbar und bekräftigt damit nochmals die prinzipielle Eignung des Gebiets für die vorgesehene Nutzung
 - o Es sind an allen acht Gebäuden passive Schallschutzmaßnahmen zu realisieren. Diese sind:
 - Ausreichende Schalldämmung der Außenbauteile gemäß den Vorgaben der DIN 4109 („Nachweis gegen Außenlärm“). Die zugehörigen maßgeblichen Außenlärmpegel liegen in einem Bereich $L_a = 58 - 72 \text{ dB(A)}$.
 - An allen acht Gebäuden Lüftungseinrichtungen an Schlafräumen, die unabhängig von einer Fensteröffnung funktionieren. Viele Fassaden sind allerdings von dieser Verpflichtung ausgenommen.
 - An Haus 1 und 3 sind der Filderstraße zugewandte Außenwohnbereiche (z.B. Balkone und Terrassen) baulich gegen Verkehrslärm zu schützen.

2 Rechtliche Grundlagen zur Beurteilung der Geräuscheinwirkung

2.1 Allgemeine rechtliche Regelungen

Der rechtliche Schutzanspruch gegenüber übermäßiger Lärmbelastung ist im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) [1] geregelt.

Der Zweck des BImSchG ist es, *„Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.“* (§1.1)

„Schädliche Umwelteinwirkungen“ sind definiert als *„Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.“* (§3.1)

Eine Beurteilung, ob die vorherrschenden Geräuscheinwirkungen als „schädlich“ einzustufen sind, ist zwar grundsätzlich eine Einzelfallentscheidung, in der Praxis ist aber die **DIN 18005** [2] das allgemein anerkannte Beurteilungsinstrument im städtebaulichen Planungsprozess. Sie wird konkretisiert durch weitere Richtlinien und Verordnungen:

- Bei Verkehrslärm gibt es einen Abwägungsspielraum, bei dem Verordnungen (wie die 16. BImSchV [3]) lediglich hinweisenden Charakter haben.
- Bei Gewerbelärm greift die TA Lärm (6. BImSchV) [4], welche klare Anforderungen an die zulässige Geräuscheinwirkung stellt.

2.2 DIN 18005

Die DIN 18005 „Schallschutz im Städtebau“ [2] liefert „schalltechnische Orientierungswerte“ für die Abwägung des Aspekts des Schallschutzes im städtebaulichen Verfahren.

Gebietsausweisung nach BauNVO [5]		Schalltechnische Orientierungswerte in dB(A)		
		Tag (06:00 – 22:00 Uhr)	Nacht (22:00 – 06:00 Uhr)	
			Verkehr	Gewerbe
a)	Reine Wohngebiete (WR), Wochenend- und Ferienhausgebiete	50	40	35
b)	Allgemeine Wohngebiete (WA), Kleinsiedlungsgebiete (WS) und Campingplätze	55	45	40
c)	Friedhöfe, Kleingartenanlagen und Parkanlagen	55	55	55
d)	Besondere Wohngebiete (WB)	60	45	40
e)	Dorfgebiete (MD) und Mischgebiete (MI)	60	50	45
f)	Kerngebiete (MK) und Gewerbegebiete (GE)	65	55	50
g)	Sonstige Sondergebiete, je nach Nutzungsart, soweit schutzbedürftig	45 bis 65	35 bis 65	35 bis 65
h)	Industriegebiete (GI)	k.A.	k.A.	k.A.

Hierbei ist zu beachten, dass die schalltechnischen Orientierungswerte keine strengen Grenzwerte darstellen. Sie sind als sachverständige Konkretisierung der Anforderungen an den Schallschutz aufzufassen und stellen ein städtebauliches Qualitätsziel dar, das nicht mit Schwellenwerten für gesundheitliche Beeinträchtigungen oder gesetzlichen Grenzwerten gleichzusetzen ist.

Die schalltechnischen Orientierungswerte sind am ehesten als „anzustrebendes Idealziel“ zu sehen. Eine Überschreitung ist bei sachgerechter Begründung zulässig. Allerdings sind der Überschreitung Grenzen gesetzt:

Bezüglich des Verkehrslärms muss bei einer Überschreitung geprüft werden, ob die Geräusche noch im zumutbaren Rahmen liegen oder gar eine Gefährdung der Gesundheit darstellen können. Hierfür greift man gerne informativ auf weitere technische Regelwerke zurück, z.B. auf die 16 BImSchV [3].

Gebietsausweisung nach BauNVO [5]	16.BImSchV [3] (hilfreich bei der Abwägung der Zumutbarkeit von Geräuschen)		Grenze zu einer möglichen beginnenden Gesundheitsgefährdung	
	Tag [dB(A)]	Nacht [dB(A)]	Tag [dB(A)]	Nacht [dB(A)]
Allg. Wohngebiete (WA)	59	49	65 - 70	55 - 60
Mischgebiet (MI)	64	54		

Liegt die Pegeleinwirkung über dem abwägbaren Maß, so ist zu prüfen, ob mittels Schallschutzmaßnahmen wohngesunde Verhältnisse sichergestellt werden können. Dabei kommen sowohl aktive als auch passive Schallschutzmaßnahmen in Frage.

2.3 TA Lärm

Die TA Lärm [4] dient zur Beurteilung der Geräuschimmissionen von genehmigungsbedürftigen und nicht-genehmigungsbedürftigen Anlagen. Im Rahmen des schalltechnischen Nachweises sind im vorliegenden Fall diese Punkte wesentlich:

1. Beurteilungspegel

Der Beurteilungspegel muss die folgenden Immissionsrichtwerte einhalten:

Gebietsausweisung nach BauNVO [5]		Immissionsrichtwerte in dB(A)	
		Tag (06:00 – 22:00 Uhr)	Nacht (lauteste Stunde zwischen 22:00 – 06:00 Uhr)
a)	Industriegebiete (GI)	70	70
b)	Gewerbegebiete (GE)	65	50
c)	Urbane Gebiete	63	45
d)	Kerngebiete (MK), Dorfgebiete (MD) und Mischgebiete (MI)	60	45
d)	Allgemeine Wohngebiete (WA)	55	40
e)	Reine Wohngebiete (WR)	50	35
f)	Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35

Die in obiger Tabelle genannten Immissionsrichtwerte gelten 0,5 m vor dem geöffneten Fenster des am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes (maßgeblicher Immissionsort).

Bildung des Beurteilungspegels:

Der Beurteilungspegel setzt sich aus dem gemittelten Immissionspegel im jeweiligen Beurteilungszeitraum zuzüglich Zuschlägen für erhöhte Störwirkungen zusammen.

Zuschlag für Impulshaltigkeit:

Enthält das Geräusch Impulse und/oder ist auffälligen Pegeländerungen unterworfen, ist ein Zuschlag in der Höhe der Differenz zwischen dem Mittelungspegel L_{Aeq} und dem Wirkpegel nach dem Taktmaximalpegelverfahren L_{AFreq} zuzurechnen.

Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit:

Geräusche mit auffälligen ton- oder informationshaltigen Geräuschen sind mit einem Zuschlag zu beaufschlagen. Je nach Auffälligkeit gilt ein Zuschlag K_{Inf} von 3 dB(A) oder 6 dB(A). Der Zuschlag K_{Ton} beträgt ebenfalls je nach Auffälligkeit 3 dB(A) oder 6 dB(A). Die Summe der Zuschläge $K_{Inf} + K_{Ton}$ ist auf maximal 6 dB(A) zu begrenzen.

2. Maximalpegelkriterium

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen (Maximalpegel) dürfen die Immissionsrichtwerte um nicht mehr als 30 dB(A) am Tag und 20 dB(A) in der Nacht überschreiten.

3. Tieffrequente Geräusche

Für Geräusche, die vorherrschende Geräuschanteile im Frequenzbereich unter 90 Hz besitzen, ist die Frage, ob von ihnen schädliche Umwelteinwirkungen ausgehen, im Einzelfall nach den örtlichen Verhältnissen zu beurteilen. Sofern dies vorliegt, sind geeignete Minderungsmaßnahmen zu prüfen.

Die Immissionsrichtwerte der TA Lärm sind aus der Summe aller gewerblich erzeugten Geräusche einzuhalten.

2.4 Qualitätssicherung der Software SoundPLANnoise

Das verwendete Programm zur Schallimmissionsprognose, SoundPLANnoise 9.1, wurde auf Konformität hinsichtlich der korrekten Implementierung der Berechnungsverfahren nach ISO 9613-2:1996 / DIN ISO 9613-2:1999 [10] und RLS-19 [6] geprüft. Die Prüfung erfolgte gemäß den Vorgaben der DIN 45687:2006 [12] bzw. ISO 17534-1:2015 [13] und umfasste die Berechnung von Testaufgaben gemäß ISO/TR 17534-3:2015 und RLS-19.

Die Konformitätsprüfung wurde von einer unabhängigen Prüfstelle im Auftrag des „Verbandes zur Förderung der Qualitätssicherung von Software zur Berechnung von Schall e.V.“ (<https://a-qns.de/>) durchgeführt.

3 Das Bebauungsplangebiet

Das Bebauungsplangebiet befindet sich am Ortsrand von Musberg (von Leinfeldern kommend). Man erreicht es über die Filderstraße (L 1192).



„Südlich Bunsenstraße“, Lageplan zum Aufstellungsbeschluss, Stand März 2024

Ein ausgearbeiteter Bebauungsplanentwurf liegt noch nicht vor. Aus obigem Lageplan ist lediglich der Geltungsbereich ersichtlich, welcher die Grundstücke Bunsenstraße 2 sowie Filderstraße 115 bis 121 (Flst. 262/1, 262/3, 263 und 267/2) umfasst.

Die Grundstücke sind derzeit mit einer gewerblichen Nutzung bebaut (z.B. MO-Automobilhandel). Die gewerbliche Nutzung entfällt und die Gebäude sollen rückgebaut werden. Ausnahme bildet nur ein kleines Gebäude (Bunsenstraße 2), welches auch zukünftig als Kiosk/Imbiss weitergenutzt werden soll.

Der derzeit geltende Bebauungsplan lässt ausschließlich eine gewerbliche Nutzung zu. Die geplante Wohnbebauung wäre nicht genehmigungsfähig, weswegen die anstehende Aufstellung des Bebauungsplans „Südlich Bunsenstraße“ notwendig ist, um durch eine Änderung des Gebietsstatus Wohnbebauung zuzulassen. Wir gehen davon aus, dass die zukünftige Nutzung „Allgemeines Wohngebiet“ entsprechend § 4 BauNVO [5] sein wird.

Obwohl die Aufstellung eines „Angebotsbebauungsplans“ vorgesehen ist, gibt es bereits für den Geltungsbereich einen städtebaulichen Entwurf. Dieser sieht die Errichtung von acht Mehrfamiliengebäuden mit gemeinsamer Tiefgarage vor.



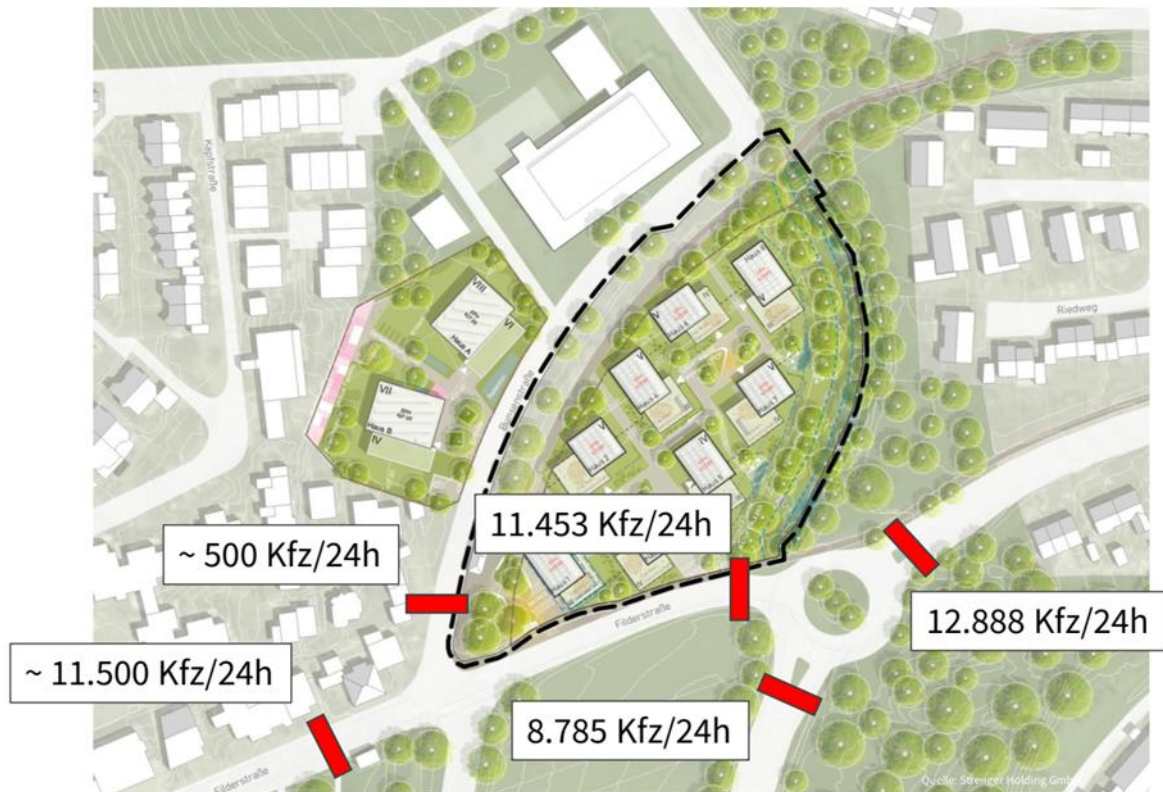
Städtebauliches Konzept, Stand Dezember 2024

Im Rahmen der schalltechnischen Untersuchung darf nicht nur von o.g. Konzept ausgegangen werden. Es müssen auch abweichende Planungen zulässig sein. Daher sind die entsprechenden Festsetzungen allgemein zu halten.

4 Untersuchung Verkehrslärm

4.1 Verkehrsmengen und Emissionen der Straßen

Die verwendeten Verkehrsmengen entstammen einer im Rahmen des städtebaulichen Verfahrens angefertigten verkehrstechnischen Untersuchung der Bernard-Gruppe. Bei Zählungen am Kreisverkehr am 01.10.2020 wurden folgende Verkehrsmengen abgeleitet:



Um eine zukünftige Verkehrsentwicklung (auch durch die neuen Bebauungspläne) zu berücksichtigen, werden die o.g. Verkehrsmengen pauschal um 10% erhöht. Die Emissionen werden nach den Vorgaben der RLS-19 [6] errechnet, wobei hinsichtlich des Lkw-Aufkommens der Straßentyp „Kreis- oder Gemeindeverbindungsstraße“ verwendet wurde, um dem „Durchfahrtsstraßencharakter“ der Musberger Straße, der Filderstraße und der K 1227 zu entsprechen. Nur für die Bunsenstraße wurde der Straßentyp „Gemeindestraße“ verwendet. Als Straßenoberfläche wurde „Asphaltbeton $\leq$ AC11“ angenommen.

Straße	Verkehrsmenge DTV	Zul. Geschwindigkeit	Emissionspegel L_w in dB(A)	
			Tag	Nacht
Filderstraße (west)	12.650 Kfz/24h	40 km/h	79,8 – 80,5	72,6 – 73,3
Filderstraße (ost)	12.600 Kfz/24h	40 km/h	79,5 – 82,4	72,3 – 75,4
Musberger Straße	14.177 Kfz/24h	50 km/h	81,4 – 83,3	74,2 – 75,8
K 1227	9.664 Kfz/24h	50 km/h	79,7 – 80,2	72,5 – 73,0

		80 km/h	84,7	77,5
Kreisverkehr	9.110 Kfz/24h	30 km/h	78,3 – 79,0	71,2 – 71,9
Bunsenstr. (bis TG)	850 Kfz/24h	50 km/h	69,0	61,4
Bunsenstr. (TG - antalis)	550 Kfz/24h	50 km/h	67,1	59,5
Bunsenstr. (nach antalis)	150 Kfz/24h	50 km/h	61,4 – 62,3	53,8 – 54,7
		30 km/h	58,8 – 59,3	51,2 – 51,7

Die Schwankung in der Emission rührt einerseits von unterschiedlichen Steigungszuschlägen im Verlauf der Straße her und andererseits vom Knotenpunktzuschlag „Kreisverkehr“.

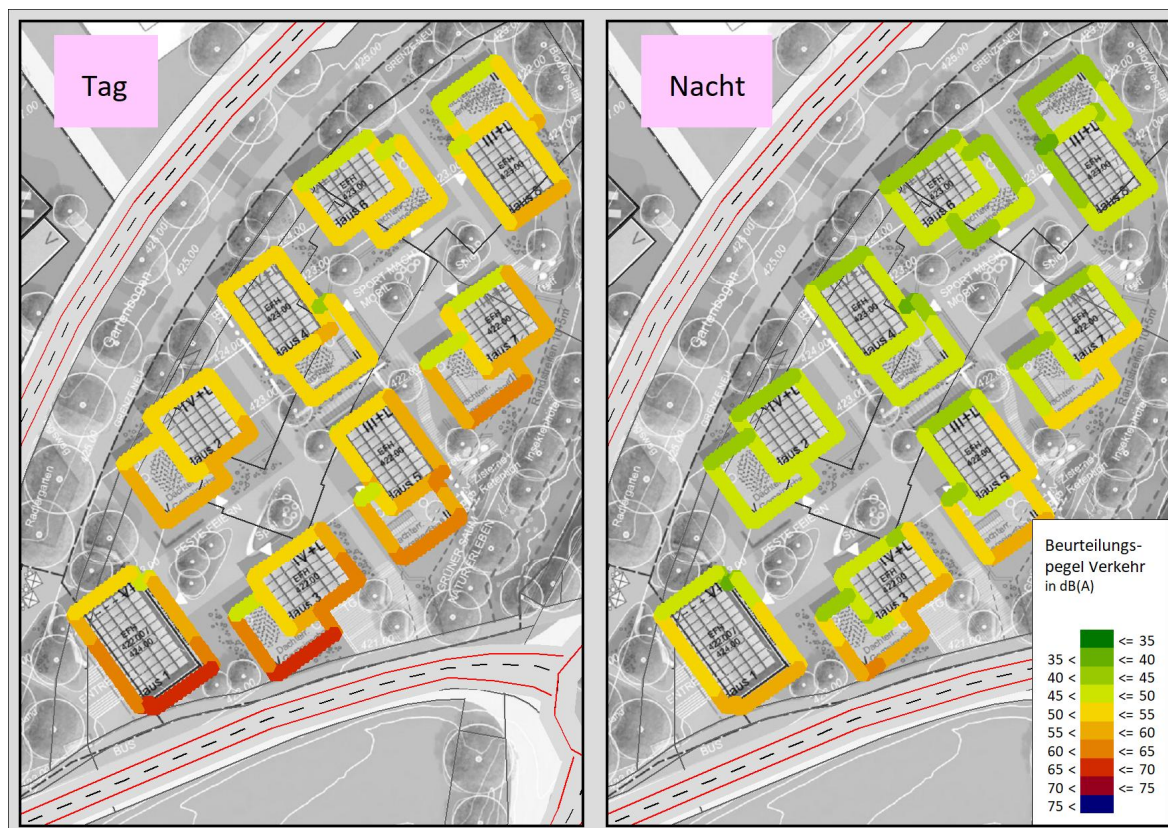
4.2 Ergebnisse der Berechnungen Verkehrslärm – leeres Gebiet

Für ein idealisiertes unbebautes Gebiet stellt sich die Geräuschpegelverteilung durch den Verkehr folgendermaßen dar (in 5 m Höhe über Gelände):



4.3 Ergebnisse der Berechnungen Verkehrslärm – Vollbebauung

Unter der Annahme, dass sowohl der nördliche als auch der südliche Teil der Bunsenstraße entsprechend dem städtebaulichen Entwurf bebaut wird, ergeben sich folgende Ergebnisse:



Dargestellt ist der Pegel im lautesten Stockwerk (i.d.R. die oberste Etage).

Fazit Verkehrslärm:

Die schalltechnischen Orientierungswerte der DIN 18005 [2] für allgemeine Wohngebiete werden

- Am Tag nahezu im gesamten Plangebiet überschritten,
- In der Nacht in ca. 50% des Bebauungsplangebiets überschritten.

In einem sehr schmalen Streifen entlang der Südgrenze des Plangebiets kann es sogar zu einer Überschreitung der „Grenze einer möglichen Gesundheitsgefährdung“ (60 dB(A)) kommen – was aber in der späteren Bebauung voraussichtlich nur einen kleinen Teil einer einzigen Fassade betreffen wird.

Insgesamt ist eine Ansiedelung von Wohnbebauung vertretbar, allerdings sind geeignete Schallschutzmaßnahmen notwendig (siehe Kapitel 7).

5 Untersuchung Gewerbelärm

5.1 Emissionen antalis Verpackungen

Nach den vorgesehenen Wegfall der Betriebe „Jung Produktion Stuttgart GmbH“ und dem Gewerbe innerhalb des PLangebiets verbleibt in der Umgebung des Bebauungsplans ausschließlich die Fa. „antalis Verpackungen GmbH“ an der Bunsenstraße 11.

Die Firma vertreibt Maschinen und Materialien für Verpackungen (z.B. Füllstoffe für Kartons oder Einwickelfolien) und bietet auch maßgeschneiderte Lösungen für den Versand konkreter Objekte (z.B. sog. „Konstruktivverpackungen“).

Die Betriebszeiten liegen zwischen 6 und maximal 19 Uhr.

Parkplätze für Beschäftigte:

Der „Hauptparkplatz“ verfügt über 56 Stellplätze. Am nördlichen Teil der Bunsenstraße gibt es weitere 14 Stellplätze. Im Bereich der Lkw-Anlieferzone können zwei Pkw stehen. Wir gehen von 2,1 Bewegungen je Stellplatz aus – d.h. morgens kommen, nachmittags/abends gehen und vereinzelt nochmals in der Mittagspause kommen und gehen. Insgesamt kommt man so auf 151 Parkbewegungen innerhalb der Betriebszeiten. Dies dürfte ein Ansatz zur sicheren Seite sein.

Je Parkbewegung wird gemäß Parkplatzlärmstudie eine Emissionskennggröße von $L_{W,1h} = 67 \text{ dB(A)}$ angesetzt. Auf dem Hauptparkplatz gibt es einen Zuschlag für den Durchfahrtsverkehr von $K_D = 4,2 \text{ dB(A)}$.

Der kurzzeitige Spitzenpegel (Zuschlagen Autotüre) wird mit $L_{Wmax} = 97,5 \text{ dB(A)}$ angesetzt.



Teil des Mitarbeiterparkplatzes

Lieferverkehr:

Insgesamt ist pro Tag mit bis zu 7 Lkw zu rechnen, die mit Paletten Be- und Entladen werden (Gelegentlich auch Gitterrollwagen, welche aber leiser sind – zur Sicherheit gehen wir grundsätzlich von Paletten aus). Die Ladetätigkeiten erfolgen mittels elektrischen Gabelstaplern oder elektrischen Handhubwagen. Verladen wird an der Außenrampe über eine Ladebordwand. Auf der sicheren Seite liegend, gehen wir im Mittel von 23 Paletten/Lkw aus, d.h. 161 Paletten über den gesamten Tag. Je verladene Palette wird eine Emissionskenngröße von $L_{W,1h} = 82 \text{ dB(A)}$ gem. angesetzt.

Der kurzzeitige Spitzenpegel beim Überfahren der Ladebordwand kann bis zu $L_{Wmax} = 113,3 \text{ dB(A)}$ erreichen.

Pro Lkw wird zudem ein „Rangiervorgang“ angesetzt, der das rückwärts andocken an die Laderampe sowie die spätere Abfahrt enthält. Die dafür verwendete Emissionskenngröße setzt sich aus folgenden Einzelgeräuschen gem. zusammen:

Abstellen mit Rangieren und Rückfahrwarner an der Ladezone		
	Dauer	L_W
Anlassen	5 s	100 dB(A)
Türenschiagen	2 x 5 s	100 dB(A)
Betriebsbremse	5 s	108 dB(A)
Rückfahrwarner	30 s	103 dB(A)
Rangierfahren	30 s	101 dB(A)
Summe / Kenngröße $L_{W,1h} =$		86 dB(A)



Überladesituation an der Außenrampe

Papierpresse:

Im Bereich der Ladezone gibt es einen Container mit Presse zur Entsorgung von Papier und Pappe. Entsprechend fachgutachterlicher Schallpegelmessungen ist eine Schallleistung von $L_W = 82 \text{ dB(A)}$ im Betrieb angemessen. Bei einem 20-minütigen Betrieb je Entsorgungsvorgang ergibt sich eine Emissionskenngröße von $L_{W,1h} = 77 \text{ dB(A)}$. Wir gehen von 4 Einwurfvorgängen je Tag aus (auf der sicheren Seite liegend).

Technische Anlagen – Kühlaggregat im Bereich der Kantine:

Das Gerät „Mitsubishi Electrics City Multi“ läuft während der Betriebszeiten. Der Hersteller gibt für diese Art von Geräten einen Schalldruckpegel von $L_P = 65 \text{ dB(A)}$ in 1,5 m Abstand an. Daraus ergibt sich eine Schallleistung von $L_W = 82 \text{ dB(A)}$. Das Gerät hat einen deutlich wahrnehmbaren Emissionsanteil im tieffrequenten Bereich.

Technische Anlagen – Kühlaggregat für den Server:

Die beiden Außengeräte „Mitsubishi Electric Mr. Slim R32“ befinden sich seitlich an einem kleinen Extragebäude (in unmittelbarer Nähe zum Baugebiet Bunsenstraße Nord). Der Hersteller gibt je Gerät einen Schalldruckpegel von $L_P = 52 \text{ dB(A)}$ in 1,5 m Abstand an. Daraus ergibt sich eine Schallleistung von jeweils $L_W = 69 \text{ dB(A)}$.

Da der Serverraum auch außerhalb der Betriebszeiten gekühlt werden muss, gehen wir von einem Ganztagsbetrieb aus. Dies ist damit die einzige Schallquelle, die auch in der Nacht emittiert.



Technische Anlagen – weitere Kühlgeräte:

An der südöstlichen Fassade des Hauptgebäudes gibt es vier weitere Außengeräte, u.a. vom Typ „Mitsubishi Electric R410A“. Sie sind ähnlich laut, wie die Kühlgeräte für den Serverraum. Sie werden nur in den Betriebszeiten genutzt.

Eines der Geräte befindet sich nahe der Gebäudeecke, die übrigen ungefähr in der Mitte der Fassade.



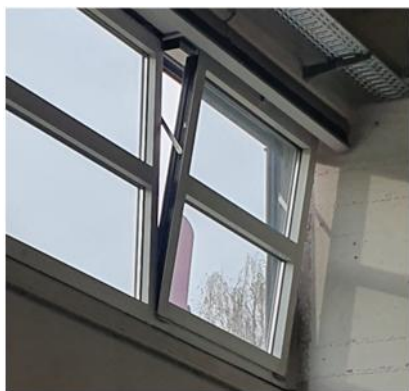
Innenpegel / Produktion:

Im Inneren des Gebäudes gibt es im Erdgeschoss eine „Produktion“. Es gibt mehrere Maschinen zum Schneiden von Papier, Knüllen von Papier oder Ausstanzen von Kunststoffplatten.

Der Innenpegel ist dabei so gering, dass ein Tragen von Gehörschutz nicht erforderlich ist, d.h. ein Innenpegel unter 80 dB(A). Wir gehen dennoch von einem mittleren Innenpegel von $L_1 = 85 \text{ dB(A)}$ über die gesamte Betriebszeit aus, um insgesamt auf der sicheren Seite zu liegen.

Der Innenpegel liegt nicht in der gesamten Etage vor, sondern nur in den (abgetrennten) Räumen, in der die Maschinen stehen. Große Teile der Etage sind Lagerflächen, in denen der Geräuschpegel zu vernachlässigen ist.

In den lauten Räumen kann der Innenpegel über die Fenster und Lichtbänder nach außen dringen. In der warmen Jahreszeit werden die Fenster häufig geöffnet. Es gibt dabei zwei Typen von Fenstern:



Typ A:



Typ B:

Fenster Typ A befindet sich an der südwestlichen Fassade. Es hat eine Größe von ca. 85 x 100 cm und kann klassisch gekippt werden. Die Schalldämmung im gekippten Zustand beträgt ca. $R'_w = 10$ dB.

Fenster Typ B befindet sich an den Längsseiten des Gebäudes (Südost und Nordwest). Es hat eine Größe von ca. 100 x 100 cm. Es kann durch eine Drehung geöffnet werden. Die Schalldämmung im geöffneten Zustand wird mit $R'_w = 4$ dB angesetzt.

Zusätzlich gibt es einen Schalldurchgang durch die geschlossene Festverglasung (Glas-Sandwichpaneele), welche mit einer Schalldämmung von $R'_w = 24$ dB angesetzt werden.

5.2 Emissionen „Biosk“

Innerhalb des Plangebiets befindet sich an der Bunsenstraße 2 ein kleines, eingeschossiges Gebäude, welches zukünftig als Kiosk / Imbiss geführt werden soll. Angedacht ist der Verkauf von Getränken und kleinen Speisen an vorbeikommende Radfahrer:innen und Wandernde sowie an Anwohner:innen und Beschäftigte aus der Umgebung.



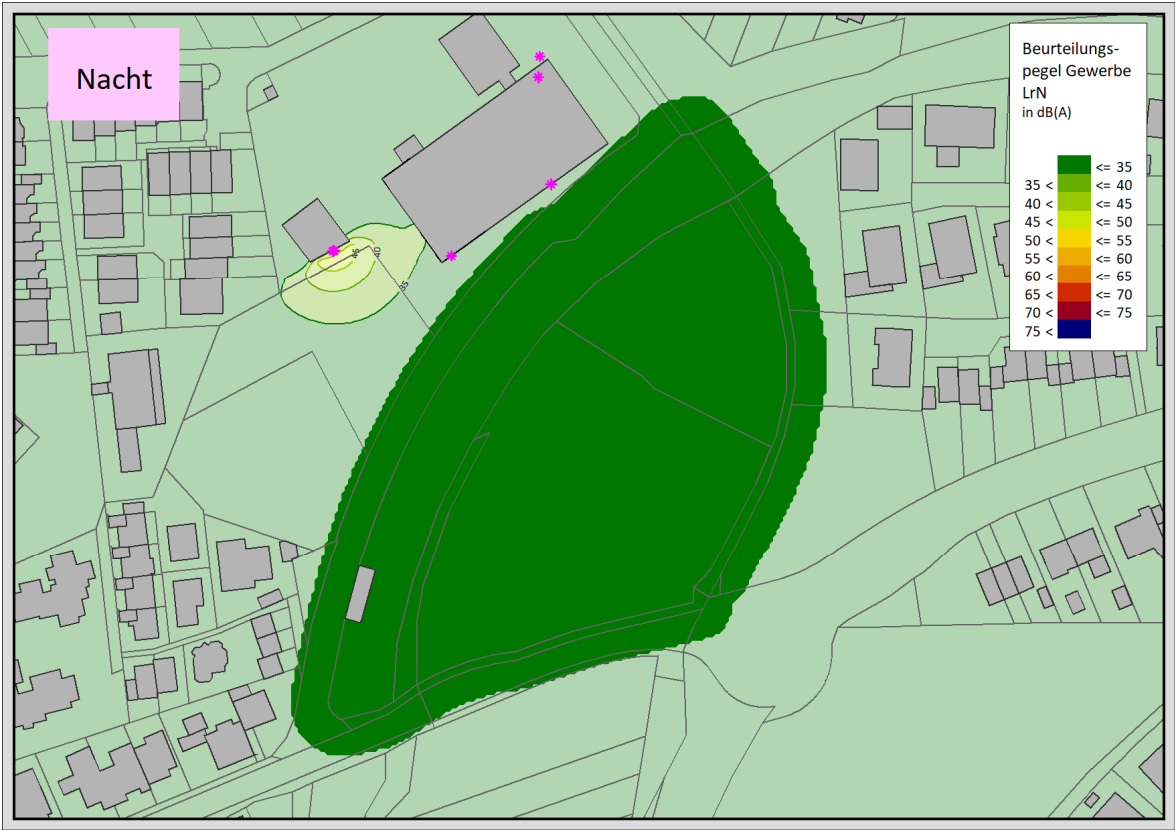
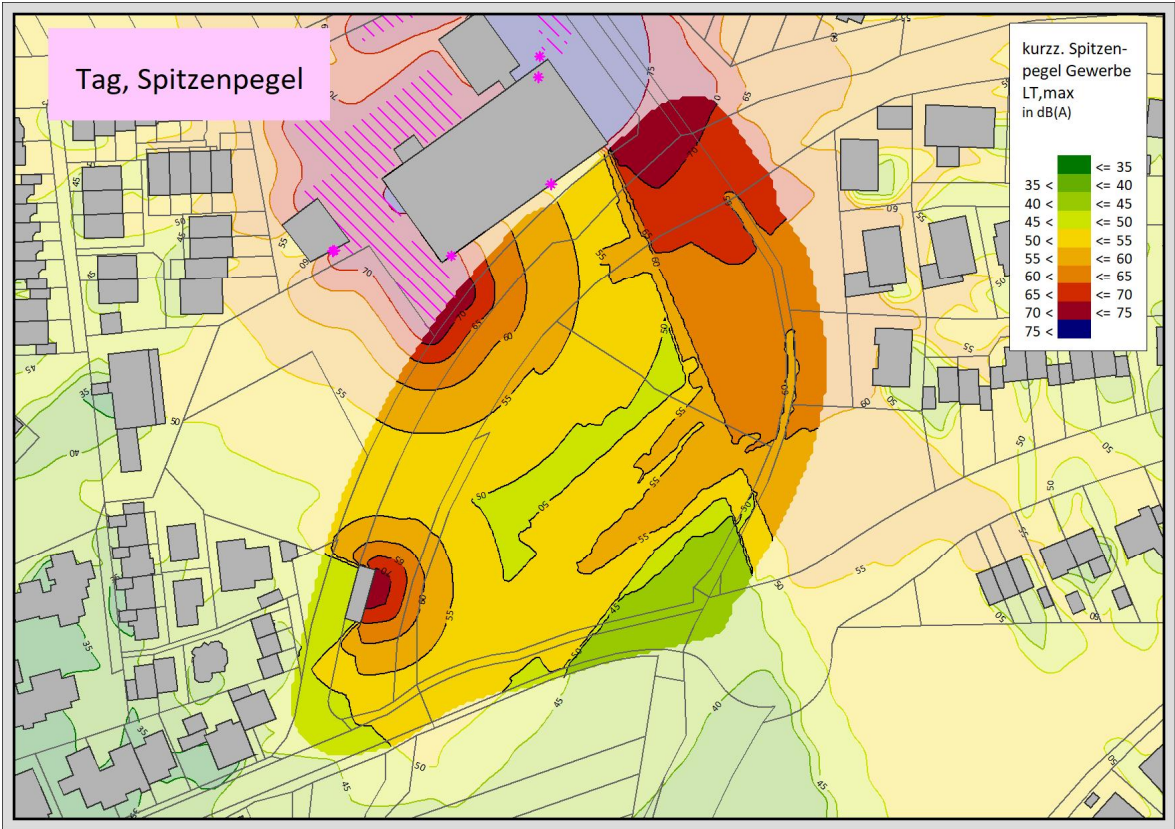
Es soll im Außenbereich Sonnenschirme und Sitzmöglichkeiten geben. Die Anzahl der Verabreichungsplätze ist noch nicht genauer bekannt, aufgrund der örtlichen Gegebenheiten muss aber von einer eher kleinen Anzahl ausgegangen werden. Wir rechnen im Folgenden mit durchschnittlich 5 Gästen gleichzeitig über die gesamte Öffnungszeit. Die Gäste unterhalten sich „angeregt mit viel Lachen“, d.h. $L_w = 71$ dB(A) pro Person und $L_{wmax} = 92$ dB(A) gemäß [14]. Es sprechen immer 75% der Gäste gleichzeitig. Dies ergibt eine mittlere Schallleistung von $L_{Weq} = 76,7$ dB(A) für den Gastbereich.

Die zukünftigen Öffnungszeiten sind nicht bekannt. Wir ermittelten daher zunächst die maximal zulässige Betriebsdauer. Dabei kam heraus, dass im Tageszeitraum keine Einschränkungen erforderlich sind (d.h. theoretische Öffnungszeiten 6 – 22 Uhr), aber in der Nacht aufgrund der Nähe zu Haus 1 keine Bewirtung zulässig ist. Der Kiosk/Imbiss muss von 22 – 6 Uhr geschlossen sein.

5.3 Ergebnisse der Berechnungen Gewerbelärm – leeres Gebiet

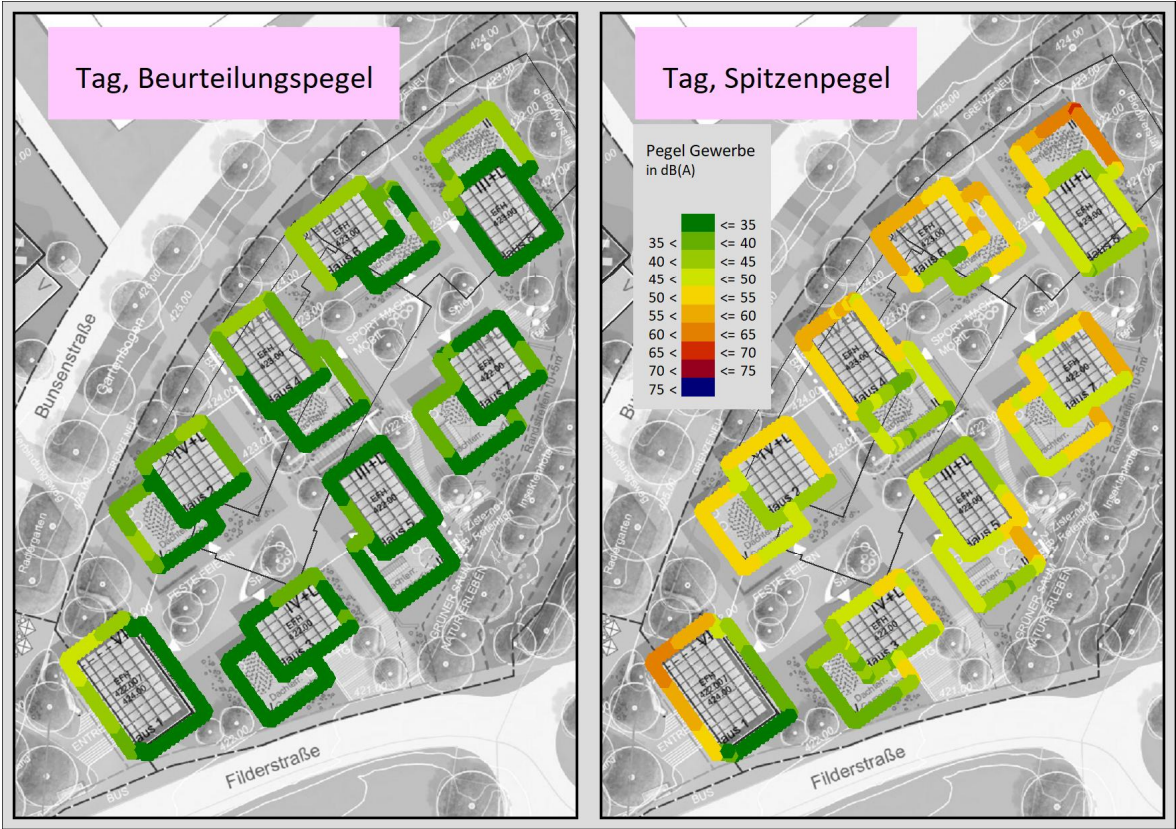
Für ein idealisiertes unbebautes Gebiet stellt sich die Geräuschpegelverteilung durch gewerbliche Anlagen folgendermaßen dar (in 5 m Höhe über Gelände):





5.4 Ergebnisse der Berechnungen Gewerbelärm – Vollbebauung

Unter der Annahme, dass sowohl der nördl. als auch der südl. Teil der Bunsenstraße entsprechend dem städtebaulichen Entwurf bebaut wird, ergeben sich folgende Ergebnisse:



Die höchsten Pegel an den Gebäuden sind:

Gebäude	Beurteilungspegel Tag (zulässig: 55 dB(A))	Kurzz. Spitzenpegel Tag (zulässig: 85 dB(A))	Beurteilungspegel Nacht (zulässig: 40 dB(A))
Haus 1	49 dB(A)	64 dB(A)	-- dB(A)
Haus 4	43 dB(A)	56 dB(A)	25 dB(A)
Haus 8	45 dB(A)	65 dB(A)	23 dB(A)

Fazit Gewerbelärm:

Die Anforderungen der TA Lärm [4] werden sowohl tags als auch nachts sehr deutlich eingehalten – trotz der auf der sicheren Seite liegenden Emissionsansätze. Allerdings muss der Kiosk/Imbiss an der Bunsenstraße in der Zeit von 22 – 6 Uhr geschlossen sein.

6 Weitere schalltechnische Aspekte

6.1 Tiefgarage

Die gemeinsame Zu- und Ausfahrt der Tiefgarage für alle acht Gebäude wird über die Filderstraße angebunden. Das Zufahrtstor befindet sich an Haus 3 und führt unmittelbar ins Untergeschoss.



Es gibt aus schalltechnischer Sicht ist es einerseits positiv, weil dadurch die Zu- und Ausfahrtsgeräusche auf einen kleinen Bereich beschränkt sind und der Großteil des Plangebiets davon nichts mitbekommt.

Andererseits ist es negativ, weil das Haus 3 auf diese Weise übermäßig viel von diesen Geräuschen abbekommt.

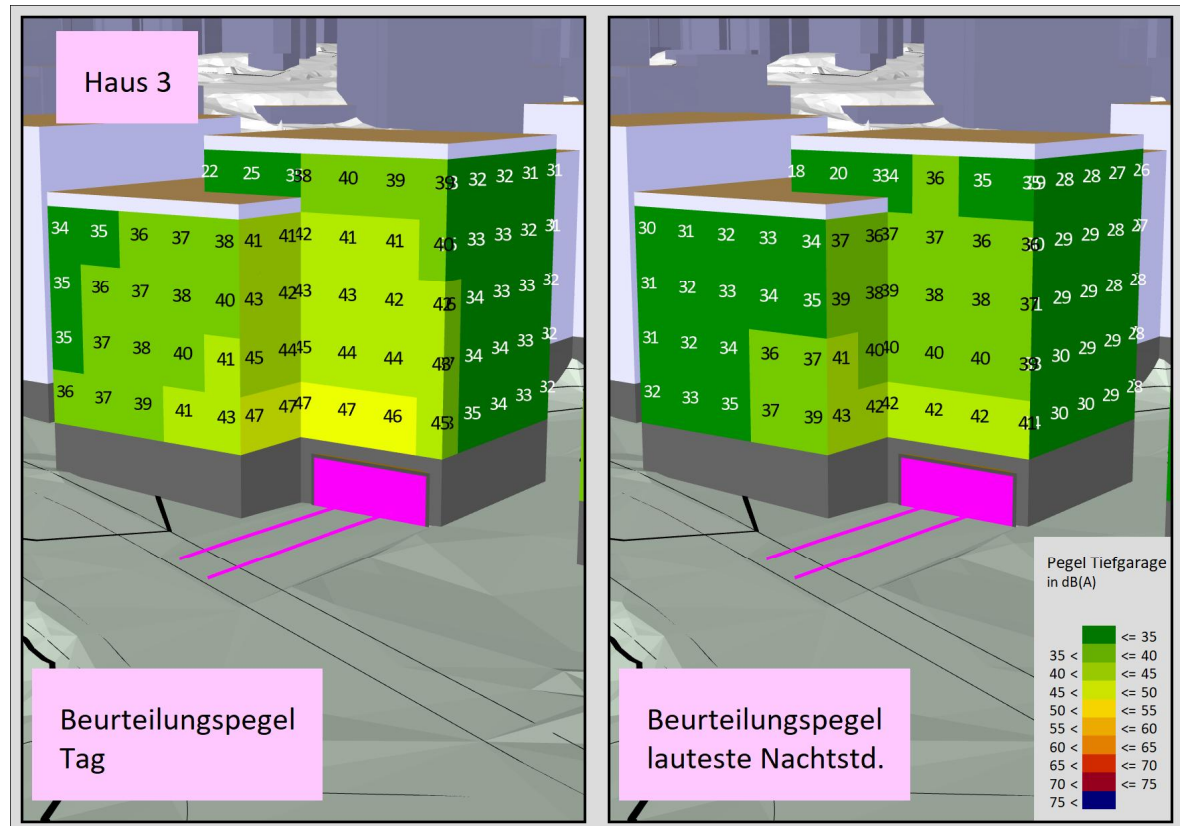
Die acht Gebäude sollen insgesamt über 135 Wohneinheiten verfügen und genauso viele Stellplätze wird es in der Tiefgarage geben. Gemäß [7] ist bei Wohntiefgaragen mit folgenden Bewegungshäufigkeiten zu rechnen:

	Tag (6-22 Uhr)	Nacht (22-6 Uhr)	Lauteste Nachtstunde
Bewegungen je Stellplatz und Stunde *)	0,15	0,02	0,09
Bewegungen gesamt	324	22	12
	346		

*) Anhaltswerte nach Tabelle 33 [7]

Die Fahrbewegung im Freien mit $v = 10 \text{ km/h}$ wird gemäß [6] mit einer Emissionskenngröße von $L_{w,1h} = 48,5 \text{ dB(A)/m}$ angesetzt.

Die Schallabstrahlung aus dem Tor wird gemäß [7] mit $L_{w,1h} = 50 \text{ dB(A)/m}^2$ angesetzt. Damit ergibt sich an den Fassaden von Haus 3 folgende Pegelverteilung:



Beurteilungspegel Tiefgarage ohne Lärmschutzmaßnahmen

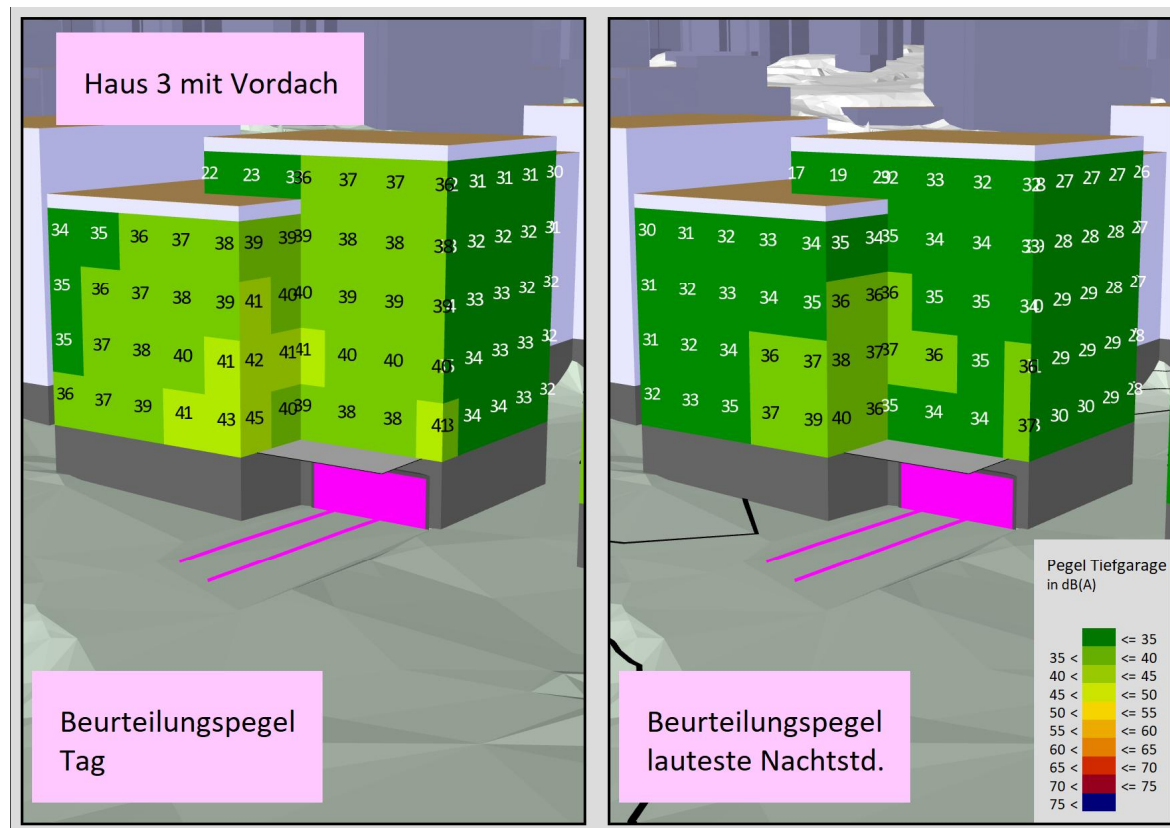
Der Tageszeitraum ist aus schalltechnischer Sicht kein Problem. Zur lautesten Nachtstunde kann es aber im Erdgeschoss über der Zufahrt zu einer Überschreitung des zulässigen Immissionsrichtwerts von 40 dB(A) kommen.

Für diesen Bereich sollten daher Schallschutzmaßnahmen ergriffen werden. Denkbar wären z.B.:

- Keine Schlafräume an denjenigen Fassadenbereichen, an denen in der lautesten Nachtstunde Beurteilungspegel von über 40 dB(A) vorliegen. Wohnräume ohne Schlaf Funktion (z.B. Wohnzimmer) oder nicht schutzwürdige Räume (z.B. Küchen) sind zulässig.

oder

- Ein Vordach über dem Zufahrtstor. Exemplarisch ist auf der nächsten Seite das Rechenergebnis mit einem Vordach mit einer Breite von 8 m und einer Tiefe von 4 m dargestellt. Bei dieser Konstellation wäre der Immissionsrichtwert von 40 dB(A) überall eingehalten.



Beurteilungspegel Tiefgarage mit baulichen Lärmschutzmaßnahmen (Vordach 8 x 4 m)

Kurzzeitige Spitzenpegel werden, wie bei Wohnparken üblich, nicht in die Bewertung einbezogen. Die entsprechenden Anforderungen der TA Lärm wären im Fall mit dem Vordach aber ebenfalls eingehalten.

6.2 Verkehrspegelzunahme in der Umgebung

Der vom Plangebiet erzeugte Verkehr ist (mit Ausnahme weniger Lieferfahrzeuge und Besucher) auf die Tiefgarage konzentriert, die über die Filderstraße angebunden ist. Auf der Filderstraße, die die Hauptstraße durch Musberg darstellt, fahren täglich DTV = 12.600 Kfz.

Die zusätzlich hinzukommende Verkehrsmenge der Tiefgarage liegt bei gerade einmal 346 Fahrten. Die dadurch entstehende Pegelzunahme liegt rechnerisch bei 0,12 dB(A). Diese Zunahme ist so gering, dass sie weder subjektiv noch messtechnisch (liegt innerhalb der Messungenauigkeit) zu erfassen ist.

Aus schalltechnischer Sicht ist die Verkehrspegelzunahme daher unproblematisch.

7 Schallschutzmaßnahmen im Bebauungsplan

7.1 Prüfung aktiver Schallschutzmaßnahmen gegen Verkehrslärm

Die Höhe des Verkehrslärmpegels am südlichen Rand des Plangebiets macht es erforderlich, sich Gedanken über mögliche aktive Schallschutzmaßnahmen zu machen, welche sein könnten:

1. Maßnahmen an der Filderstraße, z.B.
 - o Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit – Tatsächlich ist die zulässige Fahrgeschwindigkeit bereits auf 40 km/h begrenzt. Eine weitere Begrenzung auf 30 km/h bringt nur noch geringe Pegelminderung
 - o Aufbringen eines lärmarmen Asphalts – Diese Maßnahme hätte das Potenzial, den Pegel um ca. 2 dB(A) zu senken. Die Kosten stehen allerdings in keinem Verhältnis zum Nutzen, zumal auch die Lebensdauer dieser Asphalte deutlich geringer ist.
 - o Maßnahmen zur Verringerung der Verkehrsmenge, z.B. Umlenkung des Verkehrs auf andere Straßen, (temporäre) Lkw-Verbote – aufgrund der Bedeutung der Filderstraße und der fehlenden Alternativen wird diese Maßnahme nicht in Frage kommen.
2. Lärmschutzwand entlang der Straße. Aufgrund der Anzahl der Geschosse der geplanten Bebauung und deren Nähe zur Straße, müsste eine Lärmschutzwand enorme Höhen aufweisen, um einen ausreichenden Schutz zu bieten. Dies würde einerseits die städtebauliche Anmutung des Gebiets negativ beeinflussen (von der Filderstraße gesehen) und andererseits würde es zur Verschattung der Südseite der geplanten Gebäude führen. Insgesamt dominieren die negativen Aspekte, so dass man von einer solchen Lösung abraten muss. Außerdem wäre ohnehin eine Lücke in der Lärmschutzwand notwendig, um die Zufahrt zur Tiefgarage zu ermöglichen. Dies würde die Wirkung der Wand wieder aufheben.

Insgesamt kommt man daher trotz der hohen Pegelwerte zum Ergebnis, dass aktive Schallschutzmaßnahmen keine gangbare Lösung für das Lärmproblem darstellen. Stattdessen kann man auf planerische^{*)} und/oder passive Schallschutzmaßnahmen zurückgreifen.

^{*)} Optimierung der Grundrisse. In Richtung Süden sollten in erster Linie Räume für den Aufenthalt am Tag ausgerichtet werden (z.B. Wohn- und Esszimmer). Für Schlafräume bietet sich eine Ausrichtung nach Norden bzw. abgewandt von der Filderstraße an.

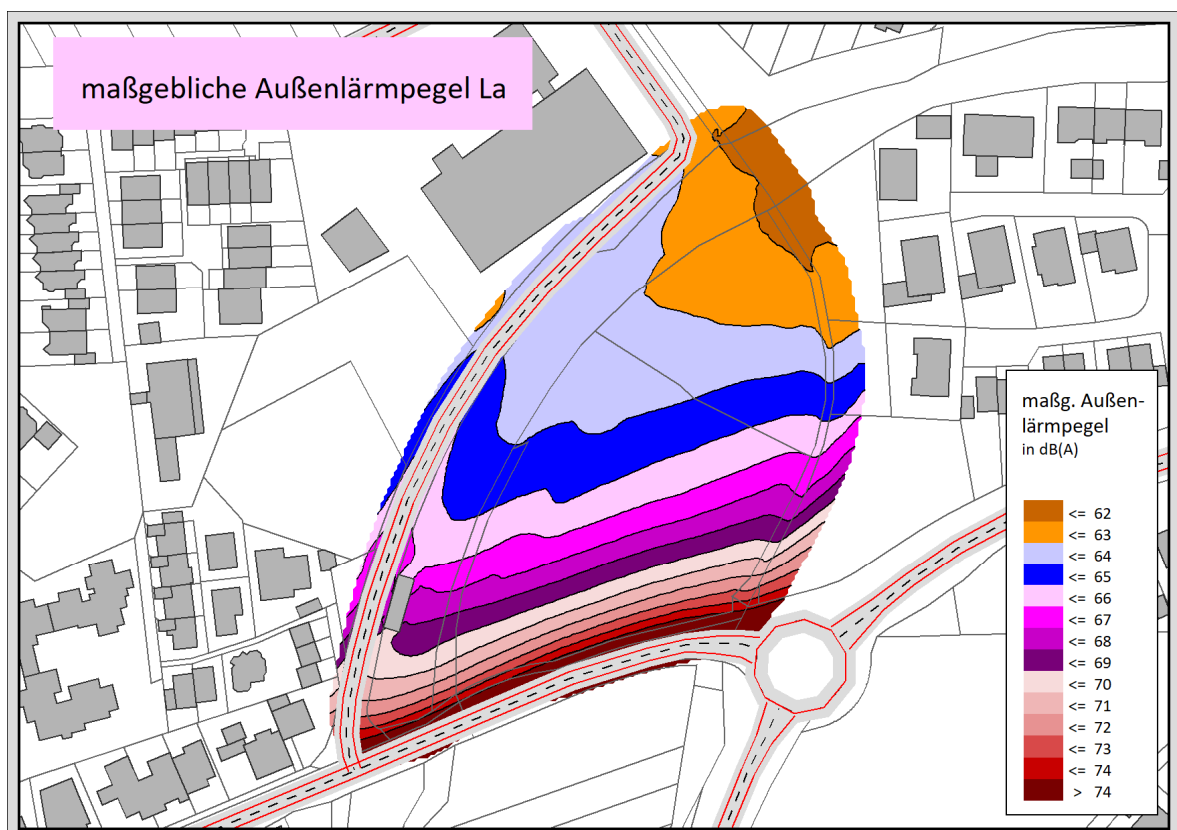
7.2 Passive Schallschutzmaßnahmen – maßgebliche Außenlärmpegel

Passive Schallschutzmaßnahmen, z.B. eine ausreichende Schalldämmung der Außenbauteile, können erst bei Vorliegen einer konkreten Entwurfsplanung im Detail bestimmt werden. Dies ist in der Regel erst im Rahmen des jeweiligen Baugenehmigungsverfahrens möglich.

Im Bebauungsplan sollten allerdings bereits entsprechende Festsetzungen getroffen werden, die die Notwendigkeit der passiven Schallschutzmaßnahmen und die Pflicht zum entsprechenden Nachweis vorgeben. Idealerweise werden im Bebauungsplan auch schon die entsprechenden Pegelwerte vorgegeben, die für diesen Nachweis zu verwenden sind.

In der Praxis ist der „Nachweis gegen Außenlärm“ gemäß DIN 4109 [11] das rechtlich erforderliche Verfahren. Dieses bezieht sich auf die „maßgeblichen Außenlärmpegel“, welche im Bebauungsplan festgesetzt werden sollen.

Die „maßgeblichen Außenlärmpegel“ nach DIN 4109 setzen sich zusammen aus dem Verkehrslärm (Beurteilungspegel Tag + 3 dB oder Nacht +13 dB – der höhere der Beiden Werte) plus dem Gewerbelärm (Immissionsrichtwert Tag + 3 dB). Im vorliegenden Fall sehen die maßgeblichen Außenlärmpegel folgendermaßen aus:



Flächige Verteilung – für die Festsetzung im Bebauungsplan

Die maßgeblichen Außenlärmpegel liegen in einem Bereich zwischen 62 dB(A) und 75 dB(A). Dies entspricht den früheren Lärmpegelbereichen III bis V. Dies bedeutet erhöhte Anforderungen an den Schallschutz (z.B. Lärmschutzfenster).

Wir empfehlen, die Isophonenlinien aus vorherigem Bild in den zeichnerischen Teil des Bebauungsplans aufzunehmen. Die zugehörige textliche Festsetzung könnte lauten:

„Zulässig sind Vorhaben, deren Außenbauteile eine ausreichende Schalldämmung aufweisen. Der zugehörige Nachweis erfolgt gemäß DIN 4109 („Nachweis gegen Außenlärm“) unter Berücksichtigung der im zeichnerischen Teil des Bebauungsplan festgesetzten maßgeblichen Außenlärmpegel. Es ist ebenfalls zulässig, die maßgebenden Außenlärmpegel für den konkreten Bauentwurf durch eine fachgutachterliche Untersuchung bestimmen zu lassen.“

Anmerkung: Auf Wunsch müssen die maßgeblichen Außenlärmpegel nicht in 1-dB-Schritten dargestellt werden, sondern können z.B. auch in größeren Schritten (z.B. 5-dB-Schritten) festgesetzt werden. Dabei entsprechen:

Maßgebl. Außenlärmpegel	55 dB(A)	60 dB(A)	65 dB(A)	70 dB(A)	75 dB(A)	80 dB(A)	>80 dB(A)
Lärmpegelbereich	I	II	III	IV	V	VI	VII

Informativ (und für das spätere Baugenehmigungsverfahren) sind die maßgeblichen Außenlärmpegel L_a im beigefügten Datenanhang nochmals an den Fassaden der geplanten Gebäude dargestellt. Sie liegen zwischen 58 und 72 dB(A).

7.3 Passive Schallschutzmaßnahmen - Lüftungsanlagen

Während es bei am Tag genutzten Räumen möglich ist, den notwendigen Luftwechsel durch Stoßlüften sicherzustellen und so die Verlärmung des Innenraums auf wenige Minuten zu reduzieren, ist dies während des Nachtschlafs nicht möglich. Deshalb lüften viele Menschen in der Nacht mit Fenstern in dauerhafter Kippstellung. Dann kann der Verkehrslärm von außen in den Raum eindringen und ggf. den Schlaf stören. Um dies zu verhindern, sollen daher ab bestimmten Außenpegeln spezielle Lüftungseinrichtungen vorgesehen werden, so dass auch bei geschlossenen Fenstern ein ausreichender Luftwechsel sichergestellt ist.

Derartige Lüftungseinrichtungen werden ab einem nächtlichen Beurteilungspegel durch Verkehr von **$L_{FN} > 45 \text{ dB(A)}$** erforderlich. Dieser Pegel ist im gesamten Plangebiet überschritten (unbebautes Plangebiet). Je nach Gebäudestellung kann es sein, dass an straßenabgewandten Fassaden eine Unterschreitung vorliegen wird. Wir empfehlen folgende zugehörige textliche Festsetzung:

„Zum Schlafen geeignete Räume, sind mit Lüftungseinrichtungen (Fensterfalzlüftern oder fensterunabhängigen Belüftungsanlagen) auszustatten. Die Lüftungseinrichtungen sind so auszuführen, dass in der Nacht (22-6 Uhr) ein verkehrsinduzierter mittlerer Innenpegel von maximal 30 dB(A) bei geschlossenen Fenstern eingehalten wird.

Räume mit einer natürlichen Belüftungsmöglichkeit über eine Fassade, an der ein nächtlicher verkehrsinduzierter Beurteilungspegel $L_{rN} \leq 45$ dB(A) anliegt, bedürfen keiner zusätzlichen Lüftungsanlage.“

Welche Fassaden einen verkehrsinduzierten Pegel von $L_{rN} > 45$ dB(A) aufweisen sind für das städtebauliche Konzept in den Anlagen dargestellt.

7.4 Passiver Schallschutz – Außenwohnbereiche

Damit auch in den Außenwohnbereichen (Terrassen, Balkone) eine angemessene Aufenthaltsqualität sichergestellt ist, sollte der verkehrsinduzierte Beurteilungspegel im Tageszeitraum einen Pegel von $L_{rT} = 65$ dB(A) nicht überschreiten. Betroffen hiervon ist nur ein kleiner Streifen entlang der Filderstraße mit einer Breite von ca. 10 m.



Innerhalb dieses Streifens liegen nur:

- Haus 1 – Fassade Südost
- Haus 3, niedriger Gebäudeteil – Fassaden Südost, Nordost und Teile von Südwest

Wir empfehlen folgende textliche Festsetzungen im Bebauungsplan:

„Außenwohnbereiche (Terrassen, Balkone und Dachterrassen etc.), deren Abstand zum nördlichen Straßenrand der Filderstraße (Bordstein) weniger als 10 m beträgt, sind nur zulässig, wenn sie mit geeigneten baulichen Schallschutzmaßnahmen ausgestattet werden (z.B. Verglasungen, Prallscheiben). Es ist nachzuweisen, dass im Außenwohnbereich ein mittlerer verkehrsinduzierter Pegel im Tageszeitraum von $L_{rT} \leq 65 \text{ dB(A)}$ eingehalten ist.“

Welche Fassaden einen verkehrsinduzierten Pegel von $L_{rT} > 65 \text{ dB(A)}$ aufweisen, sind für das städtebauliche Konzept in den Anlagen dargestellt.

8 Literatur

- [1] Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 29. Mai 2017 (BGBl. I S. 1298) geändert worden ist.
- [2] DIN 18005, Teil 1, Schallschutz im Städtebau, Ausgabe Juli 2002.
- [3] 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verkehrslärmschutzverordnung - (16. BImSchV), vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2269) geändert worden ist.
- [4] TA Lärm, Sechste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) vom 28. August 1998, zuletzt geändert durch die Bekanntmachung des BMUB vom 1. Juni 2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5).
- [5] Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 132), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1057) geändert worden ist.
- [6] RLS-19, Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen, Ausgabe 2019
- [7] Parkplatzlärmstudie Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Heft 89, 6.Auflage, Ausgabe 2007.
- [8] Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen durch Lastkraftwagen auf Betriebsgeländen von Frachtzentren, Auslieferungslagern Speditionen und Verbrauchermärkten sowie weiterer typischer Geräusche insbesondere von Verbrauchermärkten, Schriftenreihe des hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Heft 3, Ausgabe 2005.
- [9] Technischer Bericht zur Untersuchung der Lkw- und Ladegeräusche auf Betriebsgeländen von Frachtzentren, Auslieferungslagern und Speditionen, Schriftenreihe der hessischen Landesanstalt für Umwelt, Heft 192, Ausgabe 1995.
- [10] DIN ISO 9613-2, Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, Entwurf Ausgabe September 1997.
- [11] DIN 4109:2018, Schallschutz im Hochbau, Teil 1 – Mindestanforderungen und Teil 2 – Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen, Ausgabe Januar 2018
- [12] DIN 45687:2006-05, Akustik - Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschemission im Freien - Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen
- [13] ISO 17534-1:2015-05, Akustik - Software für die Berechnung von Schall im Freien - Teil 1: Qualitätsanforderungen und Qualitätssicherung
- [14] Praxisleitfaden Gastgewerbe, Umweltbundesamt Österreich, Report Nr. 0157, veröffentlicht im Forum Schall, 2008