

Bebauungsplan "Hofkammerstraße" in Winnenden - Birkmannsweiler

Schallimmissionsuntersuchungen im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens

**Messtechnische Ermittlung der Ausgangsdaten für
Geräuschemissionen durch Lkw-Autotransporter
bei der Pkw-Anlieferung**

Auftraggeber: Große Kreisstadt Winnenden
Stadtentwicklungsamt
Torstraße 10
71364 Winnenden

Projekt-Nr.:
2017-021

Bericht-Nr.:
2017-021/E3

Datum:
04.03.2019

Sachbearbeiter:
Wertenaue

Schallimmissionsschutz
Bauakustik
Raumakustik
Körperschallschutz
Wärmeschutz
Feuchteschutz
Luftdichtigkeitsprüfung

Gesellschafter
Dipl.-Ing. (FH) Michael Werner
Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Wertenaue

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines	3
1.2	Aufgabenstellung	3
1.2	Normen / Richtlinien / Literatur	4
2.	Durchführung der Schallimmissionsmessungen	5
2.1	Messmethode.....	5
2.2	Messgerät.....	5
2.3	Messtermine / Messbedingungen / Messpunkte	6
2.4	Messablauf / Messergebnisse.....	7
2.4.1	Messdaten MP 1.....	8
2.4.2	Messdaten MP 2.....	9
3.	Abschätzung der Ausgangswerte für Schallprognosen	10
Schlussblatt	13

1. Allgemeines

1.2 Aufgabenstellung

Die Stadt Winnenden plant die Aufstellung des Bebauungsplans "Hofkammerstraße" in Winnenden - Birkmannsweiler. Das Plangebiet liegt am südöstlichen Ortsrand von Birkmannsweiler zwischen den bestehenden Gewerbeflächen im Westen und der bestehenden Wohnbebauung im Osten. Der Untersuchungsbereich ist in Bild 1 gekennzeichnet.

Bild 1: Lage des PlanEntwurf Bebauungsplan „Hofkammerstraße“ in Birkmannsweiler

Lageplan,
nicht maßstäblich,
Quelle:
Kartendienst LUBW



In der Nachbarschaft befindet sich die die Firma Autohaus Hilt, bei der – nach deren Angaben – die Anlieferung von Pkw mit Lkw-Transportern rund um die Uhr stattfinden kann.

Als Grundlage für die schalltechnischen Untersuchungen im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens „Hofkammerstraße“ sollen die typischen Geräusche bei der Anlieferung von Pkw mit Lkw-Transporter messtechnisch erfasst und dokumentiert werden.

Nach Recherche bei diversen Autohäusern ist festzuhalten, dass die Anlieferzeiten der Pkw nicht von Seiten der Autohäuser, sondern von den jeweiligen Speditionen terminiert werden und von Seiten der Fahrer je nach Verkehrslage variiert werden. Daher wurde mit der Stadt Winnenden – Stadtentwicklungsamt – abgestimmt, dass die Schallmessung alternativ direkt mit einem Speditionsunternehmen (voraussichtlich Firma MOSOLF Logistics & Services GmbH, Niederlassung Illingen) vereinbart und zudem bei einem beliebigen und zügig erreichbaren Autohaus durchgeführt werden kann.

In dieser Ausarbeitung werden ausschließlich die Resultate der Schallmessungen und die daraus ermittelten Ausgangswerte für Schallprognosen dokumentiert.

1.2 Normen / Richtlinien / Literatur

Für die rechnerischen Untersuchungen werden folgende Normen und Richtlinien zu Grunde gelegt:

/1a/	TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz) vom 26.08.1998
/1b/	Auslegungshinweise zur Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm vom 26.08.1998, Herausgeber: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stand 1999	
/2/	DIN 45 645, Teil 1	Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen, Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, Ausgabe Juli 1996
/3/	DIN ISO 9613, Teil 2	Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Ausgabe Oktober 1999
/4/	VDI 2571	Schallabstrahlung von Industriebauten, vom August 1976
/5/	RLS-90	Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen von 1990

2. Durchführung der Schallimmissionsmessungen

2.1 Messmethode

Die Durchführung der Messungen erfolgte nach /2/. Diese Norm enthält Festlegungen hinsichtlich der Messgrößen, Messbedingungen, Zuschläge etc.

Folgende Messgrößen wurden bei den Messungen erfasst:

L_{AFeq}	äquivalenter Dauerschallpegel, gebildet aus dem A-bewerteten Schalldruckpegel L_{AF}
L_{AFTeq5}	Taktmaximal-Mittelungspegel, gebildet aus dem A-bewerteten Taktmaximalpegel L_{AFT} für eine Taktdauer von 5 s
L_{AFmax}	maximaler A-bewerteter Schalldruckpegel
T	Messdauer (Auswertezeiten)

Zusätzlich wurden während der Messungen der A-bewertete Pegelzeitverlauf der maximalen Schalldruckpegel L_{AFmax} und der äquivalenter Dauerschallpegel L_{AFeq} sowie die akustische Wahrnehmung als Audio-WAVE-Datei aufgezeichnet.

Während der Messungen wurden die auffälligen Fremdgeräusche dokumentiert, so dass zu einem späteren Zeitpunkt die Fremdgeräusche aus den Aufzeichnungen ausgeblendet werden konnten.

Die Auswertung der Messungen erfolgte mit dem EDV-Programm SVAN PC++ der Firma Svantek. Dabei wurden nur die Abschnitte berücksichtigt, die eindeutig den zu bewertenden Vorgängen zugeordnet werden konnten.

2.2 Messgerät

Bei den Messungen wurden folgendes Messgerät verwendet:

Empfangsteil:	Schallpegelanalysator SVAN 979 (Serien-Nr. 21 022) ½" Kondensatormikrofon Svantek Typ SV 17 (Serien-Nr. 21 925)
---------------	--

Das Messgerät erfüllt die Genauigkeitsklasse I nach DIN IEC 651 und wurde vor und nach den Messungen mit Hilfe eines Kalibrators überprüft.

2.3 Messtermine / Messbedingungen / Messpunkte

Nach Hinweis durch die Firma MOSOLF Logistics & Services GmbH, Niederlassung Illingen, am Mittwoch 02.01.2019, konnte die Anlieferung von einem Pkw mit Lkw-Transporter beim Autohaus Toeppner in 71397 Leutenbach-Nellmersbach um die Mittagszeit messtechnisch erfasst werden.

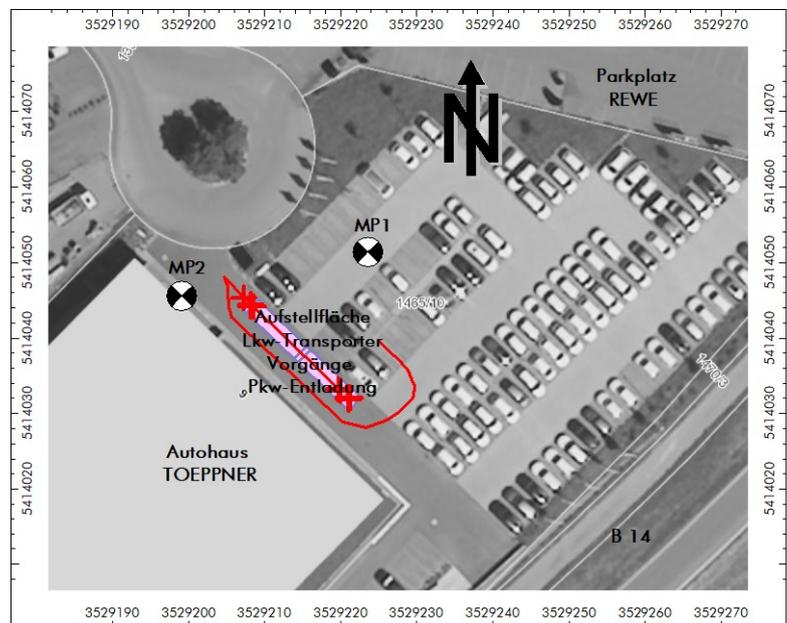
Für die Messungen lagen folgende klimatischen Bedingungen vor:

Termin	02.01.2019 11.50 – 12.10 Uhr
Witterung:	leicht einsetzender Schneefall (einzelne Schneeflocken)
Temperatur:	ca. 0° C
Feuchtigkeit:	---
Luftdruck:	---
Wind:	leicht windig aus westlichen Richtungen < 3 m/s

Bei den Messungen konnten 2 Messpunkte seitlich und rückwärtig des Lkw-Transporters angeordnet werden. Die Situation ist in folgendem Bild 2 ersichtlich:

Bild 2: Lageplan zum Messort bei der Firma Autohaus Toeppner in Nellmersbach mit Kennzeichnung Standort Lkw und der Vorgänge der Pkw-Entladung

Lageplan,
Maßstab 1: 1.000,
Quelle:
Kartendienst LUBW



Die Durchführung der Messungen erfolgte von folgenden Personen:

Herr Werner Ing.-Büro W&W Bauphysik

2.4 Messablauf / Messergebnisse

Der Ablauf der Pkw-Entladung mit einem Lkw-Transporter kann in folgende Vorgänge gegliedert werden, für die aus den Messungen die Wirkpegel ausgewertet werden:

SQ1	Motorgeräusch Lkw mit Last
SQ2	Verschieben Ladeflächen mit Pneumatik bei Motorbetrieb zur Vorbereitung der Pkw-Entladung
SQ3	Rückwärtige Laderampen manuell ausziehen
SQ4	Transportsicherungen Pkw lösen und wegklappen
SQ5	Türen schlagen Pkw und Abfahrt Pkw auf dem Lkw vom vorderen Standort Lkw oben
SQ6	Fahrtweg Pkw auf Asphalt bis zum Abstellplatz Parkplatz und Türen schlagen
SQ7	Transportsicherungen fixieren
SQ8	Motor starten und Motorgeräusch Lkw mit Last
SQ9	Verschieben Ladeflächen mit Pneumatik bei Motorbetrieb zur Herstellung des Fahrzustandes des Lkw [auffällige pegelbestimmende Geräuschspitzen]
SQ10	Rückwärtige Laderampen manuell einschieben und Sicherungsklappen schließen [auffällige pegelbestimmende Geräuschspitzen]
SQ11	Motorgeräusch Lkw mit Leerlauf (Standgeräusch)

Die Vorgänge SQ1 bis SQ7 wurden am Messpunkt MP1 seitlich des Lkw gemessen. Die Vorgänge SQ8 bis SQ10 zur Herstellung des Fahrzustandes des Lkw wurden rückwärtig am MP2 aufgenommen.

Aufgrund der geringen Messabstände waren die Fremdgeräusche von untergeordneter Bedeutung. Die Geräusche der Pkw-Entladung waren deutlich und pegelbestimmend. Im Rahmen der Auswertung sind keine auffälligen Fremdgeräusche zu eliminieren. Dies gilt insbesondere für die Bestimmung der Taktmaximal-Mittelungspegel $L_{AF,eq5}$, da hier der Maximalpegel $L_{AF,max}$ in den einzelnen 5-Sekunden-Takten als relevante Größe verwendet wird.

Der Messpunkt MP1 hatte einen Abstand von ca. 15 m zur Längsseite des Lkw. Dadurch haben die einzelnen Geräuschquellen ungefähr denselben Abstand zum Messpunkt. Auf der anderen Seite waren die Fremdgeräusche von der Bundesstraße B 14 und vom Parkplatz des angrenzenden REWE-Parkplatzes aufgrund des geringen Messabstandes untergeordnet.

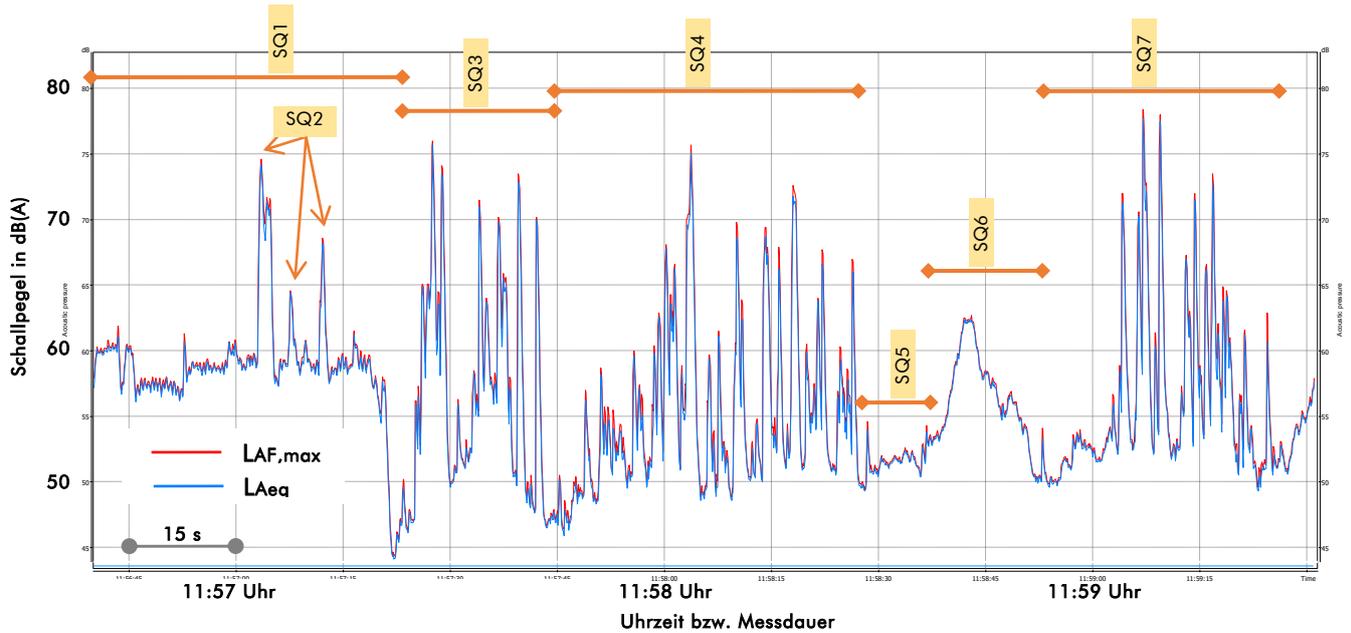
Der Messpunkt MP2 wurde mit ca. 8 m Abstand zur Rückseite des Lkw gewählt, so dass insbesondere die Vorgänge beim Einschieben der Rampen exakt erfasst werden konnten. Durch die Wahl des Messpunktes variieren die Abstände zu den einzelnen Schallquellen deutlich. Der Abstand zum Lkw-Motor lag bei ca. 26 m.

Bei der Auswertung der Messergebnisse zur Ermittlung der Schallleistungspegel als Grundlage für Schallprognosen werden diese unterschiedlichen Abstände mit der Simulation der Messsituation in einer Schallimmissionsberechnung berücksichtigt.

2.4.1 Messdaten MP 1

Nachfolgend sind die am Messpunkt MP1 erfassten Pegelzeitverläufe und die für die Auswertung der Schallquellen SQ1 bis SQ7 differenzierten Messzeiten dargestellt.

Bild 3-1 Pegelzeitverlauf am Messpunkt MP1 mit Darstellung der Messpegel $L_{AF,max}$ und L_{Aeq} für die Vorgänge SQ1 bis SQ7 im Rahmen der Anlieferung eines Pkw mit einem Lkw-Transporter



In der folgenden Tabelle sind die Messgrößen äquivalenter Dauerschallpegel L_{AFeq} , Taktmaximal-Mittelungspegel L_{AFTeq5} , und Maximalpegel $L_{AF,max}$ für die gesamte Messzeit angegeben. Weiterhin werden die für die Differenzierung der Vorgänge SQ1 bis SQ7 (Bild 3-1) ermittelten Taktmaximal-Mittelungspegel L_{AFTeq5} und die mit der Einwirkdauer auf eine Stunde bezogenen Taktmaximal-Mittelungspegel $L_{AFTeq5,1h}$ angegeben.

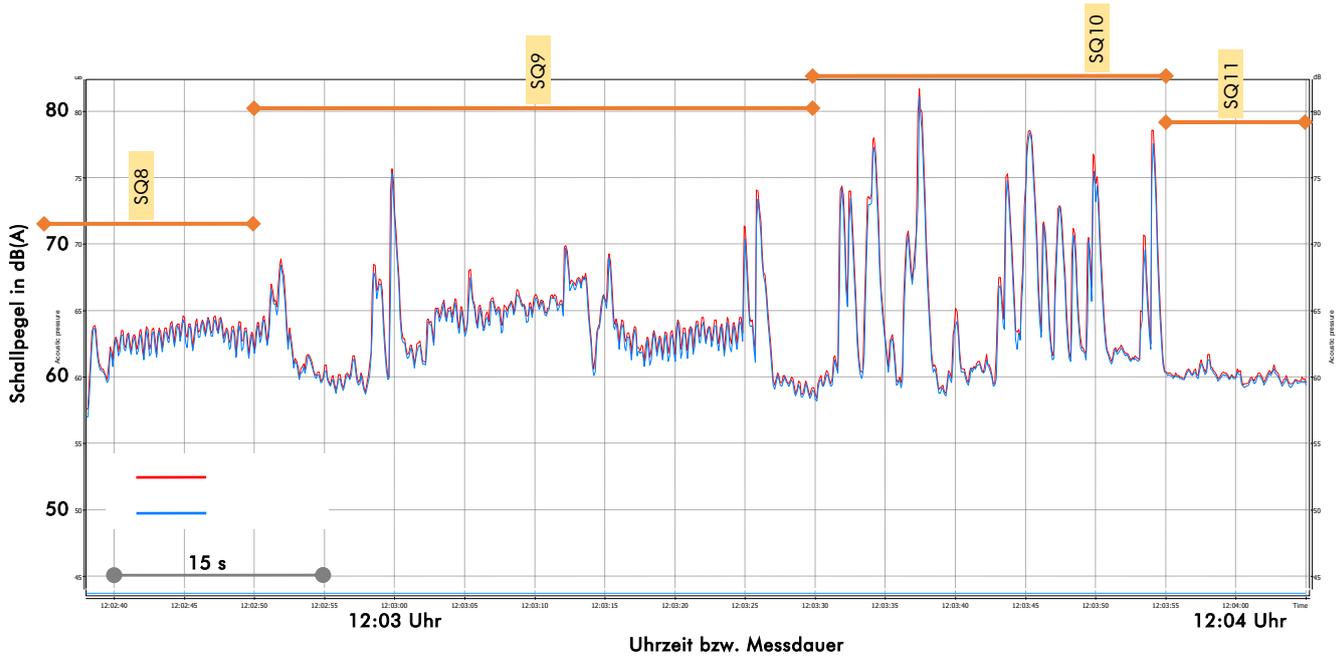
Tabelle 1-1: Messergebnisse am Messpunkt MP1

Vorgang Ifd. Nr.	Zeitraum / Einwirkdauer Vorgang	Messgrößen ohne relevante Fremdgeräusche				Bezugswert 1 Stunde $L_{AFTeq5,1h}$ [dB(A)]
		T [sec]	L_{AFeq} [dB(A)]	L_{AFTeq5} [dB(A)]	L_{AFmax} [dB(A)]	
SQ1-SQ7	11.56 – 12.00 Uhr	171"	61,0	70,0	78,4	---
SQ1	5 Takte à 5 Sekunden	30"	---	61,0	---	40,2
SQ2	3 Takte à 5 Sekunden	15"	---	71,1	---	47,3
SQ3	4 Takte à 5 Sekunden	20"	---	74,1	---	51,5
SQ4	8 Takte à 5 Sekunden	40"	---	70,4	---	50,9
SQ5	2 Takte à 5 Sekunden	10"	---	54,5	---	28,9
SQ6	3 Takte à 5 Sekunden	15"	---	60,1	---	36,3
SQ7	5 Takte à 5 Sekunden	25"	---	75,0	---	53,4

2.4.2 Messdaten MP 2

Nachfolgend sind die am Messpunkt MP2 erfassten Pegelzeitverläufe und die für die Auswertung der Schallquellen SQ8 bis SQ11 differenzierten Messzeiten dargestellt.

Bild 3-2 Pegelzeitverlauf am Messpunkt MP2 mit Darstellung der Messpegel $L_{AF,max}$ und L_{Aeq} für die Vorgänge SQ8 bis SQ11 im Rahmen der Anlieferung eines Pkw mit einem Lkw-Transporter



In der folgenden Tabelle sind die Messgrößen äquivalenter Dauerschallpegel L_{AFeq} , Taktmaximal-Mittelungspegel L_{AFTeq5} , und Maximalpegel $L_{AF,max}$ für die gesamte Messzeit angegeben. Weiterhin werden die für die Differenzierung der Vorgänge SQ8 bis SQ11 (Bild 3-2) ermittelten Taktmaximal-Mittelungspegel L_{AFTeq5} und die mit der Einwirkdauer auf eine Stunde bezogenen Taktmaximal-Mittelungspegel $L_{AFTeq5,1h}$ angegeben.

Tabelle 1-2: Messergebnisse am Messpunkt MP2

Vorgang lfd. Nr.	Zeitraum / Einwirkdauer Vorgang	Messgrößen ohne relevante Fremdgeräusche				Bezugswert 1 Stunde $L_{AFTeq5,1h}$ [dB(A)]
		T [sec]	L_{AFeq} [dB(A)]	L_{AFTeq5} [dB(A)]	$L_{AF,max}$ [dB(A)]	
SQ8-SQ11	12.02 – 12.04 Uhr	87"	66,0	74,5	81,7	---
SQ8	3 Takte à 5 Sekunden	15"	---	64,0	---	40,2
SQ9	8 Takte à 5 Sekunden	40"	---	71,6	---	52,1
SQ10	5 Takte à 5 Sekunden	25"	---	78,9	---	57,3
SQ11	2 Takte à 5 Sekunden	10"	---	64,4	---	38,8

3. Abschätzung der Ausgangswerte für Schallprognosen

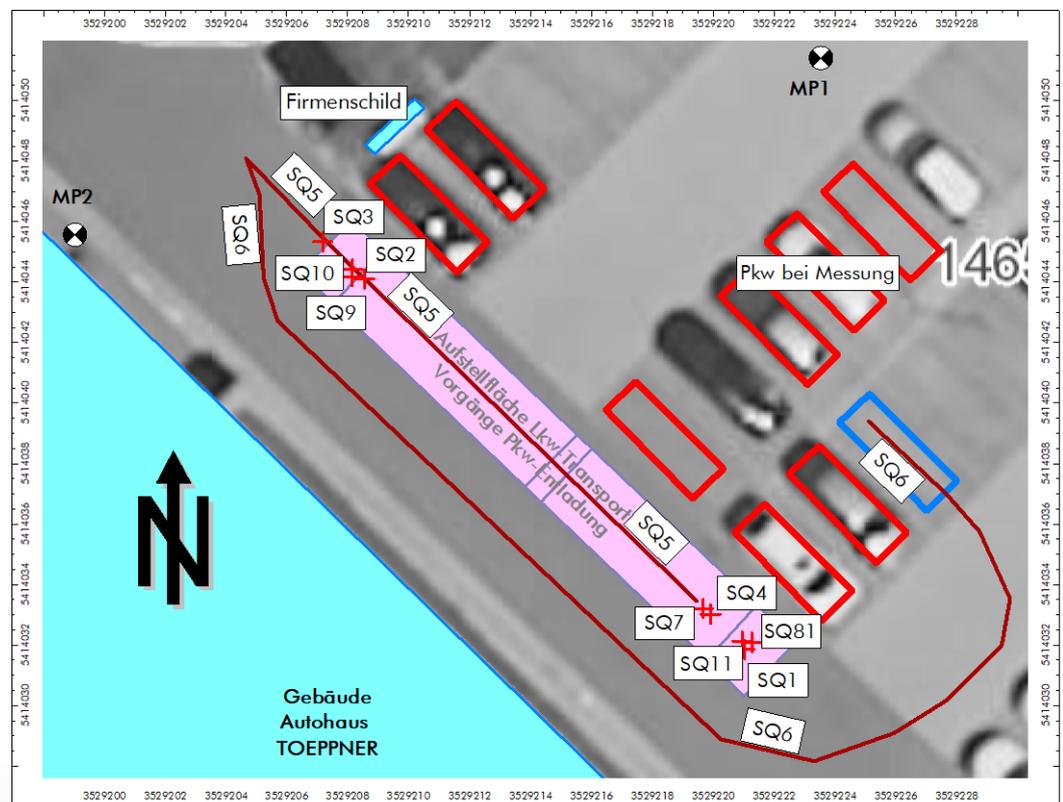
Die Berechnungen der Schallimmissionen für die Schallquellen gemäß Abschnitt 2.4 erfolgen nach /1/ auf der Grundlage der Berechnungsvorschriften in /1,3/. Für die Berechnungen wird das EDV-Programm Cadna/A der Firma DataKustik GmbH in München verwendet.

Zur Ermittlung der Immissionspegel an den Messpunkten MP1 und MP2 werden für einzelnen Vorgänge der Pkw-Entladung die Schallquellen SQ1 bis SQ11 angesetzt. In der Berechnung werden die Bedingungen der Schallausbreitung bei den Messungen simuliert, indem die vorhandenen Gebäude und Baukörper sowie die zufällig geparkten Pkw auf dem Parkplatz der Firma Toepfner als abschirmende und reflektierende Hindernisse angesetzt werden.

Die Berechnungen erfolgen mit A-bewerteten Schallleistungspegeln für die Emittenten nach dem allgemeinen Verfahren nach der ISO 9613-2 /3/. Im Rechenmodell werden die Bodenflächen mit reflektierender Oberfläche (Bodenabsorption $G = 0$) angesetzt.

Das Rechenmodell mit der Anordnung der Schallquellen ist in Bild 4 dargestellt.

Bild 4: Rechenmodell zum Messort bei der Firma Autohaus Toepfner in Nellmersbach
Maßstab 1: 250 mit Kennzeichnung
- Messpunkte MP1 und MP2
- Vorgänge SQ1 bis SQ11 der Pkw-Entladung



In den Berechnungen werden die Ausgangswerte der Emittenten SQ1 bis SQ11 (Vorgänge) so eingestellt, dass die in den Tabellen 1-1 und 1-2 für diese Vorgänge angegebenen und auf die Einwirkdauer von einer Stunde bezogenen Taktmaximal-Mittelungspegel $L_{AFTeq5,1h}$ an den jeweiligen Messpunkten exakt abgebildet werden.

Aus dieser „verbesserten“ Abstandskorrektur gegenüber einer einheitlichen Abstandskorrektur zum mittleren Abstand der Aufstellfläche des Lkw resultieren folgende auf die Einwirkdauer von einer Stunde bezogenen A-bewerteten Schall-Leistungspegel $L_{WAT,1h}$ für die einzelnen Emittenten SQ1 bis SQ11:

Tabelle 2: A-bewerteten Schall-Leistungspegel $L_{WAT,1h}$ für die einzelnen Emittenten SQ1 bis SQ11

SQ1	Motorgeräusch Lkw mit Last	$L_{WAT,1h} = 77,9$ dB(A)
SQ2	Verschieben Ladeflächen mit Pneumatik bei Motorbetrieb zur Vorbereitung der Pkw-Entladung	$L_{WAT,1h} = 84,4$ dB(A)
SQ3	Rückwärtige Laderampen manuell ausziehen	$L_{WAT,1h} = 90,0$ dB(A)
SQ4	Transportsicherungen Pkw lösen und wegklappen	$L_{WAT,1h} = 86,3$ dB(A)
SQ5	Türen schlagen Pkw und Abfahrt Pkw auf dem Lkw vom vorderen Standort Lkw oben	$L_{WAT,1h} = 62,0$ dB(A)
SQ6	Fahrtweg Pkw auf Asphalt bis zum Abstellplatz Parkplatz und Türen schlagen	$L_{WAT,1h} = 72,7$ dB(A)
SQ7	Transportsicherungen fixieren	$L_{WAT,1h} = 88,7$ dB(A)
SQ8	Motor starten und Motorgeräusch Lkw mit Last	$L_{WAT,1h} = 78,6$ dB(A)
SQ9	Verschieben Ladeflächen mit Pneumatik bei Motorbetrieb zur Herstellung des Fahrzustandes des Lkw	$L_{WAT,1h} = 83,8$ dB(A)
SQ10	Rückwärtige Laderampen manuell einschieben und Sicherungsklappen schließen	$L_{WAT,1h} = 84,9$ dB(A)
SQ11	Motorgeräusch Lkw mit Leerlauf (Standgeräusch)	$L_{WAT,1h} = 77,2$ dB(A)
SQ1 – SQ11	Lkw-Autotransporter mit Entladung 1 Pkw	$L_{WAT,1h} = 95,1$ dB(A)

Die Fahrtbewegungen der Pkw (Vorgänge SQ5 und SQ6) wurden mit Linienschallquellen simuliert. Die o.g. Schall-Leistungspegel $L'_{WAT,1h}$ gelten für die Abläufe der Messungen. Für die Fahrtstrecken können folgende linienbezogene Schall-Leistungspegel $L'_{WAT,1h}$ angegeben werden:

SQ5	Türen schlagen Pkw und Abfahrt Pkw auf dem Lkw vom vorderen Standort Lkw oben	$L'_{WAT,1h} = 48,8$ dB(A)/m
SQ6	Fahrtweg Pkw auf Asphalt bis zum Abstellplatz Parkplatz und Türen schlagen	$L'_{WAT,1h} = 56,1$ dB(A)/m
Vergleich	Straße nach RLS-90 /5/ 1 Pkw mit Tempo 30 km/h	$L'_{WAT,1h} = 47,7$ dB(A)/m

Der Vergleich der Ausgangswerte der Emittenten SQ5 und SQ6 mit den übrigen Schallquellen zeigt, dass die Fahrtwege für die Bewertung der Entladung der Pkw von Autotransportern nicht relevant sind. Daher sollte eine Korrektur nur erfolgen, wenn deutlich abweichende Fahrtwege vorliegen, die z.B. nahe an einen zu bewertenden Immissionsort führen. Diese Fahrtwege sollten dann mit den linienbezogenen Schall-Leistungspegel $L'_{WAT,1h}$ der Schallquelle SQ6 ergänzend simuliert werden.

Bei der Anlieferung von mehreren Pkw werden die Vorgänge SQ1 bis SQ3 und SQ8 bis SQ11 nur einmal stattfinden. Allerdings treten für den Fall, dass für die Entladung der weiteren Pkw ein zusätzliches Verschieben der Ladeflächen erforderlich wird, zusätzliche Geräusche auf, die mit den Schallquellen SQ1 und SQ2 angesetzt werden können.

Aus den einzelnen Vorgängen SQ1 bis SQ11 werden folgende Ausgangswerte für die Anlieferung von Pkw hergeleitet, die in Schallprognosen bei ausreichend großen Abständen zu den nächstliegenden Immissionsorten als Flächenschallquelle für die Aufstellfläche des Lkw-Autotransporters angesetzt werden können:

Tabelle 3: Ausgangswerte für Schallprognosen
für die Aufstellfläche von Lkw-Autotransportern (LkwAT)
und 1, 2, 3, 5, 8 Pkw-Entladungen (Pkw1 – Pkw3, Pkw5, Pkw8)

LkwAT_Pkw1	Lkw-Autotransporter mit Entladung 1 Pkw Entladung Pkw1: je 1x SQ1 bis SQ11	$L_{WAT,1h} = 95,1 \text{ dB(A)}$
LkwAT_Pkw2	Lkw-Autotransporter mit Entladung 2 Pkw mit zusätzlicher Umstellung der Ladeflächen Entladung Pkw1: SQ1 bis SQ11, Entladung Pkw2: zusätzlich SQ1 und SQ2 und SQ4 bis SQ7	$L_{WAT,1h} = 96,7 \text{ dB(A)}$
	Vergleich bei gleicher Einstellung der Ladeflächen	$L_{WAT,1h} = 96,4 \text{ dB(A)}$
LkwAT_Pkw3	Lkw-Autotransporter mit Entladung 3 Pkw mit zusätzlicher Umstellung der Ladeflächen Entladung Pkw1: SQ1 bis SQ11, Entladung Pkw2: zusätzlich SQ1 und SQ2 und SQ4 bis SQ7 Entladung Pkw3: zusätzlich SQ4 bis SQ7	$L_{WAT,1h} = 97,7 \text{ dB(A)}$
LkwAT_Pkw5	Lkw-Autotransporter mit Entladung 5 Pkw mit zusätzlicher Umstellung der Ladeflächen Entladung Pkw1: SQ1 bis SQ11, Entladung Pkw2: zusätzlich SQ1 und SQ2 und SQ4 bis SQ7 Entladung Pkw3-5: zusätzlich 3x SQ4 bis SQ7	$L_{WAT,1h} = 99,2 \text{ dB(A)}$
LkwAT_Pkw8	Lkw-Autotransporter mit Entladung 8 Pkw mit zusätzlicher Umstellung der Ladeflächen Entladung Pkw1: SQ1 bis SQ11, Entladung Pkw2: zusätzlich SQ1 und SQ2 und SQ4 bis SQ7 Entladung Pkw3-8: zusätzlich 6x SQ4 bis SQ7	$L_{WAT,1h} = 100,7 \text{ dB(A)}$

Schlussblatt

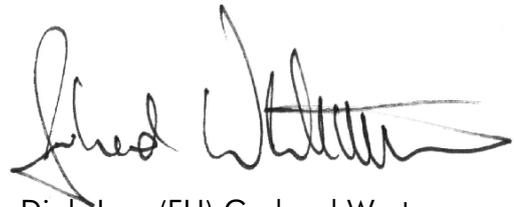
Dieser Bericht umfasst insgesamt 13 Seiten Text und Anlagen.

Leutenbach, den 04.03.2019

W&W Bauphysik



Dipl.-Ing. (FH) Michael Werner



Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Wertener

Probe-Nr.	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6
Sondierbohrung-Nr.	RKS1	RKS2	RKS3	RKS3	RKS4	RKS5
Entnahmetiefe (m u. GOK)	3	3.5	3.4	6	4.5	5.5
natürlicher Wassergehalt	0,330	0,380	0,398	0,327	0,398	0,208
W _p Ausrollgrenze	0,240	0,275	0,247	0,270	0,282	0,172
W _L Fließgrenze	0,468	0,603	0,635	0,578	0,638	0,307
Plastizitätszahl	0,228	0,328	0,388	0,308	0,356	0,135
Konsistenzzahl	0,605	0,680	0,611	0,815	0,674	0,733
Zustandsform	weich	weich	weich	steif	weich	weich
BODENART	TM	TA	TA	TA	TA	TL
Feuchtwichte cal γ kN/m ³	19	18	18	18	18	20
Feuchtw. u. Wasser cal γ' kN/m ³	9	8	8	8	8	10
Kohäsion cal c' kN/m ²	2-4	5	5	10-20	5	0
Scherfestigkeit (cu) τ kN/m ²	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Restscherfestigkeit τ' kN/m ²	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Reibungswinkel cal ϕ' Grad	22,5	17,5	17,5	20	17,5	27,5
Steifemodul * E_s MN/m ²	-	-	-	-	-	-
Penetrometerwiderstand kN/m ²	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

n.b. = nicht bestimmt

Beschreibung der Proben
P1/2/3/5/6: Auelehm, Ton, schluffig, feucht, graubraun, braun, teils Pflanzen-/Holzreste
P4: See-/Bachablagerung, Ton, stark schluffig, grauschwarz, erdfeucht

 * Die Angaben beziehen sich auf das Spannungsintervall 0.1 - 0.2 MN/m²